



Memorias

2do Congreso Internacional en Inteligencia
Ambiental, Ingeniería de Software y Salud
Electrónica y Móvil - AmITIC 2018

Editores:

Dra. Lilia Muñoz

Dr. Vladimir Villarreal

ISBN: 978-9962-698-57-9

AmITIC 2018

PREFACIO

Este año celebramos el II Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil, en la ciudad de David, Panamá. Las áreas temáticas del evento se enmarcan en los temas sobre E-learning aplicado a entornos móviles, Redes de sensores, Ingeniería de Software aplicado a salud, Diseño de interfaces móviles, Nuevos desarrollos en Ingeniería de Software, Sistemas de salud médicos, Inteligencia Ambiental, Inteligencia Artificial, Salud electrónica y móvil, Ciudades Inteligentes, Nuevas soluciones en Ciencias Computacionales, Inteligencia de negocios, Big data y Open data, Internet de las cosas.

El objetivo de esta segunda versión es fomentar la investigación, mediante la cooperación entre diversos países, en todas las áreas temáticas en que se centra el congreso.

Se recibieron 30 artículos sometidos a un proceso de revisión por al menos dos evaluadores, resultando seleccionado 20 para presentar durante el evento.

Dentro del Congreso se cuenta con la presentación de 9 Conferencias magistrales, de las cuales cinco son internacionales de países como España, Colombia, Chile y Costa Rica. Se tienen tres conferencias para el área de Inteligencia Ambiental, una para el área de Ingeniería de Software, una para el área de Nuevas soluciones en Ciencias Computacionales, una para el área de Género en TIC's,

Finalmente, agradecemos a los evaluadores y participantes por aceptar la invitación de formar parte de este evento, así como, al equipo humano que trabajó durante meses para la realización del Congreso.

David, 12 de septiembre de 2018.
Dra. Lilia Muñoz - Editora
Dr. Vladimir Villarreal - Editor

COMITÉ DEL CONGRESO

Presidente del Congreso

Dr. Vladimir Villarreal C.

Presidente de Comité Científico y de Programa

Dra. Lilia Muñoz

Comité Organizador

Dr. Vladimir Villarreal

Dra. Lilia Muñoz

Comité de Científico y de Programa

Ing. Roberto Encarnación Mosquera, Colombia.
MSc. Irlésa Sánchez, Colombia.
Dra. Gloria Jeanette Rincón, Colombia.
MSc. Fernando Rojas Rojas, Colombia.
MSc. Jorge Eliecer Martínez, Colombia.
Lic. Jaime Malqui Cabrera Medina, Colombia.
Dr. Daniel Ricardo Delgado, Colombia.
Dr. Herman J. Mosquera Cuesta, Colombia.
Dra. Nohora Julieta Bolaños Bolaños, Colombia.
Dr. Guillermo García Gonzalez, España.
MSc. Julian Andres Mera Paz, Colombia.
Dra. Nohora Julieta Bolaños Bolaños, Colombia.
Doc. Fernando Colmenares, Colombia.
Dr. Jesus Fontecha, España.
Ing. Ferley Medina, Colombia.
Dra. Macarena Espinilla, España.
Dr. Gustavo Lopez, Costa Rica.
Dr. Gabriel Urzaiz, Mexico.
Dr. Ramón Hervas, España.
MSc. Irlésa Indira Sánchez Medina, Colombia.
Ing. Yasmín Pérez Suárez, Colombia.
MSc. Carlos Ignacio Torres Londoño, Colombia.
Ing. Geyni Arias Vargas, Colombia.
MSc. Álvaro Hernán Alarcón López, Colombia.
Dr. Javier Alanoca Ph.D., Bolivia.
Ing. Nancy Velasquez, Bolivia.
Dr. Boris Alberto Céspedes Muñoz, Bolivia.
Licdo. Jaime Malqui Cabrera Medina, Colombia.
Dra. Nilda Yangüez, Panamá.
Ing. Yarisol Castillo, Panamá.
Dr. Herman J. Mosquera Cuesta, Colombia.
Dr. Pedro Torres Silva, Colombia.
Dra. Aranzazu Berbey, Panama.

Dra. Iveth Moreno, Panamá.
MSc. José Serracón, Panamá.
Dr. Xavier Alaman, España.
Dr. Francisco Gutierrez, Chile.
Dr. Cristian Pinzón, Panamá.
Dra. Marcela Rodríguez, Mexico.
MSc. Iván González, España.

Comité de Diseño, Diagramación y Web

Licdo. Mel Nielsen
Licdo. Manuel Samudio

Comité de Mercadeo y Publicidad

Dra. Marianela Murgas

Comité de Protocolo

Licda. Silka Espinoza

Comité de Material Didáctico

M.Sc. Cecilia de Beitia
M.Sc. Lizbeth de Vargas

Comité de Materiales y Mobiliario

Licda. Katherine Pandiella
Sra. Mayda Matos

Comité de Transporte

Licdo. Ernesto Guerrero

ISBN: 978-9962-698-57-9

ORGANIZAN



AUSPICIAN



COLABORAN



ISBN: 978-9962-698-57-9

TABLA DE CONTENIDO

13-20	Modelado del funcionamiento de un dispositivo para el control de la asistencia estudiantil mediante Redes de Petri Coloreadas. <i>Karina Ojo, Yorlenis González, Elia E. Cano, Carlos A. Rovetto.</i>
21-27	Sistema de medición de temperatura corporal a través de dispositivos móviles para monitorear niveles de fiebre en niños entre los 0 y 5 años en la ciudad de Neiva. <i>Alvaro Hernán Alarcón López, Geyni Arias Vargas, José Miguel Llanos Mosquera.</i>
28-33	Evolución y Contribución para el Internet de las Cosas por las emergentes Redes Definidas por Software. <i>Carlos Gonzalez, Olivier Flauzac, Florent Nolot.</i>
34-41	Videojuego serio para contribuir a resolver problemas matemáticos sencillos basados en la multiplicación. Caso: Popayán Colombia. <i>Lisbeth Teresa Sánchez Camayo, Julián Andrés Mera Paz, Oscar Iván Dacto Ándela, Luis Ángel Guarín García.</i>
42-48	App móvil: Sistema de Información Empresarial de Fincas Ganaderas para PyMES en la Provincia de Los Santos, Panamá. <i>Luiyiana Pérez, Rolando Lasso.</i>
49-56	Análisis de la importancia de los videojuegos aplicados a la metacognición y aprendizaje significativo. <i>Viridiana Camargo, Saturnino De Gracia, Claribel Ortega.</i>
57-64	Análisis bibliométrico de las revistas de acceso abierto de Centroamérica, el Caribe y México basado en DOAJ e indexadores Latinoamericanos. <i>Madelaine Fernández, Danny Murillo.</i>
65-72	Experiencia con Estudiantes: Creando Recursos Tecnológicos para Niños con Trastornos del habla. <i>Erika Quintero, Romaña Taw, Juan Vargas, Roberto Tsang.</i>
73-80	Ecosistema tecnológico para mejorar la visibilidad de las publicaciones científicas y académicas de acceso abierto en la Universidad Tecnológica de Panamá. <i>Danny Murillo, Dalys Saavedra, Huriviades Calderón.</i>
81-88	Inteligencia de Negocios como apoyo a Sistemas de Información de Egresados de Instituciones de Educación Superior. <i>Jarley Castillo, Alejandra González, Lilia Muñoz.</i>
89-96	Un pre diagnóstico para implementar BMP en una entidad bancaria. <i>Gicela del Cisne Soto, Humberto Álvarez, Aránzazu Berbey-Alvarez</i>
97-104	Diseño de un prototipo de medición de postura sedente para docentes. <i>Geyni Arias Vargas, Alvaro Hernán Alarcón López, Vladimir Villarreal, Jonathan Parra Almario.</i>

- 105-112 | Aplicación de Heurísticas de Usabilidad de Nielsen sobre la Plataforma Moodle 2.8.3 +Build 20150225 de la Institución Universitaria Colegio Mayor Del Cauca. *Dayner Felipe Ordoñez López, Alberto Bravo Buchely.*
- 113-120 | Categorías léxicas en medios digitales de Honduras de 2009 – 2016. *Jairo Jonathán Martínez, Eva Leticia Martínez*
- 121-128 | Desarrollo del método automático para la actualización de repositorios institucionales basados en DSpace. *Huriviades Calderón-Gómez, Danny Murillo.*
- 129-136 | Estudio de indicadores científicos de perfiles en Google Académico de universidades en Centroamérica y el Caribe. *Danny Murillo, Dalys Saavedra.*
- 137-143 | Control Híbrido Óptimo en una Modulación de Vector Espacial (SVM) para un Inversor de Potencia Eléctrica. *Ruthber Rodríguez Serrezuel, Miguel Ángel Tovar Cardozo, Viviana Katherine Ordoñez Benavides, Andrés Mauricio Navarrete.*
- 144-150 | Diagnóstico de pruebas de calidad en software para ambientes virtuales de aprendizaje sobre dispositivos móviles. *Julián Andrés Mera Paz, Jhon Haide Cano Beltrán.*
- 151-157 | Modelo dinámico de una prótesis transtibial para ciclistas paralímpicos. *Jhonnatan Eduardo Zamudio Palacios, Oscar Leonardo Mosquera Dussan, Daniel Guzmán Pérez, Daniel Alfonso Botero Rosas, Oscar Rubiano Espinosa, José Antonio García Torres, Iván Darío Chavarro Castañeda.*
- 158-164 | Revisión de la importancia que tienen los videojuegos, Kodu en educación - lógica matemática y medio ambiente. *Jaime Malqui Cabrera Medina, Irlesa Indira Sánchez Medina, Ferley Medina Rojas, Jasmin Bonilla Santos*
- 165-172 | Diseño e implementación de una prótesis de mano robótica antropomórfica subactuada. *Ruthber Rodríguez Serrezuela, Jorge Luis Aroca Trujillo, Daniel Ricardo Delgado, Viviana Katherine Ordoñez Benavides, Roberto Sagaro Zamora y Enrique Marañón Reyes.*

Dr. Sergio Ochoa, Universidad de Chile, Chile.

Título de la ponencia: Mejora de la salud social de los adultos mayores usando soluciones ubicuas.

La OMS reconoce que el concepto de salud está vinculado al estado de bienestar físico, mental y social de una persona, y no solamente a la ausencia de enfermedades o dolencias. En este sentido, diversos estudios muestran que la dimensión social de la salud, particularmente la cantidad y calidad de relaciones interpersonales, afecta la salud física, mental, el comportamiento de las personas y su tasa de mortalidad. En los últimos años se ha visto una reducción de las interacciones sociales familiares desde y hacia los adultos mayores, producto de la masificación de los dispositivos móviles y las redes sociales, que está afectando negativamente la calidad de vida de muchas de estas personas. Esta ponencia muestra los principales desafíos a los que nos enfrentamos a la hora de diseñar soluciones que ayuden a los adultos mayores a salir de su aislamiento social, así como las alternativas existentes para abordarlos.

Biografía resumida:

Sergio F. Ochoa es profesor asociado del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Chile. Sus áreas de interés son sistemas colaborativos, móviles y ubicuos, e ingeniería de software. En los últimos años se ha dedicado a diseñar herramientas tecnológicas que ayuden a reducir el aislamiento social que sufren los adultos mayores. El Dr. Ochoa es miembro de diversas sociedades científicas internacionales en el área de computación (por ej., IEEE y ACM), y participa en iniciativas regionales del área tales como la SCCC (Sociedad Chilena de Ciencias de la Computación), LACCIR (Latin American and Caribbean Collaborative ITC Research Initiative) y CLEI (Centro Latinoamericano de Estudios en Informática). El profesor Ochoa es autor de más de 50 artículos publicados en revistas indexadas en ISI, más de 100 artículos de conferencias, y ha servido como editor en múltiples journals.

Dr. Ramón Hervás, Universidad Castilla la Mancha, España

Título de la ponencia: Tecnologías asistenciales para rehabilitación y mejora cognitiva.

Las tecnologías asistenciales (Assistive Technologies) permiten mejorar las capacidades funcionales de las personas con necesidades especiales. Estas tecnologías tienen gran sinergia con el paradigma de la Inteligencia Ambiental aplicada a salud. La mejora y rehabilitación cognitiva es uno de los aspectos en los que las tecnologías asistenciales pueden tener un mayor impacto. En esta charla se aborda, desde una perspectiva multimodal y práctica, aplicaciones interactivas y videojuegos para mejorar habilidades cognitivas sustentadas y evaluadas mediante principios neurocientíficos y psicológicos.

Biografía resumida:

Ramón Hervás es Ingeniero Informático y Doctor por la Universidad de Castilla- La Mancha (2009). Actualmente ejerce de profesor Contratado Doctor en dicha universidad y ostenta la acreditación nacional de Titular de Universidad desde 2013. Las líneas de investigación de Ramón Hervás versan sobre inteligencia ambiental, entornos asistenciales para la vida diaria, computación móvil, interfaces de usuario inteligentes, neurociencias, consciencia del contexto y sistemas basados en el conocimiento, todo ello aplicado al campo de la salud. El trabajo en dichas líneas ha tenido su reflejo en más de 100 comunicaciones en congresos internacionales y 28 artículos en revistas con índice de impacto, nueve de ellas en el primer cuartil. El factor h obtenido hasta el momento es de 16 y el total de citas obtenidas 660. Ramón Hervás ha ejercido de IP en un proyecto nacional y participado activamente como investigador en proyectos de carácter regional (3) nacional (7) y europeo (2). En el ámbito docente, Ramón Hervás ha dirigido 3 tesis doctorales, 9 trabajos fin de master y 22 proyectos fin de carrera. Desde 2014, es subdirector de calidad y promoción, de la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real.

Dr. Cesar Pardo, Universidad del Cauca, Colombia

Título de la ponencia: Framework para la aplicación de SCRUM a través de múltiples modelos y estándares como apoyo al desarrollo de software en MiPyMEs.

Los enfoques ágiles de desarrollo de software proporcionan grandes beneficios para las organizaciones, sin embargo la implementación de este tipo de enfoques no es un proceso simple y está sujeto a muchos desafíos y problemas. Para las organizaciones es importante conocer el nivel de agilidad alcanzado y las brechas en su proceso de transformación con el fin de tener la información necesaria para implementar mejoras en sus procesos y aprovechar en mayor medida las ventajas de los enfoques ágiles. En esta presentación se destacarán los esfuerzos, experiencia y resultados obtenidos en la definición de un AAFramework, el cual es un marco de trabajo que define diferentes elementos que permiten facilitar la adopción de enfoques ágiles a través de múltiples enfoques, evaluación del grado de cumplimiento desde el punto de vista de su agilidad y enfoques específicos, así como SCRUM, herramientas software como apoyo a algunas actividades desarrolladas, definición de terminología clara y homogénea a través de la definición de ontologías, entre otros. Además, se presentarán resultados de su evaluación y aplicación en estudios de caso, así como trabajos futuros.

Biografía resumida:

Doctor y magister en Ingeniería Informática por la Universidad de Castilla-La Mancha, España. Ingeniero de Sistemas por la Universidad del Cauca, Colombia, donde actualmente labora como profesor asistente de tiempo completo adscrito a la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y al Departamento de Sistemas orientando materias relacionadas a la teoría de la Computación, Calidad de Software, Programación, Ingeniería de Software y Metodologías ágiles. El profesor Pardo es Scrum Master por la SCRUM ALLIANCE en Madrid, España. Asimismo, se ha desempeñado como consultor e investigador con más de 12 años de experiencia en temas relacionados a: la calidad de procesos, calidad de producto, mejora de procesos, armonización de múltiples modelos y metodologías ágiles para la gestión de equipos de trabajo y el desarrollo de productos y servicios. Autor de más de 60 publicaciones entre libros, artículos, capítulos de libros y ponencias a nivel nacional e internacional, lo que le permitió en el 2015 y 2016 estar en el listado de los 500 colombianos más citados en Colombia a través de una consulta realizada en Google Scholar.

Dr. Fernando Colmenares, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia

Título de la ponencia: Aplicación de algoritmos de optimización bio-inspirados en sistemas energéticos de generación distribuida.

Se evaluará la aplicación de un algoritmo de optimización de enjambre de partículas (PSO) en la optimización de sistemas de micro-cogeneración para la producción de energía eléctrica de un edificio. El algoritmo se encuentra acoplado a una estructura computacional apoyada en el software de simulación energética Trnsys v17 y en modelos de emisiones desarrollados en la Universidad Cooperativa de Colombia. Estas evaluaciones se realizarán desde el punto de vista tecno-ambiental. Para esto se aplicará un análisis de desempeño técnico y ambiental con respecto al consumo específico de combustible y de producción de CO₂ en un escenario de generación eléctrica para un edificio residencial en la ciudad de Medellín en Colombia.

Biografía resumida:

Fernando Colmenares es actualmente el Jefe Nacional de Investigación en Ingeniería y Profesor con Doctorado en la Universidad Cooperativa de Colombia (UCC). Su foco de investigación se encuentra en la generación de energía, simulación y modelado en el sector de la energía, aviación y evaluación de riesgos tecno-económicos y ambientales y optimización de multi-objetivos. Su grupo de investigación ha demostrado el uso de sistemas de propulsión innovadores y sistemas de microcogeneración basados en biomasa para: eficiencia energética, evaluación del ciclo de vida, análisis tecno-económico y optimización de diseño y operación.

Dr. Francisco Gutierrez, Universidad de Chile, Chile

Título de la ponencia: Desafíos y Lecciones Aprendidas en el Diseño de Sistemas de Apoyo al Cuidado Informal

El diseño de tecnología computacional para apoyar el cuidado de adultos mayores no ha reconocido ampliamente la complejidad y heterogeneidad de dicha actividad. Consecuentemente, esto introduce una brecha entre las necesidades de los adultos mayores y los servicios provistos por sus redes de apoyo. Por ejemplo, la mayoría de los adultos mayores en Latinoamérica no han sido capaces en adoptar tecnología digital para interactuar socialmente con sus familias. Esta actitud, junto a un alto grado de compromiso derivado de la fuerte obligación filial característica de las sociedades colectivistas, sobrecarga a los familiares más implicados en el cuidado informal de sus adultos mayores, generando indirectamente tensiones con otros miembros. Luego, en lugar de tecnología más avanzada para apoyar el envejecimiento en el hogar, se requiere de un mejor entendimiento de la complejidad y diversidad de las experiencias de vida y necesidades de cuidado de los adultos mayores, para así apoyar el diseño de soluciones socio-técnicas potencialmente efectivas. En esta charla se discutirán los desafíos en todo el proceso de desarrollo de sistemas computacionales domésticos destinados a apoyar el cuidado informal de adultos mayores. Junto a ello, se presentará un conjunto de lecciones aprendidas, para así definir y estructurar recomendaciones prácticas para el diseño de soluciones de software en este dominio particular de aplicación.

Biografía resumida:

Francisco J. Gutiérrez es actualmente Profesor Adjunto del Departamento de Ciencias de la Computación en la Universidad de Chile. Obtuvo el grado de Doctor en la misma Universidad, el grado de Master en Ingeniería por la École Centrale de Nantes, Francia, y se ha desempeñado como Investigador Visitante en la Universidad de Saskatchewan, Canadá con el patrocinio del programa Emerging Leaders in the Americas (Líderes Emergentes en las Américas) del Gobierno de Canadá. Sus líneas principales de investigación son: diseño y evaluación de sistemas de computación social, factores humanos en sistemas computacionales y estudios empíricos en Ingeniería de Software. El Dr. Gutiérrez dirige activamente iniciativas de promoción y desarrollo de la Interacción Humano-Computador, tanto en Chile como en Latinoamérica, con el apoyo de ACM SIGCHI (Special Interest Group on Computer-Human Interaction), la asociación internacional más importante de profesionales en el área. En esta misión, preside el capítulo chileno de la asociación y se desempeña como embajador de la misma para el Cono Sur. Por su trabajo de investigación y extensión, el Dr. Gutiérrez fue reconocido el año 2017 como uno de los 100 Líderes Jóvenes de Chile.

Dra. Yenory Rojas, Universidad Latina de Costa Rica, Costa Rica

Título de la ponencia: Mujeres en tecnología, un reto pendiente.

En pleno siglo XXI aún escuchamos tanto a mujeres como hombres realizando cuestionamientos sobre si las mujeres son buenas en matemáticas, programación u otras áreas de vital relevancia en el área de tecnología. De igual manera en las aulas se ve reflejado la poca participación femenina a la hora de la elección de una carrera de tecnologías, el dato global es que la participación de mujeres en esta área llega al 20% y en casos exitosos a un 25%, y si se avanza un poco más y se busca cuántas mujeres están participando en puestos de dirección en organizaciones de tecnología, el porcentaje es aún menos esperanzador, alcanza un 5%.

Ante estos hechos, se han realizado esfuerzos sostenidamente por diferentes organizaciones y gobiernos, a través de proyectos de incentivo y apoyo para la atracción de mujeres en los programas de tecnologías, sin embargo, no se logra la mejora esperada.

Es de total relevancia que se siga en la lucha, y se logre valorar el impacto que tendría en el desarrollo de la tecnología y la innovación contar con la adecuada de ambos géneros.

Biografía resumida:

Yenory Rojas es Doctora en Informática, de la Universidad de Alicante España, sus principales áreas de investigación son: el procesamiento de lenguaje natural y el área de brecha de género en tecnologías digitales.

Ha dirigido las carreras de Ing. Informática de las principales universidades privadas de Costa Rica. Actualmente tiene a cargo el Capítulo de Computación de IEEE Sección Costa Rica. Yenory también ejerce como Presidente del Colegio de Profesionales en Informática y Computación.

Modelado del funcionamiento de un dispositivo para el control de la asistencia estudiantil mediante Redes de Petri Coloreadas

Modelling of a student assistance control device operation through Coloured Petri Nets

Karina Ojo ¹, Yorlenis González ², Elia E. Cano ³, Carlos A. Rovetto ⁴

^{1,2,3,4} Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales, Universidad Tecnológica de Panamá
karina.ojo@utp.ac.pa, yorlenis.gonzalez@utp.ac.pa, elia.cano@utp.ac.pa, carlos.rovetto@utp.ac.pa

Resumen— El control de la asistencia estudiantil es un factor que influye en el rendimiento de los estudiantes y a su vez es un elemento de evaluación tomado en consideración en el entorno académico, motivo que lleva a mantener un registro de esta. Los métodos tradicionales para el control de la asistencia implican un arduo trabajo manual, lo que impulsa a la propuesta de un dispositivo que automatice el proceso de recolección de la asistencia. Este dispositivo involucra el uso de las huellas dactilares del estudiante como medio de verificación de su asistencia a clases, aumentando así el nivel de seguridad y confiabilidad en los datos que registre el dispositivo. Se contempla la generación de reportes basados en estos datos para el uso del docente según lo amerite. Las Redes de Petri Coloreadas (CPN) son una herramienta que ofrecen una representación gráfica intuitiva y atractiva, lo que permite a personas que no estén familiarizadas con ellas comprender el comportamiento y el flujo de la información que en ellas se maneja. Los colores que emplean las CPN, se basan en los tipos de datos conocidos como cadenas, enteros, booleanos, entre otros; lo que facilita la representación de los datos que fluyen por los arcos de las transiciones, así como el tratamiento de estos, para su uso en procesos posteriores. En este artículo se presenta un modelo mediante CPN del funcionamiento del dispositivo biométrico propuesto, durante el registro de la asistencia de los estudiantes y la generación de un reporte de asistencia diaria.

Palabras claves— Asistencia estudiantil, biometría, huella dactilar, redes de Petri Coloreadas.

Abstract— Student assistance control is a factor that influences on students' performance and it is an element taken into consideration for evaluation in the academic environment, reason that leads to record it. Traditional methods for assistance record involves an arduous manual work, which impels to the proposal of a device that automates the process assistance collection. This device involves the use of student's fingerprints as a means of verifying their attendance at classes, increasing the security and reliability level in the data recorded by the device. It is contemplated the reports' generation based on the recorded data, for teachers use. Coloured Petri Nets (CPN) are a tool that offers an intuitive and attractive graphic representation, allowing non-familiarized people to understand their behavior and information flow in them. Colours used by CPN are based on known data types as string, integers, Booleans, among others; which eases data representation on transition arcs, same to their treatment for its use in future processes. This article presents a CPN model for the proposed biometric device operation, during students' assistance collection and daily assistance report generation.

Keywords— biometric, Coloured Petri Net, fingerprint, student assistance.

1. Introducción

La asistencia a clases en modalidad presencial o semipresencial en el ambiente académico, es un factor que influye directamente en el rendimiento de cada estudiante [1]. Sobre todo la participación en clases son variables con un peso importante en la predicción del rendimiento [2]. Este principio se cumple independiente del nivel de educación en que se encuentre el estudiante, debido a que un estudiante que asiste regularmente a clases puede llevar el ritmo regular de las clases. Esto permite la entrega de trabajos y presentación de pruebas

académicas y otras asignaciones de forma puntual; además de las destrezas que cualquier individuo debe desarrollar para su convivencia en sociedad.

Expuestas algunas ventajas que tiene la asistencia a clases por parte del estudiante, se observa la importancia de llevar un control de esta a fin de considerarlo como parte de la evaluación del rendimiento de cada estudiante.

Los métodos tradicionales para la toma de asistencia en los niveles de educación primario y secundario recurren a un llamado a voz por parte del docente; que al recibir respuesta marca en su libreta o en un archivo en

un computadora, la asistencia del estudiante a la clase. En el nivel universitario usualmente se toma asistencia por medio de firmas en papel, siendo una opción poco ineficiente, puesto que no se puede verificar con certeza la firma de cada estudiante.

Ambos casos denotan un arduo trabajo manual, que se complica para grupos numerosos y más aún cuando este control de asistencia debe ser registrado manualmente en algún tipo de plataforma educativa como Sistema de Administración de Centros Educativos 2.0 (Siace) y el Sistema de Evaluación y Seguimiento Académico (SIESA)[3], sin mencionar un gasto de papelería.

En la actualidad se han implementado nuevas tendencias para el proceso de identificación de personas, entre lo que podemos hacer referencia a la aplicación de conceptos de la biometría [4]. Existen varios países que utilizan técnicas de biometría para la identificación de los estudiantes en la educación, como Argentina, Brasil, Chile entre otros [5], siendo así una tendencia mundial.

La biometría es un sistema automatizado que utiliza un conjunto de rasgos físicos de un individuo, comúnmente usados para tecnologías de seguridad de equipos, que se encarga de identificar características propias de una persona, por tanto, estudia las medidas o formas del ser humano. Estas medidas se encuentran en ciertas partes del cuerpo, por ejemplo el iris y retina del ojo, huellas dactilares, mano completa y la forma de nuestro rostro o reconocimiento facial [6].

Con la tecnología biométrica se tiene una opción que eleva el nivel de certeza y automatización, a través del uso de un dispositivo biométrico [4]. Adicionalmente, esta tecnología permite registrar la asistencia del estudiante, para luego volcar esta información en un formato de archivo que el docente pueda manipular para realizar las evaluaciones correspondientes.

El artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma: el punto 2, trata aspectos generales sobre las huellas dactilares; el punto 3, enfoca la situación actual del registro de la asistencia estudiantil en la Universidad Tecnológica de Panamá; el punto 4, define componentes y funcionamiento del dispositivo biométrico propuesto; el punto 5, hace referencia a conceptos relacionados con las Redes de Petri y en el punto 6, se presenta y describe el modelo para el funcionamiento del dispositivo propuesto usando Redes de Petri Coloreadas.

2. Medida biométrica: Huellas Dactilares

El uso de las huellas dactilares como medio de identificación de los individuos, de forma automatizada,

se remonta a los años 1960 con el surgimiento de las tecnologías de computación [7].



Figura 1. Tipos de patrones de la huella dactilar

Las huellas dactilares consisten en una serie de líneas que se forman en la epidermis de los dedos [8], las cuales presentan una serie de patrones como se muestran en la figura 1. Estos patrones son utilizados como puntos característicos al momento de realizar una comparación entre huellas. Usualmente los patrones están constituidos por crestas, bifurcaciones, valles y deltas como se muestra en la figura 2 y cuyas ubicaciones y direcciones reciben el nombre de minucias [9].



Figura 2. Ejemplo de puntos característicos

El proceso general del tratamiento de las imágenes de las huellas dactilares para su uso como medio de identificación, contempla los siguientes pasos:

- Procesamiento de la imagen: Implica el mejoramiento, binarización y adelgazamiento de las líneas que componen la huella.
- Extracción de los puntos característicos: Se detectan y extraen las posiciones de las minucias, generando un índice o vector matemático con esa información.

A partir de estos vectores, los sistemas que emplean huellas dactilares son capaces de realizar búsquedas 1:1 a modo de verificación de la identidad de una persona o de 1:N para identificar a un individuo en particular dentro de un grupo de huellas[8].

En el mercado, tanto a nivel nacional como internacional, es posible encontrar a disposición de cualquier persona componentes electrónicos de tamaños variados, que son capaces de procesar y trabajar con este tipo de información biométrica, tal es el caso de los componentes desarrollados para plataformas como Arduino.

2.1. Sensor de huellas dactilares para Arduino

El GT-511C3 FPS es un escáner de huellas dactilares con un pequeño módulo integrado que consiste en un sensor óptico montado en una placa de circuito pequeña como se muestra en la figura 3. Esta propuesta se apoya en este tipo de sensor por su alta compatibilidad con Arduino, sin embargo, puede utilizarse cualquier otro modelo compatible. Este sensor óptico escanea una huella dactilar y el microcontrolador junto con el software proporcionan la funcionalidad de procesarla automáticamente para encontrar o verificar si coincide con alguna de las huellas que han sido almacenadas en su base de datos interna.

Esta base de datos puede ser importada a la computadora o ser reemplazada por otra, siempre y cuando esta base de datos haya sido generada por el propio sensor.



Figura 3. Lector de huellas dactilares modelo GT-511C3

Entre la gama de sensores orientados al trabajo con huellas dactilares, se eligió el GT-511C3 (figura 3), por su capacidad para el almacenamiento y su tamaño compacto. En la tabla 1 se describen algunas especificaciones técnicas con las que cuenta este sensor.

Tabla 1. Especificaciones técnicas sensor GT-511C3

Ítem	Valor
Procesador	ARM Cortex M3 Core
Tipo de sensor	Óptico
Área del sensor	14 x 12.5 (mm)
Máximo número de huellas	200 huellas
Tasa de Aceptación Falsa	<0.001%
Tasa de Rechazo Falso	<0.1%
Voltaje de operación	DC 3.3 ~ 6V
Corriente de operación	<130mA
Interfaz de comunicación	UART, 9600 bps USB Ver1.1
Modo de coincidencia	1:1, 1:N

Este módulo es de tipo óptico y puede realizar un reconocimiento de 360°, es decir que puede reconocer una huella sin necesidad de colocar el dedo en una orientación específica, sumado a esto es capaz de realizar verificaciones 1:1 y 1:N, a través del algoritmo SmackFinger 3.0 [10].

Este sensor presenta una tasa de aceptación falsa, probabilidad de que dos plantillas de distintos dedos coincidan[11], de 0.001%; a la vez que ofrece una tasa de rechazo falso, probabilidad de que dos plantillas del mismo dedo no coincidan[11], de un 0.1%.

Es compatible con diferentes versiones de tarjetas de Arduino, como Nano, UNO y Mega; la cuales funcionan como un intermediario entre el sensor y la computadora.

2.2. Huellas dactilares frente a otras técnicas de identificación biométrica

Existen otros tipos de técnicas de identificación biométrica como: reconocimiento facial, lectura de la retina del ojo, patrón del iris, reconocimiento de voz y por geografía de la mano. Cada una posee un grado de unicidad, dentro del que destacan el uso del mapa de la retina de ojo y el iris [12] sobre las otras técnicas, debido a esto son empleadas cuando se necesita un mayor nivel de seguridad; no obstante, requieren el uso de un láser que puede resultar incómodo para los usuarios[13].

En el caso del reconocimiento facial y geografía de la mano, se requieren equipos de mayor dimensión y costo. Por esto, se seleccionó la tecnología de huella dactilar, que además de ser menos invasiva, representa menores riesgos para la salud, ofreciendo un aceptable nivel de unicidad y estabilidad, sumado a lo conveniente del tamaño del lector de huellas para la implementación del dispositivo propuesto.

3. Asistencia estudiantil en la UTP

Actualmente la UTP como en otras instituciones de educación superior de Panamá, la asistencia está reglamentada en el Estatuto Universitario como parte de la evaluación docente.

En la Ley 17 de 9 de octubre de 1984, por la cual se organiza la Universidad Tecnológica de Panamá, establece en el Artículo 1, que la Universidad se registrará de acuerdo con la Constitución, la Ley, el Estatuto y los Reglamentos que legítimamente adopte. El Estatuto Universitario de la UTP se creó con respaldo de esta ley y en varios artículos de este estatuto se insta a llevar un control de la asistencia de los estudiantes de los cuales podemos resaltar el artículo 265 de la sección Ch que reza:

“Artículo 265. La asistencia puntual a clases será factor esencial para determinar la calificación que ha de recibir el estudiante por su labor y decidir si se le permite examinarse en la asignatura.” [14].

En la UTP el control de asistencia implica una inversión del tiempo de los docentes, pues se realiza mayormente mediante hojas de firmas o llamado a lista, ambos métodos manuales. Además, este registro de asistencia debe ser cuantificado por el docente para la aplicación de lo dictado por el estatuto, añadido a esto, esta información debe ser cargada de forma manual a la plataforma del SIESA.

SIESA es una plataforma que entre una de sus características se encuentra el registro de la asistencia, sin embargo, resulta tedioso para los docentes con una matrícula numerosa de estudiantes, registrarla diariamente a causa de muchos factores y entre ellos principalmente está la reducida velocidad de Internet en los diversos Centros Regionales de la UTP. Estas limitaciones provocan que los docentes mantengan el registro de forma manual para luego efectuar la actualización en SIESA, cuando se encuentren en un lugar con mejor acceso a Internet, implicando doble trabajo y gasto de papelería.

El dispositivo propuesto busca proporcionar un nivel de automatización para todo el proceso que implica el control de asistencia, debido a que este recolectará la información de la asistencia, sin necesidad de una conexión a Internet o el uso del papel.

4. Dispositivo para el control de asistencia sobre Arduino

Considerando la tecnología antes mencionada en lo que respecta al control de la asistencia, se ha concebido

en la propuesta la utilización de un dispositivo biométrico basado en la plataforma Arduino para la captación y registro de la asistencia estudiantil, con el propósito de apoyar a los docentes en esta labor.

La propuesta proporciona una plataforma de software para la configuración personalizada de cada profesor a fin de que pueda corresponder con las marcaciones de los estudiantes. Una vez establecida la configuración se puede descargar las marcaciones a través de esta aplicación como se muestra en la Figura 4.

Este proceso de configuración y uso del dispositivo biométrico, se divide en tres etapas a) Registro del estudiante y horarios del docente. b) Registro de Asistencia. c) Obtención de reportes.

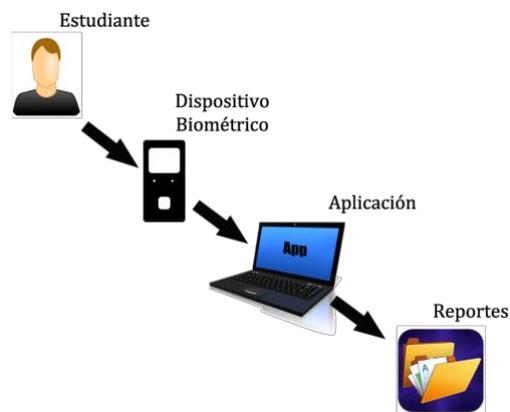


Figura 4. Esquema del funcionamiento del dispositivo biométrico para el control de asistencia

4.1. Registro del estudiante y horarios del docente

El objetivo principal de esta etapa consisten en la obtención de la información que servirá para la validación de las marcaciones que realicen los estudiantes en el dispositivo. Durante esta etapa se realizan dos tareas principales que son el registro del personal docente como el ingreso de la información de los horarios de clase del docente. Posteriormente, se realiza el ingreso de datos personales y captación de la huella digital de los estudiantes.

4.1.1. Ingreso de la información de los horarios de clase del docente

El dispositivo trabaja en conjunto con una aplicación de escritorio desarrollada para facilitar la manipulación y carga de los datos biométricos de los estudiantes, por lo que cuenta con un formulario destinado al registro de la

información de los grupos que se le han asignado a un docente.

En este formulario aparecen campos como el nombre y el código de la asignatura proporcionado por la Universidad, la cantidad de clases que se dictarán por semana y el código de horario que establece el rango de tiempo en el que estudiante debe realizar la marcación para que esta no sea considerada como ausencia. Es posible asignar en la configuración los días que no se van a dictar clases e igualmente se pueden asignar días especiales para recuperar horas de clases.

4.1.2. Ingreso de datos personales y captación de la huella digital de los estudiantes

Una vez se tiene todos los horarios registrados, aparecerá entre las opciones del formulario de registro del estudiante los códigos de asignaturas a los que pueden pertenecer los estudiantes a registrar.

Otros campos del formulario solicitan los datos personales como el nombre y cédula del estudiante y de igual forma se muestra la sección destinada a capturar la huella del estudiante.

Esta tarea debe realizarse estudiante por estudiante, no obstante, el proceso sólo se debe hacer una vez por período académico.

Tanto la información referente a los horarios del docente como el registro de los estudiantes permanecerán en la computadora en el cual se realizó el registro. Por esta razón el docente debe ser cuidadoso al elegir dónde se guardarán estos archivos pues son requeridos para procesos posteriores.

4.2. Registro de la asistencia

Una vez efectuada la captura de las huellas de los estudiantes en el dispositivo, para el registro de asistencia el docente debe llevar el dispositivo al salón de clase y pasarlo para que cada estudiante realice su marcación.

En tal caso si el estudiante coloca su huella digital en el dispositivo después de rango del código de horario, será enviado a un reporte aparte en donde quedará a criterio del docente si lo registra como ausencia o tardanza a clases.

4.3 Obtención de Reportes

En esta fase el docente puede obtener dos tipos de reportes, el reporte diario y el reporte porcentual. El reporte diario contiene la asistencia por clases de cada

estudiante hasta el momento y el reporte porcentual es aquel en donde se obtendrá el porcentaje de asistencia por asignatura de los estudiantes, para esto el docente debe indicar el total de clases que impartió en el período académico que se va a evaluar.

Estos reportes se pueden adaptar a un formato específico, por ejemplo, un archivo con la extensión CSV, apto para ser cargado en plataformas como SIESA.

La extensión CSV del inglés *Comma-separated values* es un archivo de texto que se puede editar, importar y exportar cantidades de datos separadas por coma con gran facilidad.

Un aspecto importante a tener en cuenta es que, en las etapas del registro del estudiante y horarios del docente, como en la de obtención de reportes, el dispositivo debe estar conectado a un ordenador en el que se encuentre instalada la aplicación correspondiente, así como los archivos de registros de información mencionados.

5. Redes de Petri Coloreadas

Las Redes de Petri (RdP) son un modelo creado por Carl Adam Petri, basándose en la teoría de autómatas modulares, en 1960. Una RdP está conformada por una serie de elementos denominados lugares, transiciones y arcos de expresiones; representados mediante círculos/elipses, rectángulos y flechas respectivamente[15]. A través de estos elementos se mueven los llamados tokens o marcas, cuyo contenido puede representar un recurso, persona, etc.

Existe una variación de las RdP, que, en lugar de que las marcas representen objetos, estos tengan un valor que está afiliado a un tipo de dato, ya sea entero, booleano, entre otros. Esta variación recibe el nombre de Red de Petri Coloreada o CPN por sus siglas en inglés, en donde los colores serían los datos que contienen las marcas.

Al ofrecer esta característica, las CPN resultan como una gran herramienta para el modelado y visualización de comportamientos dentro un sistema dado, pues proporcionan:

- Descripciones jerárquicas.
- Representación gráfica intuitiva y atractiva.
- Simulaciones interactivas.

Formalmente podemos decir que una CPN es una tupla formada por nueve elementos $CPN = (\Sigma, P, T, A, N, C, G, E, I)$, en donde cada uno de los elementos significan lo siguiente.

- Σ , Conjunto finito no vacío de colores.

- P, Conjunto finito de lugares.
- T, Conjunto finito de transiciones.
- A, Conjunto de arcos.
- N, Función del Nodo $A \rightarrow (P \times T) \cup (T \times P)$.
- C, Función del color C (conjuntos de colores a P).
- G, Función de protección G (guarda de T).
- E, La función de expresión del arco.
- I, función de inicialización (marcas iniciales de P).

El conjunto de los colores Σ especifica los colores permitidos para cada marca y Σ_{MS} es un multiconjunto de todos los colores. Dado un multiconjunto m sobre un conjunto no vacío, se define como una función $m: S \rightarrow N_0$ que, para un $s \in S$ retorna la ocurrencia de s en Σ , tal que $s \in \Sigma$, $\text{sii } m(s) > 0$. Los lugares P pueden contener los colores que representen valores tan arbitrarios y complejos como sea necesario. Cada marca se encuentra mapeada a un color que puede ser modificado por las transiciones T, tal que $P \cap T = \emptyset$. El conjunto A, une los lugares y transiciones, esta acción está expresada como $P \cap T = P \cap A = T \cap A = 0$. En los arcos pueden apreciarse una serie de expresiones pertenecientes al conjunto E, las cuales se deben evaluar como un color de un conjunto de colores del lugar o como un conjunto múltiple de colores.

Estas expresiones a su vez determinan la cantidad de marcas que entran o salen de los lugares, dado sea el caso. La función N, está definida sobre A y mapeada a A, de la siguiente forma $A \rightarrow (P \times T) \cup (T \times P)$. De forma similar la función C está mapeada a cada lugar P con el conjunto Σ . Por otra parte, la función G excluye ciertos elementos y asigna cada transición $t \in T$ a una expresión de guarda g; cuyo resultado debe ser evaluado en términos de cierto o falso. La función I es la encargada de asignar a cada lugar p una expresión de inicialización i, evaluada como un multiconjunto de marcas con un color correspondiente al color del lugar C(p), expresado como $M: P \rightarrow C(p)MS$.

Estas prestaciones permiten representar datos como los que serán empleados por el dispositivo: fechas, horas, identificador de huella dactilar, etc.; a través de colores.

6. Modelo formal a través de CPN

Para la formulación del modelo, se ha omitido la etapa de configuración del docente y sus cursos, así como el registro de las huellas de cada estudiante. Para efectos didácticos el modelo ha sido enfocado en el proceso de registro de asistencia y generación del reporte de asistencia diario por parte de la aplicación de escritorio.

El modelo en CPN simplifica y representa de manera formal los tipos y flujos de datos, así como la toma de decisiones que realiza el dispositivo biométrico una vez que recibe la lectura de la huella dactilar.

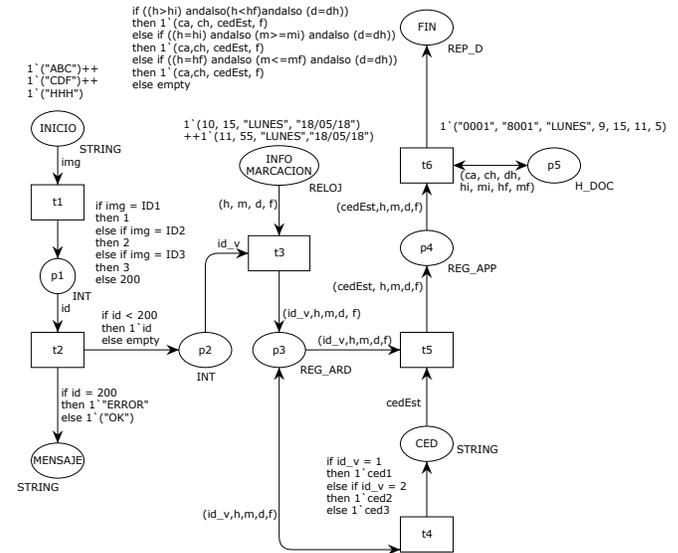


Figura 5. Modelo CPN para el funcionamiento del dispositivo.

En la Figura 5, representa el modelo en donde los círculos representan estados P y los rectángulos transiciones T. Se ha etiquetado los lugares y transiciones principales dependiendo de la información que en ellos existe o por un nombre genérico. A continuación, se enumeran los tipos de datos principales del modelo basados en el tipo cadena=string y entero=int, obteniendo así las variables denominadas var y los colores colset:

1. colset RELOJ = product INT * INT * STRING * STRING;
2. colset REG_ARD = product INT * INT * STRING * STRING;
3. colset REG_APP = product STRING * INT * INT * STRING * STRING;
4. colset REP_D = product STRING * STRING * STRING * STRING;
5. colset H_DOC = product STRING* STRING* STRING * INT *INT*INT*INT;
6. var id, id_v, cod, h, m, hi, mi, hf, mf: INT;
7. var img, msg, cedEst, d, f, ca, ch, dh: STRING;
8. val ID1 = "ABC";
9. val ID2 = "CDF";
10. val ced1 = "00-000-000000";
11. val ced2 = "01-001-000001";

El proceso inicia cuando los estudiantes colocan su dedo sobre el sensor de huellas dactilares, acción que

corresponde a su asistencia a la clase. La huella ingresada es representada en el modelo con la variable `img`, que almacena una cadena para representar la información biométrica que es leída por el sensor.

Esta huella pasa a ser verificada en la base de datos interna del lector, `t1`, retornando un valor entero, `id`, que va del 0 al 199, en caso de que la huella exista, debido a que el máximo número de huellas que pueden ser almacenadas en el lector es 200, de lo contrario retorna un valor fuera del rango dado. Para ambas circunstancias, se emite un mensaje para que el usuario pueda saber si su marcación fue aceptada o no.

El `id` de la huella que pasa la verificación, `id_v`, es enviado a un registro, junto con información referente a la hora, nombre del día y la fecha en que se marcó (`h`, `m`, `d` y `f`, respectivamente), elementos del color `RELOJ`, mediante la `t3`. Este registro es del color `REG_ARD` y es almacenado para su uso posterior en `p3`.

Los pasos detallados corresponden a la fase del registro de la asistencia de los estudiantes, en donde el dispositivo tiene como única tarea llevar un registro de las marcaciones realizadas por los estudiantes, indistintamente de la materia que esté dictando el docente y es de carácter repetitivo, es decir, sólo el docente decide en qué momento detener la recolección de la asistencia.

La siguiente fase corresponde a la generación del reporte de la asistencia, en donde se emplea la información de `REG_ARD`, guardada en `p3`, para generar un nuevo registro, correspondiente al color `REG_APP`, para lo cual es necesario reemplazar cada `id_v` por el número de documento de identificación personal del estudiante cuya huella haya sido registrada con ese `id_v`. En el modelo, las cédulas de las huellas existentes en el lector se definen en los valores de `ced1`, `ced2` y `ced3`; en la transición `t4` se establece la condición para enviar el valor correspondiente, hacia `t5` mediante la variable `cedEst`.

La transición `t5` envía los nuevos datos con las cédulas correspondientes, para ser almacenados en `p4`. Para obtener el reporte de asistencia, los datos de `p4` son comparados contra los archivos que contienen la información del horario del docente y de las asignaturas, representados por `p5`, permitiendo validar si las marcaciones se hicieron en el rango de horas establecidos para ser tomado en consideración como asistencia. Esta verificación es llevada a cabo por `t6`.

El proceso finaliza con la obtención de un reporte, cuyos datos forman parte del color `REP_D`, que despliega el código de la asignatura, código de hora, cédula del estudiante y fecha de la marcación.

6.1. Simulación del modelo

Con el fin de evaluar el funcionamiento del modelo, en la herramienta CPN Tools, se dieron las siguientes entradas, en representación de huellas ingresadas en el lector: “ABC”, “CDF” y “HHH”. En la figura 6 se aprecia el proceso de verificación de la huella en donde se generan dos mensajes de confirmación y uno de error, que corresponde a la entrada “HHH”. A las que pasaron la verificación se les asigna la hora y fecha de marcación.

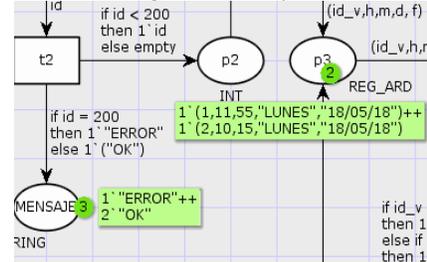


Figura 6. Verificación de la huella en la base de datos.

En la figura 7 las dos marcaciones que fueron aceptadas han pasado por el proceso de asignación de la cédula de cada estudiante.

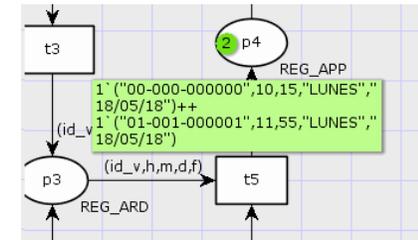


Figura 7. Reemplazo del ID de huella por la cédula.

Finalmente, en la figura 8 se muestra que sólo una de las marcaciones registradas está dentro del rango de horas establecido en la línea ejemplo de datos del horario del docente en `p5`.

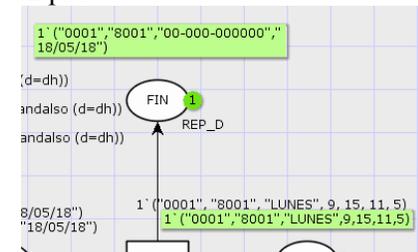


Figura 8. Reporte de asistencia diaria.

7. Conclusión

El uso de la biometría ha permitido elevar el nivel de certeza al momento de identificar a una persona, dando paso a la aplicación de técnicas que involucren su uso por razones de seguridad.

La asistencia es un punto que es considerado a la hora de evaluar a un estudiante, indistintamente del nivel académico, por lo cual es necesario llevar un control estricto de ésta; no obstante, los métodos actuales para su registro no son los óptimos y requieren inversión de tiempo y recursos por parte del docente.

La propuesta del dispositivo biométrico para el control de la asistencia estudiantil persigue ofrecer una alternativa automatizada para la recolección de la asistencia, sumando a esto una mayor eficacia y confiabilidad en los datos recolectados, debido al uso de la huella dactilar como medio de verificación de la identidad de cada estudiante.

Estos datos a su vez pueden ser manipulados por el docente para la obtención de reportes en los que se despliegue información adicional como códigos de hora y asignatura, porcentajes de asistencia, entre otros.

Las CPN, siendo una herramienta potente para la elaboración y simulación de modelos, permiten presentar de una forma gráfica e intuitiva procesos como el envío y tratamiento de la información, tal es el caso de los pasos de verificación que realiza de forma interna el dispositivo. Otra cualidad de las CPN es la facilidad para la representación de los datos que fluyen en los arcos, mediante el uso de colores que pueden estar constituidos por combinaciones de varios tipos de datos.

El modelo presentado contempla el registro de la asistencia de los estudiantes, sin hacer diferencia en la materia en que se esté recolectando, y el procesamiento de ese registro para la obtención de un reporte de asistencia diario.

Este modelo facilita la visualización y entendimiento de la serie de decisiones que el dispositivo debe realizar para validar las marcaciones realizadas por los alumnos, de una forma simple.

Adicionalmente, podemos describir y modelar formalmente utilizando teoría de conjuntos para que sea interpretado por personas que no tengan un conocimiento previo sobre RdP o CPN. Se utilizó la herramienta CPN Tool para el modelado del sistema propuesto y actualmente se está trabajando en la primera versión física del dispositivo que se propone en este trabajo.

8. Referencias

- [1] L. Stanca, "The Effects of Attendance on Academic Performance: Panel Data Evidence for Introductory Microeconomics," *J. Econ. Educ.*, vol. 37, pp. 251–266, 2006.
- [2] M. García, J. Alvarado, and A. Jiménez, "La predicción del rendimiento académico: regresión lineal versus regresión logística," *Psicothema*, vol. 12, no. 2, pp. 248–252, 2000.
- [3] L. Pérez and N. Samaniego, "Sistema de evaluación y seguimiento del rendimiento académico," *Prism. Tecnológico*, vol. 5, no. 1, pp. 16–19, 2014.
- [4] S. Chague, B. Droit, S. Boulanov, S. N. Yanushkevich, V. P. Shmerko, and A. Stoica, "Biometric-Based Decision Support Assistance in Physical Access Control Systems," *2008 Bio-inspired, Learn. Intell. Syst. Secur.*, pp. 11–16, 2008.
- [5] TEDIC, "Cuantificando identidades en América Latina," 2017.
- [6] FACULTAD DE INGENIERIA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR, "Escuela de Ingeniería en Sistemas y Computacion," no. 2, 2016.
- [7] N. whyte Wen Liu, "Fingerprint Recognition," *FBI Publ.*, vol. 1, pp. 100–166, 2012.
- [8] V. G. Arrieta, A. Marín, J., Sánchez, L. G., Romero, L., Sánchez, L. A., & Batista, "Gestion y Reconocimiento óptico de los puntos carateristicos de imagenes de huellas dactilares.," *Univ. Salamanca*.
- [9] C. M. Galvis T., "Introduccion a la biometría." 2007.
- [10] ADH-Tech, "Data Sheet Optical Fingerprint Recognition Embedded Module GT-511C3." 2006.
- [11] P. Lindeberg, "How to evaluate a fingerprint algorithm - and achieve top performance." 2015.
- [12] P. Biométricos and D. E. H. Dactilar, "TESIS DOCTORAL," 2003.
- [13] M. R. MARÍN, J. C. R. URIBE, and J. C. O. MORALES, "Una Mirada a La Biometría," *Av. en Sist. e Informática*, vol. 6, no. 2, pp. 29–38, 2011.
- [14] Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), "Estatuto Universitario de la Universidad Tecnológica de Panamá," no. 1, pp. 1–72, 2012.
- [15] K. Jensen, "A Brief Introduction to Coloured Petri Nets," 2005.

Sistema de medición de temperatura corporal a través de dispositivos móviles para monitorear niveles de fiebre en niños entre los 0 y 5 años en la ciudad de Neiva

Body temperature measurement system through mobile devices to monitor fever levels in children between 0 and 5 years old in the city of Neiva

Alvaro Hernán Alarcón López¹, Geyni Arias Vargas², José Miguel Llanos Mosquera³
^{1,2,3} Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA Neiva, Colombia.
¹ alvaro.alarcon@corhuila.edu.co, ²geyni.arias@corhuila.edu.co, ³jmllanosm@corhuila.edu.co.

Resumen – La fiebre es una de las causas más comunes de consulta médica por parte de los padres en la actualidad, esto principalmente debido a las múltiples creencias que se generan alrededor de esta sintomatología; aclarando que esta solo se considera riesgosa para mediciones de temperatura corporal superiores a los 41 °C. Así mismo se puede afirmar que los episodios febriles son muy frecuentes en los niños en edades temprana, especialmente el rango de 0 – 5 años; es este el intervalo en el cual los infantes son más propensos a la aparición de convulsiones febriles debido a episodios de fiebre alta, a su vez estas podrían causar posteriores afectaciones a la salud tales como la epilepsia. El presente trabajo tuvo como objetivo el realizar una revisión bibliográfica con el propósito de encontrar los parámetros de diseño de un sistema de medición de temperatura corporal por medio de dispositivos móviles, que permitiera alertar a los padres de familia o adultos encargados a cerca de episodios de fiebre alta; para que estos realizarán acciones preventivas ante la posible aparición de convulsiones febriles. Finalmente se analizó la información y se establecieron las pautas para el desarrollo del sistema; eligiendo la plataforma Arduino LyliPad como dispositivo recolector y procesador de las señales para posteriormente enviarlas al dispositivo móvil. Además como implicaciones del presente trabajo se puede considerar que este sistema una vez desarrollado permitirá mejorar la calidad de salud de los niños, así como motivar el surgimiento de nuevos prototipos de E-Health en la región.

Palabras claves – Aplicación móvil, Convulsiones febriles, Fiebre, Medición de temperatura, Monitoreo, Niños

Abstract – The fever is one of the most common causes of medical consultation on the part of the parents at present, this mainly due to the multiple beliefs that are generated around this symptomatology; clarifying that this is only considered risky for body temperature measurements higher than 41 oC. It can also be said that febrile episodes are very frequent in children at an early age, especially the range of 0 - 5 years; this is the interval in which infants are more prone to the appearance of febrile seizures due to episodes of high fever, in turn these could cause subsequent health effects such as epilepsy. The objective of this work was to carry out a bibliographic review, with the purpose of finding the design parameters of a body temperature measurement system by means of mobile devices, that would alert parents or adults in charge of episodes of high fever; so that these will take preventive actions before the possible appearance of febrile seizures. Finally, the information was analyzed and the guidelines for the development of the system were established; choosing the Arduino LyliPad platform as a collecting device and processor of the signals to later send them to the mobile device. In addition, as implications of the present work, it can be considered that once developed, this system will improve the quality of children's health, as well as motivating the emergence of new E-Health prototypes in the region.

Keywords – Mobile app, Feverish convulsions, Fever, Temperature measurement, Monitoring, Children

1. Introducción

Diversos autores a nivel mundial han indicado que los niños especialmente durante los primeros meses de vida y hasta los 5 años son propensos a la aparición de cuadros

febriles, que en muchos de los casos tienen etiología infecciosa, como son los trastornos respiratorios y gastrointestinales de tipo viral. [1]

Además la fiebre se considera alta y alcanza los niveles de hipertermia cuando se presentan mediciones superiores a los 41 °C, este es uno de los principales motivos de consulta pediátrica, ya que los padres presentan un gran temor ante la aparición de esta sintomatología y de forma especial la posible inducción de convulsiones febriles (CF) en los infantes, una vez alcanzados los niveles de temperatura anteriormente mencionados. [2] [3] [4] [5]

En este mismo sentido se considera que las (CF) son definidas como una crisis epiléptica que ocurre en la infancia y se presentan solo en el 2% a 5% de todos los casos; estas pueden generar pérdida de conciencia, estremecimiento o rigidez corporal y probabilidad de daños físicos por caídas o ahogamiento por alimento o saliva. [6]

Por tanto el temor parental ante la posible aparición de esta afectación en la salud de los infantes [7], genera la necesidad de monitorear de forma constante la temperatura de los niños; una posible solución a este dilema podría ser el uso de sensores de temperatura de tipo inalámbrico y de aplicaciones móviles capaces de procesar los datos provistos por los mencionados dispositivos; todo esto con el propósito de prevenir la aparición de las convulsiones febriles en niños de 0 a 5 años.

Un ejemplo de este tipo de sistemas es el denominado “Diseño de un sistema no invasivo de medición de la temperatura corporal interna”, el cual se llevó a cabo en la Universidad politécnica de Cataluña y tuvo como objetivo el crear un dispositivo de medición de temperatura de tipo no invasivo, que tomara las mediciones a través de un brazalete ubicado en la muñeca del paciente. [8]

Otro proyecto que desarrollo procesos de medición corporal, fue el realizado por los docentes de la Universidad Internacional Islámica de Malasia denominado “Medición de temperatura corporal para Sistema de monitoreo remoto de salud”, el propósito del mismo fue desarrollar un dispositivo de medición capaz de enviar los datos a la nube y facilitar el monitoreo en tiempo real por parte del personal médico.[9]

En este mismo sentido docentes de la Universidad de Londres desarrollaron el proyecto denominado “Sistema de detección temprana no invasiva y portátil de la fiebre para niños pequeños”, el cual tuvo como el de monitorear

la fiebre en niños menores de 2 años bajo un entorno no clínico, para ello se usaron varios sensores ubicados en diferentes áreas corporales. [10]

Además el proyecto denominado “Sensor epidérmico RFID pasivo para mediciones de temperatura corporal” fue desarrollado por docentes de la Universidad de Roma, se enfocó en el desarrollo de un sensor de tipo epidérmico UHF, el cual pretendía ser conectado directamente a la piel a través de una membrana (PCL).[11]

En el presente artículo se presentaran los avances en el desarrollo de un prototipo de medición de temperatura corporal que permita prevenir las convulsiones febriles, estos adelantos se enfocan en la revisión y selección del hardware necesario para desarrollar el mismo.

2. Materiales y métodos

El presente trabajo tuvo como propósito realizar una revisión bibliográfica con el propósito de encontrar los parámetros de diseño de un sistema electrónico de medición de temperatura corporal para niños menores de 5 años para informar y alertar a los cuidadores a fin de prevenir ñas convulsiones febriles, el mencionado módulo será capaz de transmitir los datos obtenidos a un dispositivo móvil con el objetivo de establecer un monitoreo constante; a futuro se espera desarrollar esta unidad y realizar pruebas en pacientes que presenten episodios febriles.

La revisión bibliográfica se enmarco en la búsqueda de artículos de investigación realizada en los primeros meses del presente año en la base de datos IEEEExplore. Se usaron los descriptores: tipos de medición de temperatura, medición remota de temperatura, multisensores de temperatura, aplicaciones móviles de medición de temperatura corporal, tipo de tarjeta de adquisición de datos.

A través de una revisión evaluativa y cuantitativa se logró elaborar una síntesis de los tipos de sensores mayormente usados, las tecnológicas inalámbricas más

utilizadas para el envío de datos entre sensor y microcontrolador, así como las plataformas de desarrollo para el procesamiento y gestión de los datos de temperatura obtenidos.

2.1 Tipo de investigación

De esta forma a través del desarrollo de una investigación de tipo exploratoria, se logró establecer las variables: temperatura corporal y episodios de convulsiones febriles; además se realizó un revisión de trabajos desarrollados en el tema de la fiebre en niños, con el propósito de recolectar datos esenciales que permitieron establecer los puntos y métodos adecuados de medición de temperatura corporal en infantes de 0 – 5 años. También se acudió al enfoque cuantitativo a la hora de realizar una revisión bibliográfica y analizar la información a fin de obtener datos teóricos para el diseño a nivel de hardware del prototipo.

2.2 Fases o momentos de la investigación:

- Realización de revisión bibliográfica de trabajos relacionados con el tema de la fiebre en niños, con el propósito de establecer los parámetros técnicos de medición de temperatura para diseño del software del sistema de medición de temperatura corporal.
- Realización de revisión bibliográfica de trabajos relacionados con dispositivos electrónicos de medición de temperatura corporal, esto con el propósito de establecer los parámetros de diseño del sistema de medición de temperatura corporal.
- Diseño a nivel de hardware (sensores, comunicación inalámbrica) del sistema de medición de temperatura corporal a través de dispositivos móviles.

3. Resultados

Realizando una aproximación metodológica de tipo cuantitativa se identificaron las principales características asociadas con la medición de temperatura corporal, niveles de fiebre y dispositivos electrónicos usados en este campo.

A continuación se listan los resultados obtenidos de las revisiones realizadas con el propósito de tener claridad de los conceptos y parámetros técnicos de la fiebre, así como de los sensores de temperatura, equipos de procesamiento y transmisión utilizados en el desarrollo de dispositivos de medición de temperatura corporal. Esto con el propósito de analizar los datos y obtener el diseño del prototipo.

3.1 Conceptos de fiebre

Esta revisión se hizo con base en la lectura de los documentos académicos [2], [3], [4], [5], [12], [13], [14], [15].

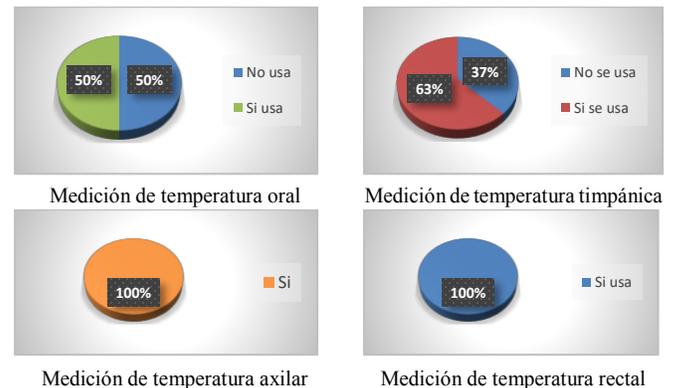


Figura 1. Tipos de medición de temperatura corporal

En primer lugar se pudo constatar que solo un 50% de los trabajos contempla la medición de temperatura vía oral, ya que esta no es del todo confiable y por ende puede propiciar errores de diagnóstico.

También se logró observar que en un 63% de los trabajos tiene en cuenta la medición de temperatura vía timpánica, este tipo no es absolutamente confiable y podría causar errores de diagnóstico.

Por otro lado se pudo comprobar que en el 100% de los trabajos tiene en cuenta la medición de temperatura vía axilar, este debido a la confiabilidad de la misma.

Además se logró constatar que en el 100% de los trabajos tiene en cuenta la medición de temperatura vía rectal, este debido esta técnica es la más confiable de todas.

También se pudo concluir que en el 100% de los documentos consultados, se estableció que la temperatura límite para hablar de fiebre es aquella superior a los 38 °C. Esta es una afirmación general pero también se debe tener en cuenta la edad del paciente y el punto de medición de la misma.

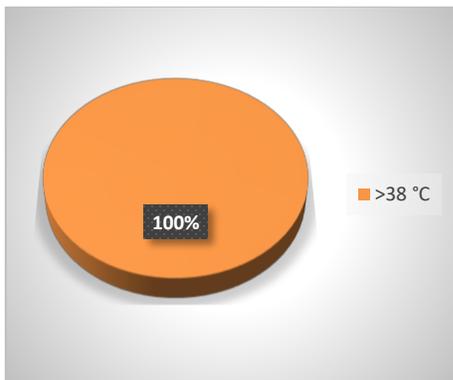


Figura 2. Temperatura fiebre.

Igualmente se logró constatar que en el 50% de los documentos, se establece una temperatura alta riesgosa para la salud denominada hipertermia, que esta es alcanzada por el paciente a los 41 °C y que en este punto el paciente corre el riesgo de sufrir de convulsiones febriles.

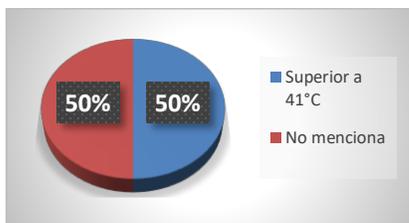


Figura 3. Temperatura hipertermia

En cuanto a los niveles de fiebre e hipertermia se acudió a la conceptualización teórica ofrecida por los artículos, ya que en la actualidad no existe un consenso en la comunidad médica acerca de los mismos; además se está trabajando en una encuesta con pediatras en este sentido para comparar estos datos con los resultados obtenidos en la revisión.

3.2 Dispositivos de medición de temperatura

Esta revisión se hizo con base en la revisión de los documentos académicos [9], [10], [11], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24].

En primer lugar se pudo constatar que en el 100% de los trabajos consultados, se usan las redes de sensores inalámbricas WSN, con el propósito de enviar las señales corporales a un dispositivo procesador.



Figura 4. Uso de WSN

Además se logró constatar que solo en el 42% de los trabajos revisados, se visualizan los datos de temperatura corporal a través de aplicaciones de escritorio, lo cual indica que en gran parte de los proyectos no se realiza una adecuada presentación de la información.

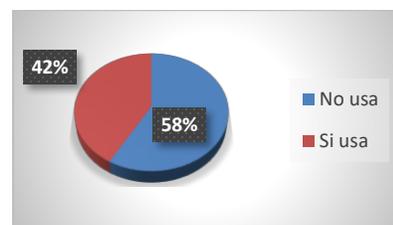


Figura 5. Aplicación de escritorio

Igualmente se logró constatar que solo en el 8% de los casos se visualiza la información de temperatura corporal a través de dispositivos móviles, esta situación indica que a nivel académico existen muy pocos proyectos que integren las WSN y los dispositivos móviles con el propósito de realizar monitoreo en tiempo real de las señales corporales.

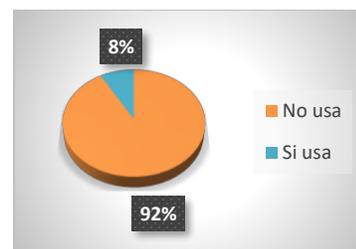


Figura 6. Aplicación móvil

También se pudo concluir que en el 50% de los documentos consultados, se desarrollaron sistemas de medición de señales corporales con la técnica de multisensores, de esta forma se debían manipular diversas entradas al mismo tiempo a fin de realizar un monitoreo exitoso del paciente.

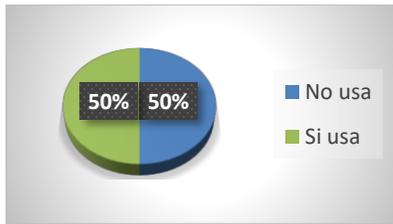


Figura 7. Multisensor

Por otro lado se pudo comprobar que solo en el 17% de los casos, las señales corporales se enviaron a un equipo distante del sitio de medición, a fin de realizar monitoreo remoto del paciente por parte del personal médico a cargo.

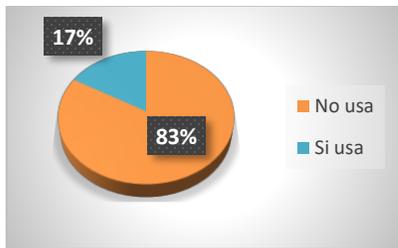


Figura 8. Monitoreo remoto

Finalmente se pudo establecer que existen una gran cantidad de dispositivos que pueden ser usados con el propósito de recibir y procesar las señales corporales obtenidas por los sensores, en este ítem cabe destacar el hecho que en el 25% de los casos se usa algunas de las plataformas Arduino para desarrollar sistemas confiables y de bajo costo.

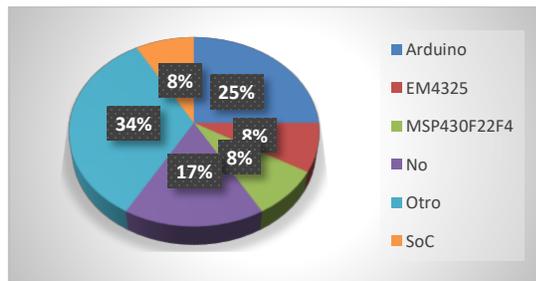


Figura 9. Micro Usado

3.3 Arquitectura seleccionada

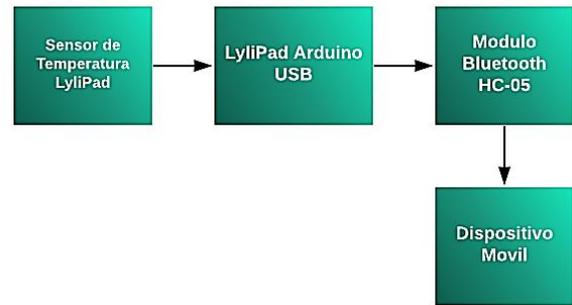


Figura 10. Arquitectura hardware

En la imagen anterior se puede observar que una vez realizado el análisis de la información recolectada mediante la revisión bibliográfica, se elige la plataforma de desarrollo Arduino LyliPad para el desarrollo del prototipo de medición; ya que esta es una tecnología que se puede adicionar a la prenda de vestir y es de bajo costo, lo cual es ideal para el proceso de medida de temperatura en infantes. Por tanto el niño llevará en su ropa el dispositivo de procesamiento que a su vez enviara la señal a través de Bluetooth al dispositivo móvil del cuidador.



Figura 11. Estructura de interfaz

A su vez como se observa en la imagen anterior, el dispositivo móvil del cuidador contará con una aplicación capaz de reconocer los datos provenientes del hardware de medición de temperatura, los almacenara y procesara con el propósito de generar alertas tempranas.

4. Conclusiones

Por medio de la ejecución de este trabajo se pretende contribuir con el desarrollo del área de E-Health a nivel regional, ya que en la actualidad es muy poco el aporte que realizan las facultades de ingeniería locales a los procesos de salud pública en el departamento del Huila.

Además se pretende desarrollar un dispositivo electrónico de medición de temperatura corporal, con el propósito de hacer del uso del teléfono inteligente de los cuidadores como medio eficaz de alerta y prevención temprana de las convulsiones febriles en niños de 0 a 5 años de edad.

Así mismo se espera generar una motivación al desarrollo de dispositivos tecnológicos que contribuyan con a preservar el bienestar y la salud de las personas, especialmente los niños menores de 5 años de edad.

Esta iniciativa ha sido bien recibida por parte de los profesionales del área de la salud, especialmente las docentes de programas de enfermería las cuales han manifestado que este tipo de dispositivos proporcionarían una enorme ayuda para los cuidadores.

5. Agradecimiento

“El desarrollo de este trabajo ha sido financiado por la Corporación Universitaria del Huila – CORHUILA, bajo resolución N° 1684 de 2018 del 15 de febrero, la cual fue expedida por el rector de la mencionada institución”.

6. Referencias

- [1] P. Cáceres, Z. K. Cifuentes, and D. Salgado, “Etiología del síndrome febril agudo en niños de 1 mes a 5 años hospitalizados en el Servicio de Urgencias del Hospital Universitario Hernando Moncaleano Perdomo de Neiva,” *Rev. Fac. Salud*, vol. 6, no. 1, pp. 48–54, 2014.
- [2] D. Cobo and Daza Paola, “Signos vitales en pediatría,” *Rev. Gastrohnutp*, vol. 13, no. 1, 2011.
- [3] A.-E. Gómez, “La fiebre en la edad pediátrica,” *Educ. Sanit.*, vol. 27, no. 1, pp. 53–57, 2008.
- [4] R. Ruiz Arcos *et al.*, “Fiebre en pediatría,” *Rev. Mex. Pediatría*, vol. 77, no. 1, pp. 3–8, 2010.
- [5] A. Zomorodi and M. W. Attia, “Fever: Parental Concerns,” *Clin. Pediatr. Emerg. Med.*, vol. 9, no. 4, pp. 238–243, 2008.
- [6] N. Moreno de Flagge, “Simple febrile seizure, complex seizure, generalized epilepsy with febrile seizure plus, FIRES and new syndromes,” *Medicina (B. Aires)*, vol. 73 Suppl 1, no. 1, pp. 63–70, 2013.
- [7] D. Molinero Aguirre and H. Mejía Salas, “Conocimiento de los padres sobre la fiebre en de emergencias en el hospital del niño ‘Dr. Ovidio Aliaga Uria,’” *Rev. Medica La Paz*, vol. 23, no. 1, 2017.
- [8] K. M. Lozano Montero, “Diseño de un sistema no invasivo de medición de la temperatura corporal interna,” Universidad Politécnica de Cataluña, 2015.
- [9] H. Mansor, M. H. A. Shukor, S. S. Meskam, N. Q. A. M. Rusli, and N. S. Zamery, “Body temperature measurement for remote health monitoring system,” *Smart Instrumentation, Meas. Appl. (ICSIMA), 2013 IEEE Int. Conf.*, no. November, pp. 1–5, 2013.
- [10] M. D. P. Garcia-Souto and P. Dabnichki, “Non-invasive and wearable early fever detection system for young children,” *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 116, no. August, pp. 216–229, 2018.
- [11] S. Milici, S. Amendola, A. Bianco, and G. Marrocco, “Epidermal RFID passive sensor for body temperature measurements,” *2014 IEEE RFID Technol. Appl. Conf. RFID-TA 2014*, pp. 140–144, 2014.
- [12] J. A. C. Vélez, “Fiebre en niños,” in *Curso continuo de actualización en Pediatría CCAP - Modulo 1*, Sociedad Colombiana de Pediatría, Ed. Bogotá, D.C: Sociedad Colombiana de Pediatría, 2002, pp. 17–31.
- [13] E. Chiappini *et al.*, “2016 Update of the Italian Pediatric Society Guidelines for Management of Fever in Children,” *J. Pediatr.*, vol. 180, p. 177–183.e1, Jan. 2017.
- [14] R. Wing, M. R. Dor, and P. A. McQuilkin, “Fever in the pediatric patient,” *Emerg. Med. Clin. North Am.*, vol. 31, no. 4, pp. 1073–1096, 2013.
- [15] Guía de práctica clínica, “Diagnóstico y tratamiento de fiebre sin signos de focalización en los niños de 3 meses hasta los 5 años de edad,” *Secr. Salud*, vol. México, 2013.
- [16] R. S. Dilmaghani, H. Bobarshad, M. Ghavami, S. Choobkar, and C. Wolfe, “Wireless sensor networks for monitoring physiological signals of multiple patients,” *IEEE Trans. Biomed. Circuits Syst.*, vol. 5, no. 4, pp. 347–356, 2011.
- [17] J. M. Ramirez-Alaminos, S. Sendra, J. Lloret, and J. Navarro-Ortiz, “Low-cost wearable bluetooth sensor for epileptic episodes detection,” *IEEE Int. Conf. Commun.*, pp. 3–8, 2017.
- [18] A. Vaz *et al.*, “Full passive UHF tag with a temperature sensor suitable for human body temperature monitoring,” *IEEE Trans. Circuits Syst. II Express Briefs*, vol. 57, no. 2, pp. 95–99, 2010.
- [19] T. H. Y. Ling, L. J. Wong, J. E. H. Tan, and K. Y. Kiu, “Non-intrusive Human Body Temperature Acquisition and Monitoring System,” *Proc. - Int. Conf. Intell. Syst. Model. Simulation, ISMS*, vol. 2015–Octob, pp. 16–20, 2015.
- [20] D. Pardo *et al.*, “Design Criteria for Full Passive Long Range UHF RFID Sensor for Human Body Temperature Monitoring,” *RFID_ IEEE Int. Conf. RFID*, pp. 141–148, 2007.
- [21] H. Liu *et al.*, “A Fully Integrated Wireless SoC for In-Body pH and Temperature Continuous Monitoring,” pp. 109–110, 2015.
- [22] A. Pantelopoulos and N. G. Bourbakis, “A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis,” *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 40, no. 1, pp. 1–12, 2010.
- [23] M. ; Tsakalakis and N. G. Bourbakis, “Health Care Sensor –

- Based Systems for Point of Care Monitoring and Diagnostic Applications : A brief survey,” *Proc. 36th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, no. Cvd, pp. 6266–6269, 2014.
- [24] M. Caldara, C. Colleoni, E. Guido, G. Rosace, V. Re, and A. Vitali, “A wearable sensor platform to monitor sweat pH and skin temperature,” *2013 IEEE Int. Conf. Body Sens. Networks, BSN 2013*, 2013.

Evolución y Contribución para el Internet de las Cosas por las emergentes Redes Definidas por Software

Evolution and Contribution for the Internet of Things by the Emerging Software-defined networking

Carlos Gonzalez ^{1*}, Olivier Flauzac ², Florent Nolot ³

¹ Vicerrectoría de Investigación y Postgrado UNACHI, Panamá, ^{2,3} Université de Reims Champagne-Ardenne, CReSTIC, Francia
carlos.gonzalez-santamaria@etudiant.univ-reims.fr, olivier.flauzac@univ-reims.fr, florent.nolot@univ-reims.fr

RESUMEN— Las últimas décadas han tenido una enorme evolución de las tecnologías de la computación y la comunicación, lo que ha llevado a un desarrollo y despliegue continuo de las infraestructuras de redes informáticas en términos de dimensión y complejidad. Una de las tecnologías que se ha convertido en una parte integral de la vida cotidiana es el Internet de las Cosas (IoT). Sin embargo, existe un consenso en que las nuevas arquitecturas de redes deberían rediseñarse e implementarse pruebas para mejorar muchos problemas técnicos y mejorar el rendimiento. Hoy en día, con el crecimiento exponencial de dispositivos conectados a Internet, la administración y configuración de la red es uno de los desafíos más difíciles para los administradores de red. En este contexto, con la aparición de las redes definidas por software (SDN) y funciones de redes virtualizadas (NFV) como dos nuevos paradigmas de redes, ofrecen muchas oportunidades para superar estos desafíos, ya que permiten gestionar con flexibilidad, configurar, proteger y optimizar la red recursos usando programas de software dinámicos. Este artículo presenta los aportes de la virtualización de funciones de red y arquitecturas que se pueden utilizar para mejorar el rendimiento basado en el protocolo OpenFlow y SDN, desde una perspectiva IoT.

Palabras claves— Administración de redes de computadoras, Internet de las cosas, Openflow, Redes definidas por software, Virtualización

ABSTRACT— The last decades have a tremendous evolution of computing and communication technologies, which has led to a continuous development and deployment of computer networks infrastructures in terms of dimension and complexity. A technology which has become an integral part of everyday life is the Internet of Things (IoT). However, there is a consensus that new network architectures should be redesigned and deployed in practice to address many technical issues and improve the network performance. Nowadays, with the exponential growth of devices connected to the internet, managing and configuring the network is one of the hardest challenges for network managers. In this context, with the emergence of software defined networking (SDN) and Network Functions Virtualization (NFV) as new networking paradigms, many opportunities have become available to overcome those challenges since they allow to flexibly manage, configure, secure, and optimize the network resources using dynamic software programs. This paper presents the benefits of network function virtualization and architectures that can be used for enhancing the network performance based on the OpenFlow protocol and SDN, from an IoT perspective.

Keywords— Computer network management, Internet of Things, Openflow, Software-defined networking, Virtualization.

1. Introducción

Con la proliferación actual de dispositivos conectados a Internet, aumenta la complejidad para administrar la seguridad y el despliegue de redes a gran escala. Una de las más importante las tecnologías emergentes es el Internet de las Cosas o Internet of Things (IoT) [1]. Con la aparición de este nuevo paradigma digital de comunicación, los objetos están programados para monitorear y controlar de forma autónoma muchos

aspectos de nuestra vida cotidiana en sectores como el transporte, las ciudades inteligentes, el medio ambiente, la educación, salud, entre otras áreas. Estos dispositivos generan grandes volúmenes de datos, creando una fuerte demanda de gestión de flujo de datos y un nivel de gestión de seguridad difícil de administrar. Debido a la complejidad y la heterogeneidad para el desarrollo de una arquitectura adaptable a este tipo de red, una solución es proporcionada por otra tecnología emergente

denominada Redes definidas por software, *Software-Defined Networking* en inglés (SDN) [2].

En la arquitectura SDN, la función de control de red es separada de la función de plan de transferencia de datos. A su vez, las funciones de control de red pueden ser centralizadas en uno o más controladores de SDN. Este nuevo paradigma cambia por completo la noción del funcionamiento de una red tradicional con equipos y programas proporcionados por un proveedor con sistemas propietarios, lo que hace difícil la innovación y el despliegue de redes gran escala. El SDN permite superar estas limitaciones proporcionando un entorno de código abierto programable y personalizable.

En este artículo se presenta una plataforma de prueba para redes a gran escala incluyendo dispositivos integrados con capacidad de IoT, utilizando técnicas de virtualización de sistemas y SDN.

2. Antecedentes

En los últimos años, la comunidad de científica se ha centrado en investigar dos nuevos paradigmas de redes IoT y SDN. En el punto de partida de esta investigación se realizó un estudio de ambas arquitecturas para comprender su funcionamiento, y así poder describir los aportes de las redes virtualizadas para el IOT. Adicionalmente este trabajo permitió la elaboración de una plataforma de prueba para poder realizar experimentaciones y ver la fiabilidad del sistema.

2.1 Arquitectura de IoT

El desarrollo reciente de una gran cantidad de aplicaciones para el IoT proporciona una amplia gama de oportunidades para crear valor agregado en diversos sectores de la industria y usuarios finales. En una de las estadísticas publicadas por Cisco pronostica que había alrededor de 25 mil millones de objetos conectados en todo el mundo en 2015, y este número de objetos puede duplicarse para el año 2020 [3]. Además, se proyecta unos 6,5 dispositivos *per-capita* conectado y aproximadamente 49 *exabytes* de tráfico de datos por mes superando de esta manera la mitad de 1 *zettabyte* anual.

Actualmente no hay consenso sobre un solo modelo de arquitectura referencial aplicable para todo el IoT. Existen diferentes modelos en curso de desarrollo, como lo son NIST para Smart Grid, ITU-T, M2M para ETSI o el modelo de referencia arquitectural para la Unión Europea, el proyecto IoT-A, entre otros modelos IETF,

W3C, etc. La estandarización de una arquitectura para el IoT va a evolucionar a través del tiempo con diversas contribuciones e ideas, como fue desarrollado el Internet.

La arquitectura IoT más comúnmente utilizada para definir la idea principal consta de tres capas: capa de percepción, capa de red y capa de aplicación [4].

- Capa de percepción: esta capa consiste en objetos físicos y sensores. La tarea principal de la capa de percepción es recopilar datos e identificar objetos utilizando diferentes dispositivos como tarjetas inteligentes, RFID y redes de sensores.
- Capa de red: esta capa también se denomina capa de transporte, que al mismo tiempo es responsable de transmitir los datos a la capa de percepción y a la capa de aplicación. Para garantizar la transferencia de datos, la capa de red utiliza diferentes tipos de tecnologías y protocolos, por ejemplo, 2G, 3G, bluetooth, zigbee, gateway, ad-hoc, red inalámbrica/cableada o infrarroja, entre otros.
- Capa de aplicación: la capa de aplicación permite la interacción directa con los usuarios finales. Las aplicaciones se pueden implementar para diferentes tipos de servicios e industrias, por ejemplo: domótica, ciudades inteligentes, logística, comercio, medio ambiente, seguridad pública, salud. En esta capa, todas las decisiones de control, seguridad y administración de aplicaciones se realizan a este nivel.

2.2 Arquitectura de SDN

En redes tradicionales, el plan de control y el plan de datos es gestionado de manera individual en cada dispositivo de interconexión de red (enrutador o conmutadores). El proceso de despliegue de nuevos protocolos y políticas de seguridad individualmente puede resultar extenso y complejo debido a sistemas propietarios cerrados. La arquitectura de SDN simplifica la administración de la seguridad y la gestión de redes al separar el plan de control del plan de datos.

El plan de control es centralizado incluyendo todas las funciones de administración en un nodo externo denominado controlador de SDN. El plan de datos gestiona la transferencia de paquetes desde equipos de red tales como conmutadores y enrutadores a través de tablas de enrutamiento, con las decisiones que recibe desde el plan de control.

La arquitectura SDN, como muestra en la Fig. 1, está compuesta de tres capas: capa de aplicación (Application layer), capa de control (Control layer) y capa de infraestructura (Infrastructure layer).

- La capa de aplicación es constituida por un conjunto de aplicaciones que comunican sus requisitos de red a la capa de control SDN.
- La capa de control consiste en uno o un grupo de dos o más controladores SDN que coordinan las políticas de administración, así como la comunicación con las otras capas de la arquitectura de SDN usando interfaces y protocolos específicos.
- En la capa infraestructura se incorporan los equipos de red y si implementan algunas decisiones de transferencia de datos para reenviar el tráfico o procesarlo.

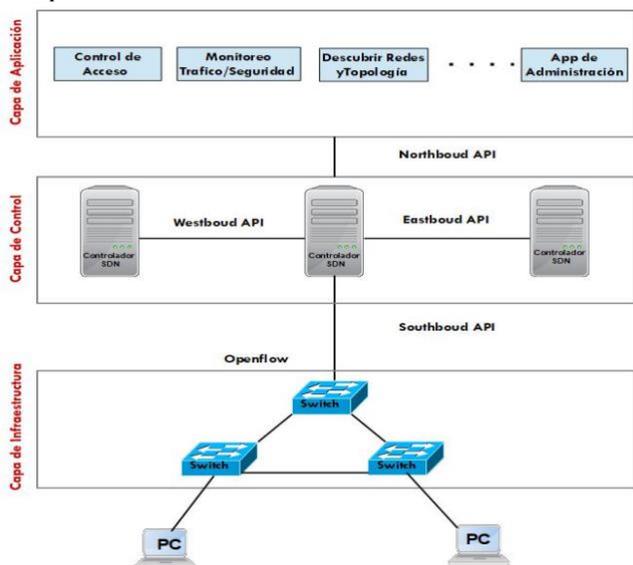


Figura 1. Arquitectura SDN.

El protocolo más utilizado para la comunicación entre los equipos de red y el controlador SDN es OpenFlow [2]. OpenFlow está estandarizado por Open Networking Foundation y es adoptado por muchos proveedores equipos de red con capacidad SDN. Además, este protocolo permite a través del controlador la administración y configuración de manera remota de los conmutadores, con el fin de leer los estados cada dispositivo de red, recopilar la información y estadísticas.

3. Beneficios de SDN para el IoT

El desarrollo de las nuevas tecnologías emergentes como lo es el IoT y los ambientes inteligentes requieren

de infraestructuras de redes que pueden soportar la administración grandes niveles de escalabilidad, tráfico de datos, movilidad y amenazas de seguridad. La continua evolución y el crecimiento de Internet representa un enorme desafío para los desarrolladores y las compañías de telecomunicaciones. Una solución alternativa para solventar este gran desafío es presentada por otra tecnología emergente como el SDN. Los beneficios de SDN para administrar el IoT se describen a continuación.

- La **centralización** de la información en el controlador SDN provee una visión global completa de la red, habilitando la automatización a través de la interfaz de programación de aplicaciones (API) y un control continuo de demandas masivas de conexión. Esta centralización simplifica la administración a gran escala de dispositivos IoT.
- La **flexibilidad** de administrar el almacenamiento de datos para analizar, procesar y para maximizar continuamente el rendimiento del flujo de la información entre dispositivos IoT. Los entornos de IoT están compuesto por diversos tipos de dispositivos finales en el cual toda la información generada puede ser tratada localmente utilizando la computación en los bordes evitando el congestionamiento del tráfico de red. Como resultado, la administración de la red puede ser incluso más crítica con el uso de los entornos de aplicaciones y protocolos actuales. La capacidad de configuración flexible de SDN, permite cambiar dinámicamente el comportamiento de la red en función de los patrones de tráfico, los incidentes detectados y los cambios de políticas de seguridad sobre todos los dispositivos conectados en un entorno de IoT.
- Debido al gran número dispositivos IoT conectados requieren de infraestructuras de redes capaces de soportar la **Escalabilidad**. Desde un punto centralizado, con SDN es posible crear una automatización de sistema con protocolos que permitan una gestión macro de los flujos de datos. También se puede predefinir las políticas de comunicación y seguridad para los dispositivos que se conecten a la red, e incluso definir estas políticas antes de la solicitud de conectividad, lo que básicamente permite una administración dinámica sin tener en cuenta los

nuevos dispositivos conectados. SDN permite incluir una escalabilidad inherente debido a su concepción centralizada para la administración de aplicaciones y protocolos el cual permite dar respuesta a expansiones de redes escalables según sea necesario.

- Con la **abstracción** de equipos de redes tales como conmutadores, enrutadores y dispositivos intermediarios permite una reducción de costo importante. Estos equipos en redes tradicionales utilizan sistemas propietarios programados con reglas específicas y protocolos complejos de establecer en tiempo real. Por lo tanto, la configuración de políticas adecuadas para cumplir con los requisitos específicos de aplicaciones IoT es un desafío que puede ser solucionado aplicando las redes definidas por software.
- La arquitectura de SDN permite una **Programabilidad** completa de todos los dispositivos conectados en una infraestructura debido a la visión global de la red. SDN ofrece la oportunidad de desarrollar nuevas funcionalidades y aplicaciones de red sin la necesidad de configurar individualmente cada dispositivo o esperar que los fabricantes de equipos de red las desarrollen. Esto permite una adaptación dinámica a cambios en topologías de redes, daño material de equipos, configuraciones dinámicas e implementación múltiples políticas de redes ideales para entornos IoT.

Actualmente los diversos escenarios de pruebas que permitan la utilización de SDN para el IoT están aún en desarrollo. Sin embargo, existen herramientas y protocolos adaptables en ambientes de pruebas que pueden ser utilizados para analizar la funcionabilidad y adaptabilidad de ambas tecnologías.

4. Plataformas de pruebas para SDN

Los prototipos y las plataformas de prueba tienen una gran importancia para la validación de una investigación. Es importante realizar experimentos en un entorno real o similar al de producción. Para realizar estos experimentos se debe tener en cuenta muchos factores, como lo es el costo, el tamaño y la flexibilidad para elaborar la plataforma. Actualmente existen herramientas como Ns2 y Opnet [5], proporcionando una alternativa para realizar experimentos de redes. Sin embargo, estas

herramientas no ofrecen escalabilidad y adaptabilidad a posibles escenarios prácticos realistas. Con la aparición de las nuevas técnicas de virtualización, aislamiento y segmentación, permiten la construcción de entornos de prueba flexibles y personalizables.

Motivados por la idea de realizar experimentos en una red de producción, los investigadores de la Universidad de Stanford propusieron un *test bed* denominado OpenRoads [6]. El prototipo elaborado permite a los investigadores utilizar esta plataforma de pruebas de manera simultánea para sus experimentos y para que los estudiantes creen sus propios controladores SDN inalámbricos. La red consta de 30 puntos de acceso WiFi y estaciones base WiMAX. Una de las funcionalidades incluida es FlowVisor, el cual permite separar y enviar la información específica a cada uno de los dispositivos interconecten las redes inalámbricas.

Mininet [7], es otra herramienta que permite realizar prueba de redes a pequeña escala. Su entorno de diseño de topologías y sus configuraciones proporciona una interfaz de redes programables bastante realista. Mininet permite crear redes SDN interactivas y personalizables que pueden compartirse una vez se ha desarrollado el prototipo. Pero debido a su enfoque de virtualización liviano, Mininet no puede soportar múltiples kernels sistemas operativos simultáneamente y no ofrece el mismo rendimiento para la transferencia de datos que un sistema de hardware real.

Para superar el impedimento de establecer topologías virtuales por sectores independientemente de la infraestructura física el cual es considerada una limitación de FlowVisor [8], se ha desarrollado un nuevo componente denominado *ViRtual Topologies Generalization in OpenFlow* (VeRTIGO) [9]. Este nuevo componente de redes es una extensión de FlowVisor, que permitir elaborar instancias de redes virtuales y mejorar el nivel de abstracción de la capa de virtualización de red a través de la separación de los conmutadores. Además, VeRTIGO ha sido implementado en el proyecto OFELIA [8], otro entorno experimental para diseñar y hacer pruebas de redes SDN, demostrando su eficacia y flexibilidad en entornos de redes reales y a gran escala.

OpenGUFU [10], es una plataforma de pruebas SDN el cual provee una interfaz gráfica de usuario. Esta plataforma permite visualizar la topología de red, las asociaciones entre los clientes móviles y el tráfico de los

puntos de acceso inalámbrico en tiempo real. Basado en ODIN (*Open Data Center with an Interoperable Network*), una plataforma SDN para redes WLAN empresariales, con un control sobre los clientes móviles conectados y los equipos de red a través del controlador SDN.

En [11], presentamos una arquitectura en clúster de controladores SDN para comprobar la escalabilidad y el rendimiento de OpenDaylight. Uno de los principales inconvenientes de SDN es la centralización del plan de control. Es por esta razón, que es necesario la clusterización de controladores SDN para evitar potenciales ataques como la denegación de servicio (DoS) o daños materiales en alguno de los nodos. Las técnicas utilizadas actualmente para realizar clúster de controladores SDN no son las adecuadas para soportar la nueva generación de internet como lo es el IoT. Una solución para solventar este desafío es la utilización de un protocolo de comunicación intra-cluster en la arquitectura SDN.

5. Diseño de una plataforma SDN-IoT

Luego de analizar las diferentes plataformas y herramientas que existen actualmente, ninguna se puede adaptar a un escenario realista de experimentación SDN-IoT. Es por este motivo que se diseñó una plataforma de pruebas en un ambiente virtualizado, el cual permite crear flujo de datos entre dispositivos, monitorear las peticiones enviadas al controlador SDN, decidir las políticas y reglas de seguridad sobre cada dispositivo conectado a la red. La plataforma desarrollada consiste en una red externa para la administración remota de cada servidor y una red interna para el flujo de comunicación solo OpenFlow. Esta plataforma cuenta con 5 servidores Linux, 1 servidor para la instalación del controlador SDN y 4 servidores para la virtualización de los dispositivos finales con capacidad de IoT.

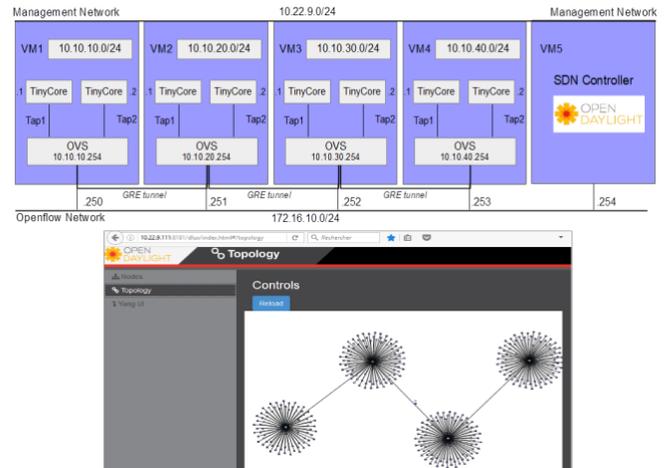


Figura 2. Diseño de la plataforma de prueba.

La gestión de la infraestructura es realizada en un ambiente de computación en nube, basado en VMware vSphere. Por medio de este software se puede administrar, instalar y configurar, múltiples máquinas virtuales simultáneamente en un solo servidor. La emulación de la arquitectura de un dispositivo con capacidad IoT, se realiza con el software de código abierto qemu. Este emulador permite adaptar según requerimiento el tipo de procesador, interfaces de redes, disco duro, la memoria RAM entre otros. El sistema operativo para cada uno de los dispositivos IoT conectados consiste en sistemas Linux basados en TinyOS. Existen otros sistemas operativos para simular dispositivos con recursos limitados tales como, Contiki, RIoT, LiteOS entre otros. TinyOS contiene diversas funcionalidades diseñadas para permitir la escalabilidad e integridad en una arquitectura IoT.

La plataforma de prueba SDN está constituida por herramientas de código abierto como el controlador SDN OpenDaylight (ODL) y conmutadores Open vSwitch (OVS). El proyecto ODL tiene el soporte de la fundación Linux, así como de los más importantes desarrolladores de Internet. El canal de comunicación entre el controlador y los conmutadores OVS se realiza a través del protocolo OpenFlow. Las funciones de control y las decisiones de transferencia de datos son gestionadas mediante table de flujos organizadas por OpenFlow. El controlador ODL tiene integrado un complemento de tipo *plug-in* que permite la automatización del flujo de datos para el proceso de conmutación en IPv4. No obstante, el

proceso de enrutamiento es más complejo para lograr una escalabilidad óptima. Para ello es necesario tener un amplio conocimiento en el funcionamiento de tabla de flujos incluyendo segmentación de instrucciones con OpenFlow, como también programación en Python, C o Shell scripting que permitan la automatización de redes escalables SDN.

En la evaluación del escenario experimental se pudo constatar el buen rendimiento de OpenFlow para la administración de redes escalables. Este caso de uso se utilizó OpenFlow 1.3 ya que la última versión 1.5 no está adaptada al controlador ODL. Una observación importante es que OpenFlow no dispone de los mecanismos adecuados para agregar políticas de seguridad a nivel de aplicación. Solo permite administrar la transferencia de datos y flujo de comunicación entre dispositivos. Una vez las reglas de flujo de datos son establecidas por el controlador, todos los procesos de conmutación y enrutamiento se realizan a nivel del OVS. Esto expone vulnerabilidad en todo el sistema, por ello es importante desarrollar una estrategia que permita la comunicación hasta el nivel aplicativo entre OpenFlow y otros protocolos como Opflex, Group Based Policy (GBP) o mecanismos de seguridad de redes en el controlador.

Una experimentación trascendental con arquitecturas SDN es la organización en clúster. El uso de clúster permite limitar el número de dispositivos conectados en una zona, reduciendo la cantidad de información a administrar. El intercambio de información entre clúster se realiza a través de la interconexión de controladores SDN. Dentro de la plataforma desarrollada efectuar simulaciones con más de 1,000 dispositivos conectados al mismo tiempo.

6. Conclusiones

En este artículo presenta los principales aportes que brinda la virtualización de redes para el IoT. El número de dispositivos con conectividad heterogénea aumenta cada día, por lo que es necesario crear arquitecturas de redes orientadas hacia la nueva generación de Internet. SDN ofrece un alto grado de escalabilidad, dependabilidad, seguridad y rendimiento. La centralización de la inteligencia de la red en el controlador SDN permite el control, la configuración y la administración de redes complejas de una manera más eficiente.

Referencias

- [1] S. Li, L. D. Xu, and S. Zhao. "The internet of things: A survey, Information Systems Frontiers." vol. 17, pp. 243-259, Apr. 2015.
- [2] Open Networking Foundation. "Software-Defined Networking: The New Norm for Networks", White Paper, [Online]. <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf>, [Apr. 2011].
- [3] D. Evans, "The internet of things: How the next evolution of the internet is changing Everything." White Paper, [Online]. http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf, [Apr. 2011].
- [4] Q. Jing, A. V. Vasilakos, J. Wan, J. Lu, and D. Qiu. "Security of the internet of things: Perspectives and challenges." Wireless Network, vol. 20, pp. 2481-2501, Nov. 2014.
- [5] B. White, J. Lepreau, L. Stoller, R. Ricci, S. Guruprasad, M. Newbold, M. Hibler, C. Barb, and A. Joglekar. "An integrated experimental environment for distributed systems and networks." SIGOPS Syst. Rev., vol. 36, pp. 255-270, Dec. 2002.
- [6] K.-K. Yap, M. Kobayashi, D. Underhill, S. Seetharaman, P. Kazemian, and N. McKeown. "The stanford openroads deployment." in Proceedings of the 4th ACM International Workshop on Experimental Evaluation and Characterization, WINTECH '09, (New York, NY, USA), pp. 59-66, ACM, 2009.
- [7] B. Lantz, B. Heller, and N. McKeown. "A network in a laptop: Rapid prototyping for software-defined networks." in Proceedings of the 9th ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks, Hotnets-IX, (New York, NY, USA), pp. 19:1-19:6, ACM, 2010.
- [8] M. Gerola, R. D. Corin, R. R. F. D. Pellegrini, E. Salvadori, H. Woesner, T. Rothe, M. Sune, and L. Bergesio. "Demonstrating inter-testbed network virtualization in ofelia sdn experimental facility." in 2013 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPs), pp. 39-40, April 2013.
- [9] R. Doriguzzi Corin, M. Gerola, R. Riggio, F. De Pellegrini, and E. Salvadori. "Vertigo: Network virtualization and beyond." in Software Defined Networking (EWSN). 2012 European Workshop on, pp. 24-29, Oct 2012.
- [10] J. Schultz, R. Szczepanski, K. Haensge, M. Maruschke, N. Bayer, and H. Einsiedler. "Opengufi: An extensible graphical user flow interface for an sdn-enabled wireless Testbed." Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing (CIT/IUCC/DASC/PICOM), 2015 IEEE International Conference on, pp. 770-776, Oct 2015.

Videjuego serio para contribuir a resolver problemas matemáticos sencillos basados en la multiplicación. Caso: Popayán Colombia

Serious videogame to help solve mathematical simple problems based on multiplication. Case: Popayán Colombia

Lisbeth Teresa Sánchez Camayo¹, Julián Andrés Mera Paz², Oscar Iván Dacto Ándela³, Luis Ángel Guarín García⁴

^{1, 2, 3, 4}Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa De Colombia

¹lisbeth.sanchezcam@campusucc.edu.co, ²julian.mera@campusucc.edu.co, ³oscar.dacto@campusucc.edu.co, ⁴luis.guarin@campusucc.edu.co

RESUMEN— Este artículo es resultado del proyecto de aula realizado para el segundo periodo del año 2017 por tres estudiantes de segundo semestre del programa ingeniería de sistemas de la Universidad Cooperativa de Colombia campus Popayán, quienes en base a un proceso de investigación formativa, identifican la necesidad de resolver problemas matemáticos sencillos basados en la multiplicación, para estructurarla solución se adopta el lienzo Canvas, donde se clasifica un segmento de clientes, tomando niños de segundo y tercer grado de primaria de seis colegios oficiales de la ciudad de Popayán. Para articular una adecuada propuesta de valor se centra en los videojuegos serios y la gamificación. Como actividades se realizó lectura y análisis de propuestas pedagógicas, artículos y libros que se basan en el desarrollo de software con enfoque a aprendizaje educativo. También se contó con el respaldo y orientación de docentes con experiencia en las temáticas de matemáticas, contexto de la ingeniería y algoritmia. Con unas visitas de campo se logró identificar y aterrizar el problema, para a través de alternativas y herramientas brindar una solución sintetizada en un videojuego serio, que tributa a resolver problemas matemáticos sencillos basados en la multiplicación de una cifra. Se pretende fortalecer, potenciar y legitimar el modelo enseñanza-aprendizaje con el propósito de incrementar los índices de aprendizaje y satisfacción en los niños. Además, se plantea las conclusiones y trabajos futuros para investigadores o estudiantes que deseen seguir en la línea de este proyecto.

Palabras claves— Dificultad en el aprendizaje, gamificación, tablas de multiplicar, videojuego serio.

ABSTRACT— This article is a result of the classroom project carried out for the second period of 2017 by three students by second semester from the systems engineering program of the Universidad Cooperativa de Colombia campus Popayán, who, based on a formative research process, identify the need for solve simple mathematical problems based on multiplication, to structure the solution is adopted the Canvas, which classifies a segment of clients, taking children of second and third grade of primary of six official schools in the city of Popayan. To articulate an appropriate value proposition, it focuses on serious videogames and gamification. The activities included reading and analysis of pedagogical proposals, articles and books that are based on the development of software with a focus on educational learning. It also counted on the support and guidance of teachers with experience in mathematics, context of engineering and algorithm. With field visits the problem was identified and landed, through alternatives and tools to provide a solution synthesized in a serious video game, which taxed solving simple mathematical problems based on multiplication tables of one digit. It is intended to strengthen, enhance and legitimize the teaching-learning model with the purpose of increasing the indices of learning and satisfaction in children. In addition, the conclusions and recommendations are presented for researchers or students who wish to do future work.

Keywords— Gamification, multiplication tables, learning difficulties serious videogame.

1. Introducción

El sistema de educación en Colombia tiene como objetivo mejorar los índices de conocimiento, con estrategias de enseñanza – aprendizaje en las diferentes actividades académicas de cualquier nivel de educación.

La Universidad Cooperativa de Colombia alineada con las políticas de gobierno para educación, transforma sus procesos académicos a un sistema basado en el desarrollo de competencias, centrándose en el ser, saber y hacer, fieles a esa convicción, los miembros de este proyecto,

buscan una necesidad real para a través de herramientas, métodos y técnicas dar una solución adecuada. Se identifica entonces una situación de enseñanza-aprendizaje donde los menores de segundo y tercero de primaria a través de un método tradicional repetitivo y memorístico desarrollan una asociatividad con las tablas de multiplicar, que les cuesta mucho esfuerzo, que en algunos casos ha fracasado y esto se convierte en una de las preocupaciones más usuales para los docentes y las familias ya que todos se deben involucrar.

Existe suficiente evidencia científica sobre la discalculia del desarrollo (DD), que describe los procesos cognitivos específicos del cálculo y procesos neuropsicológicos relacionados como la memoria de trabajo y percepción viso espacial. Sin embargo, es llamativa su baja identificación diagnosticada en la infancia. Es posible evidenciar casos de niños (7 y 8 años) que demuestran a través de pruebas normalizadas y de administración individual, déficits en la comprensión del número y la realización de cálculos elementales. Los problemas matemáticos y aquellos asociados a las tablas de multiplicar influyen bastante en el aprendizaje y el progreso de la matemática, tributando a que los alumnos puedan ser asertivos en la toma de decisiones y solucionar eventos de la vida real.

El interés por parte del equipo de investigación se forma porque es un proyecto que puede generar un gran impacto social y contribuir en el desarrollo de una mejor educación en la región, además se soporta en una clara evidencia del déficit en el aprendizaje de las tablas de multiplicar y la asociatividad a problemas matemáticos sencillos. Teniendo en cuenta el punto de vista de la ingeniería de sistemas, se debe propender por el estructurar soluciones adecuadas, optimizando recursos y mitigar riesgos, donde el equipo de investigación fundamentado el proceso de formación por competencias establecido en la Universidad Cooperativa de Colombia se motiva en los proyectos de aula al comprender y conseguir el aprendizaje basado en problemas (ABP). Por tanto, el grupo de investigación reflexiono: ¿Se podrá con un videojuego serio contribuir en los procesos de aprendizaje de niños de segundo y tercero de primaria para solucionar problemas matemáticos sencillos basados en las tablas de multiplicar del 1 al 5? Con esta pregunta, se vislumbra una gran oportunidad para consolidar un proyecto de aula y transformarlo en un proceso de investigación formativa, esto se debe a los

diferentes estudios donde en Colombia se reconoce que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) son una oportunidad para transformar el ecosistema digital, en especial el educativo.

2. Fase de ideación

La idea del proyecto de investigación se centra en el desarrollo de un videojuego serio para fortalecer los conocimientos y resolver los problemas matemáticos sencillos basados en las tablas de multiplicación. Para poder clarificar la idea del proyecto se debe conocer la necesidad o el problema, para ello es fundamental definir ¿cómo?, ¿dónde?, ¿cuándo? y a ¿quiénes? Teniendo resuelto estos interrogantes, el equipo de investigación revisa opciones de marcos de referencia o métodos que les permitan enrutar la idea, optando por el modelo Canvas para el proyecto, con él se permite estructurar una idea en un modelo de negocio, disertando sobre un segmento de clientes y generando para ellos una propuesta de valor, con una visión global de manera rápida y sencilla de cómo distribuir los recursos, buscar aliados estratégicos. Para brindar un mejor detalle del mismo se puede decir que el modelo Canvas contempla 9 módulos todos ellos interrelacionados y que explican la forma de establecer un modelo de negocios que permita generar ingresos y que estructure adecuadamente una idea:

A. Segmentos de clientes: Es el modulo donde se debe interpretar cuál es el público objetivo; ¿a quién va a ser dirigida la oferta?, con este módulo se permite vislumbrar elementos que van a impactar en el desarrollo de todo el proyecto.

B. Propuesta de valor: En este módulo, se le expresa al cliente, la solución más acertada a su necesidad o problema, generando un factor diferenciador, que se centra y genera valor hacia el segmento de los clientes.

C. Canales de distribución: Es la manera en la que se va a establecer el contacto con el segmento de clientes, a través de estos medios, con el objeto de llevar la propuesta de valor y dar a conocer los beneficios de la misma.

D. Relación con el cliente: En palabras comerciales es acompañar al segmento de clientes en la preventa, venta y postventa. Es importante por tanto en cada etapa pensar en la comodidad y satisfacción del cliente.

E. Fuentes de ingreso: En este módulo se define cuáles son las fuentes de ingreso, es clave entonces tener claro cómo se obtendrá un retorno de inversión en diferentes focos (dinero, afiliados y usuarios, publicidad). Todas estas cosas tienen que ser coherentes con la propuesta de valor. Esto nos permitirá ver el margen, uso y aceptación de la propuesta de valor, así como tipo, cantidad e intensidad acerca de la rentabilidad de la compañía.

F. Actividades clave: En este módulo el equipo del proyecto, define de las actividades cuales son las más importantes o significativas, con el objetivo de priorizar y adjudicar recursos, tiempo, alcance y costo.

G. Alianzas Claves: En este módulo el equipo del proyecto identifica y analiza quienes o cuales pueden ser sus aliados estratégicos, todos aquellos que de forma directa o indirecta tributen para desarrollar la propuesta de valor.

H. Estructura de costos: Es el módulo donde el equipo del proyecto, examina y comprende los costes en los que se incurren al operar el modelo de negocio.

Después de reflexionar sobre los elementos del modelo Canvas, se estructura un instrumento de investigación tipo encuesta, con unas preguntas orientadas a la recolección de información para el proyecto, para ello se respalda del aliado estratégico docentes de la facultad de psicología, que, por sus características formativas, respaldan desde lo psicosocial, pedagógico y afectivo a saber cómo redactar, aplicar y analizar la encuesta.

Como se observa en la figura uno y dos los instrumentos se aplicaron en los colegios oficiales La milagrosa, José E. Caro, Cesar Negrete Velasco, John f. Kennedy y García Paredes y la escuela Mixta Rural de Julumito del Municipio de Popayán, muestra poblacional de 187 niños entre 5 a 8 años tomada por convenios con la Universidad Cooperativa de Colombia y por la relación social que tiene el equipo de investigación con los directivos de los colegios mencionados. De la aplicación del primer instrumento se evidencia que presentan algunos problemas con la diferencia o

reconocimiento de las operaciones básicas (suma, resta, multiplicación, división), evidenciando que se confunden y tienen poca asociatividad a términos conceptuales y a manejo de signos. En relación a lo anterior se expone que “Las metodologías de memorización en la enseñanza, marcan la desmotivación y deserción escolar” (Aros & Quezada, 2013)



Figura 1. Evidencia fotográfica de la experiencia en la Escuela Mixta de Julumito.

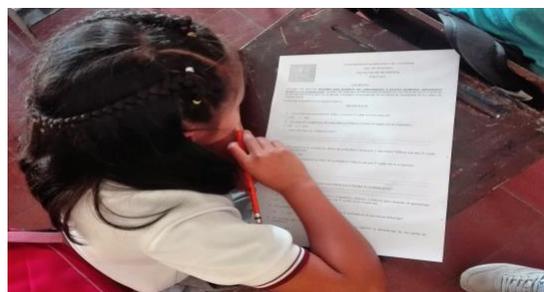


Figura 2. Evidencia fotográfica de la experiencia en el colegio Cesar Negrete Velasco de Popayán.

Al considerar que la edad de los estudiantes del grado segundo y tercero de primaria de cualquier institución educativa en Colombia, el juego desempeña un papel de gran importancia en el proceso de aprendizaje, enseñanza y evaluación, el desarrollo cognitivo e integral de los estudiantes en formación debe tener en cuenta este aspecto si quiere alcanzar su cometido. Al hacerlo, los docentes experimentan la satisfacción del cumplimiento de misión.

Con esta primera actividad de trabajo de campo se busca elaborar un prototipo del videojuego serio tomando como elemento del marco de referencia de agilidad Scrum el concepto “crecimiento orgánico” que determina que las aplicaciones software deben crearse en su totalidad e ir incrementando e iterando con la colaboración del cliente, donde en cada iteración no

superior a 4 semanas se resuelven los incidentes o fallos presentados en la solución tecnológica.



Figura 3. Entrevista a Docente de Matemáticas

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la figura tres se tuvo un acercamiento exploratorio con varios docentes que orientan el área de matemáticas, para articular variables y comprender la pedagogía utilizada en el proceso de enseñanza – aprendizaje de las tablas de multiplicar. Es importante empezar por que el niño distinga que las situaciones sumatorias tienen una sola clase de elementos, y pueden o no tener una relación constante, por ejemplo 3 carros y 7 frutas; 5 canicas y 5 canicas. Las situaciones multiplicativas tienen al menos dos clases de elementos y, necesariamente, al menos una relación constante.

3. Diseño del prototipo

La enseñanza y apropiación de las tablas de multiplicar, son fundamentales, en el proyecto de investigación se diseña un videojuego serio para mejorar el aprendizaje en los niños haciendo uso de las TIC de una forma divertida y eficaz. Por tanto, el escrito aquí presente, es una tentativa de reflexión sobre este tema de la multiplicación y la forma de resolver problemas matemáticos basados en ella, como estrategia creativa para facilitar y fortalecer los procesos de aprendizaje de las tablas de multiplicar. Se propone establecer acciones innovadoras para ayudar a equilibrar esta necesidad, inicialmente aplicando a los colegios definidos como muestra poblacional, y en trabajos futuros masificando a la ciudad, región y demás colegios de nuestro país.

Se identifica también que los niños en el área de matemáticas presentan bajo rendimiento académico por la falta de comprensión y análisis de la lógica de la multiplicación. Demuestran incertidumbre a la hora de responder preguntas de agilidad mental con relación a las tablas de multiplicar, muestran timidez y a veces incluso inventan las respuestas. Con base en ello como estudiantes de ingeniería de sistemas de la Universidad Cooperativa de Colombia identificamos este problema y nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Qué estrategias pedagógicas y divertidas se pueden desarrollar con los estudiantes de segundo y tercer grado de primaria utilizando las TIC para que desarrollen y manipulen las habilidades matemáticas relacionadas principalmente con la apropiación de la lógica de la multiplicación?

Para ello se busca en el diseño una serie de actividades divertidas y a su vez pedagógicas centradas en la gamificación que lleven a los niños a aprender mediante el juego, las tablas de multiplicar y así lograr que los niños a futuro tengan la capacidad de resolver operaciones matemáticas,

Para el diseño del prototipo del videojuego serio se toma la información de los instrumentos inicialmente aplicados en la salida de campo y se decide realizar un boceto, donde se establecieron un borrador de los diferentes objetos, imágenes y posibles diálogos, con ello se tributa a cumplir con los objetivos propuestos inicialmente, así se podrá informar sobre los avances que se van teniendo a diario y reportar las necesidades que impidan avanzar al grupo de investigación.

Para poder tomar estas decisiones el equipo de investigación tiene en cuenta también fundamentación teórica como la de (Freinet 1978) donde se manifiesta que en el proceso de aprendizaje escolar se debe partir de los intereses, necesidades y desarrollo del estudiante. También se plantea que los primeros conocimientos son adquiridos por un análisis mecánico inherente del ser humano, el método natural de lenguaje, de lectura y de escritura, está establecido en el principio según el cual el niño tiene el afán necesario para aprender. Teniendo en cuenta que así, como el desarrollo del lenguaje, manejos del lenguaje oral y escrito, son usadas como estrategias por medio de dramatizaciones, ilustraciones, cantos y diversidad de lecto-juegos el pequeño estudiante llega a distinguir el significado especial de cada texto leído. Así

también ocurre en el aprendizaje del pensamiento matemático.

El juego es parte de los seres humanos, su desarrollo emocional y cognitivo, con él se motivan habilidades y dimensiones del ser, saber y el hacer. La gamificación, viene del inglés gamification, es la aplicación de conceptos de videojuegos u otras actividades lúdicas (Cortizo, Carrero, Monsalve, Díaz y Pérez 2012) Se desarrollan aprendizajes significativos, relacionando teoría y construyendo conocimiento.

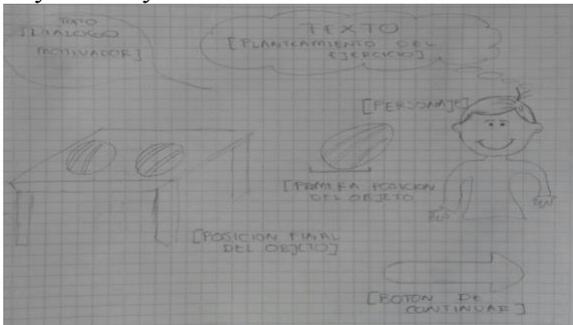


Figura 4. Bocetos iniciales. Fuente: Propia

Con los bocetos iniciales (fig.5) y los escenarios (fig.6) se pretende visualizar un videojuego serio que tenga parámetros de ambiente interactivo contando con un conjunto de actividades académicas que permiten apoyar de manera eficaz, las necesidades que presentan los menores de edad en segundo y tercero de primaria.



Figura 5. Definición de escenarios. Fuente: Propia

Cuando ingresa al videojuego, se muestra una portada con imágenes llamativas acordes a los gustos de niños de la edad, luego se plantea un menú de botones mediante imágenes alusivas a las actividades a desarrollar.

El listado de botones se configura con base en los objetivos establecidos. (la configuración se lleva a cabo en el módulo de administración y consiste en asignar en cada juego, los parámetros necesarios para su respectiva medición, monitoreo y control).

4. Refinamiento de diseño

Para el diseño de la evaluación se tuvieron en cuenta dos métodos de evaluación de experiencia de usuario: observación directa y encuesta. La observación directa está orientada a conocer datos acerca de la experiencia del niño al interactuar con el prototipo, donde se le entrega una prueba en fase de desarrollo al niño sin entregarle información del funcionamiento del videojuego. Se observa que tan sencillo y claro puede resultar la interfaz para el niño. Se les solicita probar cada nivel del juego o explorar en su totalidad los primeros terrenos donde se desarrollan los hechos, para que puedan experimentar con el juego y a la vez recibir una retroalimentación más precisa. Una vez el niño ha terminado de interactuar con el juego, se continua con la encuesta, en donde se realiza un conjunto de preguntas muy cortas, relacionadas con la aplicación y con su enfoque educativo y ambiental, tales como: si presentaron inconvenientes o se les dificultó interactuar con el juego y/o entender el contexto del mismo, cómo se sintió durante la actividad, con el fin de evaluar la experiencia de usuario.

Con las respuestas, el equipo de investigación pudo confirmar algunas hipótesis ya planteadas, que le permitieron en caminar el diseño del videojuego serio al factor de la usabilidad, considerando hábitos, características y habilidades del segmento de clientes al momento de diseñar la interfaz, con una visión directa de ofrecer un alto nivel de usabilidad. Considerando elementos como:

- Capacidad para reconocer su adecuación. Capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.
- Capacidad de aprendizaje. Capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación.
- Capacidad para ser usado. Capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.
- Protección contra errores de usuario. Capacidad del sistema para proteger a los usuarios de hacer errores.
- Estética de la interfaz de usuario. Capacidad de la interfaz de usuario de agrandar y satisfacer la interacción con el usuario.
- Accesibilidad. Capacidad del producto que permite que sea utilizado por usuarios con determinadas características y discapacidades.

Estos elementos se soportan en la figura 6 en un consolidado de las respuestas y que permiten centrarse en los elementos de la usabilidad a tener en cuenta en la construcción del videojuego serio. En concreto la usabilidad se define en términos de buen rendimiento y satisfacción en un contexto particular de uso. Por eso se establece el contexto para el videojuego, pues podría resultar no usable si se cambiara o extendiera el contexto a tareas o ambiente diferentes que lograran cierta identificación por el usuario.

Luego “la calidad debe ser construida y debe ser un aspecto visible, palpable por el usuario, sino no, no se ha cumplido con el objetivo “. (Bevan,1994)



Figura 6. Respuestas de los estudiantes 2 y 3 de los colegios Fuente: Propia

Se procede a revisar, analizar y seleccionar las herramientas que permitan desarrollar el videojuego serio: Utilizando el editor gráfico Photoshop, por sus características es considerado el más avanzado que existe, capaz de hacer desde simples fotomontajes a complejos diseños 3D e ilustraciones.

Para construcción del videojuego se utiliza construct 2 bajo el formato html5, con una interfaz de cinta rápido y fácil de entender, que tiene un conjunto amplio de herramientas que permite que cualquiera pueda crear un juego con poco o ningún conocimiento sobre desarrollo.



Figura 7. Construct 2 Fuente: <https://www.scirra.com/>

5. Construcción del prototipo

Para la construcción del prototipo se hacen los siguientes procedimientos, se revisa la información del modelo Canvas, se revisa el diseño y se hace la instalación de las herramientas a utilizar, se propone hacer un ciclo de iteraciones de 3 semanas donde se realiza codificación, verificación y pruebas, una vez culminada la iteración se socializa con el segmento de clientes, para ir perfilando un producto mínimo viable que irá creciendo con la solución de incidentes y fallos, además de las recomendaciones y retroalimentación recibida, como se observa en la figura 8 y 9.



Figura 8. Interacción en los colegios 1. Fuente: propia



Figura 9. Interacción en los colegios 2. Fuente: propia

Para la elaboración del videojuego se tuvo en cuenta la elaboración de un mínimo de 5 escenarios cada uno conformado con problemas matemáticos que se solucionan con las tablas de multiplicar que van del 1 al 5, teniendo en cuenta el alcance del proyecto y la muestra poblacional, se proyecta a futuro ir escalando hasta completar la base de las tablas de multiplicar.

5.1 Entorno

El videojuego tiene una serie de problemas matemáticos sencillos basados en la multiplicación, que apoyados en la gamificación permiten al usuario resolverlos de manera didáctica y divertida. El usuario encuentra en el primer escenario (figura 11) un menú donde puede seleccionar el botón instrucciones, en el

encontrará la guía de uso del videojuego y también 5 botones interactivos, que lo llevarán a los problemas matemáticos correspondientes a cada uno de los números, adquiriendo elementos que potencien sus habilidades y competencias para dar soluciones basadas en las tablas de multiplicar. El usuario obtendrá aprendizaje con la interacción de objetos que podrá mover y agrupar, aplicando los principios teóricos de forma interactiva.



Figura 10. Interfaz principal. Fuente: Propia



Figura 11. Escenario Fuente: propia

A través del videojuego los niños se divierten, interactúan y se les facilita el aprendizaje con unos elementos multimediales llamativos y asociados a sus gustos, colores y preferencias. Con la aplicación del juego y los principios de la gamificación se potencia las habilidades para resolver problemas matemáticos sencillos basados en la multiplicación, se tributa a la apropiación del conocimiento. En el videojuego se encuentra la ilustración va de lo concreto (movimiento del objeto) a lo pictórico (uso de imágenes y colores), para finalizar con lo abstracto (símbolos). Otro de los principios básicos de este prototipo es la variación sistemática, que es una ejercitación reiterada de problemas matemáticos, pero con ajustes graduales en la dificultad, no se enseñan procedimientos como en la enseñanza de las matemáticas de manera tradicional, sino que se les ayuda a tomar las mejores decisiones en ciertas circunstancias. De esta manera el método apoya a los estudiantes para que consigan visualizar un problema de

matemáticas de forma fácil y, por tanto, produce la habilidad de generar estrategias mentales, lo que propicia el pensamiento flexible para que los estudiantes consigan la mejor estrategia para aplicar en una situación de cálculo.

6. Resultados

Dentro de las encuestas se buscan datos acerca de la inclinación que tienen los niños de segundo y tercer grado hacia las matemáticas. Buscando este dato se encuentra que los niños tienen dificultades para diferenciar las operaciones básicas matemáticas. Por lo tanto, es importante reforzar a través de mecanismos diferentes, llamativos e innovadores la enseñanza de los mismos. Por otro lado, el análisis del porcentaje menor que apunta a los niños que no les gusta la matemática se deduce que el problema radica en la estrategia de enseñanza que se emplea, puesto que a los niños se les enseña a memorizar las tablas de multiplicar o las fórmulas para calcular algún dato en especial. Esto genera dificultad porque esta estrategia de erudición intima a los niños a memorizar y este es un método que valora las respuestas mecanizadas, lo cual no es bien accesible para el funcionamiento del cerebro en dicho aprendizaje.

Es importante hacer mención a los padres porque son parte fundamental del complemento de aprendizaje que tienen los niños desde su infancia. Existen varias explicaciones para este fenómeno, pero una de las principales es que los niños no asimilan el método de enseñanza que se emplea, cuando entran en materia asocian los números con cierta complejidad. Aunque en nuestra encuesta fue positivo el porcentaje de niños que afirmaron tener gusto por la matemática, para nadie es ajeno que esta área de conocimiento es un gran problema no solo para los niños también para bachilleres, Universitarios y adultos en general y esta dificultad se genera porque desde el inicio se refieren a la matemática como una materia difícil. Como resultado se evidencia que, aplicando ingeniería de sistemas para identificar necesidades, problemas se pueden transformar en ideas y volverlas oportunidades donde se puede demostrar las fortalezas, capacidades, competencias y habilidades. Con los videojuegos serios se puede transformar la percepción del aprendizaje y aplicar tecnologías de información y de comunicación en ambientes de educación, que permitan solucionar problemas matemáticos.

7. Conclusiones

Para lograr un aprendizaje significativo los niños necesitan divertirse, motivarse y tener una interacción didáctica para que se motiven a aprender y no vean las matemáticas como un obstáculo. Como equipo de investigación entendemos el gran impacto y compromiso que tiene el crear soluciones de base tecnológica para el sector educativo y el impacto del mismo. Obtener la información directamente del segmento de clientes permite que se visualice la solución con un entorno enfocado a la usabilidad y practicidad del usuario. Este proceso de investigación dio cabida a la posibilidad de continuar trabajando el proyecto en un nuevo entorno de desarrollo de videojuegos RPG Maker conocido por su tecnología para el desarrollo de videojuegos lo cual permitirá adaptarse a las necesidades concretas del proyecto que actualmente está en proceso de investigación.

7.1 Trabajos Futuros

Se sugiere a futuros investigadores o estudiantes interesados en el tema tomar esta línea de investigación de software educativo, ya que facilitara a la población de niños que posean dificultades en el aprendizaje educativo. La gamificación es un segmento que debe ser promovido e investigado, ya que es una fuente de información que puede impactar positivamente en muchas áreas del saber. Se recomienda profundizar en los métodos y las técnicas como la gamificación, marcos de referencias ágiles y modelos de negocio para poder tener un panorama más amplio y poder desarrollar soluciones de base tecnológica con un adecuado respaldo.

8. Bibliografía

- [1] Balbi, A., & Dansilio, S. (2010). Dificultades de aprendizaje del cálculo: contribuciones al diagnóstico psicopedagógico. *Ciencias Psicológicas*, 4(1), 7-15.
- [2] Paz, J. A. M. (2016). Gamificación una estrategia de fortalecimiento en el aprendizaje de la ingeniería de sistemas, experiencia significativa en la Universidad Cooperativa de Colombia sede Popayán. *Revista Científica*, 3(26), 3-11.
- [3] Prada, U. E. G. (2010). Diseño de un software para favorecer el aprendizaje de estudiantes con necesidades especiales. *Revista Colombiana de Educación*, (58).
- [4] Nunes, T., & Bryant, P. (1996). *Childrendoingmathematics*. Wiley-Blackwell.
- [5] Arceo, F. D. B., Rojas, G. H., & González, E. L. G. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista (p. 465). McGraw-hill.
- [6] Blalock, J. T. (2011). The impact of Singapore Math on student knowledge and enjoyment in mathematics. LouisianaTechUniversity.
- [7] Bravo, J. A. F. (2007). La enseñanza de la multiplicación aritmética: una barrera epistemológica. *Revista Iberoamericana de educación*, (43), 119-130.
- [8] Block, D. (2007). La apropiación de innovaciones para la enseñanza de las matemáticas por maestros de educación primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 12(33), 731-762.
- [9] Atehortúa Rincón, D. C., Fernández Rojas, N. N., Bedoya, R., & Arleth, S. (2016). Diseño de una propuesta pedagógica para fortalecer la multiplicación por una y dos cifras agrupando, a partir del uso de las tics, en niños entre 8 y 10 años del grado tercero de primaria del instituto pedagógico nacional de la ciudad de Bogotá, IPN.
- [10] Cardona Carvajal, M., Carvajal Escobar, L. A., & Londoño Usuga, M. J. (2016). Aprendamos las tablas de multiplicar y la multiplicación a través de la lúdica y las TIC.
- [11] Hernández, Y., & Sonmerly, W. (2015). Material Educativo Computarizado sobre la enseñanza de la multiplicación a través del bingo como estrategia didáctica dirigido a los estudiantes de segundo grado de la EB "Ignacio Gregorio Méndez" (Bachelor's thesis).
- [12] Sequeira, M. B. H., & Flores, D. M. J. (2014). "Desarrollo de Software Educativo para la Enseñanza de la Multiplicación de Números Naturales de 1, 2 y 3 cifras, por números decimales hasta las Milésimas para estudiantes de Quinto Grado de Educación Primaria". *Informática Educativa*, 2(2), 5.
- [13] Omen, A. G., Chicangana, B. S. I., Burbano, J. A. A. O., Paz, J. A. M., Anlo, M. D. D. E., Salazar, R. A. G., & Angulo, Y. F. F. M. (2017). Prototipo de videojuego para respaldar la resiliencia en menores de edad víctimas del conflicto armado en el Municipio de Caldono Cauca. In *Memorias de Congresos UTP* (pp. 161-166).
- [14] Bevan, N., & Macleod, M. (1994). Usability measurement in context. *Behaviour & information technology*, 13(1-2), 132-145.
- [15] Freinet, E. (1978). La trayectoria de Célestin Freinet: la libre expresión en la pedagogía Freinet. Gedisa.
- [16] Cortizo, J. C., Carrero, F., Monsalve, B., Velasco, A., Díaz, I. I. y Pérez, J. (2012) Gamificación y Docencia: lo que la universidad tiene que aprender de los videojuegos, España.
- [17] Aros, A., & Quezada, L. (2013) Adolescencia y deserción escolar. Chile. Recuperado de http://medicina.uach.cl/saludpublica/diplomado/contenido/trabajos/1/Puerto%20Montt%202003/Adolescencia_y_desercion_escolar.pdf
- [18] Carvajal Gutiérrez, G., Rojas Zambrano, P.A. (2014) El Videojuego Como Agente Motivador En El 1 Aprendizaje De Las Matemáticas.
- [19] Díaz, J.E. (2018) Aprendizaje de las matemáticas con el uso de simulación. *Sophia* 14 (1); 22-30.
- [20] Carvajal Gutiérrez, G., Rojas Zambrano, P.A. (2014) El Videojuego Como Agente Motivador En El 1 Aprendizaje De Las Matemáticas.

App móvil: Sistema de Información Empresarial de Fincas Ganaderas para PyMES en la Provincia de Los Santos, Panamá

Mobile App: Enterprise Information System of cattle ranches for SMEs in the Province of Los Santos, Panama

Luiyiana Pérez¹, Rolando Lasso²

¹ Universidad Tecnológica de Panamá ² Consultora Luiyiana Pérez

¹ luiyiana.perez@utp.ac.pa ² rolando.lasso@gmail.com

RESUMEN— *En este documento se presenta una solución móvil para la gestión empresarial de fincas ganaderas, articulado con el programa de trazabilidad bovina que se implementa en el país. Con el proyecto se beneficiarían 60 medianos y pequeños productores de la Regional del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) de Los Santos, cuyo financiamiento se obtuvo por mérito en la convocatoria, Innovación al Sector Agropecuario de SENACYT. Se describe el impacto del proyecto, la metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación, la selección de la población beneficiaria, y los resultados obtenidos del aplicativo. El proyecto es fuente de datos primaria para el proceso de trazabilidad, y la diferencia con otros proyectos del mercado es la incorporación del control pecuario por parte de las distintas agencias, como: el análisis de la rentabilidad de las fincas y la administración de los proyectos de ayuda o subsidio que la institución les provee. Con un marco de trabajo que se adecua al entorno nacional e internacional, se busca contribuir al desarrollo competitivo y sostenible del sector.*

Palabras claves— *base de datos, ingeniería de Software, sistema de información empresarial, tecnología móvil, trazabilidad bovina.*

ABSTRACT— *In this document a movable solution for the enterprise management of cattle ranches, articulated with the program of bovine traceability that is implemented in the country. The project will benefit 60 medium-sized and small producers in the Regional of the Ministry of agricultural development, de Los Santos, whose funding was awarded for merit in the call, innovation in the Agricultural Sector of SENACYT. One describes the impact of the project, the methodology used for the development of the application, the selection of the population beneficiary, and the results obtained of the application. The project is primary source of data for the traceability process and the difference with other projects of the market is the incorporation of the cattle control on the part of the different agencies, like: the analysis of the yield of the ranches and the administration of the projects of aid or subsidy that the institution provides to them. With a framework to the national and international environment, we seek to contribute to the competitive and sustainable development of the sector.*

Keywords— *database, software engineering, enterprise information system, movable technology, bovine traceability.*

1. Introducción

Todo negocio será sostenible y competitivo si es capaz de administrar su información, y esto será posible con el uso de las Tecnología de Información y Comunicación (TIC) [1][2][3].

Los teléfonos móviles han conferido más poder a la población y han alentado el espíritu empresarial en los países en desarrollo [4]. La utilización de la tecnología móvil en el proyecto, se debe a que la mayoría de las fincas pecuarias de la provincia de Los Santos se encuentran en comunidades rurales, y además la tecnología móvil es un medio económico y accesible de comunicación muy utilizados por el sector.

Según el estudio realizado sobre el [5] Índice de la Brecha Digital en el Sector pecuario en la provincia de Los Santos nos dice que el 97% de los productores cuentan con tecnología móvil, es una tecnología que permite crear oportunidades económicas y fortalece el intercambio de información [4]. La Tecnología móvil es un instrumento ideal para la inclusión financiera del negocio pecuario, por su crecimiento constante en estas últimas décadas, esto por un lado y por otro se tiene la capacidad para almacenar datos, sin necesidad de estar conectados directamente al servidor central, gracias a la base de datos SQLite que tiene incorporado. SQLite atiende a la problemáticas del acceso continuo a la red Internet, que tiene el 87% de las fincas en la provincia,

por su ubicación rural, permitiendo la sincronización de los datos una vez se conecte a la red.

Este proyecto surge de la ausencia directa de los productores en el registro de la información de campo, en el programa de trazabilidad que actualmente se implementa en el país. La información de campo es la fuente primaria para alimenta cualquier sistema de trazabilidad bovina y consiste en: registro de las generales de la finca, composición ganadera o inventario, reproducción, producción, nutrición, controles sanitario de los animales, comercialización, etc., ya que la trazabilidad bovina es la capacidad para seguir el movimiento de un animal a través de etapa(s) especificada(s) de la producción, transformación y distribución.

Las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) pecuarias, son las beneficiarias directas del proyecto, al incorporar el uso de las Tecnología de Información y Comunicación (TIC) en la gestión de información empresarial, y a medida de que se logre la igualdad de oportunidades, mejore la calidad de vida de los ciudadanos, el bienestar social, y se disminuya con el índice de brecha digital de 5.2 que presentan las mismas, se proyectan futuros proyectos en el área de minería de datos e inteligencia de negocio.

En proyecto consiste en desarrollar e implementar una aplicación móvil para pequeños y medianos productores de ganado vacuno articulado con el programa de trazabilidad bovina, cuya implementación de validación será en la provincia de Los Santos, y después de esta etapa estará a disposición de cualquier productor a nivel nacional.

2. Antecedentes

En noviembre de 2013, el Gobierno Panameño promulga la ley No. 104, para regular el Programa Nacional de Trazabilidad o Rastreabilidad Pecuaria, en el cual, se establece los lineamientos y las directrices para preservar la inocuidad de los alimentos de origen animal de consumo nacional y de exportación. En el 2015 se inicia el desarrollo de la Aplicación de trazabilidad bovina en Panamá bajo la responsabilidad de OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria), con una proyección de 5 años, iniciando con el registro de los establecimientos o fincas, los proveedores y la identificación de los animales después de los primeros meses de nacido, a través de los

formularios F-TZ01 y F-TZ02. Se han capacitados a operadores externos para el levantamiento de los datos, y se están colocando los aretes a los animales bovinos para su identificación individual, en el 2017 se decide continuar el proceso por zonas y se inicia con la Zona 1: Bocas del Toro y Chiriquí, para luego pasar a la Zona 2 de Herrera y los Santos.

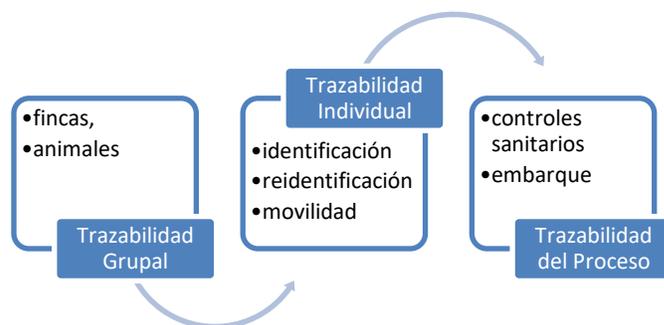


Figura 1. Programa de trazabilidad implementado en Panamá. Fuente propia [6].

El proceso de trazabilidad que se está implementando en Panamá abarca la trazabilidad grupal, la trazabilidad individual y la trazabilidad de proceso como se muestra en la figura 1.

Para el año 2015 analizando el proceso y el estudio del concepto de trazabilidad bovina, las características culturales y empresariales de las PyMEs pecuarias en Panamá, la existencia de un nivel de 5.2 del Índice de la Brecha Digital en el sector [5] y la necesidad de las Tecnología de Información y Comunicación (TIC), como ente fundamental para la implementación exitosa del proceso, se desarrolla la Tesis doctoral titulada [5] modelo de Arquitectura Empresarial (AE) como instrumento para gestionar la trazabilidad vacuna en las PyMEs pecuarias en Panamá, Provincia de los Santos, en el cual se establece la rutas y los componentes fundamentales de las arquitectura del Negocio, y la Arquitectura de Tecnología de Información (TI), conformada esta última por la arquitectura de datos, de aplicaciones y de infraestructura de comunicación. Se hace énfasis que en el proceso que se está implementando en el país hace falta un componente fundamental, la incorporación del sector empresarial pecuario (ver figura 2), como fuente primaria de datos, y se selecciona del portafolio del modelo de AE el proyecto “desarrollo del Software para la gestión y control de las fincas pecuarias,

articulado con el programa de trazabilidad bovina”, el cual, recibe financiamiento por la SENACYT en la categoría Innovación en el Sector Agropecuario, cuyo avances se presentan en este documento.

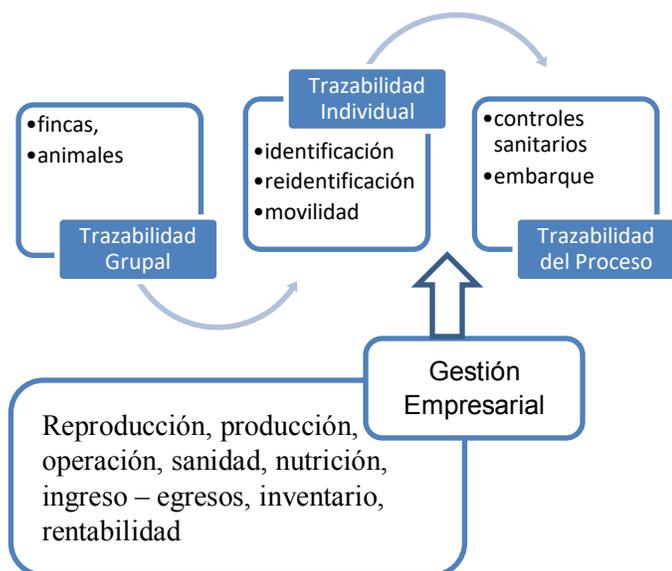


Figura 2. Propuesta del proyecto, fuente propia.[6]

3. Conceptos teóricos

- Trazabilidad bovina: es la capacidad para seguir el movimiento de un animal a través de etapa(s) especificada(s) de la producción, transformación y distribución.
- Android Studio: entorno de desarrollo integrado (IDE), basado en IntelliJ IDEA de la compañía JetBrains, que proporciona varias mejoras con respecto al plugin ADT (Android Developer Tools) para Eclipse.
- Laravel: framework de código abierto para desarrollar aplicaciones php, de forma elegante y simple [3].
- SQLite: es una herramienta de software libre, que permite almacenar información en dispositivos empotrados de una forma sencilla, eficaz, potente, rápida y en equipos con pocas capacidades de hardware como puede ser una PDA o un teléfono celular.
- Sistema de Información Empresarial: plataforma tecnológica que permiten a las organizaciones integrar y coordinar sus procesos de negocio, en mira de ofrecer una alta claridad en el servicio.

- Sistemas Expertos: en las empresas se utilizan en el procesamiento de altos volúmenes de datos, encaminado a la toma de decisiones

4. Descripción del proyecto

La plataforma que se desarrolló consiste en dos aplicaciones o interfaces: una aplicación de escritorio para los administradores del MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario), denominado Sistema de Información de Gestión Pecuaría (SIGEPE) y la otra es un App para los productores, Sistema de Información Empresarial de Fincas Ganaderas, SIEFIGAN, producto que se describe en este documento.

SIEFIGAN considera todos lo relacional al manejo de la finca pecuaría como: las generales de la finca, infraestructura, composición o inventario de los animales, reproducción, controles sanitario y los productos utilizados tantos medicinales como de limpieza, nutrición: pastos, forraje, minerales, sal, etc.; causa principal de muerte, comercialización del ganado de ceba o leche, inversiones en infraestructura, gastos de operación.

5. Impacto del sector agropecuario

En la provincia de los Santos es en donde se encuentran la mayor cantidad de PYMES pecuarias del país, es decir, productores con menos de 50 hectáreas y con un máximo de 50 animales, cuyos ingresos son para su subsistencia. En la provincia existen más de 2,000 finca en esta condición, estadística levantada por la Regional del MIDA de Los Santos, hasta la fecha.

Todo negocio será sostenible y competitivo si es capaz de administrar su información. Es por eso que el proyecto busca entre sus beneficios alcanzar un sector competitivo y sostenible con el uso de las TIC, y aportar información al programa de trazabilidad grupal y la trazabilidad de procesos que actualmente ejecuta el Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Articular todas las instituciones que pertenecen al sector Agropecuario en el país.

6. Materiales y métodos

El tipo de investigación utilizada en el proyecto es aplicada, porque se caracteriza por generar conocimientos o métodos dirigido al sector productivo, con el fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente.

6.1. Fases de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó las fases de un ciclo de desarrollo de Software: análisis, diseño, desarrollo y pruebas, esta última se dividió en dos partes, por lo complejo de la implementación.

Durante la fase de análisis se entrevistaron a productores y colaboradores de las distintas agencias de la Regional de Los Santo, la cual permitió la recolección de los requerimientos y su clasificación en tres partes: el entorno, el usuario y la funcionalidad.

El análisis del entorno (1), se determinó las características técnicas del dispositivo móvil como: sistema operativo, infraestructura para la transferencia de la información, el manejador de base de datos a nivel de servidor, y base de datos embebida. En el análisis de usuario (2) se definió como interactuara el productor con la aplicación, es decir los requerimientos de la Interfaz Gráfica, relación hombre – máquina, considerando la gama tecnológica de los teléfonos móviles y los usuarios a la que va dirigido, para el caso en estudio, productores con baja o nula habilidades en el manejo y uso de las TIC. Con el análisis de la funcionalidad de la aplicación (3) se identificó cada una de las tareas o procesos que debe realizar la misma.

En la fase de diseño se realizaron dos actividades: definición de escenario y estructuración del software.

Las aplicaciones móviles se pueden diseñar para ejecutarse en diferentes escenarios, dependiendo del sistema operativo, de la conexión y sincronización con el servidor o aplicación central. Para el proyecto se seleccionó el sistema operativo Android, por ser de código abierto, por su adaptabilidad a distintos dispositivos móviles, y su funcionalidad con SQLite, ya que ésta permite que una vez instalada la aplicación pueda funcionar desconectada con el servidor central, es decir, los procesos se pueden realizar en el dispositivo móvil y una vez conectado o sincronizado con el servidor, los datos son cargados al mismo, utilizando el protocolo de transferencia de Hipertexto (HTTP).

En la actividad de estructuración del software se utilizó el diagrama de clases para el modelo de lenguaje unificado, estableciendo el diseño estructural, a través del Modelo Vista Controlador, en donde el modelo contiene una representación de los datos que maneja el sistema, su lógica y sus mecanismos de persistencia, la vista compone la información que se envía al cliente y los mecanismo de interacción hombre – computador y el

controlador que actúa como intermediario entre el modelo y la vista, gestionando el flujo de información entre ellos y las transformaciones para adaptar los datos a las necesidades de cada uno. Se utilizó el framework Laravel para la codificación, a continuación se presenta uno de los modelos, utilizando el diagrama de clase.

```
[Animal] <> -*>[Eventos]
[Eventos] ^-[Reproducción]
[Eventos] ^-[Nutrición]
[Eventos] ^-[Producción]
[Eventos] ^-[ControlSanitario]
```

Esquematisando esta primera parte del diagrama en la figura 3.

```
[Reproducción] ^-[Celo]
[Reproducción] ^-[Semental]
[Reproducción] ^-[Parto]
[Reproducción] ^-[Crecimiento]
[Nutrición] ^-[Pasto]
[Nutrición] ^-[Concentrado]
[Nutrición] ^-[sal]
[Nutrición] ^-[Proteínas]
[Producción] ^-[Leche]
[Producción] ^-[Ceba]
[Producción] ^-[Cría]
[ControlSanitario] ^-[Laboratorio]
[ControlSanitario] ^-[Vitamina]
[ControlSanitario] ^-[Vacuna]
[ControlSanitario] ^-[ControlMastitis]
```

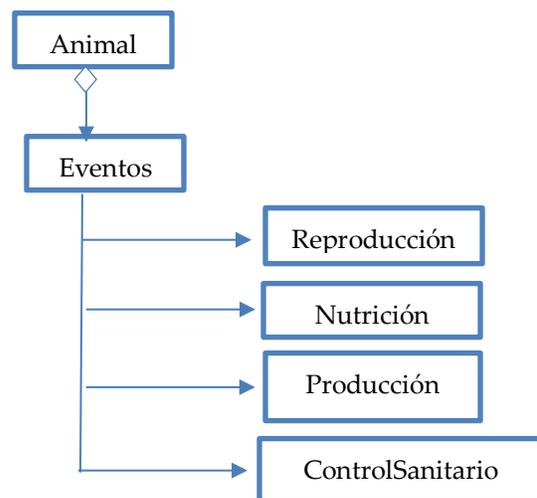


Figura 3. Diagrama de Clase UML, clase Animal

Fase de desarrollo: en esta fase se realizaron las actividades de la codificación de los módulos, se utilizó XML para el desarrollo de las vistas o fragmentos, el lenguaje java para la programación de los controladores y el framework Laravel para la comunicación con el controlador API de la base de datos PostgreSQL y las funciones de las sentencias SQL, las cuales fueron desarrolladas en php de cada controlador de los objetos o modelos en el servidor central.

Se realizan las pruebas unitarias de cada elemento desarrollado: objeto, fragmento, actividad, vista entre otros, antes de ponerlo a funcionar con el resto de los otros elementos y luego se comprueba la integración entre ellos, se verifica si los resultados son los esperados.

La fase de prueba en la parte I, se inició con el registro de la información en libros de un productor correspondiente al periodo de 2013 - 2018, para recoger un historial de reproducción y producción, esto permitió validar si los informes e indicadores generados corresponden a los requeridos, una vez validado se procedió a realizar los ajustes de programación correspondiente.

La fase de prueba parte II, planificada en fecha posterior de este escrito: corresponderá a la prueba de campo con los productores, esta iniciará con la capacitación sobre el manejo del aplicativo y luego a cada productor se le asignará un supervisor del MIDA para que verifique si la información introducida por el productor es válida, así como su apoyo técnico en el manejo correcto del app. Igualmente se validará la funcionalidad e integración de las dos aplicaciones que abarca el proyecto en totalidad.

Es importante realizar pruebas de campo con dispositivos reales para medir el desempeño y el rendimiento de la aplicación, y corregir las fallas encontradas durante el proceso, antes del cierre final de proyecto.

6.2. Población

La selección de los productores del sector pecuario, se debe a su escaso desarrollo en lo que respecta a la utilización de las TIC's para la gestión de la información desde la finca hasta la trazabilidad individual. Esto representa una situación de negocio compleja que plantea requerimientos de cambio al mejor costo y efectividad posible. Por lo tanto, la principal razón para desarrollar

un app móvil para la gestión empresarial pecuaria, es facilitar el acceso y la sincronización de los datos.

Los criterios considerados para la selección de la muestra fue el muestreo discrecional, de acuerdo a ciertas características que permita validar el producto, que una vez finalizada la fase de prueba, se pondrá a la disposición de cualquier productor a nivel nacional. Fundamentada en que las PyMEs pecuarias en la región de Los Santos generalmente no cuenta con estructura organizativa, ni con suficiente capital para invertir en TIC para la gestión del negocio, además no ven su empresa como un negocio, sino como un ingreso para su subsistencia, por tal razón se tiene que trabajar con productores sensibilizado dispuestos al cambio para mejorar su producción y abierto al registro de la información, motivos por el cual fueron seleccionados todos los productores que pertenecía al programa de difusión tecnológica y a las fincas satélites de la Regional de Los Santos en el año 2017, es decir 60 productores, con los cuales se podrá validar la funcionalidad de la aplicación y verificar si los resultados obtenidos son los deseados.

6.3. Herramientas

Las herramientas utilizadas para el desarrollo del app son: Android studio, SQLite, java, el framework Laravel, php y PostgreSQL, Sistema operativo: Android, Centos.

7. Resultados

Los resultados en este proyecto están en función de las fases de desarrollo descritas en el acápite anterior:

En la fase de análisis se visitaron las fincas y las diferentes agencias de la Regional de Los Santos, se definieron las entradas y salidas de datos, los roles de usuarios, los módulos a desarrollar y los procesos del flujo de la información.

En la fase de diseño del app (ver figura 4):

- Diseño de la base de datos: en esta actividad se confeccionaron las tablas con sus campos, claves primarias y secundarias y sus relaciones, de acuerdo a los lineamientos de la fase I, con un total de 88 tablas, siguiendo el modelo relacional.
- Diseño de las interfaces de la aplicación: en esta etapa se confeccionó la plantilla de la interfaz de la aplicación móvil, con la respectiva distribución de los menú, submenú, encabezado, pie de página y contenido.

- Diseño del marco de trabajo (framework) con los modelos, controladores y la estructura de las vistas.
- Diseño de las pantallas de entrada: durante esta actividad se diseñaron los formularios o vistas de entrada para alimentar las diferentes tablas de la base de datos, estandarizando el flujo de la información y el comportamiento de las acciones (consulta, registro, actualización).

La estructuración de los menús de la aplicación móvil está representada por imágenes en el centro de la pantalla, una vez se entra con clic a una opción, la información se presentará de arriba hacia abajo, siguiendo una jerarquía de proceso, como se muestra en la figura 4.



Figura 4. Pantalla del menú de opciones el app móvil. Fuente propia.

Las Vista de entrada de la aplicación app tiene un formato estándar para el flujo de la información, estructurada de arriba hacia abajo, la mayoría de los datos vendrán almacenados previamente para su selección, tratando que el productor escriba lo menos posible como se muestra en la figura 5.

El desarrollo de los distintos fragmentos en el Android Studio se programaron en el lenguaje java, se desarrolló una interfaz o autenticación mediante token y

se desarrollaron todas las funciones de la API (Application Programming Interface) en php para la comunicación de la aplicación Android con el servidor Central, sincronizando los datos de SQLite al servidor de base de datos PostgreSQL. El servidor Central trabaja con el framework Laravel en donde se encuentra el controlador con todas las funciones SQL. La metodología de programación utilizada fue la programación orientada a objeto, y el modelo vista controlador.

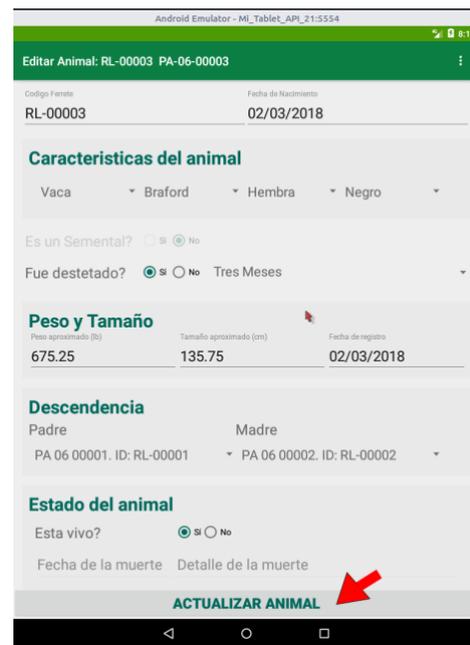


Figura 5. Pantalla o vista de entrada de un animal. Aplicación app (móvil)

8. Conclusiones

De acuerdo a los resultados presentados se puede decir que el proyecto es fuente de datos primaria para el programa de trazabilidad del MIDA, y la diferencia con otros proyectos del mercado es la incorporación del control pecuario por parte de las distintas agencias.

Con el diseño de un marco de trabajo unificado que se adecua al entorno nacional e internacional, se busca la sostenibilidad del programa de trazabilidad.

La selección del historial de un productor en la fase I de prueba, permitió tener una gran cantidad de datos reales que facilitó validar todas las opciones de la aplicación, y la generación de indicadores. También se pudo medir los tiempos necesarios para implementar el

app con los 60 productores seleccionados, considerando que se tiene una población heterogénea, con edades y estudios diferentes.

Otro aspecto importante fue el levantamiento de datos fijos, que ayudó a proporcionar una herramienta amigable, en donde el productor tiene que escribir lo menos posible, minimizando los errores de dedos, y la estandarización de la información.

9. Agradecimiento

Se le agradece a los colaboradores de la Regional de los Santos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Los Santos por la información proporcionada, a los productores por su disponibilidad e interés en participar, y muy especialmente al departamento de Innovación de la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología, ya que sin el apoyo económico el proyecto no sería posible.

Referencias

- [1] Avalos (1992), Aproximación a la gerencia de tecnología en la empresa. Ediciones IESA.
- [2] Collins (1991), Gestión Tecnológica. Editorial Paraninfo. Madrid España. CONPES (2005), Consejo Nacional de Políticas Económica y Social Colombia. Bogota Colombia.
- [3] Gaynor (1999), Manual de Gestión en Tecnología. Mc Graw Hill Interamericana S.A. Bogota, Colombia.
- [4] L. Moreno (2011). “Telefonía Móvil en Áreas Rurales Perspectiva de América Latina y El Caribe”, e-agrultore.org, visitado 5/07/2018,
<http://www.fao.org/docrep/017/aq001s/aq001s.pdf>
- [5] Pérez, L., Miguelena, R. y Diallo, A. (2017). “Estrategia de innovación de la arquitectura empresarial: una alternativa para la gestión de la trazabilidad del ganado vacuno en las PyMES pecuarias de Panamá”, Revista I+D, Vol. 13, No. 1, ISSN: 2219-6714, pp 54-64.
- [6] Pérez, L., Miguelena, R. y Diallo, A. (2017), "Arquitectura Empresarial una estrategia para las PyMES Pecuarias en Panamá", 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology : “Global Partnerships for development and engineering education”, 19-21 July 2017, Boca Raton-Florida, USA.
- [7] P, Luiyiana, M, Ramfis, y D, Abdoulaye, (2017 octubre). “Framework para la implementación de un proyecto de la Arquitectura de Aplicación del Modelo Arquitectura Empresarial para la Gestión de la Trazabilidad Pecuaria”, conferencista del VI Congreso de Ingeniería, Ciencias y Tecnología (ESTEC 2017), “Tendencias y Desafíos en Ingeniería, Ciencias y Tecnología”, octubre del 2017. <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/1502>

Análisis de la importancia de los videojuegos aplicados a la metacognición y aprendizaje significativo

Analysis of the importance of videogames applied to metacognition and meaningful learning

Viridiana Camargo¹, Saturnino De Gracia², Claribel Ortega³
Grupo de Investigación Tópicos II, Universidad Tecnológica de Panamá
virycam04@gmail.com, satur04.nino@gmail.com, clary18ortega@gmail.com

RESUMEN– El presente artículo es un planteamiento basado en la exploración de documentos y la experiencia obtenida en la misma, como fuente para corroborar o no, si el videojuego aplicado a la metacognición es contraproducente en el aprendizaje significativo, en él se indica que la metacognición se concibe como la capacidad de autorregular los procesos de aprendizaje, además vincula operaciones mentales que implican conocimiento y aprendizaje y que el videojuego, por su parte, es cualquier forma de software de entretenimiento, ejecutado en cualquier dispositivo digital con pantalla y por supuesto, la participación de uno o varios jugadores, esto revela que jugar un videojuego, por sencillo que este parezca, envuelve capacidades metacognitivas que conllevan a un aprendizaje significativo, contextualizamos que lo que genera esta gran posibilidad de aprendizaje es que los videojuegos ofrecen la ventaja de poder equivocarse y de poderse volver a intentar, esta es la premisa de confirmación que persigue esta investigación por lo que enuncia “al jugar videojuegos se utiliza la metacognición y se aprende y, al ser este aprendizaje imperecedero, se considera aprendizaje significativo”.

Palabras claves– Aprendizaje, Aprendizaje significativo, Conocimiento, Educación, Herramienta Pedagógica, Juegos, Metacognición, Videojuegos.

ABSTRACT– The present article is an approach based on the exploration of documents and the experience obtained in it, as a source to corroborate or not, if the videogame applied to metacognition is counterproductive in meaningful learning, it indicates that metacognition is conceived as the ability to self-regulate learning processes, it also links mental operations that involve knowledge and learning and that the video game, on the other hand, is any form of entertainment software, executed on any device digital screen and of course, the participation of one or more players, this reveals that playing a video game, however simple it may seem, involves metacognitive abilities that lead to meaningful learning, contextualize that what generates this great possibility of learning is that videogames offer the advantage of being able to make mistakes and to be able to try again, this is the confirmation premise pursued by this research for what states "when playing videogames metacognition is used and learned and, being this imperishable learning, it is considered significant learning".

Keywords– Games, Education, Knowledge, Learning, Meaningful Learning, Metacognition, Pedagogical Tool, Videogames.

1. Introducción

Antes de este estudio teníamos una idea muy vaga con respecto de los videojuegos, recriminábamos a los jóvenes por el hecho de ver que juegan hasta altas horas de la noche y que a la mínima oportunidad quedan pegados a la computadora, incluso muestran estados de rebeldía y un carácter descontrolado con cambios de comportamiento bruscos.

Esto provocó una búsqueda de información referente a lo que son videojuegos, lo que es la metacognición y sobre el aprendizaje, de diversos autores, lo que nos ha permitido reconocer aspectos sorprendentes y

desconocidos con la disposición de jugar videojuegos, como la compenetración que existe entre el aprendizaje y los videojuegos, y cómo esta última aumenta el desarrollo de la creatividad, incrementa el uso de nuestra memoria y de las habilidades cognitivas que son fundamentales para lograr el objetivo al momento de jugar videojuego y el aprendizaje que trae consigo.

También encontramos que la educación como componente de continuo proceso en el desarrollo de las facultades físicas e intelectuales mismas que son utilizadas mientras se juega, lo que conllevan a un aprendizaje, otra característica importante al respecto del

videojuego es que las personas que parecen tener poca atención, al momento de jugar un videojuego se muestran totalmente concentradas; favoreciendo la metacognición y la adquisición de aprendizaje.

Este artículo contempla una gran referencia de documentos que advierten sobre lo que implica el uso de los videojuegos, su aplicación en la metacognición y el aprendizaje significativo.

2. Estado del Arte

La educación del siglo XXI ha dado un gran paso en la implementación de herramientas tecnológicas que apoyan el proceso enseñanza aprendizaje, obteniendo muy buenos resultados con los estudiantes, estas herramientas han causado una revolución en la educación tanto para docentes como para los mismos alumnos, que se sientan animados con clases con tecnología.

Una de las tecnologías que esta entrando en las aulas son los videojuegos aplicados a la enseñanza aprendizaje.

Ya Pere Marqués Graells (2001), lo somete a consideración al esbozar lo siguiente:

- ✓ Puedes descubrir más de una persona en 1 hora de juego que en 1 año de conversación” (Platón)
- ✓ El niño que no juega no es niño, pero el hombre que no juega ha perdido al niño que habita en él y que le hará mucha falta” (Pablo Neruda)
- ✓ Diversión que nos da alegría y placer (Marc Prensky), nos absorben, nos implican apasionadamente, dan intensidad a la vida: conflicto, oposición, reto...
- ✓ Tienen reglas que nos proporcionan estructura y disciplina.
- ✓ Interactivos, con ellos hacemos cosas, cooperamos, agudizamos el ingenio...
- ✓ Tienen objetivos, un problema a resolver, que nos proporcionan motivación.
- ✓ Enseñan a asumir riesgos, tomar buenas decisiones (hay feed back)
- ✓ Fomentan la perseverancia.
- ✓ Nos proporcionan resultados, las consecuencias de nuestros actos, aprendemos (práctica y repetición).
- ✓ Nos tocan la emoción, que nos ayuda a no olvidar lo aprendido.

Esto deja en claro que "los videojuegos suponen un desahogo de tensiones", como si jugarlos tuviera un efecto de catarsis en nuestro organismo, de esta manera al llevarlos a las aulas causarían efectos positivos en los

estudiantes, según él, los videojuegos al formar parte de las NTIC's en las aulas demuestran que los alumnos son más participativos y que las clases les resultan más estimulantes: mejoran su creatividad, la comprensión de los contenidos, el concepto de diversidad, la realización de actividades en grupo y la soltura al expresarse, al tiempo que mejoran su autoestima. Esto se muestra en los resultados que son producto de la investigado por Investigación Aulatic (2009-2011) ¿Qué efectos está teniendo el uso de las TIC en las aulas?

2.1. Antecedente de los videojuegos

Es importante conocer como nacen los videojuegos y han evolucionado hasta llegar a formar parte de enseñanza en las aulas escolares:

En 1952 el videojuego OXO desarrollado por Alexander S. Douglas. El juego era una versión computarizada del tres en raya que se ejecutaba sobre la EDSAC y permitía enfrentar a un jugador humano contra la máquina.

En 1958 William Higginbotham creó, sirviéndose de un programa para el cálculo de trayectorias y un osciloscopio, Tennis for Two (tenis para dos): un simulador de tenis de mesa para entretenimiento de los visitantes de la exposición Brookhaven National Laboratory.

En 1966 Ralph Baer empezó a desarrollar junto a Albert Maricon y Ted Dabney, un proyecto de videojuego llamado Fox and Hounds dando inicio al videojuego doméstico. Este proyecto evolucionaría hasta convertirse en la Magnavox Odyssey, el primer sistema doméstico de videojuegos lanzado en 1972 que se conectaba a la televisión y que permitía jugar a varios juegos pregrabados.

En 1971 cuando Nolan Bushnell comenzó a comercializar Computer Space, una versión de Space War, aunque otra versión recreativa de Space War como fue Galaxy War puede que se le adelantara a principios de los 70 en el campus de la universidad de Standford.

En 1980-1989. Durante estos años destacan sistemas como Oddysey 2 (Phillips), Intellivision (Mattel), Colecovision (Coleco), Atari 5200, Commodore 64, Turbografx (NEC). Por otro lado, en las máquinas recreativas triunfaron juegos como el famoso Pacman (Namco), Battle Zone (Atari), Pole Position (Namco), Tron (Midway) o Zaxxon (Sega).

Japón apostó por el mundo de las consolas con el éxito de la Famicom (llamada en occidente como Nintendo Entertainment System), lanzada por Nintendo en 1983 mientras en Europa se decantaba por los microordenadores como el Commodore 64 o el Spectrum.

En 1985 apareció Super Mario Bros, que supuso un punto de inflexión en el desarrollo de los juegos electrónicos, ya que la mayoría de los juegos anteriores sólo contenían unas pocas pantallas que se repetían en un bucle y el objetivo simplemente era hacer una alta puntuación. El juego desarrollado por Nintendo supuso un estallido de creatividad. Por primera vez teníamos un objetivo y un final en un videojuego. En los años posteriores otras compañías emularon su estilo de juego.

A principios de los años 90 las videoconsolas dieron un importante salto técnico gracias a la competición de la llamada "generación de 16 bits" compuesta por la Mega Drive, la Super Nintendo Entertainment de Nintendo, la PC Engine de NEC, conocida como Turbografx en occidente y la CPS Changer de (Capcom).

En el 2000 Sony lanzó la anticipada PlayStation 2 y Sega lanzó otra consola con las mismas características técnicas de la Dreamcast, nada más que venía con un monitor de 14 pulgadas, un teclado, altavoces y los mismos mandos llamados Dreamcast Drivers 2000 Series CX-1.

Microsoft entra en la industria de las consolas creando la Xbox en 2001 [1].

3. Conceptos

3.1 Definición de Videojuegos

Diferentes autores definen videojuegos:

Según Pere Marqués, los videojuegos son todo tipo de juego digital interactivo, con independencia de su soporte (ROM interno, cartucho, disco magnético u óptico, on-line) y plataforma tecnológica (máquina de bolsillo, videoconsola conectable al TV, teléfono móvil, máquina recreativa, microordenador, ordenador de mano, vídeo interactivo).

Esta variedad de formato en los que se han comercializado los videojuegos, para todos los gustos, circunstancias y bolsillos, ha contribuido eficazmente a su amplia difusión entre todos los estratos económicos y culturales de nuestra sociedad, constituyendo una de las fuentes de entretenimiento más importantes de las

últimas tres décadas, especialmente para los más jóvenes [2].

Para Frasca (2001) un videojuego “incluye cualquier forma de software de entretenimiento por computadora, usando cualquier plataforma electrónica y la participación de uno o varios jugadores en un entorno físico o de red.” [3].

Por su parte Zyda (2005) indica; “una prueba mental, llevada a cabo frente a una computadora de acuerdo con ciertas reglas, cuyo fin es la diversión o esparcimiento.” [4].

Juul (2005) considera que cuando se habla de videojuegos “hablamos de un juego usando una computadora y un visor de vídeo. Puede ser un computador, un teléfono móvil o una consola de juegos” [5].

En el mismo sentido Aarseth (2007) afirma que un videojuego: “consisten en contenido artístico no efímero (palabras almacenadas, sonidos e imágenes), que colocan a los juegos mucho más cerca del objeto ideal de las Humanidades, la obra de arte... se hacen visibles y textualizables para el observador estético” [6].

Basado en estas definiciones y lo que experimentamos al utilizar los videojuegos podemos interpretar el término videojuegos básicamente, como una computadora con un software especializado que muestra un juego a través de una pantalla digital, que además utiliza sonidos y controles permitiendo que desarrollemos destrezas y habilidades mentales en cada proceso necesario al momento de utilizarlo.

3.1.2. Definición de Metacognición

John H. Flavell, “Metacognición significa el conocimiento de uno mismo concerniente a los propios procesos y productos cognitivos o a todo lo relacionado con ellos”. [7]

Según Glaser (1994), la metacognición es una de las áreas de investigación que más ha contribuido a la configuración de las nuevas concepciones del aprendizaje y de la instrucción. A medida que se han ido imponiendo las concepciones constructivistas del aprendizaje, se ha ido atribuyendo un papel creciente a la conciencia que tiene el sujeto y a la regulación que ejerce sobre su propio aprendizaje.

Flavell (1976: 232), uno de los pioneros en la utilización de este término, afirma que la metacognición,

por un lado, se refiere "al conocimiento que uno tiene acerca de los propios procesos y productos cognitivos o cualquier otro asunto relacionado con ellos, por ejemplo, las propiedades de la información relevantes para el aprendizaje" y, por otro, "a la supervisión activa y consecuente regulación y organización de estos procesos, en relación con los objetos o datos cognitivos sobre los que actúan, normalmente en aras de alguna meta u objetivo concreto" [8]. Así, por ejemplo, se practica la metacognición cuando se tiene conciencia de la mayor dificultad para aprender un tema que otro; cuando se comprende que se debe verificar un fenómeno antes de aceptarlo como un hecho; cuando se piensa que es preciso examinar todas y cada una de las alternativas en una elección múltiple antes de decidir cuál es la mejor, cuando se advierte que se debería tomar nota de algo porque puede olvidarse.

Respecto de estrategias cognitivas y metacognitivas, no podemos dejar de mencionar un tema recurrente en las modernas perspectivas sobre la metacognición: se trata de la motivación. En efecto, la investigación cognitiva de los últimos años enfatiza el progresivo reconocimiento del papel que desempeñan las variables motivacionales y afectivas en el desempeño de las tareas cognitivas. En esta línea, la mayoría de las propuestas recientes sobre el aprendizaje autorregulado considera que éste depende no sólo del conocimiento de las estrategias específicas de la tarea y del control que se lleva a cabo sobre ellas, sino también de la motivación que tenga el sujeto por el aprendizaje (Paris y Winograd 1990; Pintrich y de Groot 1990; Alonso 1991, 1997). En consecuencia, para que el conocimiento de las estrategias cognitivas y metacognitivas se transforme en acción, tiene que ir acompañado de las intenciones o metas apropiadas y de un patrón de creencias positivas sobre los propios recursos para llevarlas a cabo. De estas afirmaciones se desprende que el aprendizaje autorregulado resulta del concurso interactivo entre cognición, metacognición y motivación. [9]

Carretero (2001), por una parte, se refiere a la metacognición como el conocimiento que las personas construyen respecto del propio funcionamiento cognitivo. Un ejemplo de este tipo de conocimiento sería saber que la organización de la información en un esquema favorece su recuperación posterior. Por otra, asimila la metacognición a operaciones cognitivas relacionadas con los procesos de supervisión y de

regulación que las personas ejercen sobre su propia actividad cognitiva cuando se enfrentan a una tarea. [10]

Podemos comprender entonces que la metacognición es la capacidad de autorregular nuestro propio aprendizaje al momento de seleccionar las estrategias necesarias, que creemos, deben ser utilizadas o aplicadas, tomando en cuenta el resultado, es decir controlando el proceso para evaluarlo, con la posibilidad de detectar errores, por lo que siendo así debemos modificar las acciones e implementar una nueva actuación.

3.1.3. Definición de Aprendizaje Significativo

Pozo (1989), considera la Teoría del Aprendizaje Significativo como una teoría cognitiva de reestructuración; para él, se trata de una teoría psicológica que se construye desde un enfoque organicista del individuo y que se centra en el aprendizaje generado en un contexto escolar.

Se trata de una teoría constructivista, ya que es el propio individuo-organismo el que genera y construye su aprendizaje. [11]

David Ausubel, el individuo aprende mediante "Aprendizaje Significativo", se entiende por aprendizaje significativo a la incorporación de la nueva información a la estructura cognitiva del individuo. Esto creara una asimilación entre el conocimiento que el individuo posee en su estructura cognitiva con la nueva información, facilitando el aprendizaje. [12]

Moreira y Masini, 1982; Moreira, 1999, 2000, aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo. En ese proceso, que es, no literal y no arbitrario, el nuevo conocimiento adquiere significados para el aprendiz y el conocimiento previo queda más rico, más diferenciado, más elaborados en relación con los significados ya presentes y, sobre todo, más estable. [13]

El aprendizaje significativo en cada uno de nosotros concatena los conocimientos ya adquiridos (conocimientos previos) con la nueva información, lo que da lugar a un reajuste y reconstrucción interna de ambas informaciones, esto logra que se modifiquen nuestros conocimientos y genera experiencia.

3.2 Historia de los Videojuegos

Es importante conocer como nacen los videojuegos y han evolucionado hasta llegar a formar parte de enseñanza en las aulas escolares:

- En 1952 el videojuego OXO desarrollado por Alexander S. Douglas. El juego era una versión computarizada del tres en raya que se ejecutaba sobre la EDSAC y permitía enfrentar a un jugador humano contra la máquina.
- En 1958 William Higginbotham creó, sirviéndose de un programa para el cálculo de trayectorias y un osciloscopio, Tennis for Two (tenis para dos): un simulador de tenis de mesa para entretenimiento de los visitantes de la exposición Brookhaven National Laboratory.
- En 1966 Ralph Baer empezó a desarrollar junto a Albert Maricon y Ted Dabney, un proyecto de videojuego llamado Fox and Hounds dando inicio al videojuego doméstico. Este proyecto evolucionaría hasta convertirse en la Magnavox Odyssey, el primer sistema doméstico de videojuegos lanzado en 1972 que se conectaba a la televisión y que permitía jugar a varios juegos pregrabados.
- En 1971 cuando Nolan Bushnell comenzó a comercializar Computer Space, una versión de Space War, aunque otra versión recreativa de Space War como fue Galaxy War puede que se le adelantara a principios de los 70 en el campus de la universidad de Standford.
- En 1980-1989. Durante estos años destacan sistemas como Oddyssey 2 (Phillips), Intellivision (Mattel), Colecovision (Coleco), Atari 5200, Commodore 64, Turbogرافx (NEC). Por otro lado, en las máquinas recreativas triunfaron juegos como el famoso Pacman (Namco), Battle Zone (Atari), Pole Position (Namco), Tron (Midway) o Zaxxon (Sega).
- Japón apostó por el mundo de las consolas con el éxito de la Famicom (llamada en occidente como Nintendo Entertainment System), lanzada por Nintendo en 1983 mientras en Europa se decantaba por los microordenadores como el Commodore 64 o el Spectrum.
- En 1985 apareció Super Mario Bros, que supuso un punto de inflexión en el desarrollo de los juegos electrónicos, ya que la mayoría de los juegos anteriores sólo contenían unas pocas pantallas que se repetían en un bucle y el objetivo simplemente era hacer una alta puntuación. El juego desarrollado por Nintendo supuso un estallido de

creatividad. Por primera vez teníamos un objetivo y un final en un videojuego. En los años posteriores otras compañías emularon su estilo de juego.

- A principios de los años 90 las videoconsolas dieron un importante salto técnico gracias a la competición de la llamada "generación de 16 bits" compuesta por la Mega Drive, la Super Nintendo Entertainment de Nintendo, la PC Engine de NEC, conocida como Turbogرافx en occidente y la CPS Changer de (Capcom).
- En el 2000 Sony lanzó la anticipada PlayStation 2 y Sega lanzó otra consola con las mismas características técnicas de la Dreamcast, nada más que venía con un monitor de 14 pulgadas, un teclado, altavoces y los mismos mandos llamados Dreamcast Drivers 2000 Series CX-1.
- Microsoft entra en la industria de las consolas creando la Xbox en 2001 [14].

3.3 Clasificación de los Videojuegos

Los videojuegos han sido clasificados de la siguiente manera:

1. Shooter
2. Plataformas
3. Lógica y Puzzles
4. Estrategia
5. Carreras
6. Deportes
7. Música
8. Multijugador
9. Videojuegos sociales
10. Simuladores

Los docentes pueden hacer uso de uno de estos tipos de videojuego para hacer una clase que los estudiantes sientan interés por la misma creando destrezas y habilidades.

3.4 Objetivos de los videojuegos en la educación

Los Videojuegos son las herramientas que nuestros nativos digitales necesitan para lograr un mejor aprendizaje en el aula, es sabido que los estudiantes en esta era digital se sienten más cómodos y confiados cuando en sus manos está un dispositivo digital ya sea una tableta, un celular o un computador.

Según Pérez Marqués los videojuegos pueden ser de gran utilidad en la educación “Sin duda los videojuegos en general mejoran los reflejos, la psicomotricidad, la

iniciativa y autonomía de los jugadores, pero además también pueden utilizarse en el ámbito educativo con una funcionalidad didáctica para contribuir al logro de determinados objetivos educativos. Veamos algunas de sus posibles aplicaciones, considerando también algunos de sus riesgos más específicos”. [15]

Los videojuegos en décadas han sido desaprobados en la educación como lo señaló Morales Corral (2009) en unos de sus muchos estudios. Los docentes siempre han desestimado la importancia de los videojuegos en las aulas considerándolos meramente lúdicos y sin beneficios para las clases. Sin embargo, en nuestros días los docentes han reflexionado ante esta situación y están introduciendo los videojuegos en la preparación de sus clases.

Morales Corral E, en su revista Diálogos indica que “El juego fue introducido en la escuela como algo más que un entretenimiento o una diversión, los educadores intuyeron algo que muchos años después ha sido corroborado por numerosas investigaciones: los juegos tienen un potencial educativo importante.” [16], es por ello que hoy podemos ver que muchas escuelas están adquiriendo videojuegos educativos como recurso didáctico en el aula, transformando las aulas en ambientes digitales amigables para los estudiantes.

Se ha demostrado que los videojuegos desarrollan las competencias creativas, crítica y comunicativa de los estudiantes, mejoran la capacidad de expresión, estimula a la reflexión y acción en situaciones difíciles, le abre las puertas al mundo que los rodea permitiéndole entenderlo de manera más eficaz.

Estos Videojuegos también mejoran la capacidad de comprensión y expresión contribuyendo a su formación integral.

En este mismo sentido Para Gifford (1991) existen siete características que hacen de los videojuegos un medio de aprendizaje más atractivo y efectivo:

1. Permiten el ejercicio de la fantasía, sin limitaciones espaciales, temporales o de gravedad.
2. Facilitan el acceso a “otros mundos” y el intercambio de unos a otros a través de los gráficos, contrastando de manera evidente con las aulas convencionales y estáticas.
3. Favorecen la repetición instantánea y el intentarlo otra vez, en un ambiente sin peligro.
4. Permiten el dominio de habilidades. Aunque sea difícil, los niños pueden repetir las acciones, hasta llegar a dominarlas, adquiriendo sensación de control.

5. Facilitan la interacción con otros amigos, además de una manera no jerárquica, al contrario de lo que ocurre en el aula.

Para Garaigordobil (1990). Cuando el niño juega, éste se desarrolla completamente a nivel biosociológico, físico y social. Garaigordobil señala que cuando el niño juega con videojuegos desarrolla las habilidades y destrezas que inciden en el proceso enseñanza aprendizaje tales como:

- Su capacidad para emplear símbolos aumenta, ya que, por medio de estos juegos, puede representar diferentes fenómenos, analizar sus experiencias conscientes, planear, imaginar y actuar de manera previsor.
- El jugador, utiliza sus procesos de autorregulación de tal manera que puede controlar, seleccionar y organizar las influencias externas de modo que no se limita a reaccionar ante las situaciones lúdicas que tiene durante el juego.
- El sujeto interactúa con el entorno, de forma que durante el juego la persona maneja las riendas de la situación y establece los límites de su autonomía.
- La motivación y estimulación visual y auditiva de los videojuegos permite al jugador la resolución de diferentes niveles de problemas y dificultades, con lo cual se obtiene el dominio de habilidades y destrezas propias de la tecnología.

3.5 El Aprendizaje a través de los videojuegos.

¿Qué aprendo con videojuegos? Una perspectiva de meta aprendizaje del video jugador. [17]

Los videojuegos también producen una alta motivación y compromiso en los alumnos, los cuales les ayudan a mejorar su compromiso con las actividades de aprendizaje.

El poder de los videojuegos en la educación ha motivado al Departamento de Educación de los Estados Unidos a focalizar recursos para aprovechar la gamificación en las escuelas norteamericanas. Por ello, en abril de 2015 se realizó en Nueva York la primera Cumbre de Juegos para el Aprendizaje (Games for Learning Summit), en la que participaron expertos en educación, estudiantes, profesores y desarrolladores de videojuegos, para buscar estrategias pedagógicas que generen mayor interés de aprender en el alumno.

- Videojuegos diseñados con mapas conceptuales para aprender a pensar.

Desde el punto de vista psicoeducativo, es interesante analizar el éxito de los VJ a la luz de las teorías de la motivación y del aprendizaje. Se establece un paralelismo entre el aprendizaje social y el sistema de motivación y aprendizaje implícito en los videojuegos.

3.6. El aprendizaje a través el juego

- ¿Qué aprendo con videojuegos? Una perspectiva de metaaprendizaje del videojugador. [19]

Los videojuegos también producen una alta motivación y compromiso en los alumnos, los cuales les ayudan a mejorar su compromiso con las actividades de aprendizaje.

El poder de los videojuegos en la educación ha motivado al Departamento de Educación de los Estados Unidos a focalizar recursos para aprovechar la gamificación en las escuelas norteamericanas. Por ello, en abril de 2015 se realizó en Nueva York la primera Cumbre de Juegos para el Aprendizaje (Games for Learning Summit), en la que participaron expertos en educación, estudiantes, profesores y desarrolladores de videojuegos, para buscar estrategias pedagógicas que generen mayor interés de aprender en el alumno.

- Videojuegos diseñados con mapas conceptuales para aprender a pensar.

Desde el punto de vista psicoeducativo, es interesante analizar el éxito de los VJ a la luz de las teorías de la motivación y del aprendizaje. Se establece un paralelismo entre el aprendizaje social y el sistema de motivación y aprendizaje implícito en los videojuegos.

4. Discusiones

Los videojuegos han revolucionado la sociedad, están abriendo las puertas de las aulas y tomando un lugar importante en ellas. Los estudiantes del siglo XXI son nativos digitales y aprenden con tecnología, han nacido en la era digital, pese a que algunos maestros no puedan entender que ellos aprenden mejor con el lenguaje binario (11001100), hay que hacer un alto y reflexionar como estamos enseñando, los videojuegos logran captar la atención de los estudiantes y aprenden lúdicamente, es muy importante señalar que además de lograr la motivación en los chicos también logran destrezas y habilidades en la lógica computacional.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Los estudios realizados sobre la incidencia y utilización de los videojuegos en la enseñanza presentan variabilidad en los resultados, pero a pesar de ello es evidente que los docentes, en distintas latitudes están pensando plantear la utilización de los mismos en las aulas.
- Dado el progresivo avance de la tecnología y que la población escolar utilice los videojuegos para lograr el desarrollo metacognitivo o sea trabajar, estudiar según las capacidades propias de cada uno para aprender y comprender su entorno.
- En dicha situación es absolutamente imprescindible monitorizar a los estudiantes bajo la premisa de que estén trabajando sobre las habilidades que les permite desarrollar la utilización del videojuego en el aprendizaje tanto grupal como individual.

5.2 Recomendaciones

- Implementar los videojuegos de manera gradual en el aula para observar el resultado obtenido.
- Capacitar a los docentes en el uso de esta herramienta didáctica (videojuegos).
- Si se implementa esta herramienta deberá tomarse un nivel y una asignatura para medir cual es el logro de los estudiantes al utilizarlos.
- Hay que reconocer que la metacognición es de suma importancia al momento de la implementación de los videojuegos.
- Tener en cuenta que los aprendizajes significativos se logran con la motivación de los alumnos en el aprendizaje y los videojuegos motivan a los nativos digitales ya que aprenden lúdicamente.
- tienen dificultades de aprendizaje o que incluso están en riesgo.

Bibliografía

- [1] <<https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/historia/videojocs.html>> [En línea].
- [2] <<http://peremarques.net/videojue.htm>> [En línea].
- [3] G. (. V. o. t. O. V. a. a. M. f. C. T. a. D. G. I. o. T. FRASCA. [En línea].
- [4] M. ZYDA. [En línea].

- [5] J. (. JUUL, «Half-Real: Video Games between Real Rules and Fictional Worlds. Cambridge: MIT Press.».
- [6]E. AARSETH, “Investigación sobre juegos: aproximaciones metodológicas al análisis de juegos”., Barcelona: Artnodes, Vol 7, Barcelona, 4-14., (2007).
- [7]«<https://psicologiamente.net/psicologia/metacognicion-definicion/>» [En línea].
- [8] «Osse Bustingorry, Sonia, & Jaramillo Mora, Sandra. (2008). METACOGNICION: UN CAMINO PARA APRENDER A APRENDER. Estudios pedagógicos (Valdivia), 34(1), 187-197. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052008000100011>,» [En línea].
- [9]«scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=script_arttext&pid=S0718-07052008000100011,»[En línea].
- [10]«<https://scielo.conicyt.cl/pdf/estped/v34n1/art11.pdf>,» [En línea].
- [11]«<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-290.pdf>,» [En línea].
- [12] «<http://elpsicoasesor.com/teoria-del-aprendizaje-significativo-david-ausubel/>,» [En línea].
- [13]«<http://www.redalyc.org/html/771/77100606/>,»[En línea].
- [14]«<https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/historia/videojocs.html>,» [En línea].
- [15] «<http://peremarques.net/videojue.htm>,» [En línea].
- [16]«<http://dialogosfelafacs.net/wp-content/uploads/2015/80/80-revista-dialogos-videojuegos-en-educacion-primaria.pdf>,» [En línea].
- [17]«<http://www.aikaeducacion.com/tendencias/los-videojuegos-transforman-aula/>,» [En línea].
- [18]«<http://www.aikaeducacion.com/tendencias/los-videojuegos-transforman-aula/>,» [En línea].
- [19]E.AARSETH,“Investigación sobre juegos: aproximaciones metodológicas al análisis de juegos”., Artnodes, Vol 7, Barcelona, 4-14., 2007..

Análisis bibliométrico de las revistas de acceso abierto de Centroamérica, el Caribe y México basado en DOAJ e indexadores Latinoamericanos

Bibliometric analysis of open access journals in Central America, the Caribbean and Mexico based on DOAJ and Latin American indexers.

Madelaine Fernández¹, Danny Murillo²

^{1,2} Dirección General de Innovación y Tecnología Educativa, Universidad Tecnológica de Panamá
Madelaine.fernandez@utp.ac.pa¹, Danny.murillo@utp.ac.pa²

RESUMEN— A través de los años, los investigadores han utilizado material científico-académico como medio para divulgar sus resultados. Debido a algunas restricciones de acceso en las publicaciones, muchas revistas han hecho visibles sus publicaciones electrónicas a través de revistas de acceso abierto en plataformas regionales especializadas. En este trabajo realizamos un análisis de 211 revistas científico-académico en América Central, el Caribe y México integradas al Directorio de Open Access Journals (DOAJ). Este estudio se enfocó en tres aspectos: medir el impacto de las revistas de acceso abierto, evaluar el estado de los países que se encuentran en esa área, cuáles revistas están indexadas en plataformas regionales y en Scimago Journal Ranks. Se muestra la posición de las revistas en Panamá con respecto a los otros países de la región.

Palabras claves— Bibliometría, DOAJ, Acceso Abierto, Indexadores, Revistas.

ABSTRACT— Over the years, researchers have used scientific-academic material as a means to disseminate their results. Due to some access constraints of published material, many journals have their digital publications available through open access journals on specialized regional platforms. In this work, we conducted an analysis of 211 scientific-academic journals in Central America, the Caribbean and Mexico integrated into the Open Access Journals Directory (DOAJ). This study focused on three aspects: measuring the impact of open access journals, evaluating the state of the countries that are in that area, and identifying the journals indexed in regional platforms as well as in Scimago Journal Ranks. Finally, we presented the position of journals in Panama related to other regional countries.

Keywords— Bibliometrics, DOAJ, open access, indexing, journals.

1. Introducción

Las revistas científicas de acceso abierto son un medio de difusión en los cuales se reflejan el resultado de la producción científica de los investigadores, principalmente en universidades e instituciones gubernamentales. A través de los años la producción científica de los países que pertenecen a Centro América y el Caribe no se divulgaba de manera adecuada entre investigadores de forma tal que pudieran compartir o intercambiar un conocimiento científico, esto ocasionaba que existiera investigaciones repetidas o con temas muy parecidos, además existía complejidad de tener el contenido investigado a disposición de otros investigadores, así como a la comunidad educativa y el público en general.

En la actualidad este problema no se ha erradicado completamente, pero en los últimos años se han desarrollado en la región numerosas iniciativas para

mejorar la divulgación y la calidad de las revistas de Centro América, El Caribe y México a través de plataformas que permiten visibilizar la producción científica publicada en revistas de Acceso abierto, Según (Sánchez-Pereyra, 2010) el problema de la visibilidad ha quedado resuelto y la ciencia latinoamericana ha dejado de estar perdida.” Esto gracias a que cada vez son más los países latinoamericanos que indexan sus artículos en distintas plataformas haciendo más visible su producción científica y académica. [1]

Hoy en día, las revistas Latinoamericanas poseen oportunidades de visualización que antes no tenían, gracias al avance de la tecnología y de repositorios regionales que han potenciado la visibilidad que pudiera tener cada país por separado, tal es el caso de repositorios y directorios como: Directory of Open Access Journals (DOAJ) y otras iniciativas regionales de indexación como: Redalyc, Scielo, Latindex, REDIB entre otros, que reciben los resultados de la producción científica por

autor o por institución y la hacen disponible ante los ojos del mundo a través de Internet, generado estadísticas y datos sobre el número de revistas, publicaciones, países, temáticas y años de publicación, información que es oportuna para los países que optan por indexarse en estos catálogos.

Este estudio tiene por objetivo brindar un aporte a la educación en el que se busca por medio de la investigación contribuir a la producción del conocimiento, a través de un análisis Bibliométrico sobre la visibilidad de la producción científica-académica de Centro América, El Caribe y México, a partir de las revistas indexadas en DOAJ el cual es el directorio más amplio con revistas de todas partes del mundo con alta calidad y que sigue la ruta dorada, es decir, ruta de acceso abierto y que además compararemos este directorio con los indexadores de mayor impacto en Latinoamérica como lo son Latindex, Redalyc, Scielo y REDIB. Por otra parte, también se estudiará la situación particular de revistas científicas en Panamá indexadas, aunque actualmente no cuenta con revistas indexadas en DOAJ, se busca medir en cuanto la visibilidad en los otros indexadores mencionados y las iniciativas que se están llevando a cabo para mejorar el proceso de indexación de sus revistas.

Con este artículo se busca aportar elementos que ayuden a la reflexión a quienes se encargan de visibilizar y divulgar la producción científica-académica de Centro América, El Caribe, México, y mejorar el impacto que tienen actualmente en la comunidad científica internacional, tomando en cuenta los resultados Bibliométricos muestran que es necesario analizar que algunas revistas de acceso abierto en indexadores regionales tienen más impacto que revistas en Scopus que son de acceso restringido.

2. Marco Teórico

La palabra “Bibliometría” deriva de los vocablos griegos biblos: ‘libro’, y metron: ‘medir’. Es la aplicación de las matemáticas y el método estadístico a la publicación de los resultados de la investigación científica. Un nuevo conocimiento producto de la investigación científica adquiere valor cuando se publica y posteriormente, aplicado en el campo específico, contribuye al desarrollo de la sociedad y es allí donde la bibliometría juega un papel crucial, ya que le da valor medible al resultado de dicha actividad científica; por

consecuente, se puede situar o comparar la creación de ‘X’ institución, grupo investigativo, país, etc., en relación con otros. [1]

Los indicadores bibliométricos que se calculan al momento de un análisis dependen mayormente de las citas que se generan, por lo tanto, podemos decir que si las revistas de carácter científico como medio de comunicación son de acceso abierto ayudan a que los grupos de investigación utilicen estas fuentes como referente las cuales generan las citas de los artículos que posteriormente pueden ser medidas a través de la Bibliometría.

El acceso abierto tiene como fin asegurar el acceso libre y abierto a la producción científica, es decir, garantizar el acceso a través de Internet sin que los derechos del copyright sean una barrera.[2]

El Acceso Abierto Tiene sus orígenes en los años 90 con las iniciativas de distribución de archivos científicos a través de correos electrónicos, sin embargo, no fue hasta el 2002 donde se realizaron las primeras declaraciones de acceso abierto que llevaron por nombre: “The Budapest Open Access Initiative, BOAI”. En el 2003 se firmaron dos declaraciones adicionales “Bethesda Statement on Open Access Publishing” y “Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in the Sciences and Humanities”, respaldaron la iniciativa de Budapest, estas iniciativas son conocidas comúnmente como las tres ‘B’ (Budapest, Bethesda y Berlín) todas buscaban romper con las barreras que limitaban la visibilidad de la producción científica y académica.

Dentro de las opciones para la visibilidad de publicaciones existen tres vías(rutas) que definen las condiciones en las cuales el autor debe decidir cómo y dónde publicará su trabajo. Las rutas se definen en el punto 2.1.

2.1 Rutas de Publicación científica

La BOAI (Budapest Open Access Initiative por sus siglas en inglés) señala: la razón por la cual es ahora posible el Acceso Abierto, es porque la Web ofrece un medio para la libre diseminación de bienes, se reconoce que existen costos para producir literatura revisada por pares aunque los servicios de revisión sean suministrados gratis por los científicos, la BOAI describe dos rutas de publicación en las cuales puede realizarse el trabajo de Acceso Abierto, ruta verde y ruta dorada [3].

2.1.1 Ruta roja

Está destinada para publicaciones en revistas pagas, es decir, el autor debe pagar para publicar y transferir sus derechos de autor exclusivamente a la revista donde desea visibilizar su artículo.

2.1.2 Ruta verde

Está ruta es de tipo acceso abierto y se da cuando el autor tiene la opción de publicar sin perder sus derechos de autor en repositorios institucionales o temáticos gratuitamente su artículo ya sea en versión pre-print (artículos aun no evaluados por pares) o post-print (artículos ya evaluados por pares).

2.1.3 Ruta dorada

También es ruta de acceso abierto ni el autor, ni el lector deben pagar por la visualización del artículo y son los autores los que tienen el copyright sobre sus trabajos cediendo los derechos no exclusivos de publicación a la revista. Un ejemplo de revistas de ruta dorada son las indexadas en DOAJ (el cual será objeto de análisis en este artículo).

2.2 Indexadores Regionales de Revistas Científicas

2.2.1 Latindex.

Es un sistema regional de información, encargado de difundir, hacer accesible y elevar la calidad de las revistas científicas, editadas en América Latina, el Caribe, España y Portugal. [4].

2.2.2 Redalyc.

Es un sistema que integra revistas académicas publicadas en cualquier país de América Latina, el Caribe, España y Portugal, o en otros países sobre la problemática relacionada con Iberoamérica. [5].

2.2.3 Scielo.

Scientific Electronic Library Online (Biblioteca Científica Electrónica en Línea) es un modelo creado para la publicación electrónica cooperativa de revistas científicas en Internet, especialmente desarrollado para asegurar la visibilidad y el acceso universal de la literatura científica de América Latina y el Caribe. [5].

2.2.4 REDIB.

La Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico es una plataforma electrónica de acceso directo y gratuito a documentos académicos y científicos en español y portugués, que busca fomentar la producción de contenidos iberoamericanos de calidad.

2.2.5 Google Scholar (GS).

Google Scholar o google académico (en español) es un producto de Google, Inc. que funciona similar al buscador google, pero está enfocado a la búsqueda

especializada de información científica que existe a nivel mundial en la web por medio de artículos, libros, informes científicos, tesis, ponencias de congresos, patentes, paginas académicas, otros. Los contenidos de este buscador pertenecen a instituciones, repositorios, bibliotecas, autores individuales o portales de revistas que son de acceso abierto y que comparten su contenido en este buscador beneficiando a la comunidad científica.

2.3 Directory Open Access Journals (DOAJ)

DOAJ es el directorio internacional y multidisciplinario de revistas científicas de acceso abierto de mayor reconocimiento en todo el mundo, cuya envergadura convierte cualquier caracterización de sus revistas en un estudio sobre la edición de acceso abierto a nivel mundial.[6] Actualmente es el directorio más amplio en internet que provee acceso abierto a revistas científicas-académicas las cuales antes de su indexación a este directorio son sometidas a un proceso de evaluación en un exigente sistema de calidad a través de un editor, comité editorial o revisión por pares. Existen otros indexadores en Latinoamérica que, aunque poseen distintos criterios de selección para indexar las revistas en sus plataformas, al igual que DOAJ cuidan la calidad del contenido a publicar y adoptan el acceso abierto como su principal política de publicación.

3. Metodología

3.1 Datos de DOAJ

Para la realización del análisis bibliométrico se descargó en enero de 2017 los datos de las revistas indexadas en DOAJ en formato CSV y actualizado en el 2018. Estos datos contienen información de las revistas desde el 2003 pero los registros de creación de la revista muestran periodos de 1972-2017. De los datos en DOAJ se cuenta con 10,995 revistas de 123 países a nivel mundial y 2,858,689 artículos.

Para realizar el estudio nos enfocamos en el grupo de Centro América, El Caribe y México que cuenta con 211 revistas divididas de la siguiente forma, América Central (55 revistas), el Caribe (53 revistas), y México (103 revistas), los cuales contienen 50,787 artículos.

3.2 Datos de indexadores regionales.

Para realizar un análisis comparativo de DOAJ con indexadores regionales, se hizo una búsqueda de las revistas de América Central (AC), el Caribe y México que también estaban indexadas en estos indexadores. Según Tabla 1, el número de revistas en los indexadores

regionales en Latindex (177), Redalyc (99), Scielo (97), REDIB (123), haciendo un total de 495 revistas que también se encuentran indexadas en DOAJ.

Tabla 1. Número de revistas por Indexadores Regionales.

	Latindex	Redalyc	Scielo	Redib
AC	51	21	17	42
Caribe	36	11	22	20
México	90	67	58	60
Total	177	99	97	123

Fuente: Datos extraídos del sitio oficial de Latindex, Redalyc, Scielo y Redib [2018]

3.3 Datos por país de Revistas indexadas.

En la tabla 2 se muestra las revistas por país indexadas en DOAJ que son de Centro América, El Caribe y México y que también están indexadas en Latindex, Redalyc, Scielo y REDIB. Por otra parte, se decidió incluir los datos de las revistas de Panamá con respecto a los indexadores de la región, para contextualizar donde está nuestro país en términos de alcance de las revistas.

Tabla 2. Número de Revistas por país en indexadores Regionales.

Países	Latindex	REDIB	RedaLyc	Scielo
Bahamas	0	0	0	0
Barbados	0	0	0	0
Costa Rica	45	37	21	17
Cuba	36	20	11	22
El Salvador	0	1	0	0
Guatemala	3	2	0	0
Jamaica	0	0	0	0
México	90	60	67	58
Nicaragua	3	2	0	0
Panamá	111	1	0	0

Fuente: Datos extraídos del sitio oficial de Latindex, Redalyc, Scielo y Redib [2018]

3.4 Análisis de impacto de las revistas seleccionadas en Google Scholar.

Para hacer un análisis de indicadores Bibliométricos de las revistas seleccionadas se utilizó el software Publish or Perish (PoP), el cual es un software que calcula datos métricos de indexadores como Google scholar, Web of Science, Scopus, otros. Esta herramienta provee información que permite realizar comparaciones del impacto de artículos de distintas disciplinas. Para este análisis se utilizaron datos extraídos solo de Google

Scholar debido a que Web of Science estaba bloqueado y Scopus necesitaba datos de acceso. Solo se tomó en cuenta las aquellas revistas con coincidencia de indexación en las 5 plataformas (DOAJ, Latindex, Scielo, Redalyc y REDIB) las cuáles hicieron un total de 42 revistas, los datos extraídos fueron, el número de citas, el índice h (hi), el año de publicación (años), estos datos se muestran en la tabla 3.

Con este software los indicadores bibliométricos que se obtuvieron fueron: el tiempo de publicaciones de las revistas, número de publicaciones (papers) por revista, el número de citas y el h-index o índice h (en español) el cual es un indicador que permite evaluar la productividad de la revista.

3.5 Análisis de impacto de las revistas seleccionadas en SJR

Se realizó una búsqueda de las 42 revistas integradas a las 4 plataformas regionales y en DOAJ, en la plataforma Scimago Journal Ranks (SJR) de Scopus. Se extrajeron los valores de h-index (hiS), el factor de impacto (IF) y la posición del cuartil de cada revista (Cuartil). De ese grupo solo 7 revistas de las seleccionadas aparecieron en este Ranking, apenas el 16% del total de revistas, ver datos estos indicadores en tabla 3.

El valor comparativo más relevante es el índice h, propuesto por J.E. Hirsch para medir el impacto de la revista, también es utilizado por GS para saber que revistas tienen mayor impacto, pero tomando en cuenta artículos en la Red que no están en las revistas de Scopus. Una revista tendrá un índice h de "10" cuando tenga "10" artículos con al menos "10" citas recibidas de cada uno de estos artículos [7].

Por otra parte, también se utilizó el software Microsoft Excel 2016 para filtrar y contabilizar los datos extraídos de DOAJ y para la creación de las gráficas.

3.6 Análisis de datos en Panamá

Actualmente en Panamá no existe ninguna revista listada en DOAJ, sin embargo, en el directorio de Latindex existen 111 revistas de las cuales 27 pertenecen al catálogo. Según la Tabla 2, de estas 27 revistas solo 2 también están en el indexador REDIB. Estas revistas pertenecen a la Universidad Tecnológica de Panamá y son la Revista I+D Tecnológico y la Revista Prisma Tecnológico.

4. Resultados

4.1 Datos de DOAJ

En la figura 1 se muestra los 12 países con el mayor número de revistas indexadas en DOAJ, los datos nos indican que Indonesia encabeza la lista con un total de 1,194 revistas y le sigue Brasil con 1,161. Podemos constatar que, de los 9 países pertenecientes a Centro América, el Caribe y México ninguno cuenta con un número significativo de revistas para aparecer en este listado, sin embargo, en el listado representando a Latinoamérica, esta España con 591 revistas y Colombia con un total de 277 revistas en DOAJ. En el caso de México que no se encuentra en este listado cuenta con un total 103 revistas en DOAJ lo que lo pone en la posición 23 entre todas las revistas a nivel mundial.

Tabla 3. Cuadro de datos de revistas analizadas en software PoP.

Revistas	País	años	Papers	Citaciones	hi	hiS	Quartil	IF
Revista Costarricense de Psicología	Costa Rica	1984-2017	233	671	11			
Actualidades en Psicología	Costa Rica	1980-2018	309	865	15			
Agronomía Costarricense	Costa Rica	1977-2017	999	4078	25			
Agronomía Mesoamericana	Costa Rica	1990-2017	963	3889	23			
Revista Electrónica Educare	Costa Rica	2001-2018	999	641	10			
Enfermería Actual de Costa Rica	Costa Rica	2004-2017	325	288	8			
Actualidades Investigativas en Educación	Costa Rica	1970-2017	999	559	11			
Población y Salud en Mesoamérica	Costa Rica	2008-2009	2	11	2			
Odeivos International Journal	Costa Rica	1971-2017	371	123	5			
e-Ciencias de la Información	Costa Rica	2011-2018	275	200	6			
Diálogos	Costa Rica	1780-2017	1000	3814	28			
Ingeniería Mecánica	Cuba	1997-2017	727	622	10			
Revista Cubana de Reumatología	Cuba	1969-2018	483	768	12			
Edusol	Cuba	2001-2018	855	136	4			
Convergencia	México	1955-2017	999	6798	31			
América Latina en la Historia Económica	México	1850-2017	788	1073	13			
Polibotánica	México	1996-2017	494	2438	21			
Revista de Estudios de Género: La Ventana	México	1955-2017	948	4166	26			
Revista Electrónica de Investigación Educativa	México	1974-2018	997	14854	60			
Espiral	México	1911-2017	1000	3188	24			
Apertura	México	1792-2017	995	4069	26			
Liminar: Estudios Sociales y Humanísticos	México	2003-2018	389	523	13			
Revista de El Colegio de San Luis	México	1999-2017	311	143	6			
Revista Mexicana de Biodiversidad	México	2005-2017	1000	5918	28	16	Q3	0.38
Revista Pueblos y Fronteras Digitales	México	2001-2017	408	573	11			
CPU-e	México	1993-2017	395	945	14			
Investigación Administrativa	México	1973-2017	219	261	6			
El Periplo Sustentable	México	2001-2017	273	797	14			
Nova Scientia	México	1995-2017	491	976	12			
Valenciana	México	1799-2017	1000	3350	24			
Revista Chapango	México	1995-2017	823	2284	17			
Cuadernos de Lingüística del Colegio de México	México	2013-2017	52	31	3			
CienciaJAT	México	2006-2017	471	222	6			
Nueva Revista de Filología Hispánica	México	1947-2007	60	216	6			
Historia Mexicana El Colegio de México	México	1951-2017	1000	4982	32			
Estudios de Cultura Maya	México	1961-2017	1000	2731	21	2	Q3	0.121
Acta Poética	México	1979-2017	743	997	11			
Contaduría y Administración	México	1976-2008	6	1	1	2	Q3	0.146
Estudios Demográficos y Urbanos	México	1986-2017	213	179	6	3	Q4	0.101
Estudios Fronterizos	México	1956-2017	970	1985	18			
Tópicos	México	1964-2017	144	294	9	9	Q4	0.166
Perfiles Latinoamericanos	México	1992-2017	1000	4757	32	4	Q4	0.118
Revista Mexicana de Ciencias Geológicas	México	1988-2017	238	287	10	28	Q3	0.391

Fuente: Datos extraídos Publish or Perish y Scimago Journal Rank [2018]

En la figura 2 se muestra la cantidad de revistas publicadas en países de Centro América, El caribe y México con un total de 211 revistas, donde México con 103, Cuba con 50 y Costa Rica 47, representan el porcentaje más alto, el resto de los países no cuenta con más de 4 revistas, Nicaragua, Guatemala, Jamaica, El Salvador, Barbados y Bahamas. Es importante resaltar

que este estudio evidencia la ausencia de Panamá en cuanto a cantidad de revistas publicadas en DOAJ.

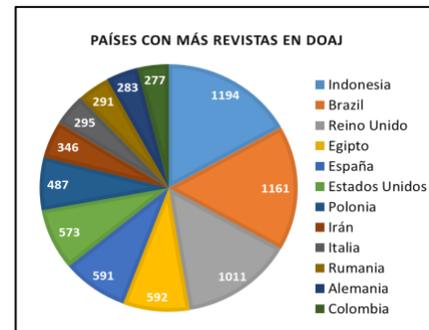


Figura 1. País con mayoría de revistas indexadas en DOAJ.

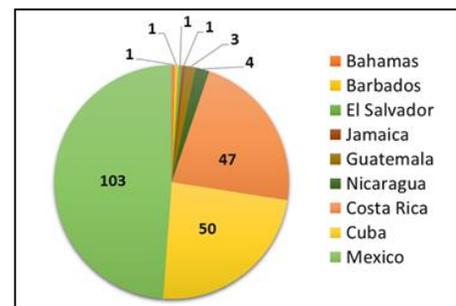


Figura 2. Cantidad de revistas por País indexadas en DOAJ.

Al analizar las plataformas más utilizadas por las revistas DOAJ lista 15 plataformas: OJS, Hindawi Publishing, BioMed Central, De Gruyter Online, Scielo Brasil, Science Direct, MDPI AG, Dove Medical Press, Revues, Medknow Publications, Springer, Redalyc, High Wire, Springer link Bentham Open. El gráfico 3 nos muestra el número de revistas en DOAJ de cada una de las plataformas mencionadas, el gráfico es bastante evidente que la mayoría de las plataformas de revistas utilizan Open Journal System (OJS), software libre para gestionar, editar y publicar revistas.

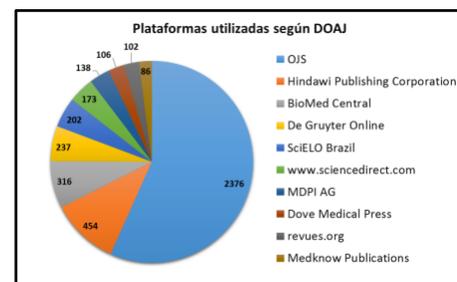


Figura 3. Principales plataformas en las que son publicadas las revistas de DOAJ.

4.2 Áreas de las revistas

De las 211 revistas de Centro América, el Caribe y México indexadas por DOAJ, en la tabla 4 se muestra las 10 áreas en que más publican las revistas, las cuales representan el 65.9% de la totalidad del estudio. Las tres áreas que integran la mayoría de las revistas son: Ciencias Sociales (37), Medicina (35), Educación (23). En el estudio se identificaron otras 40 áreas, entre ellas: Tecnología, deportes, Biotecnología, Lengua y Literatura, Botánica, Zoología, otras.

Tabla 4. Áreas de mayor publicación de las revistas.

Temática	Número
Ciencias Sociales	37
Medicina	35
Educación	23
Agricultura	10
Psicología	8
Geografía	8
Tecnología	5
Trabajos generales	5
Ciencias Políticas	4
Comercio	4

Fuente: Datos extraídos de DOAJ [2018]

4.3 Datos de indexadores regionales.

La figura 4 muestra el análisis de los datos de los indexadores regionales Latindex, Redalyc, Scielo, REDIB y DOAJ de revista de Centro América el Caribe y México vs revistas a nivel mundial. Este grafico evidencia que a pesar de que estos indexadores en su gran mayoría están orientados a producción científica de América; las regiones Centro América, El Caribe y México juntos no logran una cantidad significativa de revistas indexadas en ninguna de estas plataformas en el grupo regional. En el caso de Latindex 177 de 12,990 revistas, Redib 122 de 2,177, Scielo 97 de 1,285 y Redalyc 99 de 1,257, lo que pudiera decir que la presencia en esto indexadores no es sustancial tomando en cuenta los pocos países generando revistas con impacto en estos indexadores.

Se realizó una búsqueda de las revistas perteneciente a DOAJ que también están en los indexadores Latindex,

Scielo, Redalyc y REDIB. Según la figura 5 se obtuvo que los países que tienen mayor coincidencia de indexar en estas cuatro plataformas son México, Costa Rica y Cuba haciendo evidente que Nicaragua, El salvador y Guatemala cuentan con un número poco significativo de publicaciones y en el caso de las Bahamas, Barbado y Jamaica no se encuentran en ninguna de estas plataformas, las revistas en Latindex de estos países pertenecen al catálogo.

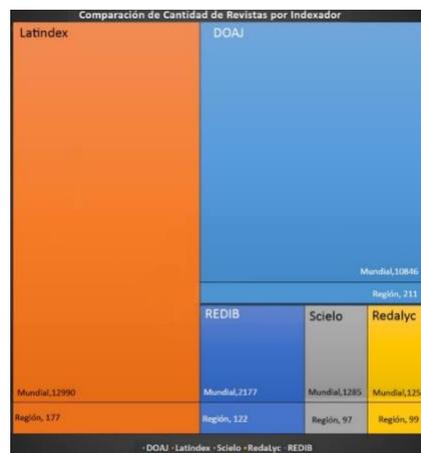


Figura 4. Gráfica proporcional de la cantidad de revistas en indexadores Latinoamericanos.

Por otra parte, en el grafico inferior también podemos ver la situación de Panamá que a pesar de no estar indexado en dos de las cuatro plataformas cuenta con una indexación de revista en REDIB y comparado a los demás países tiene un número sustancial de revistas en el directorio de Latindex, sin embargo, en el catálogo de Latindex donde existe un sistema de evaluación solo hay 27 revistas.

4.4 Análisis de impacto de las revistas seleccionadas.

A través del software Publish or Perish (PoP) se analizaron las 42 revistas que coincidieron en estar indexadas en las seis plataformas (DOAJ, Latindex, Scielo, Redalyc, REDIB y en Google Scholar), de las cuales 3 son de Cuba, 11 de Costa Rica y 29 de México. Estas 42 revistas también fueron comparadas en el Scimago Journal & Country Ranks de Scopus donde solo 7 revistas se encuentran en este indexador entre los cuartiles 3 y 4, siendo la revista Mexicana de Ciencias Geológicas de factor de impacto 0.391 y la revista Mexicana de Biodiversidad de factor de impacto 0.38 las que representan las mejores posiciones de estas revistas en Scimago.

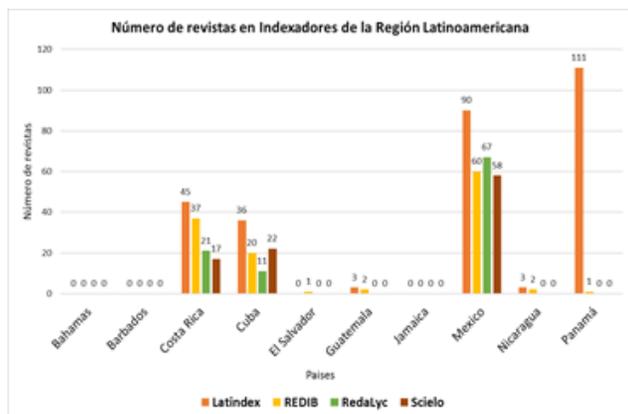


Figura 5. Gráfica de la cantidad de revistas por país en indexadores de la región.

Tabla 5. Las 10 mejores revistas por h-index, indexadas en DOAJ y en los cuatro indexadores regionales.

Revistas	País	Citas	h-Index	Q/IF	h-Index Scopus
Revista Electrónica de Investigación Educativa	México	14854	60		
Historia Mexicana El Colegio de México	México	4982	32		
Perfiles Latinoamericanos	México	4757	32	Q4 0.118	4
Convergencia	México	6798	31		
Revista Mexicana de Biodiversidad	México	5918	28	Q3 0.38	16
Diálogos	Costa Rica	3814	28		
Revista de Estudios de Género: La Ventana	México	4166	26		
Apertura	México	4069	26		
Agronomía Costarricense	Costa Rica	4078	25		
Valenciana	México	3350	24		

Fuente: Datos extraídos de DOAJ y Scimago Journal Rank [2018]

Las 42 revistas fueron ordenadas por el h-index y divididas en cuartiles (4), seleccionando solo las 10 revistas del primer cuartil que corresponden a las revistas de mayor impacto. Los cuartiles son los tres valores que dividen un conjunto de datos ordenados en cuatro partes porcentualmente iguales. Según datos de la tabla 5 solo existen 2 revistas de este listado que se encuentran en Scimago, Perfiles Latinoamericanos (h-index GS= 32, h-index SJR = 4) y Revista Mexicana de Biodiversidad (h-index GS=28, h index SJR= 16). Si vemos la diferencia

entre los h-index existe una enorme diferencia entre el número de documentos citados de GS y SJR.

De esta división de cuartil vemos que el 80% de la revista son de México y el resto de Costa Rica siendo la mejor la Revista Electrónica de Investigación Educativa con 14,854 citaciones y un h-index de 60, esta revista que aparece en la primera posición de nuestro cuartil no se encuentra en el SJR.

Al analizar las 42 revistas por cuartil calculamos el promedio de h-index, citas y papers siendo el primer cuartil el de los valores más alto, encontrando que existe una diferencia marcada entre el resto de los cuartiles. En la tabla 4 se muestra que en el primer cuartil el promedio de h-index es de 31.2 en el cuartil 2 hay un decremento de -43% con respecto al cuartil 1, en el tercer cuartil hay un decremento de -65% con respecto al cuartil 1 y en el cuartil 4 tiene un decremento de -83% con respecto al cuartil 1.

Tabla 6. Promedio de h-index por cuartil.

Cuartil	h-index	citas	papers
Q1	31.2	5678.6	993.8
Q2	18	2019.5	701.5
Q3	11.1	659.7	570
Q4	5.6	179.9	315.2

Fuente del autor [2018]

Se seleccionaron por país las revistas con el número más alto de h-index se obtuvo que de las 29 revistas que pertenecen a México La revista Electrónica de Investigación Educativa con un h-index de 60, de Costa Rica la revista Diálogos con un h-index de 28 y de Cuba la Revista Cubana de Reumatología con un h index de 12 (ver tabla 7). Es notable las diferencias de impacto en las revistas que existen entre los tres países a pesar de ser los únicos tres de la región estudiada que coinciden en estar indexadas en las 6 plataformas con mayor visibilidad de Latinoamérica.

Tabla 7. Revistas de mayor índice h por país.

País	Revista	h-Index
México	Revista Electrónica de Investigación Educativa	60
Costa Rica	Diálogos	28

Cuba	Revista Cubana de Reumatología	12
------	--------------------------------	----

Fuente del autor [2018]

5. Conclusiones

Las revistas científicas de acceso abierto hoy en día tienen más posibilidad de mejorar el impacto de publicación debido al alcance que estas pueden dar al no tener restricciones de acceso, el número de revistas encontradas en DOAJ, 211, representa una cantidad considerable, tomando en cuenta además que revistas latinoamericanas utilizan indexadores regionales e internacionales para lograr esa visibilidad. Según los resultados, podemos decir que la mayoría de revistas de Centro América, el Caribe y México que pertenecen a DOAJ cumplen con los lineamientos necesarios para indexarse en directorios regionales, sin embargo, de las 211 revistas analizadas solo 42 han sido integrada a los 4 catálogos regionales (Latindex, Scielo, RedaLyc y REDIB). De este grupo solo 7 revistas están incluidas en SJR, de lo que pudiéramos concluir que no necesariamente las revistas de alto impacto de esta región deben estar en SJR para obtener mayor visibilidad.

Por otra parte, México encabeza la lista de la de los países de la región, donde sus revistas aparecen indexadas tanto en los directorios mundiales, como locales, siendo las revistas de este país las únicas que aparecen en el SJR con un total de 2 revistas de las 10 del cuartil 1 generado, lo que representa una clara separación entre los demás países de la región. El hecho de que 2 de las revistas mexicanas se encuentren en SJR no indica que su visibilidad e impacto es mejor que el resto de las revistas que se encuentran en otros indexadores.

La situación de las revistas de los países de Centro América y el Caribe comparada con países como Brasil, Indonesia y el Reino Unido, resulta muy inferior, donde solo Colombia que no representa esta región tiene un mayor volumen de revistas indexadas, esto puede deberse al tipo de contenido que estas generan o a la poca producción científica realizada por los otros países.

6. Trabajos Futuros

En el caso de Panamá, los resultados son bastante críticos ya que, comparado con los demás países de la región con revistas indexadas en las plataformas mencionadas en este artículo, su aporte científico-académico es casi nulo. Se han planteado iniciativas para tomar acciones para estandarizar y mejorar la visibilidad

de la producción científica. Por parte de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) se está haciendo un trabajo a través del proyecto UTP-RIDDA2 (Repositorio institucional de documentos digitales de acceso abierto), para visibilizar la producción científica de nuestras revistas, utilizando la plataforma OJS. Esta iniciativa ha permitido que, de las 850 publicaciones de nuestras revistas, el 100% esté indexada en Google Scholar, REDIB, BASE y ROAR, integrando estas revistas al catálogo de Latindex, además se ha iniciado un trabajo para indexar las revistas en el directorio del DOAJ, y crear políticas de acceso abierto.

Referencias

- [1] M. D. Rodríguez, R. G. Sáenz, H. M. Arroyo, and D. P. Herera, "Bibliometría : conceptos y utilidades para el estudio médico y la formación profesional Bibliometrics : concepts and utility to study and medical training," vol. 25, no. 2, pp. 319–330, 2009.
- [2] J. Texier and U. Nacional, "Los repositorios institucionales y su importancia en las Universidades Venezolanas," 2009.
- [3] A. Swan, "Directrices para Políticas de Desarrollo y Promoción del Acceso Abierto," p. 75, 2013.
- [4] S. Cordoba, "EL SISTEMA DE INFORMACION LATINDEX: EL CASO DE COSTA RICA," pp. 1–10.
- [5] M. Canese, "La revista científica como instrumento de difusión de la investigación en las universidades latinoamericanas."
- [6] L. Plata, "Revistas científicas argentinas de acceso abierto : un estudio métrico basado en DOAJ y Latindex," 2015.
- [7] E. Garfield, "The evolution of the science citation index search engine to the web of science, scientometric evaluation and historiography," *Present. en la Univ. Barcelona, Enero 24, 2007*, 2007.
- [8] Edita Solano López, La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada Website title: Scielo.sld.cu URL: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2009000400011
- [9] Conicytel. (2018, sin fecha). PoP: Publish or Perish de harzingcom. [Weblog]. Recuperado el 1 de febrero de 2018, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext
- [10] DOAJ. (2018, no-date). Directory of Open Access Journals. [Weblog]. Retrieved 1 February 2018, from <https://doaj.org/article/00d03bee868540f796a5c514025b9ca>
- [11] M. A. M. Hernández, "Indicadores bibliométricos : Características y limitaciones en el análisis de la actividad científica Justificación de la evaluación científica," vol. 47, pp. 235–244, 1997.
- [12] L. Fernando and M. Morante, "Visibilidad e impacto de las revistas peruanas de Ciencias Sociales en acceso abierto," vol. 65, no. 65, pp. 29–51.

Experiencia con Estudiantes: Creando Recursos Tecnológicos para Niños con Trastornos del habla

Experience with Students: Creating Technological Resources for Children with Speech Disorders

Erika Quintero¹, Romaña Taw², Juan Vargas³, Roberto Tsang⁴

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Dirección General de Innovación y Tecnología Educativa,

^{2,3,4}Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales

¹erika.quintero@utp.ac.pa, ²tollinr@gmail.com, ³juandanielvargas2013@gmail.com, ⁴robe0495@gmail.com

RESUMEN— Este trabajo presenta la idea de crear actividades a través de aplicaciones móviles que apoye un área poco explorada en Panamá como trastornos del habla. Se espera que los niños realicen actividades lúdicas que complementen sus sesiones de terapia tradicional con recursos tecnológicos como teléfonos móviles. El trabajo involucra la participación de estudiantes de manera que ellos tengan la oportunidad de desarrollar su conocimiento adquiridos en clase, así ellos puedan crear actividades lúdicas para ese grupo de niños. Los resultados presentan prototipos de baja fidelidad creados por los estudiantes, los que son la base para los siguientes desarrollo de las actividades en dispositivos móviles, así como su evaluación con especialista.

Palabras claves— Trastornos del habla, integración académica, prototipos de baja fidelidad, DCU.

ABSTRACT— This paper presents the idea of creating activities through mobile applications that support an unexplored area in Panama such as speech disorders. With this, children are expected to carry out activities that supplement their traditional sessions with technological resources such as mobile phones. The work involves the participation of students in a way that they had the opportunity to develop their acquired knowledge in classes, so that they can create playful activities to those children. The results present low fidelity prototypes created by students, which are the foundations for the subsequent development of activities on mobile devices as well as its evaluation with the specialist.

Keywords— Speech disorders, academic integration, low fidelity prototype, UCD.

1. Introducción

El uso de herramientas y aplicaciones tecnológicas se ha implementado en diferentes áreas. Así, la tecnología, como el uso de aplicaciones móviles ha tomado auge en los últimos años, de manera que se utiliza para diferentes propósitos. Debido a que los dispositivos móviles están al alcance de muchos, se ha enfocado en una variedad de áreas de estudio y aplicabilidad como: educación, salud, así como de discapacidad [1], [2], [3] [4] por mencionar algunas.

Igualmente, este tipo de tecnología es una oportunidad para utilizarlo como recurso de apoyo en el área de trastornos del habla como dislalia. En se mismo sentido, el uso de gamificación en las metodologías de formación gana terreno debido a su carácter lúdico, que facilita la interiorización de conocimientos de una forma más divertida, generando una experiencia positiva en el usuario, sin embargo, no se le ha dado un enfoque

específico como es ayudar a los niños con trastornos del habla [5].

1.1 Trastornos del habla

La comunicación es una cualidad innata con la que nacen los individuos. Este proceso de comunicarse desde muy temprano se concretiza con el habla, lo que los niños desarrollan desde edades muy tempranas. En [6] se menciona una comparación interesante entre Skinner y Chomsky. Skinner hace énfasis a la adquisición del lenguaje, donde indica que el aprendizaje del lenguaje en los niños se basa en el comportamiento verbal que perciben de los que le rodean. Por otro lado, Chomsky argumenta que el lenguaje es adquirido sin ninguna instrucción y que los niños no son enseñados a hablar. Lo que sí es un hecho, es que el desarrollo de lenguaje y habla en niños juega un papel importante para su desarrollo integral como seres humanos en la sociedad.

El desarrollo del habla varía en los niños. Este desarrollo se lleva a cabo progresivamente hasta que el niño adquiera los sonidos involucrados en el habla de acuerdo con su edad. Así, el desarrollo de habilidades del habla y lenguaje en los niños es variable de acuerdo con su edad y el sonido. Los niños siguen una progresión natural para alcanzar estas habilidades apropiadamente donde se deben considerar etapas de desarrollo lingüística y verbal [7]. Sin embargo. Si este proceso de desarrollo del habla no ocurre adecuadamente, indica que los niños presentan algún tipo de trastorno del habla que debe ser corregido.

Los niños en estas situaciones necesitan ser evaluados por especialistas, quienes determinan el tipo de trastorno que presentan para definir una estrategia adecuada en su tratamiento.

Niños con este tipo de trastorno del habla son apoyados por especialistas. Estos niños necesitan realizar ejercicios constantes que les permita mejorar su problema a través de terapias indicadas por los especialistas. En ocasiones, estos ejercicios no son específicos para el problema que presentan y el especialista debe hacer adecuaciones en los mismos. En ese sentido la tecnología es una alternativa para crear recursos que sean utilizados como opción para complementar estas terapias.

Los especialistas que realizan las sesiones de terapia en Panamá disponen de recursos limitados para los niños con este tipo de problemas, ya que los dificultades de pronunciación son de diferente tipos y varían en cada niño. Aunado a esto, el proceso de terapias en estos niños se ve afectado por otros factores que afectan el desarrollo regular de la terapia.

1.2 Gamificación

La Gamificación conlleva una serie de acciones basadas en juegos que se han implementado en diferentes ámbitos. Se ha encontrado aplicaciones basadas en gamificación para áreas como la educación, economía, mercadotecnia y en tecnologías de información y comunicación. Zichermann y Cunningham definen el concepto de gamificación como “un proceso relacionado con el pensamiento del jugador y las técnicas de juego para atraer a los usuarios y resolver problemas”, el uso de la gamificación influye en el comportamiento de las personas mientras realiza una actividad, se crean experiencias y sentimientos dando como resultado cambios de comportamientos en

estas personas. [8]. Desde el punto de vista su utilidad, se considera que puede tener efectos positivos para crear juegos para niños con trastornos del habla.

Al momento de realizar esta investigación, no se encontró ningún prototipo que utilice gamificación para dislalia en entorno panameño. De esta manera la gamificación ofrece ventajas como estrategia para motivar a los niños en actividades que estimulen a superar problemas del habla, lo cual tendría un impacto positivo para las terapias de niños panameños. Es por ello, que se tiene como objetivo brindar el apoyo en las terapias a niños con trastornos del habla tomando en cuenta las ventajas de la gamificación aplicado al uso de aplicaciones móviles dentro del contexto de dislalia en Panamá.

1.3 Antecedentes

Con el interés de aplicar el uso de tecnologías de información y comunicación se originan las primeras aproximaciones para apoyar niños con dislalia. Una de esas aproximaciones se enfocaba en la creación de actividades lúdicas para ser realizadas a través de un mundo virtual [9].

Algunos resultados previos indicaron que las actividades propuestas para realizar con los niños a través de la computadora tiene un impacto positivo para el proceso de reeducación de dislalia como parte de las terapias. De igual forma, se hicieron pruebas para determinar falencias durante la interacción de los niños con una de la actividad propuesta a utilizar en el mundo virtual, indicando aquellos elementos a mejorar en el diseño [10]. Con este último estudio se obtuvieron evidencias de que los niños aún con problemas en diseño, lograron la mayor parte de interacción para las actividad propuesta como complemento a la terapia. De esta manera se quiso tomar ventaja de éstos para mejorar la idea con un enfoque diferente.

El proyecto tuvo algunos inconvenientes durante su ejecución. Aspectos relacionados con la tecnología seleccionada, así como detalles interacción con los niños afectó el proceso de desarrollo e implementación para obtener los resultados esperado. Por consiguiente se decidió plantearlo con un enfoque diferente. Se inició con estudiantes quienes a partir de un curso recibido en clase, propusieron llevar otras ideas con el fin de participar y apoyar en el nuevo proyecto con lo aprendido previamente en clase.

2. Proyecto ANDI

El proyecto ANDI: Actividades para Niños con Dislalia, es un proyecto para apoyar las terapias de niños con trastorno del habla como dislalia en el entorno panameño. El objetivo de este proyecto es crear un conjunto de actividades lúdicas que permita complementar la terapia tradicional de niños que presentan dislalia. Al igual que los niños, especialistas que atienden los niños pueden beneficiarse de recursos que complementen las sesiones que se realizan con los niños.

En Panamá, los niños con trastorno del habla asisten a centros especializados para su atención. La mayoría de los niños, asisten porque son referidos desde las escuelas para su evaluación y consecuente tratamiento de acuerdo con el tipo de problemática que presenten. Otros, no llegan a recibir el tratamiento constante, lo que afecta en el avance de las sesiones para la corrección esperada.

El tratamiento de dislalia en estos centros e instituciones es variable. Los especialistas basan la metodología en tratamiento directo e indirecto. El primero, directo, se basa en ejercicios de pronunciación y el segundo se refiere a ejercicios con órganos que intervienen en el proceso del habla. Para efecto de las actividades a desarrollar como parte del proyecto ANDI, se tomará en cuenta aquellas que complementen las sesiones de terapia a través de ejercicios directos. De esta manera se busca motivar a los niños con ejercicios que estimulen su pronunciación y con ejercicios que para la diferenciación de sonidos que complementen su terapia tradicional. Así puedan realizarlo desde dispositivos móviles, particularmente teléfonos móviles para practicar en casa.

Un aspecto a considerar para el desarrollo de este proyecto es combinar la parte académica con la práctica. Las temáticas impartidas en el aula de clases son llevadas a la práctica por los estudiantes a través del proyecto. De esta manera, los estudiantes que participen de cursos que contemplen aspectos a implementar para el desarrollo del proyecto tienen la oportunidad aplicar los conocimientos y habilidades adquiridas durante el desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se ha establecido contacto con un centro de atención comunitario que ofrece el de fonoaudiología a niños con diferentes trastornos del habla. En el centro el especialista atiende niños con trastornos como dislalia, los cuales son la población objetivo meta del proyecto y con quienes se

espera realizar las pruebas necesarias de las propuestas a trabajar con los estudiantes. A través de visitas periódicas se ha obtenido información sobre la problemática, la misma por la cual se busca crear soluciones para los afectados, con ellos además el vínculo de los estudiantes para crearlas.

Durante el proceso de desarrollo del proyecto, se tiene además por objetivo estudios comparativos acerca de los beneficios que pueden tener sobre el uso de la técnica DCU como metodología de trabajo. Así mismo estudios, durante el proceso y al finalizar de manera que se pueda conocer lo que implicaría para los niños realizar actividades que complementen las terapias de dislalia apoyados en la tecnología móvil. La participación de los estudiantes en este proceso juega un rol importante al aplicar esta metodología. De esa manera tienen participación constante, lo que les permite hacer aportes en soluciones que le permiten aplicar conocimientos adquiridos en clase así como adquirir experiencia en el desarrollo del proyecto.

3. Metodología DCU

Como metodología de trabajo para el desarrollo del proyecto se eligió la metodología de Diseño Centrado en el Usuario (DCU). El diseño Centrado en el Usuario representa un conjunto de técnicas, procesos, métodos y procedimientos para el diseño de productos y sistemas usables. Así en este proceso de diseño se busca apoyar las actividades que los usuarios están trabajando actualmente, y no en forzarlos a cambiar lo que están haciendo [11]. En ese sentido, como su nombre lo indica, se caracteriza por involucrar a los usuarios en el proceso de análisis de requerimientos, diseño y desarrollo de principio a fin del proyecto.

El diseño centrado en el usuario es un proceso cíclico en donde se recibe datos de entrada en diferentes fases. Se obtiene retroalimentación de los usuarios en cada una de las fases de forma iterativa cuando así sea necesario. Lo que lo hace diferente de técnicas tradicionales, donde no se obtiene con tanta frecuencia retroalimentación de los usuarios. No existe una fórmula de éxito, pero sí un contacto directo y continuo con el usuario involucrado durante cada fase del proyecto.

Cabe señalar, que el Diseño Centrado en el Usuario es una metodología a través de la cual se obtiene experiencia de usuario desde etapas tempranas del proyecto. De esa manera, resulta de utilidad para hacer ajustes conforme se avanza en el proyecto sin tener que

esperar hasta la culminación del mismo. Todo este proceso resulta mucho más útil cuando se tiene facilidad de desarrollo del proyecto se puede afectar cuando el acceso a los usuarios para pruebas es limitado.

Para el caso del proyecto ANDI, los niños que asisten a terapias algunas veces lo hacen de forma irregular, lo cual es un aspecto a considerar al momento de realizar algún tipo de prueba. En ese sentido, la respuesta sobre avances podría afectar la velocidad de retroalimentación en el ciclo centrado en el usuario. No obstante, los avances en el mismo tienen valor significativo una vez que se obtenga información directa de niños y especialistas, en este caso sobre las soluciones propuestas a elaborar en el proyecto.

3.1 Aproximación de estudio: conectando estudiantes

La forma de trabajo se basa en crear una vinculación de los cursos que reciben los estudiantes con problemáticas de la sociedad en los cuales puedan aplicar el conocimiento adquirido en clase. Con esto se busca que los estudiantes puedan generar sus propias experiencias sin desvincularse de las clases cuando no tienen oportunidad de adquirir experiencias fuera de la universidad durante la vida universitaria. Son los estudiantes que en conjunta colaboración con el centro de atención han propuesto ideas a desarrollar en el proyecto.

Los estudiantes de cursos del área en ingeniería en sistemas computacionales han trabajado en conjunto tomando en cuenta las falencias del proyecto previo, así crear actividades basadas en las características y necesidades de los usuarios para la creación de una versión que se adapte a la situación actual con la tecnología disponible. Esta es una manera de retar a los estudiantes para que busquen soluciones a problemas presentados, ya que como bien menciona Eisenberg en [11] el aprendizaje es un proceso y en la medida en que los estudiantes dejen de ser recibidores pasivos de información y se involucren en la solución de problemas, se logran alcanzar objetivos importantes de aprendizaje.

Para efectos del proyecto, se planea utilizar el Diseño Centrado en el Usuario tomando en cuenta a especialistas del habla y niños con trastornos del habla de un centro de atención de una universidad local. En la medida que se obtengan avances, se procede a presentar y probar con los usuarios involucrados y el equipo

formado por estudiantes, lo cual es un proceso sería de apoyo como fuente de retroalimentación directa de quienes se beneficiarán del proyecto.

4. Caso de estudio

El proyecto inicia por la necesidad de continuar con la idea de apoyar a los niños con dislalia en su terapia. Tomando en cuenta resultados anteriores, los cuales indicaron aspectos que deben mejorarse, los niños que participaron en pruebas presentaron respuesta positiva a las actividades propuestas durante su interacción [10]. Por lo antes mencionado, se procedió a continuar con la idea haciendo ajustes a aquellas partes en los cuales se le puede tomar ventaja para crear aplicaciones que complementen la terapia de los niños y especialistas involucrados.

Como parte del desarrollo del proyecto, un grupo de estudiantes decidieron apoyar de forma voluntaria el desarrollo del mismo. Estos estudiantes formaban parte de un curso previo y se les mencionó el proyecto, por lo cual ellos decidieron posteriormente involucrarse y participar de forma activa. La motivación de los estudiantes se centraba en participar en un proyecto con fines reales para obtener experiencia, así aplicar los conocimientos adquiridos e ir más allá de lo aprendido en el aula. Además, parte de su interés conllevaba el hecho de apoyar en un proyecto en el cual se favorezca a niños con una problemática como la antes mencionada.

4.1 Primera experiencia con estudiantes

Dentro proceso iterativo del diseño Centrado en el Usuario, los estudiantes se involucraron desde etapas tempranas en el proyecto. Como parte de la búsqueda de requisitos, un grupo de estudiantes fue invitado a conocer los puntos de vista del usuario, que en este caso fue el fonoaudiólogo que atiende a niños con el trastorno de dislalia en el centro de UDELAS. Se realizaron visitas al centro especializado donde el fonoaudiólogo atiende estos niños notificándoles el interés de trabajar en conjunto. Este especialista, explicó el proceso de terapia que se lleva con estos niños así como esta problemática les afecta. De allí surgen las primeras ideas que se ajusten a implementar basadas en las necesidades del usuario. Una de ellas, fue llevar las actividades para que fueran desarrolladas a través de tecnología móvil ya que se encuentra disponible en la mayoría de los niños a través de sus padres.

Durante sesiones de trabajo con los estudiantes se discutía la forma de abordar la problemática. El grupo de estudiantes plantea propuestas de solución de manera que se decidió dividir la actividad original, llamada dado de fonemas en dos actividades. Se decidieron realizar actividades lúdicas para interactuar en dispositivos móviles que apoyara el proceso de terapias en niños con dislalia. Por simplicidad, considerando la retroalimentación del fonoaudiólogo con su experiencia con los niños, se llegó a la conclusión que las actividades más sencillas son más apropiadas para los niños. Así se originaron dos nuevas ideas con el mismo enfoque.

Como parte de la solución propuesta por los estudiantes, se concibió la creación de juegos basados en niveles y cada uno de ellos con un número determinado de ejercicios. El enfoque de los niveles está principalmente dirigido a realizar ejercicios con el objetivo de diferenciar e identificar los sonidos que causan dificultad a los niños al hablar.

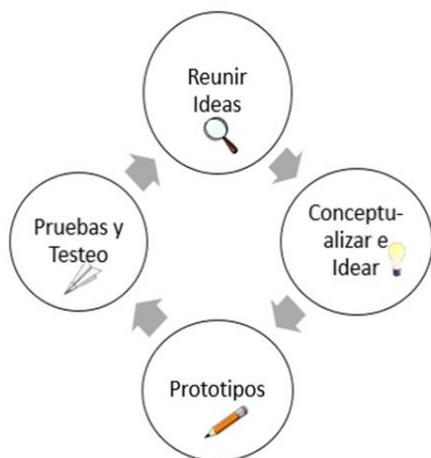


Figura 1. Flujo de trabajo utilizado en el desarrollo del Proyecto ANDI, desde la reunión de ideas, hasta la primera prueba preliminar realizada.

4.2 Procedimiento

Aplicar gamificación para ayudar a niños con dislalia es un reto. Esto debido a que se debe guiar al niño a interactuar de acuerdo con el diseño conceptual creado para alcanzar los objetivos del juego. De este modo, los estudiantes aplicaron su conocimiento y experiencia previa durante varias sesiones para crear las primeras propuestas de solución para la problemática planteada.

De manera que los estudiantes realizaron las primeras experiencias en varias etapas. Tomando en cuenta la estrategia de DUC, los estudiante en conjunto plantearon la estrategia cíclica mostrada en la figura 1.

Las etapas y algunos resultados se describen a continuación.

- Etapa 1: Reunir ideas. Se hicieron las primeras reuniones para entender la problemática y crear ideas que dirigidas a la solución que aqueja a los niños con trastornos del habla en Panamá. Para esto se realizaron entrevistas con el fonoaudiólogo, lluvias de ideas enfocadas en la necesidad de estos niños y de cómo apoyar con soluciones tecnológicas.

Resultado: Se obtuvo retroalimentación acerca de las terapias que se realizan, así como las estrategias a utilizar para crear los juegos.

- Etapa 2: Diseño conceptual. Se buscaba crear el diseño conceptual para las soluciones propuestas. Los estudiantes propusieron ideas o conceptos para crear producto basado en las necesidades para realizarlas tomando en cuenta la estrategia de gamificación. Se plantearon diversas estrategias para ver la forma de interactuar de los usuarios en el juego.

Resultado: ideas iniciales y plantearon los objetivos del juego en cada actividad propuesta y algunos criterios en los cuales se enfocaría el juego para el grupo de niños objetivo con el cual trabajar.

- Etapa 3: Prototipos. En esta etapa se modelaron los primeros prototipos de papel de acuerdo con el modelo conceptual, los cuales era de insumo para realizar las primeras pruebas con los usuarios.

Resultados: prototipos de baja fidelidad.

- Etapa 4: Pruebas. Una vez realizadas los prototipos de baja fidelidad, se procedió a realizar pruebas con especialista de UDELAS. Estas pruebas se realizaron con usuarios directos involucrados donde se seleccionó primeramente a terapeuta debido a que estaba en contacto directo con los niños y conocen de primera mano cómo interactuar con ellos. Estas pruebas se realizaban para conocer qué tan intuitivo eran las interfaces creadas de acuerdo con el modelo conceptual diseñado apoyado con los prototipos.

Resultados: información cualitativa estratégica para mejorar la actividad lúdica.

Es importante señalar que estas etapas son iterativas, es decir se realizan diferentes intervenciones y modificaciones hasta lograr los objetivos del usuario y los requerimientos del especialista.

4.2 Primeros prototipos

Como parte del ciclo del diseño centrado en el usuario se utilizan distintas técnicas para realizar pruebas constantes con el usuario, siendo una de estas técnicas el uso de prototipos de papel. Los prototipos de papel son una técnica usada conocer de primera mano diferentes respuestas en etapas tempranas del desarrollo de una aplicación [12]. En esta técnica se muestra a los usuarios un aspecto del funcionamiento del juego a través de diferentes interfaces del producto propuesto en papel, donde se solicita al usuario interactuar a través de estas interfaces para conocer los puntos de vistas del producto que se está desarrollando.

El uso de estos prototipos se realiza con el fin de saber si el flujo de pantallas planeado soporta las expectativas de los usuarios. Se puede simular páginas con papel y lápiz, con una versión de la página para cada estado. Así mismo se puede determinar las funciones y características que son intuitivas y las que no lo son para el usuario antes de plasmarlo en código de programación [12]. Estas primeras soluciones, los estudiantes plasmaron en prototipos de baja fidelidad.

Durante las primeras etapas del proyecto, como parte del análisis de requisitos se elaboraron prototipos de baja fidelidad utilizando papel como principal elemento de apoyo. Estos prototipos se realizaron con el fin de conceptualizar la idea acerca de las actividades propuestas a realizar por los niños.

Estos prototipos en papel permiten hacer pruebas simples sobre la manera de cómo el usuario interactúa con la idea presentada, de tal manera que permite verificar cuáles elementos se deben incorporar y cuáles no son apropiados para los niños al momento de interactuar con la aplicación. Cada grupo de estudiantes realizó los primeros prototipos basado en el modelo conceptual de cada actividad propuesta. Se buscaba representar en el prototipo cada uno de los pasos que haría los niños al momento de interactuar con la aplicación propuesta.

En la figura 2 se presenta algunas interfaces de los prototipos propuestos. Estos prototipos se realizaron para presentar a los usuarios involucrados la idea conceptual de las propuestas realizada por los estudiantes. Uno de estos usuarios es el fonoaudiólogo quien tiene un rol importante en el proceso de las terapia

de los niños, de manera que evaluara la propuesta presentada por los estudiantes.

Como se menciona en [12], prototipos en papel son de gran valor en evaluación debido a la información que puede ser obtenida de forma rápida y barata. Además de que son de utilidad para indagar acerca de que tan intuitivo son las funciones y características en una propuesta, y de cómo identificar aquellos aspectos que podrían hacer falta en una propuesta específica. De esta manera, se obtiene detalle de lo que es necesario conocer antes de iniciar la etapa de desarrollo.

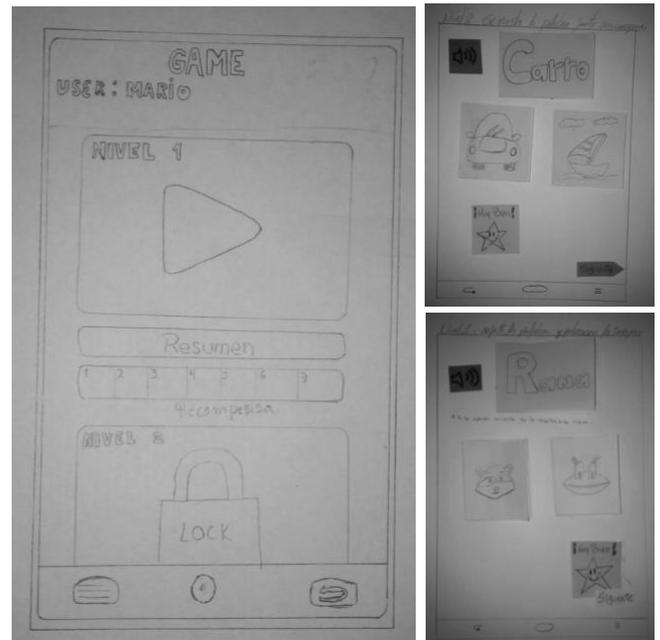


Figura 2. Pantallas de prototipo. La imagen de la izquierda muestra la pantalla del juego. Las imágenes de la derecha muestra uno de los ejercicios con el fonema /r/ para los niveles 1 y 2.

5. Primeros resultados

Los primeros resultados se centran en representación de propuesta de solución en baja fidelidad conocidas como prototipos en papel. La mayor parte de la información obtenida en estos primeros resultados se obtuvieron a través de observación y de un cuestionario realizado al final de la prueba al especialista. Se creó un cuestionario para conocer la opinión del fonoaudiólogo a través y del juego. La información obtenida junto con las preguntas realizadas se presenta en tabla 1.

La prueba se inició describiendo el funcionamiento de las pantallas de los prototipos paso a paso con las pantallas en papel haciendo sus elecciones al

fonoaudiólogo, quien interactúa haciendo sus elecciones. Como parte de las pruebas se crearon una serie de tareas para ver el manejo de los prototipos propuestos. Las tareas fueron realizadas por el fonoaudiólogo en este caso, mientras se observaba su interacción con las pantallas.

Tabla 1. Cuestionario y resumen de información obtenida.

Preguntas	Información obtenida	Recomendación
¿Qué pantalla les fue fácil de entender?	Las pantallas eran fáciles de entender para el desarrollo de la actividad	Se recomendaron detalles específicos sobre las pantallas de los niveles, por ejemplo. Cambiar el orden de los sonidos con los que va a interactuar el niño.
¿Qué tan intuitivo le pareció los elementos presentes?	Con los elementos presentes en las pantallas, me fue fácil entender el funcionamiento del juego a primera vista	Mostrar algún elemento que indique una retroalimentación para una acción realizada. Ya que algunas partes no se mostraba claro el resultado de lo que sucedía.
¿Cuáles fueron los problemas de interacción?	Había confusión al elegir la respuesta ya que hay palabras que no tenían significado.	Crear o mostrar palabras que tengan significado para los niños para evitar confusión cuando el niño vaya a interactuar.
¿Qué le pareció la actividad?	Es un material de apoyo ya que entre más practica el niño a través el niño se sienta más motivado.	Hacer las mejoras específicas de las actividades del juego.
¿Qué le parece el prototipo para el desarrollo de terapias de los niños?	Bien, ya que todo lo que sea en base a juego es bueno para la terapia del niño.	Que los juegos sean fáciles para los niños.

Tomando en cuenta herramientas para obtener datos, se dan dos tipos de colección de datos: ejecución de datos la cual se obtiene observando el comportamiento del usuario y datos de preferencia que se obtiene datos referentes a opiniones de participante. Se decidió para la obtención de estos primeros resultados, se utilizó la obtención de datos de preferencia [12].

Estos resultados muestran recomendaciones por parte del fonoaudiólogo. Estas recomendaciones incluyen realizar modificaciones a algunas partes del prototipo para la idea propuesta. Al mismo tiempo, el fonoaudiólogo indicó un alto nivel de aceptación y acierto en la comprensión de las pantallas propuestas que deben ser cubiertas por el juego.

Estos prototipos se estarán ajustando en base a las recomendaciones. Para luego realizar nuevas pruebas esta vez con los niños y así obtener información encaminada a desarrollar un producto más funcional.

En la tabla 2 se resume la información obtenida por el fonoaudiólogo durante la evaluación. Se mencionan las sugerencias más relevantes a considerar para las mejoras en las des actividades propuestas a desarrollar.

Tabla 2. Resumen de evaluación con el fonoaudiólogo.

No.	Tipo de Sugerencia	Propuesta1	Propuesta2
1.	Graduar dificultad	x	x
2.	Personalizar opciones de fonemas		x
3.	Controlar niveles	x	x
4.	Utilizar sonidos con significado	x	
5	Generar sonidos e imágenes aleatorio	x	
6.	Utilizar elementos necesarios de interacción	x	x

Estas pruebas indican la posibilidad de crear tecnología para beneficio de otros. De tal manera que se beneficie del juego y así no sea utiliza únicamente como medio de entretenimiento, sino también para practicar y tratar un problema particular como trastorno del habla. En el caso del fonoaudiólogo se ve beneficiado por la herramienta de apoyo hacia su paciente como una forma de obtener retroalimentación y complementar las terapias de los niños que atienden

6. Consideraciones finales

En este trabajo se presentó la experiencia del apoyo de estudiantes en escenarios pocos explorados como trastornos del habla. Los estudiantes estuvieron aplicando conocimientos previos en clase y generando propuestas que apoyen en la problemática de dislalia. De igual forma se presentó la estrategia de gamificación a través del proceso como alternativa propuesta por los estudiantes para abordar las soluciones a la problemática.

Para el desarrollo de las actividades del proyecto ANDI se ha seleccionado la metodología DCU. Se han planteado las primeras soluciones en prototipos de baja fidelidad para el desarrollo de escenarios en los cuales puede interactuar niños. Dichas propuestas fueron desarrolladas por los estudiantes, que al evaluarse en conjunto con el fonoaudiólogo se obtuvo información que indica aspectos a mejorar en las actividades propuestas del proyecto. A medida que se avance en el proyecto se obtendrán nuevos prototipos que resalten el modelo conceptual para las soluciones presentadas, los cuales se le darán vida para ser implementados a futuro a través de un entorno móvil. Los estudiantes se mantuvieron creando aportes significativos una vez tomaron el reto y se comprometieron con un proyecto real. Esto debido a las conexiones con el mundo que les rodea para trabajar utilizando conocimiento previamente adquirido en clase. Adicionalmente, la estrategia de gamificación fue realizada tomando en cuenta la metodología de DCU.

De esta manera se logró interactuar con el usuario, siendo en primera instancia el terapeuta a través de prototipo de baja fidelidad para las primeras pruebas. Con ello se puede decir que no se necesitó tener un producto finalizado para realizar pruebas que indiquen aspectos de interacción que verificación las necesidades de usuarios.

7. Trabajo futuro

Debido a que es un proceso continuo, como trabajo futuro se contempla mejorar los prototipos para realizar pruebas puntuales con los niños tomando en cuenta estos resultados. De manera que los niños realicen tareas específicas y obtener información que lleve el proceso hacia un desarrollo para obtener un producto concreto para los usuarios especificados.

Agradecimiento

Se agradece a la clínica comunicativa de la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS)-sección de San Miguelito. Así mismo al fonoaudiólogo del centro y a los colaboradores del mismo por apoyarnos en esta primera parte. También se reconoce el apoyo de la Universidad Tecnológica de Panamá así como el trabajo de parte de estudiantes de grupo de proyecto con los que se ha trabajado en esta fase.

Referencias

- [1] E. Valderrama Bahamóndez, T. Kubitz, N. Henze, A. Schmidt, "Analysis of Children's Handwriting on Touchscreen Phones," in *Proc. MOBILE HCI, 2013*, p. 171-174.
- [2] B. Fetaji, M. Ebibi, M. Fetaji. "Assessing Effectiveness in Mobile Learning by Devising MLUAT (Mobile Learning Usability Attribute Testing) Methodology," *International Journal of Computers and Communicatio*s, 13, V5, 2011, p. 178-186
- [3] H. Kim, A. K. Ch. Dasguta, M. M. Novitzky and E. Yi-Luen Do, "Grocery Hunter: A Fun Mobile Game for Children to Combat Obesity," in *Proc TEI'11, 2011, paper 317-320*
- [4] T. Lan, S. Aryal, B. Ahmed, K. Ballard, R. Gutiérrez-Osuna, "Flappy Voice: An Interactive Game for Childhood Apraxia of Speech," in *Proc CHIPLAY'14, paper 429-430*
- [5] National Institute on Deafness and Other Communication Disorders (NIDCD) [Online]. Disponible: <https://www.nidcd.nih.gov/health/speech-and-language>
- [6] S. López Ornay and P. Gallo, "Acquisition, Learning, or Development of Language? Skinners Verbal Behavior," *The Spanish Journal of Psychology*, vol. 7, pp. 161-170, Nov. 2004
- [7] E. Fernández García, "Intervención logopédica en niños con dislalia a través de la música." 2014, [Online]. Disponible: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3794/1/TEC F13.pdf>
- [8] C. Díaz, J. Troyano, Y. Rodríguez, "El potencial de la gamificación aplicado al ámbito educativo". [Online] Disponible: https://fcee.us.es/sites/default/files/docencia/EL%20POTENCIAL%20DE%20LA%20GAMIFICACION%20C3%93N%20APLICADO%20AL%20C3%81MBITO%20EDUCATIVO_0.pdf
- [9] E. Quintero Rivas, E. S. Molina, "A proposal for a virtual world that supports therapy of dyslalia," in *Proc EATIS'12, paper 371-374*
- [10] E. Quintero-Rivas, D. Murillo, E. Del C. Valderrama Bahamóndez and E. S. Molina – Poveda, Assessing usability in dof: an activity for children with speech disorders, in *Proc. e-Society IADIS 2017*
- [11] L. Guay, "Transformation of Teaching Methods by Information and Communication Technologies (ICT)," *Journal of the Association for History and Computing*, vol. 10, no. 1, February 2007. Accedido desde: <http://hdl.handle.net/2027/spo.3310410.0010.102>
- [12] J. Rubin and D Chisnell. Handbook of Usability Testing: How to plan design, and conduct effective tests. 2008. 2dn edition, Wiley Publishing.

Ecosistema tecnológico para mejorar la visibilidad de las publicaciones científicas y académicas de acceso abierto en la Universidad Tecnológica de Panamá

Technological ecosystem to improve the visibility of open access scientific and academic publications at the Universidad Tecnológica de Panamá

Danny Murillo^{1*}, Dalys Saavedra², Huriviades Calderón³

^{1,2,3}UTP-Ridda2, Universidad Tecnológica de Panamá

¹danny.murillo@utp.ac.pa, ²dalys.saavedra@utp.ac.pa, ³huriviades.calderon@utp.ac.pa

RESUMEN– Este trabajo muestra los resultados de la implementación del proyecto UTP-Ridda2 de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). El objetivo del proyecto es mejorar la visibilidad de las publicaciones, el alcance de las publicaciones y la estandarización del material publicado mediante el uso de metada a través del estándar Dublin Core, así como un conjunto de componentes vinculados al proyecto. Se Implementaron varias plataformas tecnológicas compatibles para lograr interoperabilidad utilizando el protocolo de comunicación OAI-PMH, nuestros documentos fueron habilitados para ser accedidos por otras bases de datos como BASE, ROAR, OpenAire y otros que permiten extraer indicadores bibliométricos de publicaciones, citas e indexaciones de autores a través de proceso de minería de datos.

Palabras claves– Ecosistema, indexadores, repositorio, UTP-Ridda2, metadatos

ABSTRACT– This paper shows the results of the implementation of the project UTP-Ridda2 of the Technological University of Panama (UTP). The goal of the project is to improve the visibility of the publications, scope of journals and standardization of published material by using metadata through the Dublin Core standard as well as a set of components linked to the project. Implementing several compatible technological platforms in order to achieve interoperability using the OAI-PMH communication protocol, our documents were enabled to be accessed by other databases such as BASE, ROAR, OpenAire and others which permit to extract bibliometric indicators of publications, citations, and author indexations through data mining process.

Keywords– Ecosystem, indexers, repository, UTP-Ridda2, metadata

1. Introducción

La Declaración Final de la Conferencia Regional de Educación Superior en América Latina y El Caribe, celebrada del 4 al 6 de junio de 2008, destaca que existen diferencias, desigualdades y contradicciones que impiden el crecimiento de América Latina y el Caribe, si estas no son atendidas ahora se corre el riesgo de rupturas y desbalances en la educación. De ahí que se hace necesaria la construcción de una sociedad más próspera, justa y solidaria y con un modelo de desarrollo humano integral sustentable, esta, debe ser asumida por todas las naciones del Mundo [1].

En ese ámbito, componentes como las tecnologías de

información y comunicación, la ciencia y divulgación de resultados de investigación permiten que la Educación Superior juegue un papel importante en la sociedad para evitar distanciamientos en el intercambio y acceso al conocimiento.

Entre las diversas estrategias de comunicación de resultados de investigación, destacan las publicaciones en revistas especializadas [2]. Según datos de la plataforma Ulrich's, fuente que integra más de 300.000 revistas a nivel mundial con: publicaciones académicas y de investigación, revistas electrónicas, títulos revisados por pares, revistas de gran popularidad, periódicos, boletines informativos [3], entre el 2015 y

2016 se contabilizaba en esta plataforma 119,253 títulos de revistas de las cuales el 56% eran revisadas por pares [4], el 41.3% del total de revistas científicas pertenecían a EE.UU., Reino Unido, Países Bajos y Alemania, el 20.4% a los llamados BRISC, Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica, el 6.8% a América Latina y llega a 9.1% si se consideraba Iberoamérica, de este grupo de revistas el 50% de las revistas revisadas pertenecían a Web of Science (WoS) y la base de datos de citas bibliográficas (SCOPUS) [5].

Un estudio llevado a cabo en el 2014 por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (REDALYC), Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO) y PKP (Public Knowledge Project) sobre indicadores de acceso abierto en América Latina, indican que las investigaciones en estos países no llegan a divulgarse en ámbitos internacionales debido a la poca visibilidad de las revistas Latinoamericanas en plataformas de integración de revista, adicional a que los indicadores académicos más usados para evaluar la producción e impacto de las investigaciones en las regiones en desarrollo son proporcionados por los llamados índices “internacionales”, principalmente WoS, y SCOPUS [6], indicadores que consideran revistas de alto impacto, con un número de citaciones anuales, citaciones que deben ser de revistas que ya están indexadas en SCOPUS, así que no son tomadas en cuentas citaciones provenientes de revistas regionales.

En un análisis realizado a 33,456 revistas indexadas en SCOPUS entre los años 2014 y 2015, solo el 3.2% pertenecía a Latinoamérica, siendo el 33.5% de esta revista Open Access (OA), las revistas del resto del mundo que representaban 32,396, solo el 7.4% eran revistas (OA) [7].

La visibilidad de los contenidos científicos y académicos se enfoca principalmente en las rutas de publicación científica, ruta roja, donde se debe pagar por publicar y las rutas Open Access, ruta dorada, portales de revistas de OA y la ruta verde, repositorios

institucionales.

En el año 2014, la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) en vías de promover sus publicaciones en acceso abierto y mejorar la visibilidad de la producción científica y académicas [8] trabajo en plataformas locales como, producción científica, perfiles de docentes e investigadores, sin embargo, después de un año de evaluación (2014-2015), los resultados entorno a el número de páginas en Google se incrementó de 48,00 páginas a 52,000, pero no se mejoró el alcance de la producción científica, indicador que es medido por los números de documentos indexados en Google Scholar (GS) [9].

En este trabajo queremos mostrar los resultados logrados en 2 años, integrando varias plataformas tecnologías de acceso abierto y de desarrollo propio, creando un Ecosistema Tecnológico. El objetivo del proyecto fue aumentar el alcance y la visibilidad de las publicaciones científicas y académicas en bases de datos internacionales como también medir indicadores relacionados con la producción científica de docentes e investigadores de nuestra universidad.

2. Marco Teórico

Algunos conceptos relacionados con el trabajo se describen a continuación.

2.1 Ecosistema Tecnológico:

Es un grupo de plataformas o componentes enmarcados en el área de tecnologías que están interrelacionados, cada componente es indispensable para los resultados del otro y estos se integran para mejorar la gestión del conocimiento y de la innovación en abierto de información.

2.2 Acceso abierto (OA):

Es un movimiento que desea que cualquier persona tenga acceso inmediato, sin requerimientos de registro, suscripción o pago a material digital educativo, académico, científico o de cualquier otro tipo, principalmente artículos de investigación [10]. El OA promueve dos rutas de publicación: la ruta dorada, el autor no paga por publicar y la ruta verde, donde los trabajos presentados en otras revistas se integran en un repositorio [11].

2.3 Repositorio Institucional

Es una plataforma Online que contiene la producción científica de una institución, almacenada en un formato digital, en el que se permite la búsqueda y la recuperación para su posterior uso nacional o internacional. Un repositorio contiene mecanismos para importar, identificar, almacenar, preservar, recuperar y exportar un conjunto de objetos digitales [12].

2.4 Plataforma Dspace

Software de código abierto diseñado por el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y los laboratorios de HP para gestionar repositorios de archivos digitales, facilitando su depósito. Es uno de los programas más utilizados por las instituciones académicas, existen 3494 repositorios a nivel mundial, 44.1% utiliza Dspace, en Centroamérica 18 de 19 plataformas utilizan Dspace[13].

2.5 Plataforma Open Journal System (OJS)

Es un sistema de gestión y publicación de revistas científicas y académicas seriada. Los artículos se estructuran utilizando metadata para su catalogación y utiliza el protocolo OAI-PMH para la Interoperabilidad con otras plataformas [14]. Según datos de Public Knowledge Project (PKP), creadores del OJS, existen cerca de 10,119 revistas con OJS en el mundo en Latinoamérica hay 191 revistas [15].

2.6 Metadatos

Los metadatos son datos sobre datos y están asociados a un documento digital del que recogen información fundamentalmente descriptiva (autor, título, palabras claves, etc.). También pueden incluir información de administración y preservación. La estructura de metadatos está basada en el estándar Dublin Core simple (DC 14 datos).

2.7 Interoperabilidad

La interoperabilidad se refiere a la facilidad de las herramientas informáticas para compartir, recuperar y hacer uso de los metadatos. Para poder interpelar es necesario que estas plataformas tengan habilitado el protocolo OAI- PMH (Protocolo OAI para la

Recolección de Metadatos) es una herramienta independiente de la aplicación, que permite realizar el intercambio de información para que desde puntos centralizados (proveedores de servicio) [17].

2.8 Lenguaje R

R, es una plataforma y también un lenguaje para el cálculo estadístico y la generación de gráficos, desarrollado en los Laboratorios Bell por John Chambers. Para los usuarios avanzados se ofrece un lenguaje de programación completo para hacer extracción de datos, minería de datos y análisis de datos.

3. Estructura del ecosistema tecnológico

La estructura del ecosistema tecnológico cuenta con 2 plataformas open source y una propietaria, como un algoritmo desarrollado para extraer datos de las web.

- **Portal de Revistas Digitales de la UTP**, plataforma para estructurar, catalogar y visibilizar las revistas de la UTP, separadas por volumen y cada publicación asociada con metadata en formato Dublin Core.
- **Repositorio Institucional de la UTP**, plataforma que contiene colecciones de ámbito de Investigación; artículos publicados en Congreso y revistas Internacionales. Académico, colección de trabajos de docentes, folletos, presentaciones. Administrativo, estadísticas, informes, memorias. Colección de Tesis y colección de Revistas.
- **Algoritmo de Extracción de datos de Google Scholar**, componente creado en el lenguaje R para extraer los datos de perfiles y publicaciones de investigadores, estos datos se generan en formato de tabla y se integran a la plataforma SicUTP con datos proveniente de recursos humanos y personales.

- **Plataforma de Investigadores UTP**, plataforma creada para visibilizar el perfil del investigador en la red, donde pueda colocar sus proyectos, como generar un curriculum online, esta plataforma está vinculada con las publicaciones que se indexan en Google Scholar, para que se puedan mostrar en cada perfil sus publicaciones y el H-index.



Figura 1. Estructura del Ecosistema Tecnológico.

4. Metodología

Se realizó una evaluación de la forma en que las publicaciones científicas se divulgaban, principalmente, revistas institucionales y congresos internacionales. Si las publicaciones eran de revistas se creaba un volumen completo de la revista y se mostraba en la página web en formato PDF, si la publicación era de un congreso internacional se publicaba en la plataforma de Producción Científica. Este documento era de solo una página del artículo (título, autor, resumen, palabras claves) tanto en inglés como en español. Las publicaciones académicas (manuales, folletos, tutoriales, presentaciones) se visibilizan en la plataforma de Perfiles académicos de la UTP.

Los documentos que se subían al sitio web de la UTP (WebUTP), Producción Científica (PC) y Perfil docente (PD), se subía en diferentes formatos no se añadía algún dato adicional ni tampoco existían lineamientos de un formato específico.

Se evaluó el alcance de las revistas en directorios e indexador internacionales de las 8 revistas encontradas, 3 revistas eran de corte científico, 3 revistas académicas, una cultural y un estilo boletín mensual. Las revistas de

corte científico se encontraban en el directorio de Latindex, las revistas I+D Tecnológico y Prisma Tecnológico se encontraban en el catálogo de Latindex y ninguna revista estaba indexada en Google Scholar.

En las pruebas realizadas para extraer datos de Google Scholar de las páginas web utilizando el comando site:paginaweb, solo se mostraron entre el 2014-2015, 156 documentos de la UTP indexados.

Utilizando el mismo comando en Google solo se mostraron 100 páginas relacionadas con revistas y publicaciones, adicional no fue posible tener un valor individual de las visitas de las publicaciones.

5. Resultados

5.1. Mejora en proceso de estructuración y visibilidad de la producción científica

Para mejorar la forma de estructurar las revistas, se implementó la Plataforma OJS la cual permitió estructurar las revistas por volumen y publicaciones independientes, además el sistema permite la gestión editorial, integrando los componentes, de metadata, interoperabilidad, búsqueda, citas, estadísticas. Las publicaciones están separadas lo que permite crear varias versiones de la misma publicación como .PDF, HTML. En la fig.2 se muestra la interface de la Plataforma la cual fue personalizada creando también la versión móvil y tablet.



Figura 2. Interface del Portal de Revistas UTP

Para integrar tantos los documentos de la revista como otros documentos científicos y académicos se implementó un repositorio institucional (RI) utilizando la plataforma DSpace. En la fig. 3 se muestra la interface y la estructura de Comunidades y Colecciones creados para integrar los documentos de publicación de revista externas, Congresos y material académico. Cada documento fue estructurado en metadata bajo la norma Dublin Core en esta plataforma contiene 54 parámetros.



Figura.3 Interface de Repositorio Institucional

La plataforma es Interoperable con otras plataformas, por lo que todas las publicaciones de las Revistas también están en el RI, esto debido a para integrarse a otras Plataformas como BASE, OpenAire, OpenDoar es necesario hacerlo a través del repositorio [18].

5.2 Uso de metadata en documentos

El uso de metadata en los documentos permite que estos sean integrados en diferentes plataformas utilizando los 14 parámetros de la norma DublinCore. En la tabla 1 se realiza una comparación de los volúmenes de revistas trabajados y separados por publicación, lo cuales pasaron de tener 0 documentos con metadatos hasta el 2015, a 890 documentos del 2016-2017, esta misma cantidad en formato PDF y creación de una página html con los datos de título, abstract, autor, palabras claves.

Tabla 1. Comparación de documentos con metadatos en los periodos 2010-2015 vs 2016 -2017

	2010-2015	2016-2017
Número de Revistas	6	7
Volúmenes en formato PDF	40	78
Artículos en formato PDF	0	890

Página web de Abstract de los artículos	0	890
Artículos con metadata	0	890
Artículos en formato HTML	0	300
Artículos de Congresos Nacionales	6	60
Estadísticas por revista	NO	SI
Estadísticas por volumen	NO	SI

5.3 Estadísticas de visitas

Se integró a cada plataforma el Google Analytics para poder medir el número de visitas por volumen, publicaciones y de forma global. En la tabla 2 se muestra que desde el 2010 al 2015 el promedio de visitas anuales fue de 3,500, con un número de 42 visitas diarias y 12,100 páginas vistas, provenientes de 20 países. Con la implementación el número de visitas entre 2016 y 2017 es de 65,000 al año y 312 visitas por día, teniendo 194,000 visitas al año proveniente de 100 países distintos como México (17.8% de las visitas), Colombia (13.2%), Perú (8.4%), Ecuador (6.3%), Chile (5.7), España (4.1%), Argentina (3.56%), otros.

Tabla 2. Comparación de visitas a plataformas de publicaciones 2010-2015 vs 2016 -2017

	2010-2015	2016-2017
Visitas Anuales	3,500	65,000
Páginas vistas al año	12,100	194,000
Visitas por día	42	312
Países que visitan	20	100
Fuentes de visita		
Enlace directo	42%	16%
Redes sociales	0	2.5%
Desde Google	55%	29%
Google Scholar (50 países nos buscan)	0	47.5%
Otras fuentes (dialnet, latindex, reugra, miar, orcid, scielo, yahoo)	2%	5%

5.4. Documentos indexados en GS

El uso de las Plataformas OJS y Dspace fue necesario para el proceso de indexación, pero también debió indicarle a GS del proceso de escaneo de las publicaciones utilizando el enlace, <https://partnerdash.google.com/partnerdash/d/scholarinclusions#p:id=new>. La fig. 4 que después de 24 meses, la Plataforma de Producción Científica no había indexado ningún documento, en el sitio web solo se habían indexados 156. Utilizando el Portal de Revistas, después de 16 meses se lograron indexar todos los 1,540 documentos, algunos de ellos con referencias a las dos

versiones de la publicación que habíamos generado, PDF y html. Una vez indexadas las plataformas, GS realiza un proceso de actualización cada 5-7 días según el número de documentos incluido en la plataforma.

En el caso del Repositorio Institucional, se han logrado indexar 687 documentos en GS, documento de publicaciones de Congreso y Revistas Internacionales, son indexaciones desde el 1 de agosto de 2017. Por otro lado se promovió el uso de GS para medir el número de citas, pasando de tener 30 perfiles a 75, con publicaciones proveniente de las diferentes plataformas implementadas.

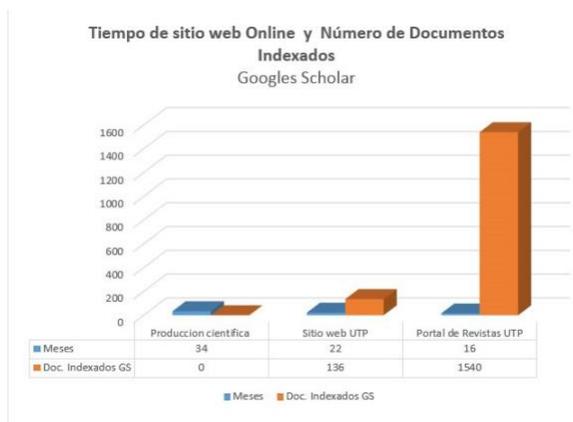


Figura 4. Comparación de indexación en GS, del Portal de Revistas y otras plataformas implementadas

5.5 Páginas indexadas en Google

El número de páginas y documentos indexados en Google del Portal de Revista a partir del 1 de agosto de 2016, fue de 18,000, donde anteriormente solo había un promedio de 100 páginas. El incremento se debe a que por cada documento que se sube al Portal de Revistas se genera, una página html del abstract, viso de html, versión html completa, página de citas, página de autor, página de metadata, páginas de gestor de referencias. En el caso del Repositorio Institucional hay 1,150 páginas indexadas a partir de agosto de 2017.

5.6. Revistas UTP en Indexadores

Uno de los resultados de mayor relevancia fue mejorar el alcance de las revistas, principalmente las de corte científico, las cuales eran 2. En la fig. 7 se muestra el listado de indexadores antes del proyecto y después.

Logrando la indexación en Google Scholar, BASE, REDIB, SIISDA-CSUCA, Microsoft Academic y en los directorios, OAIJ, ROAD, DRJI, OAI. Para evaluar a que bases de dato integrarnos se utilizó la evaluación de la plataforma MIAR, que es una matriz de evaluación de directorios, indexadores y cosechadores de revistas, la cual contiene un listado de aproximadamente 100 evaluadores.



Figura.5 Comparación de Revistas UTP en indexadores de 2002-2015 vs 2016-2017

5.7. Indexaciones del Repositorio UTP

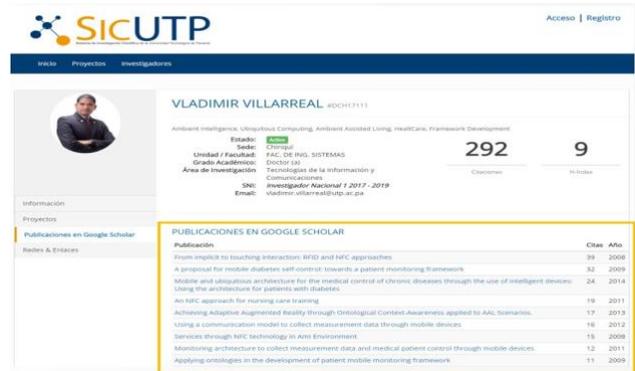


Figura. 6 Interface de SicUTP con datos extraídos de GS, proveniente de publicaciones indexadas

La Red Federada de Repositorios Institucionales de Documentación Científica, propone una estrategia orientada a lograr acuerdos y establecer políticas a nivel regional respecto al almacenamiento e integración de repositorios nacionales como internacionales [19], una de estas iniciativas es la llevada por el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), quién en septiembre de 2017 implementa el Repositorio Centroamericano. En ese mismo periodo el RI de la UTP

se integra a esta iniciativa además de integrarse a Google Scholar, Microsoft Academic, Plataforma BASE, administrada por la Biblioteca de la Universidad de Bielefeld, Plataforma ROAR (Registry of Open Access Repositories) y recientemente vinculado a la Plataforma OpenAire, plataforma que evalúa los estándares de los repositorios, logrando la aceptación con un valor de 81/100.

5.8. Plataforma de Investigadores y Algoritmo para minería de datos

Uno de los componentes del proyecto estuvo relacionado en medir el impacto de las publicaciones indexadas en Google Scholar, es por ello que desarrollamos un algoritmo en el lenguaje R para scrapear los perfiles y publicaciones de una Universidad en GS para poder analizar los datos y generar visualizaciones [17]. En la fig.8 se muestra los datos extraídos de GS con este algoritmo integrados a la plataforma de investigadores SicUTP, estas publicaciones son indexaciones del Portal de revistas y el repositorio UTP.

Los datos extraídos de Google Scholar son de publicaciones indexadas proveniente del Portal de Revistas UTP, el RI, congreso y revistas Internacionales, estos datos han sido integrados al perfil de cada investigador de la plataforma SicUTP incluyendo su hindex y el número de publicaciones, además cada publicación contiene los detalles de citas y enlaces también a Google Scholar [17].

La integración con los datos de GS y la plataforma nos permite la generación de estadísticas e informes que nos permite evaluar la producción científica de los investigadores pro facultad, sede regional, y por título, maestría, doctorado, etc.

6. Conclusiones

Los resultados mostrados de las diferentes plataformas muestran que es posible mejorar la visibilidad y alcance de los documentos científicos y académicos de una universidad. Las plataformas implementadas han sido el complemento para lograr la vinculación en base de datos internacionales y por ende lograr una mayor número de documentos indexados con

el objetivo de dar a conocer estos trabajos en otras bases de datos, catálogos e indexadores de revistas regionales.

El componente de medición es uno de los logros del proyecto de mucho interés para la comunidad que realiza estudios con indicadores científicos debido a que permite comparar los avances a través del tiempo de los del impacto que genera las publicaciones de las revistas institucionales como de las publicaciones de investigadores en otras revistas.

Uno de los elementos claves de los resultados logrado se ha debido a tres factores, la constante divulgación de los avances del proyecto tanto a las autoridades Universitarias como a los investigadores, la visibilidad de las publicaciones indexadas en los perfiles de GS de los investigadores, proceso que hacían de forma manual y por último la visión integral de visibilidad de la investigación.

Dentro de las limitaciones podemos mencionar que la integración entre los datos recolectados de Google Scholar y la plataforma SicUTP, no ha sido posible en su totalidad debido a que no todos los investigadores tienen perfiles en ambas plataformas.

7. Proyectos Futuros

Se está impulsando la creación de la Red Nacional de Repositorios Institucionales de las Universidades en Panamá y crear un nodo Nacional que pueda cosechar todas los RI y vincularse a otras plataformas como La Referencia.

Se está trabajando la creación de políticas de acceso abierto a nivel institucional, como políticas del uso de licencias Creative Commons, para el permiso de documentos, trabajos y tesis.

REFERENCIAS

- [1] L. A. Sarmiento Moreno, "La Universidad Abierta y a Distancia : perspectivas y desafíos," *EccoS Rev. Científica*, p. 25, 2013.
- [2] T. M.-V. Rosario Rogel-Salazar, Eduardo Aguado-López, Néstor Martínez-Domínguez, Ivonne Lujano-Vilchis, "Revistas académicas de arte en bases de datos bibliográficas: disponibilidad en acceso abierto y en bibliotecas de tres instituciones mexicanas," *El ornitorrinco tachado*, p. 26, 2012.
- [3] U. P. de Olavide, "Manual de usuario de UlrichsWeb," pp. 1–7, 2012.

- [4] S. Penkova and Carlos Suárez Balseiro, "PANORAMA ACTUAL DE LA REVISTA Objetivos de la presentación," p. 60, 2016.
- [5] Ernest Abadal, *Revistas Científicas, situación actual y retos del futuro*. 2015.
- [6] G. F. Juan Pablo Alperín, Dominique Babini, *Indicadores de acceso abierto y comunicaciones académicas en América Latina*. 2014.
- [7] Elsevier, "List Journal Scopus 2014-2015," 2015. [Online]. Available: https://files.sciverse.com/documents/xlsx/title_list.xlsx.
- [8] D. Murillo, J. Herrera, D. Murillo, and J. Herrera, "Analysis and Implementation of Information Architecture of a University Website , Technological University of Panama ' s C ase Análisis e Implementación de la Arquitectura de Información de un sitio web Universitario , caso Universidad Tecnológica de Panamá," pp. 0– 10.
- [9] Y. Khelladi, "Datos abiertos en educación , primeros alcances y lecciones," pp. 1–36, 2015.
- [10] R. R. Salazar, "Acceso abierto, información científica disponible en línea sin barreras," vol. 16, pp. 1–12, 2015.
- [11] M. R. De Giusti, "¿ Por qué conviene construir un Repositorio Institucional ?," 2013.
- [12] A. B. González and A. F. Porcel, "Repositorios institucionales en universidades y organizaciones de educación superior," 2008.
- [13] J. M. Rodríguez Gairín and A. Sulé Duesa, "DSpace: un manual específico para gestores de la información y la documentación," *BiD textos Univ. Bibliotecon. i Doc.*, pp. 1–15, 2008.
- [14] J. Alhuay Quispe and L. Bautista Ynofuente, "El uso de Open Journal Systems y la presencia en Google Scholar de revistas científicas en bibliotecología de América Latina y El Caribe Use of Open Journal Systems and the presence in Google Scholar from academic journals in Librarianship in Latin Americ," *Rev. Infoacceso*, vol. 1, no. 1, pp. 31–37, 2013.
- [15] D. S. Danny Murillo, "Implementación de Plataforma Digital de Revistas Académicas y Científicas electrónicas en la Universidad Tecnológica de Panamá para mejorar su visibilidad a nivel nacional e internacional," in *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje*, 2016, pp. 936–947.
- [16] AECID, "Índice de calidad de Revistas científicas Índice de calidad de Revistas científicas," AECID, p. 71, 2010.
- [17] M. Á. G. M. Argueta, "La interoperabilidad y el intercambio de metadatos en la red," *Rev. Digit. Univ.*, p. 10, 2012.
- [18] H. Calderón and D. Murillo, "Algoritmo autómatas para la instalación estructurada DSpace en Ubuntu , utilizado en la implementación del Repositorio Institucional de la Universidad Tecnológica de Panamá," pp. 1053–1055, 2014.
- [19] P. Bongiovani, "El Sistema Nacional de Repositorios Digitales (SNRD)," pp. 1–12,

Inteligencia de Negocios como apoyo a Sistemas de Información de Egresados de Instituciones de Educación Superior

Business Intelligence as support for Information Systems for Graduates of Higher Education Institutions

Jarley Castillo¹, Alejandra González², Lilia Muñoz^{3*}

^{1,2,3} Grupo de Investigación en Tecnologías Computacionales Emergentes, Universidad Tecnológica de Panamá,
¹jarley.castillo@utp.ac.pa, ²alejandra.gonzalez@utp.ac.pa, ³lilia.munoz@utp.ac.pa

RESUMEN– *En el panorama educativo actual, determinadas carencias en materia de información y, sobre todo, las ausencias de indicadores eficientes que permitan evaluar a los egresados de las diferentes carreras que se imparten en Instituciones de Educación Superior, pueden repercutir en la retroalimentación para la mejora los procesos enseñanza-aprendizaje y mantener el vínculo con los mismos. En los últimos años las herramientas de Inteligencia de Negocio permiten analizar y explorar la información más relevante en una organización. El enfoque planteado en este trabajo se centra en el desarrollo de un Sistema de Información Web para Egresados, para la Sede Regional de Chiriquí de la Universidad Tecnológica de Panamá. Este sistema permite generar Dashboard donde se puede visualizar información útil para la toma de decisiones.*

Palabras claves– *Inteligencia de Negocios, soporte a las decisiones, instituciones de educación superior*

ABSTRACT– *In the current educational landscape, certain gaps in information and, above all, the absence of efficient indicators that allow evaluating graduates of the different careers taught in Higher Education Institutions, can have an impact on feedback for the improvement of teaching-learning processes and maintain the link with them. In recent years, Business Intelligence tools allow analyzing and exploring the most relevant information in an organization. The approach proposed in this paper focuses on the development of a Web Information System for Graduates, for the Regional Center of Chiriquí of the Technological University of Panama. This system allows generating Dashboard where you can view useful information for decision making.*

Keywords– *Business Intelligence, decision support, higher education institutions.*

1. Introducción

La información ha jugado un papel protagónico a lo largo de la historia, marcando hitos por nuestra capacidad de buscar métodos para recolectar y captar la misma. El ser humano ha evolucionado y así mismo las tecnologías que permiten la obtención de datos; no cabe duda de que estamos viviendo una de las etapas más apasionantes de la historia de la humanidad desde la llegada de la era de la información. Estamos siendo testigos de cómo la tecnología transforma el mundo que nos rodea, de cómo se vive y se trabaja [1].

En estas instancias en las que nos encontramos viviendo la apoteosis de la información, la Educación Superior no se escapa de los estragos que esta causa; al manejar una gran cantidad de estudiantes se genera una gran demanda de información proveniente de los mismos, y no sólo de ellos, sino también de los

egresados, quienes culminaron sus carreras y salen al ámbito laboral, para lo cual han sido preparados por tantos años.

El brindar un seguimiento a los egresados de las instituciones permite obtener información que representará un insumo sumamente útil para la mejora continua del proceso enseñanza-aprendizaje, además de los procesos de acreditación que apoyan esa mejora; esta información es el mejor indicador sobre la calidad y relevancia educativa de los diferentes aspectos educativos.

Por otro lado, cabe resaltar que el contexto universitario ha cambiado de forma muy notable, propiciando la aparición de importantes iniciativas encaminadas a la generación de profundas transformaciones en el modelo de formación, para dar respuesta a las necesidades de información en este nuevo

entorno más dinámico y variable. Así, las universidades invierten hoy en día enormes esfuerzos en planificar, medir y mejorar su calidad. Sin embargo, la evaluación de la calidad conlleva la especificación de SI, que permitan la toma de decisiones que día con día se generan en las universidades. Es con este fin que la gestión de la información y el conocimiento devienen herramientas importantes en la dirección de las universidades [2].

Conocer el destino laboral de los egresados es cada vez más requerido por los sistemas de acreditación institucional y por la autoridad educativa, e incluso que en muchos casos esto es un mandato establecido por ley.

A pesar de los grandes avances tecnológicos con los que se cuenta. En la actualidad, en las instituciones existen procesos que aún se realizan de manera manual; esto ocasiona un desgaste del personal, posibles pérdidas de información; además de que se limita el análisis de los datos obtenidos. Es en este sentido, que se presentan los resultados del proyecto para darle seguimiento a los egresados de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Sede Regional de Chiriquí, de una manera más práctica y mediante la cual se pueda obtener información de los mismos; pues actualmente este procedimiento se realiza de manera manual, debilitando la comunicación que debe mantenerse con el egresado y poder brindarle mejores oportunidades al mismo.

Con el desarrollo de una aplicación Web se permitirá, tanto a los egresados como a la Subdirección de Investigación, Postgrado y Extensión, tener una mejor interrelación. Se podrá dar un mejor seguimiento y un análisis más rápido de la información, mediante el uso de herramientas de Inteligencia de Negocios; además de apoyar los procesos de acreditación de las diferentes carreras que brinda la Sede Regional de Chiriquí.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la segunda sección se presentan algunos trabajos relacionados. En la tercera sección los métodos y materiales empleados. Mientras que en la cuarta sección se describen algunos resultados obtenidos. La quinta presenta la evaluación del sistema. Finalmente, en la sexta sección se presentan las conclusiones.

2. Trabajo relacionado

Actualmente, el aumento geométrico del número de documentos existentes en Internet, en particular en la Web y su inestabilidad, ocasionan que los directorios donde la clasificación se realiza por humanos sólo sean capaces de cubrir una pequeña parte del total de recursos existentes en la red y que sean difíciles de actualizar. Es por ello, que los procesos de clasificación automática buscan crear herramientas que ayuden a reducir los costos de la catalogación tradicional mediante la asignación automática de temas a los registros en formato electrónico.

Diferentes universidades en el mundo han optado por implementar Sistemas de Egresados a lo largo de los años, por ejemplo, en América Latina destacan algunos de ellos como lo son Colombia, Perú, Ecuador, México, entre otros. Muchos de estos son incluidos en sus sistemas Web o pueden optar por contactar a empresas dedicadas al seguimiento de egresados como por ejemplo PROFLEX¹. PROFLEX es una iniciativa para dar respuesta a estas preguntas a través de un sistema de encuestas *on-line*. De este modo, cada Universidad obtendrá información relevante para mejorar la aceptación en el mundo laboral y el reconocimiento de la formación de sus egresados. Este utiliza un cuestionario con más de 150 preguntas, estructurado en nueve secciones que cubren aspectos relacionados con la formación recibida, transición al mundo laboral, competencias y satisfacción, entre otros. Este cuestionario ha sido desarrollado por expertos internacionales de reconocido prestigio y ha sido adaptado a los distintos contextos universitarios, tanto en América como en Europa.

En Colombia² la Encuesta de Seguimiento fue aplicada por primera vez en el año 2005, donde se tuvo en cuenta una muestra de 500 egresados entre el 2001 y el primer semestre del 2004. En el 2007, la encuesta estuvo disponible en el sitio Web del Observatorio Laboral y fue diligenciada de manera voluntaria por 25.000 personas que obtuvieron su título en educación superior entre el 2001 y el 2007. Para el 2008, y teniendo en cuenta la experiencia internacional en la materia y la conveniencia de adoptar un enfoque longitudinal, se rediseñó la encuesta con el objetivo de conocer el proceso

¹ <http://www.seguimientoegresados.com/>

² <http://www.graduadoscolombia.edu.co/html/1732/w3-propertyvalue-36276.html>

de inserción laboral y la trayectoria profesional del graduado, a partir del seguimiento en cuatro momentos del tiempo: El momento de grado (M0), el primer año (M1), el tercer año (M3) y el quinto año (M5) después de obtener el título.

Por otro lado, la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador ofrece a sus egresados beneficios como descuentos en cursos, información sobre becas y actividades culturales y deportivas. Este programa tiene por nombre ALUMNI EPN³ y cuenta con una encuesta que va dependiendo de la carrera de la cual eres egresado, también permiten la actualización de datos para poder obtener los beneficios presentados anteriormente.

Por su parte, la Facultad de Medicina Humana de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) presenta como proyecto en el año 2012 un Sistema de Seguimiento de Egresados (SISE)⁴ donde promueven los primeros pasos orientados al mejoramiento de la relación con los egresados de dicha facultad; dicho proyecto incluye los diversos parámetros que incluiría el sistema, así como el perfil de una encuesta que proyecta una cantidad de indicadores que posibilitan el análisis de dichos datos en el sistema. Algunos de los beneficios que presenta dicho sistema son: estar actualizado en las ofertas de bolsas de trabajo, información sobre los eventos académicos que organiza la universidad y otros de ámbito internacional.

Por otro lado, Cathy Guevara [2] planteo el desarrollo de una plataforma de Inteligencia de Negocios (IN) para facilitar el análisis de datos de las competencias generales de formación aplicadas en el desempeño laboral de los egresados de la Universidad Técnica del Norte (UTN), en Ecuador. El proceso de análisis de esos datos se consolida a través de Pasos, Tareas, Actividades y Herramientas que al ser agrupadas en Etapas y Fases permiten obtener información procesada para determinar una adecuada toma de decisiones, para esto se utilizó la metodología de Kimball que permitió guiar y mejorar el proceso de desarrollo de la plataforma de IN.

Actualmente en la Sede Regional de Chiriquí, de la Universidad Tecnológica de Panamá el seguimiento a los egresados se lleva de manera manual, ocasionando con ello poca información que permita tener un contacto más directo con los egresados. En este sentido, es necesario

dar seguimiento a los egresados de los diferentes programas que se imparten en la Sede Regional de Chiriquí, entre otros aspectos, dar evidencia de que éstos están dedicados a trabajar en los campos para los que se preparan y que exista demanda de sus servicios profesionales por los diferentes sectores de la sociedad, elementos necesarios para verificar la calidad de los estudios ofrecidos por la institución. De allí la necesidad e importancia de desarrollar un Sistema de Información Web orientado a conocer la trayectoria de los egresados.

3. Métodos y materiales

En la actualidad la información se ha convertido en una parte fundamental dentro de las empresas a tal punto que el desarrollo de las mismas depende de la calidad del análisis de los datos para permanecer en un alto nivel de competitividad. La información debe ser actualizada y de alta calidad, accesible y confiable donde la toma de decisiones en los mandos directivos sea acertada.

Hacer seguimiento a los egresados de instituciones de educación superior es una tendencia creciente en países que buscan mejorar la calidad y la pertinencia de los programas académicos. Los Sistemas de Información (SI) suministran insumos que están usando las instituciones, el sector productivo, el gobierno y los estudiantes para tomar decisiones. Para que estos sistemas puedan generar la información adecuada, se hace necesario establecer un buen modelo de negocios.

Cabe señalar que un modelo de negocio se puede definir como una herramienta, que nos permite conocer diferentes conceptos sobre el funcionamiento de un negocio, además de brindar la oportunidad de comprender la lógica, mediante la cual se desenvuelve la empresa a la hora de realizar sus labores. Por otro lado, el desarrollo de un modelo del negocio genera una mejor visión del entorno, lo cual sentará las bases para próximas mejoras o innovaciones que se den dentro del mismo; además de que brinda una mayor definición de requisitos para los SI a manejarse dentro de la infraestructura empresarial. Esto permitirá que el desarrollo del SI sea más entendible y práctico.

³ <http://www.epn.edu.ec/programa-alumni-epn-2/>

⁴ <http://www.uncp.edu.pe/>

Para el Sistema de Egresados se especificó el modelo de negocios, utilizando para ello el Modelo Canvas, creado por Alexander Osterwalders [7], el cual es un método que describe de manera lógica la forma en que las organizaciones crean, entregan y capturan valor. En la figura 1 se puede apreciar el modelo de negocios generado con Canvas.



Figura 1. Modelo de Negocio Canvas del Sistema de Egresados de la Sede Regional de Chiriquí.
 Fuente: Las autoras

El realizar la conceptualización del modelo de negocio del Sistema de Egresados, permite visualizar qué áreas de este, se verían enriquecidas al momento de implementar un SI Web. Respecto a cómo se relacionarían con los clientes, el implementar un SI Web, generará otro medio, que en este caso sería la aplicación Web, generando un nuevo canal para llegar al cliente.

La propuesta de Valor se vería fortalecida con la posibilidad de mantener noticias continuas que sean de interés del Egresado; las actividades claves del negocio, además de ser el envío de correos, que se facilitaría con la implementación del SI, también sería el mantener la aplicación Web actualizada con noticias, eventos y ofertas académicas. La aplicación Web, por su parte pasaría a formar parte del recurso clave de la Sede Regional de Chiriquí.

De igual modo se especificó el diagrama de arquitectura, el cual es bosquejo que permite obtener una visión gráfica de los procesos que llevará el software. El objetivo principal de este diagrama es ofrecer una visión simplificada del sistema, de forma que una persona pueda mirar el diagrama y entender de una pasada lo que se quiere conseguir

A continuación, se explica claramente el proceso que conlleva (ver figura 2):

- El usuario puede ingresar al sitio Web desde cualquier dispositivo que se encuentre conectado a Internet.
- Al entrar al navegador Web el usuario envía una petición que es realizada mediante el sitio y la misma es recibida por el servidor Web.
- Mediante el MTV (Model View Template- Modelo Vista Plantilla)⁵ se identifica la url a la cual está ligada la vista que se solicitó, dicha vista interactúa con el modelo para poder obtener los datos necesarios, la vista llama a la plantilla y esta al final realiza el envío de la respuesta al navegador.
- La respuesta que se muestre en el navegador Web dependerá del tipo de usuario que esté ingresando al sistema, y si la validación de usuario y contraseña son correctas.

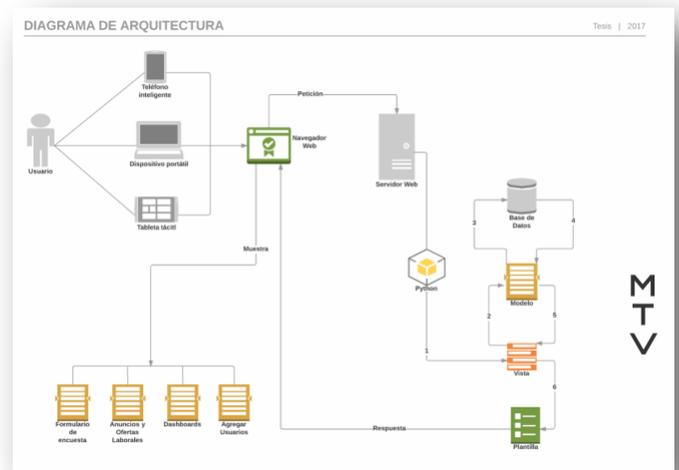


Figura 2. Diagrama de Arquitectura-Sistema de Egresados
 Fuente: Las autoras

5

http://librosWeb.es/libro/django_1_0/capitulo_5/el_patron_de_diseno_mtv.html

4. Resultados

El desarrollo del SI Web para mantener el vínculo con los egresados ha generado resultados positivos, mejorando el manejo de la información y la obtención de datos relevantes que permiten tomar decisiones, como, por ejemplo: la apertura de nuevos programas de posgrado, verificar carencias en las carreras que se imparten, etc.

En la figura 3 se puede apreciar la pantalla de inicio del SI Web. Se muestra la página principal del sistema a la que cualquier usuario con su dirección *url* tendrá acceso. En la parte superior izquierda está el logo Egresados UTP y en la parte superior derecha se encuentra el enlace para realizar el inicio de sesión. Luego se observa un carrusel, la imagen principal contiene imágenes representativas de las facultades, así como sus logos oficiales, también en esta galería aparecen imágenes de los egresados en su ceremonia de graduación con un mensaje de bienvenida.

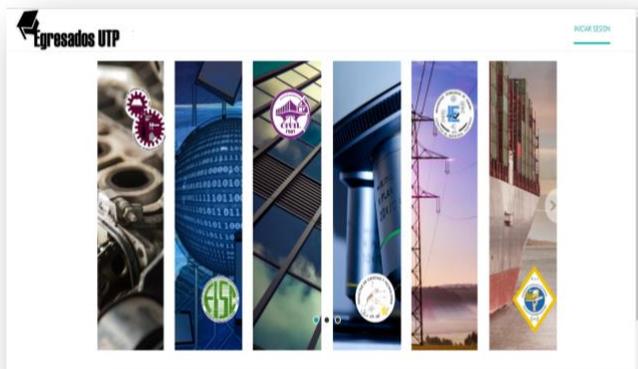


Figura 3. Vista de Inicio
Fuente: Las autoras

Para el uso del sistema, el egresado deberá introducir el usuario y contraseña asignados por la Secretaría Académica, los cuales le permitirán iniciar sesión. Posteriormente, deberá llenar una encuesta, cual permite alimentar la Base de Datos, a partir de la cual se podrán realizar análisis de datos que se requieran. En la figura 4 se puede apreciar un fragmento de la encuesta.

El rol que ejerce el egresado es de gran importancia, puesto que es la principal fuente de información que alimentará el sistema de egresados, mediante el llenado

de la encuesta. La automatización de la recolección de los datos permite reducir los tiempos carga y análisis de mismos.

Figura 4. Fragmento de la encuesta
Fuente: Las autoras

La implementación de IN en el sistema permite a los usuarios la toma de decisiones de forma inmediata, esto mediante la integración de *dashboards* o tableros, que son la composición de gráficos basados en indicadores, estos son necesarios para visualizar datos, patrones, tendencias, entre otros, de forma rápida y sencilla.

El sistema cuenta con algunos tableros compuestos por una variedad de gráficos. En figura 5 se puede apreciar el tablero que muestra el total de egresados, luego una gráfica de líneas que da la cantidad de egresados por promoción, en la parte baja hay un gráfico de dona que indica los egresados por facultad a medida que se desplace el cursor por los colores, a su lado hay una gráfica que muestra la tendencia de los egresados por facultad y por promociones. En la figura 6 se visualiza un tablero con gráficas de barras, cada una está separada por el tipo de trabajo de graduación realizado por los egresados, por ejemplo, tesis, práctica profesional, materias de posgrado, etc. Estos datos pueden ser utilizados en informes o reportes por la Universidad.



Figura 5. Tablero de análisis informativo de los egresados
 Fuente: Las autoras

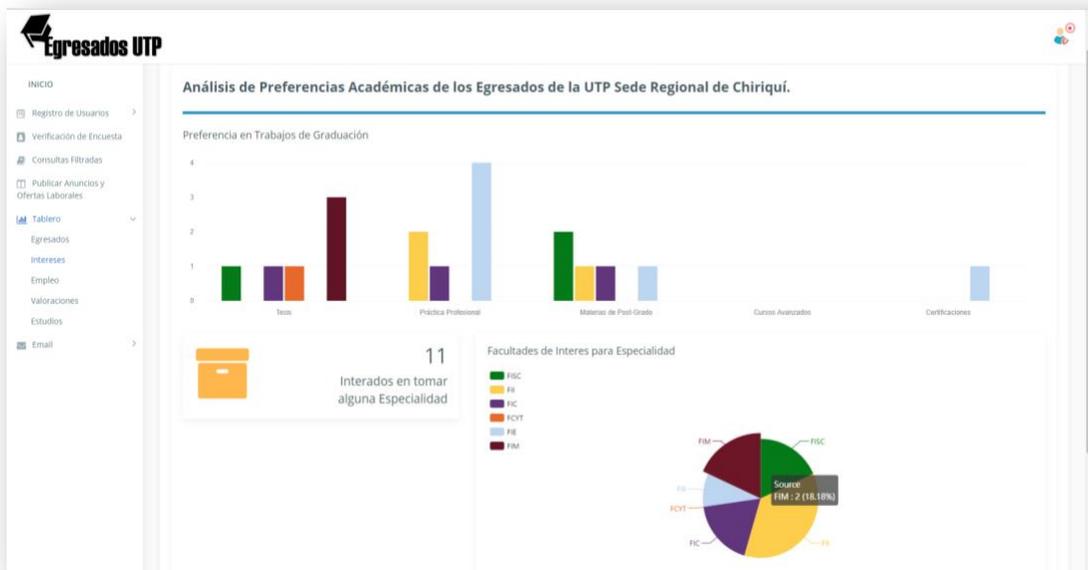


Figura 6. Tablero de preferencias académicas
 Fuente: Las autoras

5. Resultados

Las evaluaciones técnicas tienen como función principal actuar de filtro en todas las etapas que se den dentro de un proyecto, esto debido a que permitirá observar cada etapa a detalle y encontrar posibles fallas o defectos para así poderlas corregir a tiempo; es por esto por lo que, las evaluaciones deben ser realizadas en diferentes puntos del desarrollo. En este sentido, con respecto a la valoración de los resultados se ha elaborado un instrumento (Encuesta), que pretende evaluar algunos indicadores, los cuales implican facilidad de uso, organización de la información, navegabilidad, entre otros.

Para poder analizar los datos obtenidos mediante la aplicación de las encuestas, se requirió la utilización de una escala que permitiera medir de forma cuantitativa las opciones que hayan seleccionado los usuarios. Una de las escalas más utilizadas para esta función es escala Likert, que considera la utilización de valores numéricos para cada opción de respuesta que posea la misma, en los que se podrían utilizar valores positivos, neutros y negativos, como bien, valores positivos. La ventaja de esta escala para las evaluaciones es que permite analizar las respuestas de una manera más precisa.

Para la evaluación participaron 20 egresados de diferentes facultades.

En la figura 7 se proyectan los resultados del ítem de medición de adecuación que percibían los encuestados con las sentencias.



Figura 7. Gráfica de niveles de adecuación del sistema
 Fuente: Las autoras

El ítem de adecuación fue utilizado en cuatro de las preguntas y estas evaluaban: información del sistema, manual de usuario, organización de menú y la velocidad con la que se ejecutaba la aplicación. En la gráfica se puede observar que el 50% consideran que estos aspectos son muy apropiados y 35% que son apropiados para el sistema, es decir que, su nivel de aceptación de acuerdo con los usuarios, supera al 13% de respuestas indiferentes y el 2% que consideran estos aspectos inadecuado.

La figura 8 representa la cantidad de respuestas obtenidas con respecto al ítem que mide el nivel de acuerdo de los usuarios y sus porcentajes correspondientes. Este aspecto contaba con ocho de las preguntas, las cuales evaluaban: la presentación clara y entendible, desplazamiento entre las vistas, solución a la problemática con los egresados, obtención de resultados, uso de colores agradables, diseño y estructura, y aspectos de ortografía y gramática. Dichas características resultaron evaluadas de forma negativa por los usuarios en un 1%, el 7% de los encuestados se vieron indecisos y de manera positiva los encuestados aprobaron estas cualidades con un total de 92% entre totalmente de acuerdo (65%) y de acuerdo (27%).

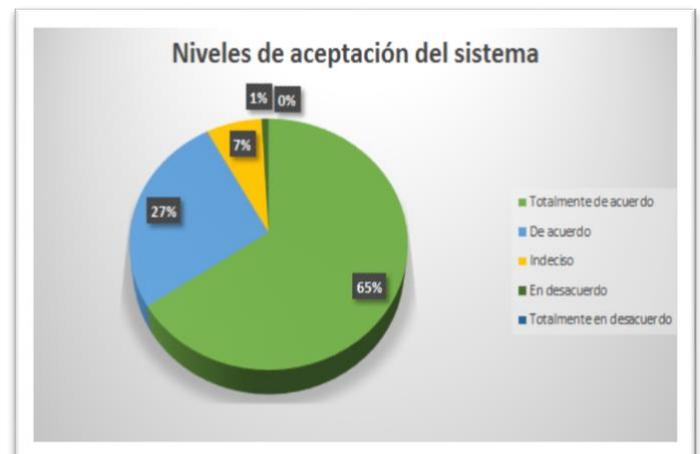


Figura 8. Gráfica de niveles de aceptación del sistema
 Fuente: Las autoras

6. Conclusiones y trabajo futuro

Es innegable la importancia de realizar estudios de seguimiento de egresados a la luz de la evaluación de los resultados de los programas educativos, lo anterior con la finalidad de mejorarlos mediante el conocimiento de sus opiniones y su inserción en el mercado laboral.

Los Sistemas de Egresados permiten a su vez a las instituciones de educación superior contar con información confiable y pertinente sobre la ruta que emprenden sus estudiantes una vez que egresan de sus aulas: qué competencias y habilidades adquieren en la universidad, cuánto tiempo tardan en encontrar empleo, qué tipo de trabajo están desempeñando, cuánto ganan, qué prestaciones reciben, qué funciones desempeñan, entre muchas otras variables.

Los Sistemas de Información Web son una alternativa para egresados, ya que permiten interactuar con el sistema desde cualquier lugar y momento.

Por su parte, la utilización de Inteligencia de Negocios a través de la creación de tableros o *dashboard*, permiten a los usuarios toma de decisiones con información más sencilla de visualizar.

Como trabajo futuro se tienen terminar de llenar la Base de Datos con todos los egresados de las carreras que se imparte en la Sede Regional de Chiriquí, para tener una mejor visualización de los datos.

Integrar preguntas adicionales a la encuesta, de manera que permitan obtener un mayor conocimiento acerca de la satisfacción del egresado para con la institución. Por ejemplo:

- Cambió de Sede para culminar su carrera
- Rango de tiempo en culminar la carrera.
- Posibles sugerencias o comentarios.

7. Agradecimiento

A la Sede Regional de Chiriquí de la Universidad Tecnológica de Panamá por facilitar la información para el desarrollo de este proyecto y la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación a través del Sistema Nacional de Investigación por la subvención otorgada.

Referencias

- [1] A. Plaza, (18 de 04 de 2017). La era de la Tecnología de las Personas. Recuperado el 02 de 08 de 2017, de El Mundo: <http://www.elmundo.es/economia/2017/04/05/58e4e96e22601d1f538b4620.html>
- [2] J. Heredia, (2011). Análisis de datos en apoyo a la productividad en el proceso de formación de ingenieros. Tesis Maestría, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. La Habana.
- [3] J. Carot. (2013). Hacia un Sistema Integral de Información para la Educación Superior de América Latina.
- [4] <http://www.seguimientoegresados.com/>
- [5] C. Guevara (2015). Desarrollo de una plataforma de Business Intelligence para facilitar el análisis de datos de las competencias generales de formación aplicadas en el desempeño laboral de los

egresados de la universidad técnica del norte. Tesis de Maestría. Consultado en <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/10160/1/T-ESPEL-MAS-0021.pdf>

- [6] A. Conchado, E. Vázquez, (2013). Hacia un Sistema Integral de Información para la Educación Superior de América Latina. Consultado en <http://www.infoaces.org/>
- [7] Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). Generación de modelos de negocio. DEUSTO. Consultado en <http://www.convergenciamultimedial.com/landau/documentos/bibliografia-2016/osterwalder.pdf>

Un pre diagnóstico para implementar BMP en una entidad bancaria A pre-diagnostic to implement BMP in a bank.

Gicela del Cisne Soto¹, Humberto Álvarez^{2,3,4} Aránzazu Berbey-Alvarez^{2,3,4}

¹Banco de Loja, Ecuador, ²Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, ³Universidad Internacional de La Rioja, Logroño, España, ⁴Red de Docentes de Latinoamérica y el Caribe (REDDolac)

aranzazu.berbey@utp.ac.pa

RESUMEN—Este artículo deriva de un trabajo de fin de máster (TFM) del Máster de Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos y corresponde a la elaboración de un plan de trabajo para el desarrollo de una herramienta de software aplicando la metodología BMP al proceso de otorgamiento de crédito al consumo en una entidad bancaria en Ecuador.

Palabras claves— BMP, diagnóstico, plan de trabajo, diseño de desarrollo de software.

ABSTRACT— This article derives from an master project of the Master's Degree in Design and Management of Technological Projects and corresponds to the elaboration of a work plan for the development of a software tool applying the Business Management Project (BMP) methodology to the process of granting credit to consumption in a bank in Ecuador.

Keywords— BMP, diagnosis, work plan, software development design

1. Introducción

El sistema financiero es el conjunto de instituciones que tiene como objetivo canalizar el ahorro de las personas. Esta canalización de recursos permite el desarrollo de la actividad económica del país haciendo que los fondos lleguen desde las personas que tienen recursos monetarios excedentes hacia las personas que necesitan estos recursos [1]. Los intermediarios financieros se encargan de captar depósitos del público (ahorros), y, prestarlos a los demandantes de recursos a través de créditos [2]. En la Constitución Política de la República del Ecuador se determinan los fines fundamentales de la actividad financiera, tales como:

- Preservar los depósitos.
- Atender los requerimientos de financiamiento para la consecución de los objetivos de desarrollo del país.
- Intermediar de forma eficiente los recursos captados para fortalecer la inversión productiva nacional, y el consumo social, ambientalmente responsable.

El Código orgánico monetario y financiero, fue discutido y aprobado por la Asamblea Nacional, en primer debate de 8 de julio de 2014; en segundo debate el 22 y 24 de julio de 2014; y, su objeción parcial el 2 de septiembre de 2014. Dicho código entró en vigencia luego de su publicación en el Registro Oficial No. 332 con fecha 12 de septiembre del 2014, sustituyendo a la Ley General de Instituciones del Sistema Financiero.

La constitución de la República del Ecuador, en su título VI “Régimen de Desarrollo”, capítulo cuarto “Soberanía Económica”, sección octava “Sistema Financiero”, en su artículo 309 indica lo siguiente:

“El sistema financiero nacional se compone de tres sectores, el público, privado y popular solidario, que intermedian recursos del público. Cada uno de estos sectores contará con normas y entidades de control específicas y diferenciadas, que se encargaran de preservar su seguridad, estabilidad, transparencia y solidez”.

a) Instituciones financieras privadas:

- ✓ Bancos múltiples.
- ✓ Bancos especializados.
- ✓ Servicios financieros: o
 - Almacenes generales de depósito.
 - Casas de cambio.
 - Corporaciones de desarrollo de mercado secundario de hipotecas
- ✓ Servicios auxiliares:
 - Transporte de especies monetarias y de valores
 - Servicios de cobranzas.
 - Cajeros automáticos.
 - Servicios contables y de computación.
 - Software bancario.

b) Instituciones financieras públicas:

- ✓ Banco Central del Ecuador.

- ✓ Banco del Estado.
- ✓ Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.
- ✓ Banco Nacional de Fomento.
- ✓ Banco Ecuatoriano de la Vivienda.

c) Instituciones financieras del sector popular y solidario:

- ✓ Cooperativas de Ahorro y Crédito.
- ✓ Cajas centrales.
- ✓ Corporación Financiera Nacional

Además de un servicio de asesoramiento a medida, las entidades de la Banca Privada ofrecen servicios de gestión discrecional de carteras, y diversos productos a medida. Actualmente, este servicio es ofrecido tanto por grandes entidades financieras, que cuentan con un área especializada en grandes patrimonios, como por bancos dedicados exclusivamente a este segmento [3]

Los bancos privados conforman el subconjunto más importante del sistema financiero privado nacional. Se encarga de captar del público los recursos de capital y de transferirlos a los sectores productivos (intermediación financiera). Para este efecto trasladan los valores que han sido depositados en su poder por clientes que no lo necesitan en ese momento, a otros clientes que no disponen de esos recursos y que tienen objetivos económicos, desarrollando toda una infraestructura física, operativa y de servicios [4]

A junio 2017, el activo del sistema de bancos privados de Ecuador llegó a USD 37.207,89 millones, cifra superior en USD 4.821,10 millones (14,89%) a la registrada en junio 2016 y dicho aumento fue consecuencia principalmente del incremento de la cartera de créditos en USD 3.786,05 millones y de las inversiones en USD 1.160,47 millones [5].

2. Estado del Arte

El desarrollo del estado del arte se ha enfocado fundamentalmente en la aplicación de la herramienta BPM en los sectores financieros, es decir, instituciones financieras, banca privada, banca central y otros sectores de la economía vinculantes [6]. A continuación, se presenta la tabla 1 con el propósito de condensar el estado del arte en este artículo científico [7-35].

Tabla 1. Resumen tabular del estado de a l														
Author	Year	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Havey [7]	2006				x				x			x		
Becker <i>et al.</i> , [8]	2011	x							x			x		
Bala <i>et al.</i> , [9]	2012		x			x			x			x		
Rosenberg <i>et al.</i> , [10]	2011		x						X			x		
Curko <i>et al.</i> , [11]	2007	x	x						x				x	
Kohlmann <i>et al.</i> , [12]		x							x			x		
Vergidis <i>et al.</i> , [13]	2008		x	x					x			x	x	
Shaw <i>et al.</i> , [14]	2007		x						x			x	x	
Schabell <i>et al.</i> , [15]	2009	x							x			x		
Cuadrado <i>et al.</i> , [16]		x				x			X			x		
Boots [17]	2011								x			x	x	
Sarang [18]	2005	x					x		x			x		
Reijers [19]	2006	x			x	x			x					x
Chapell [20]	2004			x					x				x	
Cook [21]	2015		x						x	x				x
Shin <i>et al.</i> [22],		x				x			x			x		
Gaston <i>et al.</i> , [23]	2014						x		x			x		
Cadena [24]	2013		x			x		x				x		
Becker <i>et al.</i> [25],	2010	x	x						x			x		
Küng <i>et al.</i> , [26]	2007					x			x			x		
Espinosa [27]	2015	x							x	x			x	
Guotai <i>et al.</i> , [28]	2017	x				x					x	x		
Petropoulos <i>et al.</i> ,[29]	2016	x								x				x
Dapena <i>et al.</i> ,[30]	2003	x				x								x
Sedlak <i>et al.</i> , [31]	2016	x				x						x		
Rahman <i>et al.</i> , [32]	2016	x				x								
Shukla <i>et al.</i> , [33]	2017	x				x					x	x	x	x
Timofeeva[34]	2015	x							x			x		

1: Banking operation process, 2: Review, 3: Handbook, 4: service industry sectors 5: case study, 6: master thesis 7: Bachelor's thesis, 8: BPM 9: Markov process 10: IA (neural network) 11: bank sector 12: Financial sector 13: Public or Central Bank

Dentro del desarrollo del TFM en el apartado estado del Arte se hizo un análisis en cuanto a implantaciones BPM en instituciones financieras, que evidenció los beneficios que se obtienen al aplicar este tipo de estrategias, además de la importancia que significa el llevar una metodología de acuerdo a las particularidades de cada caso, de esta forma se ha podido plasmar las buenas prácticas del PMBOOK, con el desarrollo del plan de trabajo propuesto, la correcta gestión de riesgos (indicadores, plan de mitigación), presupuesto y plan de

calidad todo ello orientado a lograr una correcta gestión del proyecto y así lograr los objetivos propuestos[6]. En la tabla 1 se aprecia la mundialización de la metodología BMP en todos los continentes (Europa, América, Asia, África y Oceanía).

3. Campo de aplicación: Entidad bancaria en Ecuador.

Esta entidad bancaria abrió sus puertas al público en el año 1968. Actualmente, la entidad bancaria está catalogada por la Superintendencia de Bancos de Ecuador como un Banco privado mediano, a nivel nacional cuenta con 18 oficinas distribuidas en las provincias de Loja, Zamora Chinchipe, El oro, Morona Santiago y Pichincha. El Banco ofrece los siguientes productos financieros, créditos, cuentas de ahorros, tarjetas de crédito, inversiones, y canales electrónicos.

La estructura del Gobierno Corporativo del Banco está conformada por los órganos de dirección, administración y control. En este sentido, la Junta General de Accionistas, es el máximo órgano de dirección del banco, la cual esta integradas por los accionistas. El Directorio del Banco de Loja establece como los órganos de administración del directorio, comités de apoyo y la alta gerencia. El directorio es el máximo órgano administrativo del banco, el cual está conformado por cinco directores principales y sus respectivos directores suplentes [35]. Dentro del portafolio de proyectos estratégicos Banco de Loja ha establecido la implementación de BPM como un proyecto primordial que se alinea para alcanzar sus objetivos de negocio. Es por ello que la institución viene trabajando hace dos años aproximadamente en establecer un modelo de gestión por procesos en el mapa de procesos de la figura 1.



Figura 1. Mapa de procesos general de la entidad bancaria. Fuente: Gestión Documental de la institución [35]

Las políticas y procedimientos que rigen el otorgamiento de crédito en Banco de Loja se enmarcan a aquellas establecidas por los organismos de control Al término del año 2016 se tiene una cartera de créditos distribuida en una estructura de la cartera de créditos del banco correspondiente mayoritariamente al crédito de consumo con un 38.39%, muy seguido del reglón del crédito al consumo se encuentra el crédito comercial con un 34.94%. En el tercer lugar, se encuentra el crédito para la vivienda con el 16,91% y en el cuarto lugar, está el microcréditos con el 9.76 % (Ver figura 2)



Figura 2. Estructura de cartera de créditos. Fuente: Memoria anual 2016 Banco de Loja [35]

4. Metodología del proyecto propuesto.

La metodología empleada corresponde a las metodologías impartidas en los cursos del Máster de Diseño y Gestión de proyectos tecnológicos [36-37]. Adicionalmente se considera la metodología BMP [13-14][17][38] para el desarrollo de una herramienta de software para la entidad bancaria. Guiados en los principios de esta metodología se realizará la división del proyecto en paquetes de trabajo los cuales tendrán un responsable asignado y se definirán los entregables correspondientes, así también se realizará la debida planificación de recursos, costos plan de calidad, plan

de riesgos, identificación de interesados, todo con la finalidad de asegurar una adecuada gestión del proyecto que garantice se cumplan los factores de éxito como son alcance, tiempo, costo, y calidad [6][36-37].

De acuerdo al Banco Nacional de Fomento [39], *“la principal función del crédito es la financiación de la producción con anticipación a la demanda, es decir, unir la propiedad de recursos productivos con las demandas de sus productores. El mecanismo del crédito economiza también el uso del dinero, permite el planteamiento más flexible de los gastos a lo largo del tiempo y actúa como canal recolector de los pequeños ahorros de la sociedad.”* Los reglamentos y resoluciones dictados por el ente de control se encuentran publicados en el Libro I.- NORMAS GENERALES PARA LAS INSTITUCIONES DEL SISTEMA FINANCIERO en el portal web de la Superintendencia de Bancos del Ecuador [1], así como las resoluciones sobre las especificaciones técnicas para la calificación de créditos comerciales o créditos de desarrollo productivo (corporativo, empresarial y pymes).

Actualmente el proceso de otorgamiento de crédito de consumo se realiza de forma mixta, es decir existen actividades, tareas que se ejecutan de forma automática y otras de forma manual, lo que implica que en algunas instancias exista un coste adicional de tiempo.

A esto se suma el entorno variable en que se desarrolla el proceso de otorgamiento de crédito, que de acuerdo a las necesidades del negocio debe adaptarse a dichos cambios. En la actualidad, cuando se necesita de un comportamiento diferente o cambio en la gestión se generan tiempos prolongados para la implementación de estos cambios, ya que cada vez que se requiere modificar se debe realizar un análisis de los módulos que afectan al sistema.

Con la visión de mejorar el funcionamiento actual, el uso del enfoque BPM [13-14][17][38] en el proceso de otorgamiento de crédito de consumo se perfila como opción válida para generar una ventaja competitiva y por ende aumentar la eficiencia del banco.

Mediante este enfoque aplicado al proceso de otorgamiento de crédito de consumo se pretende que, para el diseño de cualquier proceso en la entidad bancaria, se realice el debido análisis, siguiendo con el diseño necesario para determinar cuáles serán las posibles actividades que requieren automatización, así como también descubrir los puntos de integración con otros sistemas del banco.

El proceso de otorgamiento de crédito de consumo cumple con las normativas y reglamentos acorde con el organismo de control competente, siendo este: la Superintendencia de Bancos del Ecuador, y con los reglamentos internos de la institución. A continuación, se presenta un esquema del proceso de otorgamiento de crédito al consumo:



Figura 3 Proceso de Otorgamiento de Crédito de Consumo. Elaboración Propia [6]. Fuente: Manual de procesos y procedimientos Banco Loja , Agosto 2017

Dentro de cada fase existen las debidas normas, reglas de negocios, validaciones que se deben cumplir, en base a la información existente del proceso de otorgamiento de consumo se debe realizar el respectivo análisis de cada flujo, determinar cómo interactúan las diferentes áreas dentro del proceso, por motivos de confidencialidad de la información esta normas y políticas que están establecidas no se pueden describir en su totalidad. Con el diseño preliminar, en conjunto con el equipo técnico bajo la dirección del líder Técnico y Arquitecto del proyecto, los analistas desarrolladores deben plasmar un diseño de los posibles formularios que se necesiten en las tareas que se deben automatizar. En este punto la participación del consultor experto juega un papel importante, así también el equipo de analistas desarrolladores se les impartirá un taller de capacitación sobre la plataforma BPMS para el este proceso de Otorgamiento de crédito de consumo [6].

4.1 Interesados.

En este apartado se muestra el resultado del proceso de identificación de algunos de los actores interesados del proyecto y las expectativas de cada uno de ellos (Ver tabla 3).

Tabla. 3. Resumen de interesados [6]

INTERESADOS	E	1	2
Directorio	Aumentar las utilidades del negocio	A	B
Gerente General	Incrementar las colocaciones de crédito de consumo. Expandir el uso de tecnología BPM a otros procesos del Banco	A	A
Gerente del proyecto	Gestionar de manera efectiva, el proyecto dentro del tiempo, alcance, presupuesto establecidos control de cambios	A	A
Consultor	Proporcionar una guía para la implementación de BPM en los procesos	A	M
Analista de procesos	Realizar una adecuada reingeniería del proceso de otorgamiento de crédito	M	A
Analista de requerimientos	Los requerimientos encontrados estén en concordancia con los objetivos del negocio	M	M
Jefe de Desarrollo	Administrar la disponibilidad de recursos técnicos para la ejecución del proyecto	M	A
Clientes	Aprobación de sus créditos de consumo en menor tiempo.	A	A

E: Expectativas, 1: Interés, 2: Influencia; A: Alta; M: Medio; B: Baja

4.2. Estructura de gestión y toma de decisiones propuesta.

Con el objetivo de asegurar una gestión eficaz, la estructura de gestión propuesta se constituirá de la siguiente forma: de acuerdo a la figura 3.

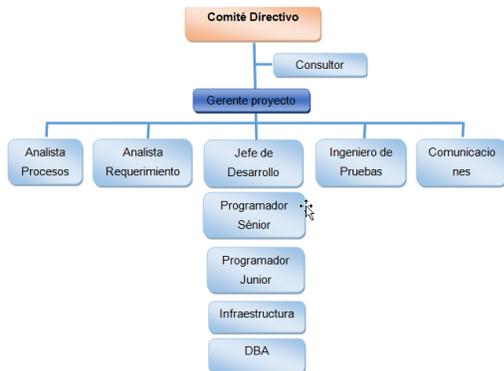


Figura 3. Estructura del proyecto. Elaboración Propia [6]

4.2 Impacto esperado.

Lograr que todos los procesos del banco puedan ser llevados con el enfoque BPM, mejorando así la eficiencia de la institución.

- ✓ Alcanzar que los actores involucrados se apropien de la importancia de este tipo de proyectos y de los beneficios económicos que esto representa.
- ✓ Conseguir una comunicación efectiva para el desarrollo del proyecto y que se pueda tener un mejor aprovechamiento del conocimiento adquirido
- ✓ Promover el uso de tecnologías que coadyuven a la mejora de procesos de una institución financiera, creando más competitividad.

En la tabla 5 se presenta los indicadores por cada canal, la fecha que se llevará a cabo y el público objetivo al cuál va dirigido.

Tabla 5. Relación entre el indicador, el medio, fecha y cantidad y tipo de público [6].

M/C	INDICADOR	C	F	P
Notas de prensa	Número de publicaciones, locales y nacionales	6	M10, M11, M12	Público objetivo
Redes Sociales	Número de usuarios que siguen la página del proyecto Número de comentarios Número de "Me gusta"	300	M5, M12	Público objetivo
Talleres	Numero de capacitaciones impartidas Número de participantes en las capacitaciones	8	M1, M5, M12	Público objetivo

M/C: Método/Canal C: Cantidad; F: Fecha; P: Público

4.3. Gestión de Riesgos.

A continuación, se describirá la gestión de riesgo la cual consiste en identificar, categorizar y evaluar los potenciales riesgos del proyecto, así como también se describen las acciones de prevención o de corrección dependiendo de su probabilidad de ocurrencia e impacto. El análisis de los riesgos se desglosa en los siguientes pasos:

- Identificación de riesgos
- Cuantificación y priorización de riesgos
- Respuesta a los riesgos
- Supervisión y control

4.4. Identificación de riesgos.

En la siguiente tabla 6 se presentan algunos de los riesgos identificados:

Tabla 6. Resumen de identificación de algunos riesgos del proyecto [6]

R	Cla	AMENAZA	CONSECUENCIA
R1	A	Retraso en contratar consultor	Retraso en la fecha de arranque del proyecto
R2	E	Cambio en las normativas y leyes del otorgamiento de crédito por las entidades de control	Reevaluación de los requerimientos del sistema
R3	T	Inexperiencia de los desarrolladores en la nueva herramienta	Retrasos en el tiempo de desarrollo
R6	T	Los entornos de prueba e integración no están disponibles.	Quejas por parte de los usuarios finales cuando realizan las pruebas
R7	Re	Indisponibilidad de los usuarios finales para realizar las pruebas por sus labores diaria en sus departamentos	Retraso en los tiempos de pruebas. Personal no comprometido con el cumplimiento del proyecto
R11	SF	Daños físicos en los equipos que se instalará la herramienta proveedor	Incremento en el presupuesto
R13	SL	Infección por virus/malware	Necesidad de reinstalaciones, desinfección de máquinas, cuarentena de archivos, respaldos necesarios

R: Riesgo; Cla: Clasificación; A: Administrativo; E: Entorno; T: Técnico; Re: Recursos SD: seguridad física; SL: Seguridad lógica

Para la identificación de los riesgos nos basamos en la lista de situaciones propuestas por las metodologías UNIR [36-37] entre las cuales se incluye, errores humanos, avería en procesos, materiales o sistemas, acciones regulatorias entre otras, de igual forma para identificar los potenciales riesgos se hace dando contestación a las interrogantes, ¿Qué puede fallar?, o ¿Qué tipos de problemas pueden producir un efecto negativo dentro de la ejecución del proyecto? [6][36-37]

4.5 Gestión de la Calidad.

El plan de calidad de un proyecto establece los procedimientos para asegurar la calidad y hace referencia a herramientas que permiten controlar y evaluar la calidad de manera constante. [36-37]. En esta sección se definen algunos de los diferentes lineamientos, directrices a seguir para asegurar se cumplan los objetivos del proyecto y en caso de existir desviaciones se pueda establecer correcciones a las mismas.

Tabla 7. Algunos indicadores para el plan de gestión de calidad [6].

M	N	D	VMin(%)	VMáx (%)
M1	Entregables desarrollados a tiempo	Entregables que se han desarrollado y entregado según la planificación	90	100
M4	Cumplir con el presupuesto	Cumplir con el presupuesto establecido para el proyecto índice de rendimiento de costes	95	100
M5	Uso de plataforma de colaboración	Evaluación de los participantes a la plataforma de comunicación	70	100
M7	Índice de rendimiento del calendario	Indicador del trabajo realizado	IRCL > 0.92	IRCL < 1.2
M12	Tiempo de respuesta	Tiempo estimado para completar una tarea del proceso	90	100

M: Métrica; N: Nombre; D: Descripción; Vmin: Valor mínimo; Vmax: Valor máximo

5. Discusión y resultados.

La entidad bancaria objeto de estudio del proyecto tiene como estrategia el abarcar todos los procesos de la institución en un mediano a largo plazo, con este antecedente el proyecto propuesto sirve de guía base para continuar con los demás procesos, dentro de los beneficios que obtienen son:

- ✓ Adquirir experiencia en implantaciones de proyectos BPM
- ✓ A través del análisis del proceso encontrar puntos críticos para mejorarlos.
- ✓ Brindar a los funcionarios tener una mejor comprensión del modelo de negocios que se desea seguir.

- ✓ Evidenciar en un caso real la mejoras en cuanto a optimización de tiempo y recursos mediante la implantación del proceso de crédito de consumo
- ✓ Tener la infraestructura tecnológica lista para los demás procesos.

En este sentido se establece el proyecto como un punto de partida hacia esta transformación digital, la modelización optimizada del proceso de crédito de consumo permitirá conseguir el ahorro de tiempo en cuanto a solicitudes de crédito efectivas, optimización de recursos, y brindando al cliente la eficiencia que estos demandan.

6. Conclusiones

Toda empresa, orientada a productos o servicios busca de manera continua el mejorar sus procesos y que éstos se sean cada vez más eficaces y eficientes y además les permita tener un mayor beneficio económico, de tal forma que al fusionar estos dos paradigmas gestión por procesos y tecnología se generó un verdadero valor de Negocio. El alinear los procesos, personas y la tecnología con los objetivos empresariales brinda la clave para el éxito en las organizaciones. Así también este trabajo pudiese servir de guía para otras instituciones financiera de Ecuador, ya que constituye un esfuerzo de implementación de la metodología BPM en una entidad bancaria ecuatoriana.

Agradecimientos

La autora principal quiere expresar su agradecimiento a la Dra. Aránzazu Berbey Álvarez, Directora de su Trabajo de Fin de Master (TFM) titulado: *“Otorgamiento de Crédito de Consumo en un Banco utilizando Tecnología BPM”* por toda la guía, la dirección, el apoyo y el ánimo en el desarrollo del mismo, que dio origen a este artículo científico.

Referencias

- [1] “Portal del Usuario Financiero - Superintendencia de Bancos y Seguros del Ecuador.” [Online]. Available: http://portaldelusuario.sbs.gob.ec/contenido.php?id_contenido=23. [Accessed: 04-Dec-2017].
- [2] L. A. Chiriboga Rosales, *Diccionario Técnico Financiero Ecuatoriano*, 5 ed. Quito Jokama, 2005.
- [3] DBK and DBK, *Estudio Competitors sobre Banca Privada y Banca Personal 2011*. 2011.
- [4] S. Ecuador, “Universidad Andina Simón Bolívar.”
- [5] “Resolución 043-2015-F Expídense las normas que regulan la segmentación de la Cartera de Crédito de las entidades del Sistema Financiero Nacional | Oficial.” [Online]. Available: <http://www.oficial.ec/resolucion-043-2015-f-expidense-normas-que-regulan-segmentacion-cartera-credito-entidades-sistema>. [Accessed: 04-Dec-2017].
- [6] Soto, Gisela del Cisne. Otorgamiento de Crédito de Consumo en un Banco utilizando Tecnología BPM. Trabajo de fin de máster. Directora: Dra. Aránzazu Berbey Álvarez. Máster en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos. Escuela de Ingeniería. Universidad Internacional de la Rioja.
- [7] Havey, Michael. 2006. “Keeping BPM Simple for Business Users Keeping BPM Simple for Business Users: Power Users Beware.” *BPTrends*. <http://www.bptrends.com/publicationfiles/01-06-ART-KeepingBPMSimple-Havey.pdf> (December 30, 2017).
- [8] Becker et al., Becker, Jörg et al. “Supporting Business Process Compliance in Financial Institutions ± A Model-Driven Approach.” https://campusingeneria.unir.net/access/content/attachment/PE_R10-47-931/Mensajes_privados/e743e422-9fb7-4976-ac2e-6f419000aee6/8f3091860390e940e606e14caa0dfb713563.pdf (December 18, 2017).
- [9] Bala et al., Bala, Anju. 2012. “Design and Deployment of Workflows in Cloud Environment.” *International Journal of Computer Applications* 51(11): 975–8887. https://campusingeneria.unir.net/access/content/attachment/PE_R10-47-931/Mensajes_privados/c2279e3b-86d9-4142-81df-388d3af989ec/10.1.1.258.6098.pdf (December 18, 2017).
- [10] Rosenberg et al., 2011
- [11] Curko et al., 2007. Intelligence and Business Process Management in Banking Operations” 2007.
- [12] Kohlmann et al., Kohlmann, Falk, and Rainer Alt. 2008. *Business Process and Services Computing (BPSC’07)*. https://www.alexandria.unisg.ch/67531/1/BPSC’07%2520Kohlmann_Alt.pdf (December 30, 2017).
- [13] Vergidis et al., Vergidis, K., C.J. Turner, and A. Tiwari. 2008. “Business Process Perspectives: Theoretical Developments vs. Real-World Practice.” *International Journal of Production Economics* 114(1): 91–104. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925527308000029> (December 18, 2017)
- [14] Shaw et al., Shaw, Duncan R. et al. 2007. “Elements of a Business Process Management System: Theory and Practice.” *Business Process Management Journal* 13(1): 91–107. <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/14637150710721140> (December 30, 2017).
- [15] Schabell et al., Schabell, Eric D., and Stijn Hoppenbrouwers. 2009. “Empowering Full Scale Straight Through Processing with BPM.” In , 18–33. http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-01859-6_2 (December 30, 2017).
- [16] Cuadrado et al., Cuadrado, Félix, Juan C. Dueñas, Rodrigo García, and José L. Ruiz. 2009. “A Model for Enabling Context-Adapted Deployment and Configuration Operations for the Banking Environment.” In *2009 Fifth International Conference on Networking and Services*, IEEE, 13–18. <http://ieeexplore.ieee.org/document/4976730/> (December 18, 2017).
- [17] Boots. Boots Jim. 2012. “BPM Organization and Personnel.” https://content.iwi.ie/sites/default/files/publications/IVIWhitepaper-BPMOrgandPersonnelPart1_000_0.pdf (December 30, 2017).
- [18] Sarang. Sarang, Sharifa. 2005. “THE IMPLEMENTATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT IN THE RETAIL BANKING SECTOR.” <http://hdl.handle.net/10210/204959> (December 30, 2017)

- [19]Reijers. Reijers, H., M. Dumas, M. La Rosa, and J. Mendling. 2013. "Fundamentals of Business Process Management." : 399.
- [20]Chapell. Chappell, David. 2004. "Understanding BPM Servers." *Business* (October). http://chappellassoc.com/writing/Understanding_BPM_Servers.pdf.
- [21]Cook. 2015
- [22]Shin et al Shin, Namchul, and Donald F. Jemella. 2002. "Business Process Reengineering and Performance Improvement." *Business Process Management Journal* 8(4): 351–63. <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/14637150210435008> (December 30, 2017).
- [23]Gaston et al., Gavilanes Jiménez, Saniago Gaston. 2014. "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL." Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8859/3/CD-5935.pdf> (December 18, 2017).
- [24] Cadena. Cadena Almeida, Wilson Eduardo. 2013. "Propuesta de mejora y optimización a través de la herramientas BPM para proceso de crédito del segmento banca-personas de una institución financiera" Pontificia Universidad Católica del Ecuador. http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9753/Disertación_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y (December 30, 2017).
- [25]Becker et al., Becker, Jörg et al. "Supporting Business Process Compliance in Financial Institutions ± A Model-Driven Approach." https://campusingeneria.unir.net/access/content/attachment/PER10-47-931/Mensajes_privados/e743e422-9fb7-4976-ac2e-6f419000aee6/8f3091860390e940e606e14caa0dfb713563.pdf (December 18, 2017).
- [26]Küng et al., Küng, Peter, and Claus Hagen. 2007. "The Fruits of Business Process Management: An Experience Report from a Swiss Bank." *Business Process Management Journal* 13(4): 477–87. <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/14637150710763522> (December 4, 2017).
- [27]Espinoza. Espinoza Calderón, Andrea. 2015. Pontificia Universidad Católica del Ecuador "Mejoramiento Y Propuesta de Implementación Del Proceso de Reclamos En El Área de Operaciones Del Banco Solidario Aplicando Bpm Business Process Management." PUCE. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8840?show=full> (December 30, 2017).
- [28]Guotai et al., Guotai, Chi. 2017. "Modeling Credit Approval Data with Neural Networks: An Experimental Investigation and Optimization." *Journal of Business Economics and Management* 18(2): 224–40. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3846/16111699.2017.1280844> (December 30, 2017).
- [29]Petropoulos et al., Petropoulos, Anastasios. 2016. "A Novel Corporate Credit Rating System Based on Student's-T Hidden Markov Models." *Expert Systems with Applications* 53: 87–105. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417416000257> (December 30, 2017).
- [30]Dapena et al., Dapena, José Pablo, and Juan Lucas Dapena. 2003. "SISTEMAS DE INFORMACION EN PYMES Y ACCESO AL CREDITO EN CONTEXTOS DE ASIMETRIA DE INFORMACION." : 20. http://cefim.com.ar/Informacion_Asimetrica.pdf (December 30, 2017).
- [31]Sedlak et al., Sedlak, Otilija et al. 2016. "ACCESS TO FINANCE FOR MICRO, SMALL AND MEDIUM BUSINESS UNITS IN SERBIAN AGRIBUSINESS." *EP* 201663(4): 1219–35. http://www.ea.bg.ac.rs/images/Arhiva/2016/Broj_4/7_EP_4_11_2016-7.pdf (December 30, 2017).
- [32]Rahman et al Shahinoor Rahman, Md, Md Shafiul Islam, and Md Morshadul Hasan Arif. 2016. "Investment Approval Process of ISLAMIC Banking -An Identical Investment Approval Process Model: A Case Study on Some Selected Islamic Banks in Bangladesh Investment Approval Process of ISLAMIC Banking-An Identical Investment Approval Process Model: A Case Study on Some Selected Islamic Banks in." *International Journal of Business and Economics Research Bangladesh. International Journal of Business and Economics Research* 5(5): 155–60. <http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ijber> (December 30, 2017).
- [33]Shukla et al., 2017.
- [34]Timofeeva Galina, Timofeeva. 2015. "Influence of Credit Scoring on the Dynamics of Markov Chain." In , 2010. <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4936688> (December 30, 2017).
- [35]Banco de Loja, "Informe Anual 2016," 2017. [Online]. Available: <https://www.bancodeloja.fin.ec/Portals/0/transparenciaInformacion/DiagramacionInformeAnual2016DigitalWEB3.jpg.pdf>. [Accessed: 04-Dec-2017].
- [36] Universidad Internacional de la Rioja. 2017. "Metodología Y Diseño de Gestión de Proyectos. Master En Diseño Y Gestión de Proyectos Tecnológicos."
- [37] Universidad Internacional de la Rioja. 2017. "Gestión de La Calidad Riesgos Y Evaluación. Master En Diseño Y Gestión de Proyectos Tecnológicos."
- [38] Tocto Esteban. 2011. "Optimización Y Cuantificación de Procesos Utilizando BPM." *Revista de Investigación Apuntes Universitarios* 1(1). http://revistascientificas.upeu.edu.pe/index.php/ra_universitarios/article/view/53/55 (December 30, 2017)
- [39] Banco Nacional de Fomento, 1983. Ecuador

Diseño de un prototipo de medición de postura sedente para docentes

Design of a prototype of measuring the seated posture for teachers

Geyni Arias Vargas¹, Alvaro Hernán Alarcón López², Vladimir Villarreal³, Jonathan Parra Almarío⁴

^{1,2,4} Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA Neiva, Colombia, ³ Grupo de Investigación en Tecnologías Computacionales Emergentes, Universidad Tecnológica de Panamá

¹ geyni.arias@corhuila.edu.co, ² alvaro.alarcon@corhuila.edu.co, ³ vladimir.villarreal@utp.ac.pa, ⁴ jparra@corhuila.edu.co

Resumen— Los diferentes sectores empresariales han considerado a lo largo de los años la seguridad y la salud en el trabajo como uno de los ejes principales de desarrollo de su actividad, que ya gracias a ésta se evalúan de forma constante las condiciones laborales del trabajador. En este sentido, uno de los factores más importantes es el puesto de trabajo así como el confort que éste ofrece al trabajador y como éste está asociado con posturas inadecuadas, sin importar la posición (bípeda o sedente) en la cual se desarrolla la labor. Con la ejecución de actividades repetitivas se pueden ocasionar dolencias en determinadas partes del cuerpo e incluso conducir a trastornos músculo-esqueléticos, a tal punto de desencadenar como consecuencias enfermedades laborales. Esta situación demanda entre otros, realizar la identificación de peligros o factores de riesgo por lo cual se hace indispensable el realizar procesos de monitoreo, con el fin de diseñar un plan de mejoramiento o diseño de controles para la minimización o eliminación de riesgos presentes en los ambientes laborales. De esta forma el presente proyecto de investigación aborda la medición de la postura sedente de los docentes de tiempo completo, con el factor diferenciador del diseño para uso de un prototipo electrónico de monitoreo constante de la posición del educando, siendo insumo para establecer planes de acción a nivel de seguridad y salud en el trabajo.

Palabras claves— Dolencia, posición sedente, posturas, prototipo.

Abstract— Over the years, the different business sectors have considered the health and safety at work as one of the main axes of development of their activity, which thanks to this, the working conditions of the employee are assessed. In this sense, one of the most important factors is the workplace and the comfort that it offers to the worker and is associated with inadequate postures regardless of the position (biped or seated) in which the task is carried out. The execution of repetitive activities can cause different ailments in certain parts of the body and even lead to musculoskeletal disorders, to the point of triggering occupational diseases as a result. This situation demands, among others, the identification of hazards or risk factors whereby it is essential to carry out monitoring processes, in order to design an improvement plan or controls design to minimize or eliminate risks present in the work environments. In this way, the present research project addresses the measurement of the seated posture of full-time teachers with the differentiating factor of the design for use of an electronic prototype of constant monitoring of the lecturer's position, which will be the input to establish action plans at the level of safety and health at work.

Keywords— ailment, postures, prototype, seated position.

1. Introducción

A nivel mundial las enfermedades laborales, incluidas aquellas asociadas con las posturas de trabajo inadecuadas, son una problemática cada vez más grande para las empresas e instituciones relacionadas con el sector salud; prueba de ello son los estudios realizados por entidades tales como la Organización Mundial de

Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (INSHT), entre otros. El continente americano no es ajeno a estos inconvenientes y es así como millones de trabajadores de este continente son afectados por diversas enfermedades laborales, tal y como lo afirma OPS (2016) “En las Américas existen

468 millones de trabajadores y aunque el registro de estas patologías es muy bajo, su presencia se considera invisible pues pueden causar enfermedades graves como neumoconiosis, dermatosis, sordera, asma e intoxicaciones, así como dolores lumbares, estrés, depresión y cánceres”.

En este mismo sentido y en relación con las enfermedades asociadas con las estructuras corporales el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo en su VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo y en especial en los Trastornos Músculo Esqueléticos (TME), registra entre otros datos, que según la demanda física del puesto de trabajo por actividad económica en Educación, los docentes reflejan el 36% de TME por estar sentados sin levantarse, por repetición de manos y brazos 48.1% y por adopción de posturas dolorosas o fatigantes un 33.6%. En cuanto a índices de incidencia por sobreesfuerzos según localización de la lesión, se tiene que el mayor porcentaje dado está a nivel de espalda, seguido de hombro, cuello, muñeca y brazo en su orden. En Colombia se puede analizar que según datos de Fasecolda muestran que en 2013 se registraron 10,246 enfermedades laborales calificadas. Las lesiones músculo-esqueléticas representan casi el 90% de trastornos ocasionados como la tendinitis en hombros, codos y manos, síndrome de túnel del carpo y dolores de espalda, con mayor representación. [1]

Los docentes de las Instituciones de Educación Superior (IES), no están exentos de sufrir este tipo de dolencias, debido a que gran parte del tiempo de permanencia en la institución lo dedican al desarrollo de actividades académico-administrativas, para lo cual hacen uso de un computador personal durante sesiones prolongadas en posición sedente.

De tal forma que el presente proyecto de investigación, plantea la necesidad de realizar mediciones de las posturas de los docentes en posición sedente, con el propósito de detectar anomalías en las mismas, a fin de generar alertas tempranas que permitan crear planes de acción y evitar dolencias de tipo muscular o esquelético, que pueden causar dolores extremos y conducir a situaciones de incapacidad que eventualmente afectarían el normal desempeño de la actividad académica de un educando de institución. Estas mediciones se realizarán por medio de un prototipo electrónico que combine sensores de posición, nodos receptores de información y software que permita

analizar los datos recolectados; realizándose un monitoreo constante.

Una vez implementado el prototipo beneficiará en primera medida a los docentes de tiempo completo de una de las sedes de la institución, ya que son la población objetivo del presente proyecto de investigación. Así mismo, los resultados obtenidos podrían ser usados para disminuir los riesgos producidos por los prolongados tiempos de trabajo en posición sedente de los funcionarios administrativos, como también de los educadores y cualquier tipo de personal en las instituciones educativas, entidades públicas y empresas de la región.

2. Materiales y métodos

El tipo de estudio para esta propuesta investigativa, es la no experimental con enfoque descriptivo, debido a que no hay manipulación de variables, éstas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural, no establecen, ni pueden probar, relaciones causales entre variables, al igual reseña las características de un fenómeno existente. Este tipo de estudio se aplicó especialmente para la primera fase de diagnóstico.

2.1 Población y muestra

Teniendo en cuenta la muestra poblacional propuesta para el desarrollo del estudio, se aplicaron 38 encuestas de los 43 docentes de tiempo completo que trabajan gran parte de su tiempo en posición sedente. Como instrumento se tuvo en cuenta la aplicación de una encuesta extractada del cuestionario Nórdico desarrollado por el Kuorinka y colaboradores. [2], [3]

2.2 Fases de la investigación

Para el desarrollo de este proyecto se cumplieron tres fases: diagnóstico inicial sobre los riesgos asociados y sintomatología presentada, el diseño del prototipo y por último, la formulación del plan de acción.

3. Resultados

Una vez realizado el diagnóstico inicial sobre los riesgos asociados y sintomatología presentada, se encontró:

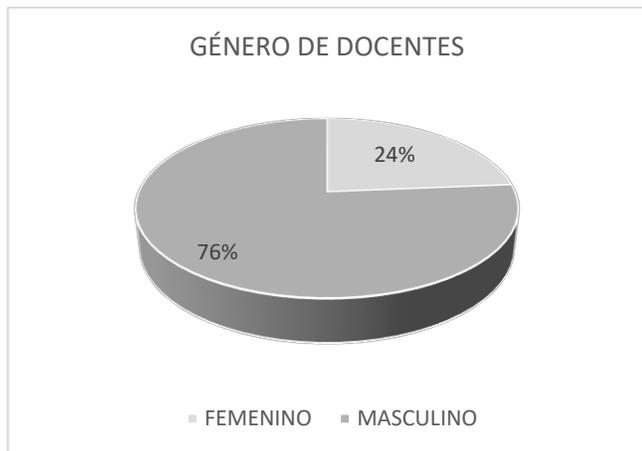


Figura 1. Clasificación según género de docentes encuestados. Fuente: los autores.

En la figura 1, se muestra que el género que predomina en la facultad de ingeniería son los hombres con el 76% dentro de la planta de personal docente.

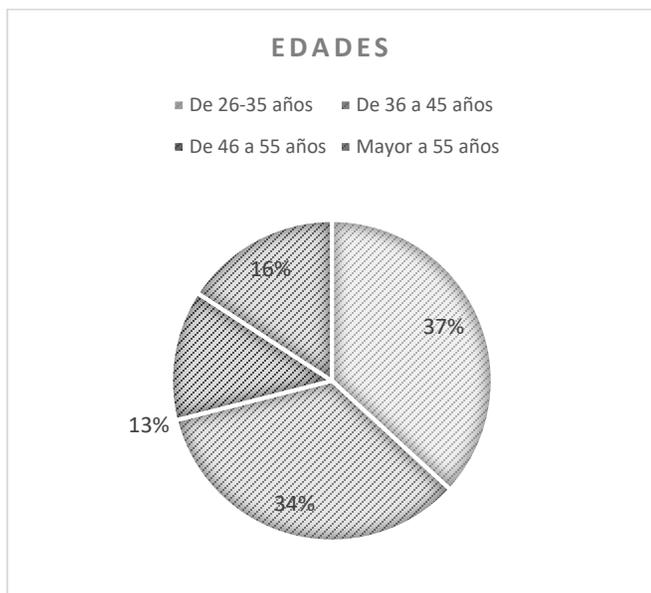


Figura 2. Clasificación según edad de los docentes encuestados. Fuente: los autores.

Según la figura 2, la edad predominante en los docentes es de 26 a 35 con una participación del 37% y le sigue en su orden en edad de 36 a 45 años con un 34% y el 29% con edades que superan los 45 años. Esto muestra que el 63% de los docentes tienen edades entre los 26 y los 45 años. Factor de riesgo para patologías osteomusculares.



Figura 3. Clasificación según el tiempo de labores de docentes. Fuente: los autores.

Continuando con la figura 3, muestra que la experiencia en la labor docente predomina el 37% con más de 10 años, en su orden de 5 a 10 años el 26% y de 3 a 5 años el 21%. Mostrando estos resultados que a mayor tiempo de exposición en labores repetitivas y o posturas estáticas, se pueden padecer trastornos musculoesqueléticos.

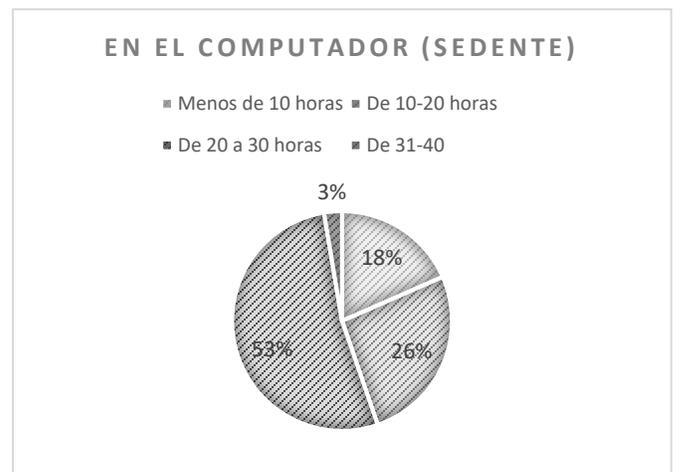


Figura 4. Porcentaje según el tiempo en postura sedente. Fuente: los autores.

Con base en la figura 4, el 53% de los docentes laboran en posturas sedentes (sentado) con dedicación de 20 a 30 horas por semana y el 26% con dedicación de 10 y 20 horas por semana. Es importante resaltar que la

posición más habitual de los docentes se encuentra la postura sedente con el 68% de participación. Esto muestra que existen factores que contribuyen al desarrollo de TME como el caso de trabajos repetitivos y posturas estáticas, favoreciendo la ocurrencia de trastornos a nivel de extremidades superiores, cuello y espalda, con mayor esfuerzo a nivel de los músculos que se comprometen. [4].

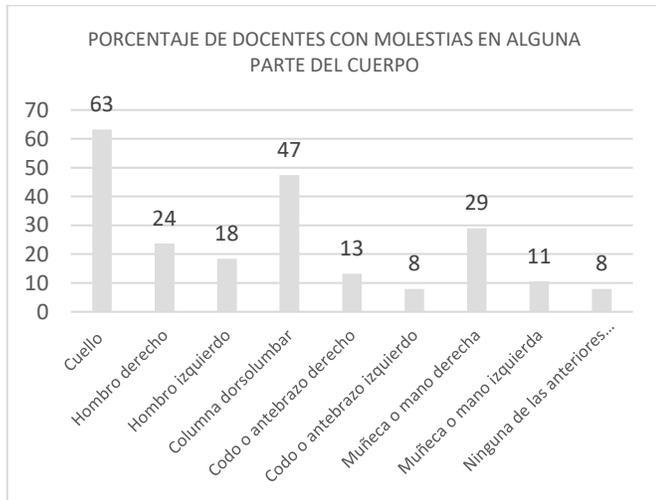


Figura 5. Clasificación del porcentaje de docentes con molestias en alguna parte del cuerpo. Fuente: los autores.

En relación con las molestias que padecen los docentes, según la figura 5, existen dolencias a nivel de cuello, hombros, columna dorso lumbar, codos y mano – muñecas. Es preocupante resaltar que con base en estos resultados existen molestias a nivel de cuello con mayor participación del 63%, del 47% con dolor a nivel de columna dorso lumbar, molestias a nivel de mano o muñeca derecha un 29%, hombro derecho un 24%, hombro izquierdo 18%, porcentajes importantes. Sin embargo se tienen otras molestias a nivel de codo o antebrazos derecho e izquierdo con predominio derecho del 13%, y mano muñeca izquierda.

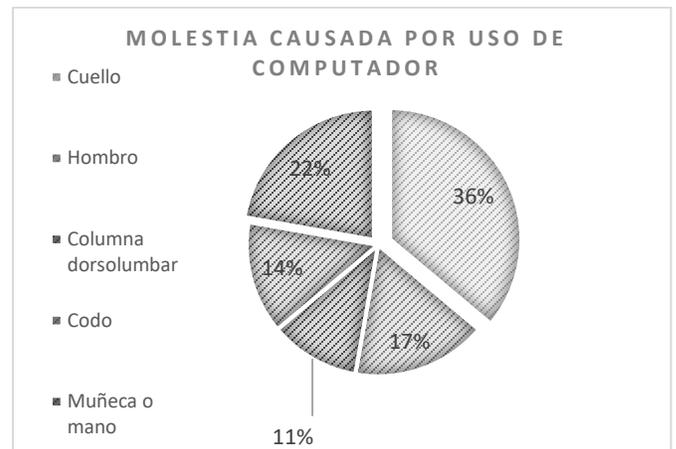


Figura 6. Clasificación de molestia causada por uso de computador. Fuente: Los autores.

Por otra parte en la figura 6, las posibles causas a las que se atribuyen los dolores o síntomas osteomusculares de los docentes, se resalta el uso del computador (incluyendo uso del mouse) con un 36% que favorece el dolor de cuello, un 22% para la mano o muñeca, el 17% para el dolor de hombro, el 14% para el dolor de codo y el 11% para el dolor de columna dorso lumbar.

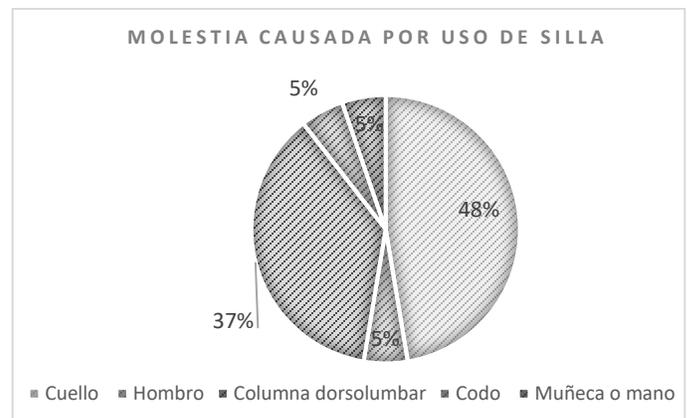


Figura 7. Clasificación de molestia causada por uso de silla. Fuente: los autores.

En cuanto a la posible causa por uso de silla, entre otras, según la figura 7, con una participación en su orden del 48% para el dolor de cuello, el 37% para la columna dorso lumbar, y en su orden un 5% para codo, mano muñeca y hombro.

Con base en los resultados obtenidos en la fase uno de diagnóstico, es importante resaltar que prevalece en orden jerárquico el dolor en el cuello, hombro derecho,

codo o antebrazo derecho, y columna dorso lumbar. Por tanto para el diseño del prototipo de medición de postura sedente de los docentes, se tomaron en cuenta los siguientes puntos de control:

Cuello: Un sensor de proximidad con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Hombro derecho: Un sensor de proximidad con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Codo o antebrazo derecho: Un sensor de proximidad con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Zona de la columna dorso lumbar o espalda baja: sensor de contacto o presión con el propósito de realizar seguimiento a la posición y los movimientos.

Continuando con la fase dos, en el diseño del prototipo se tuvo en cuenta los siguientes insumos:

Sensor de proximidad: Una vez seleccionados los puntos de medición así como el tipo de sensor a utilizar, se procede a realizar la búsqueda del dispositivo comercial adecuado para el desarrollo del proyecto. De tal forma que se selecciona el Sensor de Ultrasonido HC-SR04 como alternativa para la detección de movimiento para los puntos de cuello, hombro derecho, antebrazo derecho, este dispositivo tiene la capacidad de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 2 a 450 cm. Además es de fácil uso a través del pulso de arranque y la medición de la anchura del pulso de retorno, bajo consumo, gran precisión y bajo precio, como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Sensor de Ultrasonidos HC-SR04. Fuente: <http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>

Sensor de presión: Debido a las particularidades del proyecto, como son la instalación de sensores en una silla, se optó por el uso de sensores simples de presión a través de pulsadores sencillos que brindarán señales de activación y desactivación del mismo (uno y cero lógicos).

Tarjeta de procesamiento: Los datos provenientes de los sensores se deben recopilar por medio de un dispositivo electrónico que a su vez reenvíe las señales al terminal recolector de datos para el posterior análisis de los mismos.

El hardware seleccionado para esta labor fue la tarjeta de desarrollo Arduino Uno R3 (figura 9), ésta permite realizar una configuración rápida y sencilla del sistema de recolección y transmisión de la información, además de un costo bajo.



Figura 9. Placa Arduino usada en el prototipo.

Fuente: <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=295965.0>

Se selecciona además una tarjeta de comunicación, esta tarjeta debido a su pre configuración de fábrica para trabajar como maestro o esclavo, lo cual lo hace ideal para el desarrollo del prototipo. De esta forma a través del primer modo de funcionamiento puede conectarse con otros módulos bluetooth, como en este caso. Además es ideal para aplicaciones inalámbricas, fácil de implementar con PC, microcontrolador o módulos Arduinos. A continuación se puede observar la interconexión con la tarjeta de procesamiento de datos.

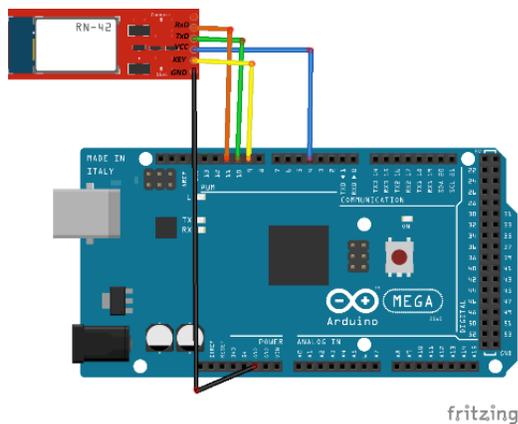


Figura 10. Módulo Bluetooth HC-05 usada para el diseño del prototipo. Fuente: los autores.

Una vez seleccionados los sensores, la tarjeta de procesamiento y el módulo de transmisión de datos, Posteriormente se complementa el diseño funcional el cual se perfecciona el esquema con la incorporación del ordenador el cual almacenará la información en una base de datos para su posterior análisis (figura 10). En la figura 11, se observa el diseño a través de un diagrama de bloques sencillo.

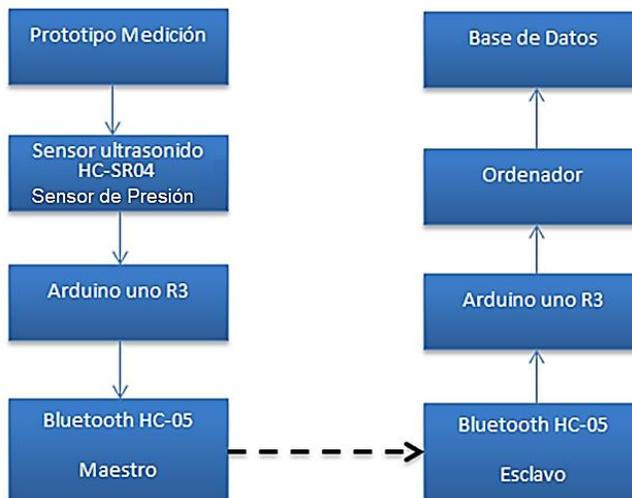


Figura 11. Diagrama de bloques de diseño tecnológico propuesto. Fuente: los autores.

Se seleccionan dos sensores tipo pulsador, los cuales estarán normalmente activos (espalda recta) y se desactivarán con los movimientos de la misma. Uno se ubicará en la parte superior de la silla con el propósito de capturar posibles inclinaciones de la parte dorsal de la columna del educador y otro en la parte inferior a fin de

detectar movimiento de la zona lumbar. Los pulsadores no interfieren con el confort de docentes, además la señal proveniente de estos se envía de forma alámbrica al Arduino.



Figura 12. Ubicación de Sensor. Fuente: <https://i.linio.com/p/b48a73a5e12567e8d6a42713474d0f2e-product.jpg>

En cuanto a la arquitectura del software, se tuvo en cuenta para la programación el uso de HTML5 con el propósito de estructurar y presentar contenido en la World Wide Web de la aplicación, así mismo se usa CSS3 para definir el estilo y apariencia de la misma. Como lenguaje de programación se selecciona Javascript ya que permite crear acciones y ser incorporado en cualquier página web, además de la facilidad de ejecución sin la necesidad de instalar otro programa para ser visualizado.

4. Conclusiones

Una vez realizado el diagnóstico de síntomas osteomusculares presentes en los docentes, se pudo concluir que en el desarrollo de funciones propias de la labor docente, prevalecen las posturas estáticas, con trabajos repetitivos, trabajos prolongados que generan en algunos casos la contracción prolongada y en otros casos, la poca actividad por la adopción de posturas sedentes, limitando el reflujo sanguíneo debido a la debilitada contracción de músculos, y el esfuerzo muscular estático, provocando fatiga muscular con mucho dolor y otros efectos. Sumado a esto, es importante tener en cuenta que la inactivación muscular, de los tendones y de los huesos, inhabilita su estructura física y funcional. [4]

Igualmente considerando los resultados obtenidos en el presente estudio, los docentes laboran habitualmente

con la posición sedente el 68% (con duración de 20 a 30 horas semanales y realizando trabajos repetitivos como la digitación de textos), el 82% trabaja con su mano derecha (dominante), y postura bípeda el 32%. Estos datos están estrechamente relacionados con el padecimiento de dolores osteomusculares a nivel de extremidades superiores, dolor de cuello, columna dorsolumbar, hombro, codo, mano y muñeca derecha. Realizando un comparativo con los resultados obtenidos en la II encuesta nacional, las afecciones dolorosas de origen músculo-esqueléticos, coincidentalmente se refiere tener dolor lumbosacros, zona media dorsal, zona cervical, miembros superiores e inferiores, hombro y muñecas, con porcentajes importantes que se asocian con la prevalencia e incidencia de enfermedades laborales del sistema osteomuscular.

La población objeto del estudio refiere que los factores causales de dolores osteomusculares presentes, se atribuyen al uso del computador y mouse, como a las posturas adoptadas en la realización de tareas repetitivas y sedentes.

Conviene subrayar que la fatiga muscular es “la disminución de la capacidad física del individuo, después de haber realizado un trabajo, durante un tiempo determinado”, provocada por el trabajo estático e isométrico, de tal forma que favorece la compresión de los vasos sanguíneos y como consecuencia la acumulación de ácido láctico. A diferencia de los trabajos dinámicos las contracciones facilitan el flujo sanguíneo permitiendo la irrigación sanguínea y el aporte del oxígeno. [5]

Siendo los trastornos musculo-esqueléticos una de las principales causas de ausentismo laboral y por ende de aumento en sus costos tanto directos o indirectos a causa de incapacidades, tienen la tendencia a producir enfermedades osteomusculares como la epicondilitis, bursitis, síndrome del túnel carpiano, dolores lumbares y dorsales, cansancio y agotamiento físico y psicosocial; dando como resultado la disminución de la calidad de la salud y una baja productividad para la organización como para el mismo trabajador. Es decir, se puede concluir que los trabajos repetitivos son directamente proporcionales a la incidencia y prevalencia de sufrir lesiones o daños a nivel osteomuscular. [6]

Por otra parte según el INSHT en España, es importante tener en cuenta que dentro de los factores multicausales para la aparición de afecciones músculo-esqueléticas están los trabajos repetitivos con ciclos de trabajo menores a 30 segundos por ciclo, lo cual implica una fuerza manual que aumentan la aceleración angular

de la muñeca, su tensión y por ende la fuerza transmitida a los tendones de las mismas. [5]

El diseño del prototipo presentó varios desafíos, como fue la selección de los puntos de medición de la postura sedente, así como la selección de los sensores adecuados; esto debido a que una mala selección de los mismos podría acarrear en errores de la toma de datos, por tanto se hizo necesario un análisis detallado de las encuestas realizadas e fin de obtener los puntos críticos a monitorear y por ende para su posterior aplicación. Finalmente es conveniente resaltar que de acuerdo con la Guía Técnica para el Análisis de Exposición a Factores de Riesgo Ocupacional del Ministerio de Protección Social, es importante continuar con la evaluación de los riesgos laborales en prevención, incluyendo cuatro etapas así: a) la identificación de los peligros, b) la jerarquización de los riesgos, c) el control de los riesgos, y d) el plan de acción para la prevención. [7].

Como complemento y una vez practicados los exámenes ocupacionales, las empresas deben realizar la valoración médica individual a los trabajadores que han sido clasificados como susceptibles por presencia de condiciones individuales de riesgo y, a aquellos trabajadores definidos como sintomáticos, se deben considerar como casos probables y practicarles valoración médica específica. [8].

5. Agradecimiento

Agradecemos al Dr. Vladimir Villarreal y a la Universidad Tecnológica de Panamá por sus asesorías y transferencia de conocimiento y por la financiación del proyecto a la Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA.

6. Referencias

- [1] Prevencionar.com, «Sánchez, Toledo y Asociados.» 16 01 2018. [En línea]. Available: <http://prevencionar.com.co/2015/10/07/enfermedades-mas-comunes-en-los-trabajadores-colombianos/>.
- [2] A. P. Dawson, E. J. Steele y P. W. H. & a. S. Stewart, «Development and test-retest reliability of an extended version of the Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ-E): a screening instrument for musculoskeletal pain,» *The Journal of Pain*, vol. 10, nº 5, pp. 517-526, 2009.
- [3] I. Kuorinka, B. Jonsson, A. Kilbom, H. Vinterberg, F. Biering-Sørensen y G. A. & K. Jørgensen,

- «Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms,» *Applied Ergonomics*, vol. 18, n° 3, pp. 233-237, 1987.
- [4] OMS, «PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOSQUELÉTICOS EN EL LUGAR DE TRABAJO,» 15 01 2018. [En línea]. Available: http://www.who.int/occupational_health/publications/en/pwh5sp.pdf?ua=1.
- [5] UNIR, Medicina del Trabajo, Ergonomía y Psicociología Tomo III, La Rioja España: Unir, 2014.
- [6] G. A. Vargas, «ESTUDIO DE PUESTO DE TRABAJO CON METODOLOGÍA RULA A DOCENTES USUARIOS DE PVD- PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS,» Neiva Huila, 2016.
- [7] Ministerio de la Protección Social, «Fondo de Riesgos Laborales,» 23 01 2018. [En línea]. Available: <http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/Publicaciones/Guias/GUIA-TECNICA-EXPOSICION-FACTORES-RIESGO-OCUPACIONAL.pdf>.
- [8] MinProtección Social, «(GATI-DME),» 24 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/GATISO-DESORDENES%20MUSCULARES%20ESQUELETICOS.pdf>.
- [9] «V. Velasco and A. Mauricio, "Estudio de la agricultura de precisión enfocado en la implementación de una red de sensores inalámbricos (WSN) para el monitoreo de humedad y temperatura en cultivos – caso de estudio hacienda Cabalinus ubicada en la provincia».
- [10] INSHT, «Trastornos Musculo Esqueléticos en el Ambito Laboral en Cifras,» 01 11 2012. [En línea]. Available: <http://www.oect.es/Observatorio/5%20Estudios%20tecnicos/Otros%20estudios%20tecnicos/Publicado/Ficheros/EI%20TME%20en%20el%20%20C3%A1mbito%20laboral%20en%20cifras.pdf>.
- [11] Mintrabajo- OISS, 24 01 2018. [En línea]. Available: http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/encuestas/II_ENCUESTA_NACIONAL_CONDICIONES_SST_COLOMBIA_2013.pdf.
- [12] OIT, «Organización Internacional del Trabajo,» 26 01 2017. [En línea]. Available: <http://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.htm>.
- [13] OMS, «Centro de Prensa, Organización Mundial de la Salud,» 17 01 2018. [En línea]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>.
- [14] O. Mintrabajo, 19 01 2018. [En línea]. Available: http://fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/publicaciones/encuestas/II_ENCUESTA_NACIONAL_CONDICIONES_SST_COLOMBIA_2013.pdf.
- [15] OISS, «II Estrategia Iberoamericana de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020,» 20 01 2018. [En línea]. Available: <http://www.oiss.org/estrategia/IMG/pdf/EISST-2015-2020.pdf>.
- [16] Ministerio del Trabajo, «Afiliados, ATEL en Colombia 2016,» 20 01 2018. [En línea]. Available: <http://cifooiss.co/mintrabajo2017/afiliados-accidentes-de-trabajo-y-enfermedad-laboral-en-colombia-en-2016/>.

Aplicación de Heurísticas de Usabilidad de Nielsen sobre la Plataforma Moodle 2.8.3 +Build 20150225 de la Institución Universitaria Colegio Mayor Del Cauca

Application of Nielsen Usability Heuristics on the Moodle Platform 2.8.3 + Build 20150225 of the Colegio Mayor del Cauca University Institution

Dayner Felipe Ordoñez López¹, Alberto Bravo Buchely²

^{1,2} Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca

¹dordonez@unimayor.edu.co,²abravo@unimayor.edu.co

Resumen- En este artículo se evidencia la realización de un estudio de usabilidad llevado a cabo por el grupo de Investigación HEVIR de la IUCMC sobre el sistema de aprendizaje en línea, Moodle. La realización de este estudio tiene como finalidad determinar si los problemas con los que cuenta este sistema son ocasionados al grado de usabilidad, para ello se selecciona las herramientas que considere adecuadas, se realiza la verificación del cumplimiento de los principios heurísticos mediante los instrumentos, y por último genera un conjunto de elementos de mejora.

Palabras claves–Usabilidad-Moodle-Heurísticas-Educación-Laboratorio de Usabilidad.

Resumen- This article demonstrates the realization of a usability study carried out by IUCMC's HEVIR research in the online learning system, Moodle. The objective of this study is to determine if the problems of this system are caused to the degree of usability, for this, select the tools that it considers appropriate, performs the verification of the compliance of the heuristic principles through the instruments, and by last one generates a set of elements of improvement.

Keywords: Usability-Moodle-Heuristics-Education- Laboratory of Usability

1. Introducción

Uno de los usos de la tecnología que quizás es de los más polémicos se fundamenta en su aplicación en el área educativa, ya que el manejo de la misma, la gran cantidad de información puede representar una salida fácil para el estudiante y evitarle la indagación personal. Las herramientas tecnológicas representan una ayuda para cualquier persona que recurra a ellas sin importar el propósito, es por esto que el estudiante contemporáneo tiene más caminos para desarrollar las actividades académicas y así aprobar de manera satisfactoria una asignatura. Aunque el uso incorrecto de medios tecnológicos puede representar otra alternativa para el estudiante poco dedicado, las herramientas de la tecnología también pueden facilitar el proceso educativo en gran medida.

Los entornos virtuales de aprendizaje son un ejemplo de ello. A través de una red se genera un canal de comunicación entre profesor y estudiantes, así estos pueden compartir conocimientos y despejar inquietudes con grandes ventajas[1].

1.2 Planteamiento del problema

La Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca cuenta con una plataforma virtual de aprendizaje establecida sobre Moodle version 2.8.3 +Build 20150225. Según un informe de utilización de la misma entre los años 2011 a 2016, se puede concluir que el uso de esta herramienta en la institución es demasiado bajo debido a que el porcentaje de estudiantes que hacen uso de esta herramienta es menor del 10%. Razón por la cual es importante plantearse la siguiente pregunta:

¿Es el grado de usabilidad de la plataforma Moodle en su versión 2.8.3 el responsable de los bajos niveles de uso en la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Aplicar heurísticas de usabilidad de Nielsen sobre la plataforma Moodle 2.8.3 +Build20150225 de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un proceso de selección de las heurísticas declaradas por Jacob Nielsen que permitan establecer aportes y resultados significativos para el desarrollo óptimo del proyecto.
- Especificar los instrumentos de medida de usabilidad necesarios y desarrollar un curso de prueba en la plataforma Moodle que permita hacer las respectivas pruebas de usabilidad.
- Aplicar por medio de los instrumentos la evaluación heurística a una muestra de la población objetivo en la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca.

2. Conceptos generales usabilidad

Cuando se habla de calidad se refiere generalmente al estado de algún producto o servicio, es común escuchar de calidad sobre todo en el ámbito de la mercadotecnia, pero ¿qué se define en realidad como calidad? y sobre todo ¿cómo se puede aplicar este concepto cuando se habla de algo tan relativo como la calidad de un producto software?

“La calidad se define como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos (entendiéndose por requisito necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria)”[1], es decir que la calidad es un concepto que depende del cumplimiento de cierto número de sub características, una de ellas y sobre la cual se va a centrar este proyecto es la Usabilidad..

La inclusión de las tecnologías de la comunicación en el ámbito académico con el transcurso del tiempo se hizo cada vez más inminente, y con el fin de que los estudiantes desarrollaran las competencias, las instituciones de educación superior establecieron un

vínculo combinando las herramientas de la educación tradicional con las que brinda internet. La RLTE (Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa) (Vilaseca Requena, Meseguer Artola, Ficapal Cusí, Torrent Sellens, & Cortadas Guasch, 2006) resalta una necesidad de profundizar en una enseñanza científica y técnica, en la cual estén incorporadas las herramientas tanto de la educación presencial como las que ofrece internet. Moodle es un Sistema de Gestión de Aprendizaje como se indica en la figura 1. Está basado en los sistemas de gestión de contenidos educativos[2] diseñado a través de principios pedagógicos, promueve la filosofía de constructivismo social usando las herramientas que brinda internet. Debido a su flexibilidad, también puede ser usado en distintos ambientes educativos.

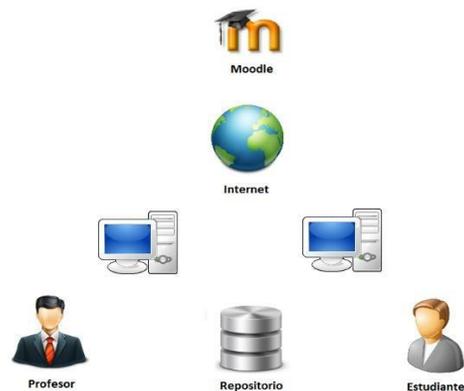


Figura 1. Gráfico de funcionamiento de Moodle. Fuente:

La figura 2 proporciona unas pautas que pueden utilizarse como apoyo para la elección entre los diferentes productos o servicios software, cuando se han especificado los requisitos de Usabilidad frente a los objetivos propuestos, del contexto de utilización y los resultados de las medidas de eficacia, eficiencia y satisfacción que se van a utilizar[1].

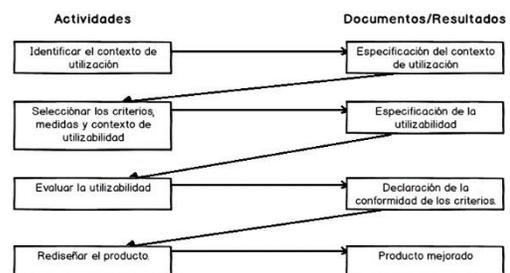


Figura 2. Actividades de usabilidad y documentos asociados. Fuente: ISO 9241-11, 1998.

La figura 3 muestra la estructura que ayuda a especificar los aspectos que hay que tener en cuenta en el momento de medir la usabilidad y sus interrelaciones.

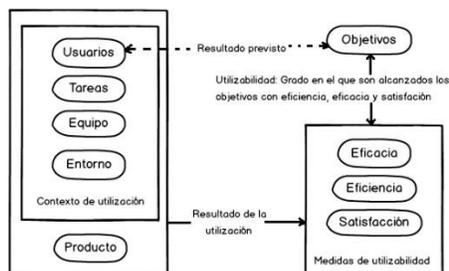


Figura 3. Componentes de usabilidad. Fuente: ISO 9241-11,1998

3. La usabilidad aplicada a moodle

A lo largo de la trayectoria de Moodle, se han desarrollado una variedad de versiones adaptándose a las necesidades de la época, actualmente la última versión disponible es la

3.2.1, y aunque se han realizado diferentes estudios a las versiones, no se conoce un estudio que mida el grado de usabilidad[3] con el que esta plataforma cuenta, lo cual es preocupante ya que no se trata de un aplicativo al que se recurra por ocio, sino de un aplicativo para uso educativo.

Existen instrumentos como SIRIUS y WAMI que de manera automatizada realizan evaluaciones de usabilidad, las herramientas de este tipo están diseñadas generalmente para aplicativos web y muchas de ellas reúnen criterios de los autores más representativos, sin embargo, la precisión de los resultados obtenidos mediante el uso de estas herramientas pueden variar ya que estas están diseñadas con base en algoritmos computacionales que pueden dejar de lado factores importantes, en algunos casos no ofrecen los argumentos necesarios para considerar algo como un error, por ende sigue siendo más factible realizar una evaluación manual cuando se desean resultados de alto nivel.

Aunque los métodos de evaluación de usabilidad pueden ser clasificados actualmente no existe una patente que certifique su reglamentación[4], por tal razón los distintos autores e investigadores de esta materia, definieron sus propias clasificaciones de métodos para la realización de la evaluación de la usabilidad, para ello se basaron en el nivel de interacción de usuario, el escenario, las tareas a desarrollar etc.

4. Diseño del estudio

Actualmente en el centro de cualquier estrategia empresarial la experiencia del usuario es un factor representativo que es necesario tener en cuenta. La tecnología ha inferido de diferentes maneras en la comunicación que existe entre las organizaciones o instituciones y los usuarios. Por esta razón, las empresas han identificado que contar con espacios virtuales para fortalecer la comunicación con sus usuarios puede representar la diferencia[5]. Algunas páginas web y plataformas de aprendizaje como son LMS, se han visto obligados a crear estrategias para poder obtener las opiniones de los usuarios de una manera clara y concisa.

Para este caso en particular, se realiza un estudio en que se verifica el cumplimiento de las heurísticas planteadas por Jakob Nielsen en la plataforma Moodle, específicamente la versión que está siendo usada por la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, es por eso que es necesario dejar en claro las etapas del proceso evaluativo que orientaran al equipo técnico a conseguir resultados que se acerquen a la realidad.

4.1 Evaluación Heurística

En esta evaluación, se requiere de un grupo de evaluadores que sean expertos en las heurísticas escogidas. La realización de una prueba de usabilidad está compuesta por las siguientes etapas[6]:

- Realización de un análisis de manera personal por parte de cada uno de los expertos, con el fin de encontrar problemas de acuerdo a un conjunto de heurísticas de referencia.
- Socialización del análisis realizado.
- Categorización de los problemas encontrados de acuerdo a las heurísticas.
- Calificación de los problemas de acuerdo a una escala escogida.
- Análisis de resultados.

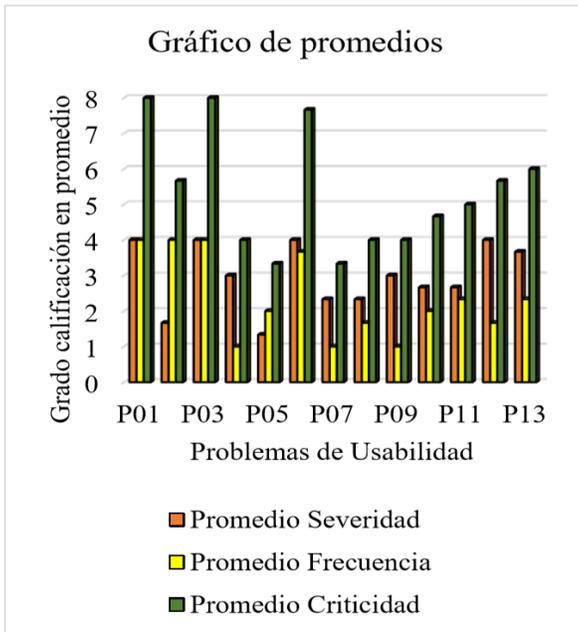


Figura 4. Componentes de usabilidad. Fuente: Propia

La Figura 4 indica la desviación estándar que permite realizar un análisis más concreto de los resultados obtenidos[7]. En esta ilustración es posible visualizar tres columnas para cada problema, cada una corresponde a los criterios tenidos en cuenta para la realización de la prueba. El tamaño de la barra representa la desviación, es decir que entre más cerca este una barra del cero, la opinión de los expertos fue más unánime, por ende las barras de valores más altos representan el desacuerdo. Se aclara que en este estudio únicamente serán tenidos en cuenta los datos que se encuentren aproximados a un punto, ya que durante el desarrollo de la evaluación la diferencia promedio entre los datos obtenidos es equivalente a 1[8].

Tabla 1. Ranking de problemas según la criticidad

P02	Hay cursos grupados de manera incorrecta	1,66	4	5,66
P12	El sistema no prevé errores	4	1,66	5,66
P11	Las etiquetas de navegación son confusas.	2,66	2,33	5
P10	El sistema no prevé errores.	2,66	2	4,66
P04	El proceso de creación de cursos no es flexible	3	1	4
P08	Hacer uso de la herramienta foro es complejo	2,33	1,66	4

P09	El sistema no es fácilmente parametrizable	3	1	4
P05	Es necesario memorizar en caso de error	1,33	2	3,33
P07	No se evidencian atajos.	1,33	2	3,33

4.2 Conclusión general de la Evaluación

En la tabla 1 se evidencia que en los problemas P1y P3, los evaluadores están en total acuerdo, estos son problemas que requieren mayor atención por parte de los desarrolladores del aplicativo.

Los problemas P1 y P3 hacen referencia a los mensajes de error que genera la plataforma, y a la baja prioridad que el LMS le da a la información relevante. Por la severidad y frecuencia revelada en estos problemas se puede inferir que corregirlos es de prioridad alta.

En los problemas P2, P7 y P10 se revela que los evaluadores están en total acuerdo en la frecuencia en la que se dan estos problemas, sin embargo se puede inferir que en cuanto a la severidad y criticidad existe una desviación, sin embargo los problemas son de magnitud considerable y es necesario tenerlos en cuenta, corregirlos representa una mejora significativa en el aplicativo. Los problemas P2, P7 y P10 hacen referencia a la jerarquía en la que se organizan los cursos, la ausencia de combinación de teclas para agilizar tareas y la ausencia de indicadores que permitan completar acciones.

En los problemas P4 y P9 se revela que la frecuencia con la que se dan estos problemas alta, sin embargo los evaluadores no llegan a un acuerdo en cuanto a la severidad y por tanto la criticidad tampoco es concreta. Corregir este tipo de problemas es necesario, aunque es más importante darle prioridad a aquellos en los que la decisión de los evaluadores fue unánime.

Los problemas P4 y P10 hacen referencia a la dificultad que existe para la creación de cursos y personalización de la herramienta.

Con base en el ranking de criticidad los problemas que requieren de más atención son el P01, P03 y el P06, los cuales hacen referencia a los problemas en los mensajes de error generados, la poca visibilidad de los cursos y la ausencia de un panel de ayuda.

4.3 Soluciones Propuestas

La tabla 2, ilustra las soluciones que se proponen para cada uno de los problemas detectados [9].

Tabla 2. Recomendaciones a la solución de problemas

ID	RECOMENDACIÓN
P01	Corregir los mensajes de error, estos no deben usar terminología técnica, ni estar en otro idioma. El mensaje debe indicar que sucedió y ofrecer alternativas de solución para el usuario
P02	Eliminar el contenido adicional del apartado en el que se muestran las categorías, los banners y fotografías empujan los cursos hacia abajo e impiden su visualización
P03	Se recomienda eliminar los paneles laterales o brindar la opción de ocultarlos ya que estos están ocupando gran parte de la interfaz que puede ser mejor aprovechada por el usuario.
P04	Establecer una configuración por defecto al momento de crear un curso ya que el formulario de creación actual exige demasiados parámetros que pueden generar confusión o desorientación.
P05	Implementar un método que guarde los datos de los formularios de registro antes de ser enviados, de esta manera si una persona rellena los campos del cierto formulario y no lo completa por algún error, no le será necesario completarlo todo nuevamente
P06	Implementar una sección de ayuda en el aplicativo en la que se brinden manuales de uso, respuestas a las preguntas frecuentes y detalles de las herramientas con las que cuenta entre otros.
P07	Imprentar atajos para acceder a las secciones clave del aplicativo, como el menú principal y el área personal
P08	Implementar un sistema que permita agilizar el proceso de respuesta en los foros, eliminar detalles como la configuración del tipo de fuente, tamaño y demás puede hacer que el usuario se enfoque solo en responder
P09	Adaptar la el aplicativo en cuestiones de diseño es una tarea que requiere de amplio conocimiento en el mismo, es recomendable establecer una sección de configuraciones destinada al administrador del sitio con opciones más simples que permitan la personalización, como por ejemplo cambiar el logo o el color de fondo.
P10	Corregir el sistema que verifica que los campos obligatorios de los formularios estén completos
P11	Eliminar el panel de navegación o la miga de pan, ya que estas brindan información reiterativa. Una de las dos herramientas es suficiente para permitir la navegación del usuario.
P12	Implementar un sistema que genere mensajes de confirmación antes de completar acciones, o de características propias del sistema para evitar que el usuario cometa errores.
P13	Cambiar la animación que se muestra al momento de subir archivos o incluir el porcentaje a un

lado para indicarle al usuario el progreso de sus acciones.

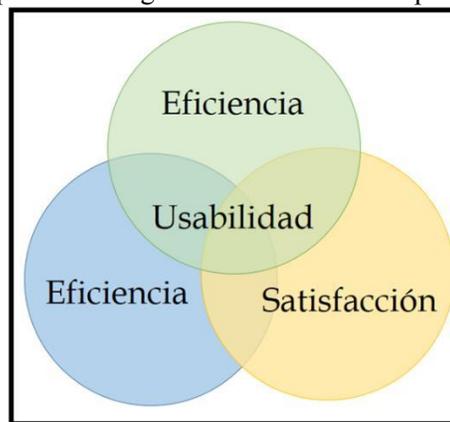
5. Test de usuario

Esta forma de evaluación es la más usada en cuanto a estudios de usabilidad, sus resultados son considerados los más precisos ya que no dependen del nivel del evaluador si no directamente del usuario. El test de usuario que se plantea para este estudio cuenta con las siguientes etapas:

- Acuerdo de confidencialidad
- Cuestionario Pre - Test
- Curso de prueba
- Cuestionario Pos – Test

Para el desarrollo de este tipo de evaluación es necesario contar con un criterio o estándar que permita evaluar la información obtenida mediante el test. Para este estudio en particular se utilizó la norma ISO 9241-11.

La norma ISO 9241-11 define la Usabilidad como el grado en el que se cumplen tres características específicas, la eficiencia, eficacia y satisfacción, figura 6, con el cual el entorno de un sistema garantiza en cierta medida que los usuarios podrán alcanzar los objetivos que se propongan, de esta manera la usabilidad ayuda tanto a los desarrolladores como a los usuarios, debido a que permite el cumplimiento de dichos objetivos y proporciona un grado de calidad en los productos[10].



*Figura 6. Gráfico de componentes de usabilidad.
Fuente: ISO 9241-11*

Para encontrar resultados más precisos en este estudio es necesario realizar la prueba tanto a profesores como a estudiantes, por ende, los resultados aquí expuestos serán divididos en los roles correspondientes. Los objetivos propuestos a desarrollar para cada una de las pruebas son los siguientes:

Estudiantes: Acceder a Moodle, Acceder al curso, Realizar un aporte en el foro, Editar el aporte que realizo en el foro, Regresar al curso, Subir documento

Profesores: Acceder a Moodle, Acceder al curso, Calificar una tarea, Proponer una nueva actividad, Regresar al curso, Subir documento

5.1 Desarrollo del test de usuario.

Con base en los elementos expuestos anteriormente se llevó a cabo el test de usuario en el laboratorio de usabilidad, Figura 7, para el óptimo desarrollo de la prueba se tuvo en cuenta los roles definidos.



Figura 7. Fotografía del laboratorio de usabilidad.

5.1.1 Eficiencia

La eficiencia es la precisión y grado de consecución con que los usuarios logran objetivos establecidos (ISO, 9241-11, 1998). Para medir la eficiencia en este estudio se utilizó el tiempo como recurso, por tanto, es necesario determinar un tiempo ideal para cada objetivo.

En síntesis si un evaluado tarda lo establecido o menos, se puede afirmar que su resultado está dentro del estándar, de igual manera si excede el tiempo ideal su resultado estaría por fuera del estándar, sin embargo realizar una valoración de esta manera no sería lo más conveniente, algunos datos significativos quedarían por fuera del resultado, por esto, el equipo propone una escala para asignar valores a los resultados de cada evaluado, de esta manera si un evaluado gasta algunos segundos de más realizando la prueba, su resultado no será el mismo a de aquel que gasta más de un minuto o quizás dos.

La tabla 3 muestra la escala de valoración en términos porcentuales, cualquier evaluado que se demore el tiempo ideal, o menos realizando un objetivo se le asigna el 100% del resultado, de la misma manera, si se tarda entre uno y treinta segundos más de lo establecido se le asigna el ochenta por ciento, mediante este esquema, serán asignados valores porcentuales menores a medida que el tiempo transcurrido se aleje del tiempo ideal.

Tabla 3. Escala de valoración por segundos

ESCALA	
100	Por debajo o igual del ideal
80	<1 & >=30
50	<31 & >=60
0	<91

5.1.1.1 Eficiencia en estudiantes y Docentes

Con los resultados obtenidos durante el desarrollo de la prueba se generó la tabla 4 y 5, las cuales muestran el grado de eficiencia obtenido en estudiantes y docentes respectivamente.

Tabla 4. Promedio de éxito y eficiencia obtenida para estudiantes

PROMEDIO	
O1	60%
O2	100%
O3	46%
O4	76%
O5	96%
O6	40%
PROMEDIO	69,66666667%

Tabla 5. Promedio de éxito y eficiencia obtenida para profesores.

PROMEDIO	
O1	76%
O2	100%
O3	32%
O4	72%
O5	96%
O6	80%
PROMEDIO	76%

Por último, se calcula la eficiencia total mediante el uso de los datos obtenidos en cada rol, los resultados quedan ponderados en la tabla 6.

Tabla 6. Eficiencia obtenida

ROL	PORCENTAJE
-----	------------

PROFESORES	76%
ESTUDIANTES	69,66666667%
EFICACIA	72,833333%

5.1.2 Eficacia

La eficacia es la relación entre los recursos empleados y la precisión y el grado de consecución con que los usuarios logran objetivos establecidos [11].

5.1.2.1 Eficacia en estudiantes y Profesores

Los datos obtenidos en durante el desarrollo de la prueba de los estudiantes y docentes se encuentran en la Tabla 7 y 8 respectivamente.

Tabla 7. Éxito y fracazo de los estudiantes

ESTUDIANTES			
ID	EXITO	FRACASO	% EXITO
01	4	1	80%
02	5	0	100%
03	5	0	100%
04	3	2	60%
05	3	2	60%
06	3	2	60%

Tabla 8. Éxito y fracazo de los profesores

PROFESORES			
ID	EXITO	FRACASO	% EXITO
01	4	1	80%
02	5	0	100%
03	3	2	60%
04	4	1	80%
05	5	0	100%
06	3	2	60%

5.1.2.2 Grado de eficacia de Moodle

Mediante los resultados obtenidos por cada uno de los roles se realiza un cálculo de la media y se obtiene que el grado de eficacia de la plataforma según el estudio es del 78,33333%, como lo muestra la tabla 9.

Tabla 9. Grado de Eficacia obtenido

PORCENTAJE	
PROFESORES	80%
ESTUDIANTES	76,66666667%
EFICACIA	78,333333%

5.1.3 Satisfacción

La satisfacción es uno de los aspectos más relativos y más polémicos de medir, ya que para capturar las emociones de una persona y tabularlas es necesario

romper la barrera de lo subjetivo y convertirlo en cuantitativo[12]. Para medir la satisfacción en este estudio se utilizó la técnica del diferencial semántico, en la cual se establecen preguntas relacionadas con la satisfacción. La tabla 10 muestra los resultados obtenidos del post-test, este instrumento fue aplicado en las personas que fueron sometidas a la Evaluación, en ella A significa muy fácil hasta E que significa muy difícil.

Tabla 10. Resultados obtenidos del Post-test

PREGUNTAS	A	B	C	D	E
Utilizar el programa ha sido	1	4	3	2	0
Encontrar las características que quería en cada menú ha sido:	1	5	4	0	0
Comprender los mensajes ha sido	1	4	4	1	0

La tabla 11 muestra el porcentaje de usuarios que escogieron cada una de las respuestas propuestas, para medir la satisfacción se toma el porcentaje de personas que escogieron las respuestas: “Muy fácil, fácil y Normal”.

Tabla 11 Porcentaje total de respuestas

PORCENTAJE				
MUY FACIL	FACIL	NORMAL	DIFICIL	MUY DIFICIL
10	43,33333	36,66667	10	0

Tabla 11. Porcentaje total de respuestas

Según los datos obtenidos en la tabla 11 se puede inferir que el resultado que arrojó el estudio en cuanto a satisfacción es del 90%.

5.2 Resultados del test de usuario

Conforme a lo establecido en la norma ISO 9241- 11, se realiza el cálculo del promedio de los tres atributos obtenidos mediante el test de usuario. La tabla 12 muestra los datos de los resultados de cada atributo y el promedio, dando como resultado que según el estudio realizado, la plataforma Moodle, versión 2.8.3 cuenta con un grado de usabilidad del 80,38888889%.

Tabla 11 Porcentaje de usabilidad obtenido

PRINCIPIOS DE LA NORMA 9241-11	PORCENTAJE
EFICACIA	78,333333%
EFICIENCIA	72,83333333%
SATISFACCION	90%
USABILIDAD	80.388888889%

Mediante el la evaluación de usabilidad [13] a través del test de usuario se obtienen los datos porcentuales de cada uno de los atributos que componen a la Usabilidad, pero también cabe resaltar que este tipo de test ofrecen detalles muy puntuales a nivel de diseño que son necesarios resaltar, por ello se exponen las siguientes recomendaciones.

6. Recomendaciones y Conclusiones

La ubicación que se le dé al LMS dentro del sitio web de la institución es un factor que es inherente a las funcionalidades de Moodle, sin embargo, de él depende en gran medida el uso del LMS. Según se evidencia en las pruebas, se puede afirmar que el botón que direcciona a la plataforma virtual desde la web de la institución se encuentra en el acordeón que se despliega al pasar el cursor sobre la sección de estudiantes. No es posible encontrar otro acceso a la plataforma, es decir que el acceso al aplicativo está recluido únicamente en un acordeón animado de la barra de tareas. Se recomienda designar un espacio en el sitio web institucional exclusivo para la plataforma y que de esta manera sea fácilmente localizado por sus usuarios.

Uno de los problemas encontrados durante el estudio que más relevancia generó, fue el referente al diseño estético y minimalista, lamentablemente la versión 2.8.3 de Moodle cuenta con paneles laterales que están presentes durante toda la navegación, aunque la función principal de estos es permitir que el usuario navegue con facilidad, en realidad están ocasionando problemas, ya que son reiterativos, la información de algunos es la misma y opacan en todo momento el contenido de interés para el usuario, se recomienda la eliminación de estos paneles laterales o la opción de hacerlos invisibles. De esta manera el usuario podrá aprovechar el monitor de una mejor manera y evitara perderse en la cantidad de opciones que tiene actualmente.

Es importante tener en cuenta que un panel de ayuda y documentación puede facilitar a un usuario la realización de tareas y la familiarización con el entorno en donde va a trabajar. La versión 2.8.3, no evidencia la existencia de dicho apartado, razón por la cual los usuarios se enfrentan a los errores y a las particularidades del aplicativo por sí mismos.

La usabilidad es un atributo de la calidad que debe ser tenido en cuenta durante el desarrollo de cualquier aplicativo software. La usabilidad orienta a los equipos de desarrollo a hacer productos que sean entendibles, fáciles de manejar y configurar, por ende este atributo determina en gran medida el éxito y la relación de un producto de esta índole sobre una población.

Un estudio de usabilidad puede dar a conocer diferentes aspectos de un aplicativo software, estos generalmente son tomados a la ligera pero, según lo transcurrido

durante el desarrollo de este estudio, se evidenció que algunos detalles de diseño inherentes a la funcionalidad del aplicativo representan una diferencia considerable en el impacto que tiene sobre los usuarios.

Referencias

- [1]. Alva Obeso, M. E. (2005). Metodología de Medición y Evaluación de la Usabilidad en Sitios Web Educativos. Oviedo: UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
- [2]. Guerrero, K. G. (2012). Formación del docente en contextos b-learning: implicaciones tecnológicas, investigativas y humanísticas. Virtual Universidad Católica del Norte, 48-74.
- [3]. Ferre Grau, X. (2001). Principios Básicos de Usabilidad para Ingenieros Software. Lapices de colores, 115-129.
- [4]. González, J. S. (2016). Métodos de Evaluación de Usabilidad para Sistemas de Información Web: Una revisión. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Gonzáles, M. P., Pascual, A., & Lorés, J. (2006).
- [5]. Evaluación Heurística. La Interacción Persona-Ordenador (págs.100 - 137). Zaragoza, España: Asociación Interacción Persona Ordenador (AIPO)..
- [6]. Nielsen, J., & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces. Proceedings of the ACM CHI 90 Human Factors in Computing Systems Conference (págs.249-256). Washington: CHI 90 PROCEEDINGS
- [7]. Lirola Sabater, F., & Pérez Garcias, A. (2015). La usabilidad percibida y el grado de satisfacción en la plataforma moodle de la UIB a partir del cuestionario SUS. XVIII Congreso Internacional EDUTEC "Educación y Tecnología desde una visión Transformadora (págs. 1-11). Riobanba- Ecuador: Edutec
- [8]. Ortégón Cortázar, G. (2015). Optimización de sistemas de gestión académica. Una propuesta de gestión, medición y procesamiento de datos en un entorno virtual de aprendizaje para la toma de decisiones en instituciones educativas. Revista EAN, 1-2.
- [9]. Ontoria Peña, M. (2014). La plataforma Moodle: características y utilización en ele. En N. M. Contreras Izquierdo, La enseñanza del Español como LE/L2 en el siglo XXI (págs. 913-922). Jaén: Asociación para la Enseñanza del Español como Lengua Extranjera.
- [10]. Camacho, J. E., & Rojas, J. A. (2016). Diseño de experiencia de usuario con base a las características de usabilidad según iso 25010:2011 aplicado a la página web IUnimayor. Popayan: Colegio Mayor del Cauca.
- [11]. Jakob Nielsen, H. L. (2000). Usabilidad prioridad en el diseño web.
- [12]. Hassan, Y., Fernández, F. J., & Iazza, G. (2004). Diseño Web Centrado en el Usuario: Usabilidad y Arquitectura de la Información. Obtenido de Hipertext.net: <http://www.hipertext.net>

Categorías léxicas en medios digitales de Honduras de 2009 - 2016

Part of Speech in digital media from Honduras during 2009 - 2016

Jairo Jonathán Martínez ^{1*}, Eva Leticia Martínez ²

^{1, 2} Universidad Nacional Autónoma de Honduras, UNAH-TEC Danlí, Honduras
jairo.martinez@unah.edu.hn

RESUMEN– *Un recurso valioso para las empresas y personas es la información. Aunque se pueden encontrar muchos datos estructurados, gran parte del conocimiento se encuentra en formatos no estructurados, en forma de lenguaje natural. En los últimos años las tecnologías han favorecido un crecimiento constante de la producción de volúmenes de texto que están disponibles, pero que son difíciles de procesar. Estos constituyen una gran fuente de información importante para las empresas, la política y las personas que quiere aplicar técnicas de minería de texto para encontrar información que les sea de utilidad. Sin embargo, el procesamiento del lenguaje natural es un campo de investigación en pleno desarrollo, y una tarea pendiente para los científicos lingüístico-computacionales. En Honduras también ha crecido la producción de texto digital. Como parte del procesamiento computacional de texto se realiza el etiquetamiento de la categoría léxica a la que pertenece cada palabra. Para este artículo se realizó el etiquetamiento de una colección compuesta por más de 173 mil noticias publicadas entre los años 2009 y 2016 en periódicos digitales del país. Además, se realiza un análisis de la frecuencia de las palabras y de las categorías léxicas en las que fueron clasificadas.*

Palabras claves– *categorías léxicas, Honduras, lingüística computacional, periódicos digitales.*

ABSTRACT– *A valuable resource for companies and people is information. Although you can find many structured data, much of the knowledge is in unstructured formats, in the form of natural language. In recent years, technologies have favored a steady growth in the production of text volumes that are available, but are difficult to process. These are a great source of important information for companies, politics and people who want to apply text mining techniques to discover useful information. However, the processing of natural language is a field of research in full development, and a pending task for linguistic-computational scientists. In Honduras, the production of digital text has also grown. As part of the computational processing of text, the labeling of the lexical category to which each word belongs is performed. For this article, a collection of more than 173 thousand news published in honduran digital newspaper between 2009 and 2016 was part of speech tagged. In addition, an analysis is made of the frequency of the words and the lexical categories in which they were classified.*

Keywords– *Computational linguistic, Honduras, news, media, parts of speech.*

1. Introducción

El lenguaje natural es el producido por humanos con propósitos de comunicación oral o escrita. El análisis del lenguaje natural es un reto para la computación lingüística. La forma en la que los humanos procesamos el lenguaje dificulta el análisis computacional [1]. Por ejemplo, una misma palabra puede tener diferentes significados dependiendo del contexto. También a menudo, no se respetan las reglas básicas de redacción y ortografía, es decir, tendemos a cometer errores léxicos y gramaticales, sin embargo, no imposibilitan la comunicación. Además, usamos algunas figuras

idiomáticas, expresiones o incluso la ironía para transmitir un mensaje diferente al aparente.

Los últimos años han marcado una creciente producción de información en forma de texto. La popularización de las páginas web, los blogs, las wikis, los foros de discusión y las redes sociales han provocado un aumento significativo de los datos disponibles [2]. Sin embargo, estos datos no son estructurados como los que vienen de sensores automáticos o bases de datos estructuradas, sino que son presentados en lenguaje natural.

En Honduras, también existe una gran producción de texto escrito. Sin embargo, poco se utiliza esta

información para producir conocimiento útil a empresas, estado y sociedad. Por ejemplo, las primeras versiones digitales de diarios hondureños aparecen en el año 2009 y han ido creciendo en los últimos años. La Tribuna produjo cerca de 113 mil noticias entre el 2009 y agosto de 2016, con un promedio de 132 noticias diarias publicadas [3], pero el estudio del lenguaje natural desde una perspectiva computacional no parece ser una prioridad.

Una parte de este análisis del análisis lingüístico comprende el marcado e identificación de la categoría a la que pertenece una palabra, por ejemplo si es un sustantivo, pronombre o verbo, entre otros. En este artículo de investigación se utiliza el corpus de noticias generado en [3] para estudiar las categorías léxicas utilizadas en el español de las noticias de diarios digitales hondureños, durante el periodo de 2009 a 2016. Generando la pregunta de investigación: **¿Cuáles son las categorías léxicas utilizadas en periódicos digitales de Honduras durante los años 2009 a 2016?.** Se analizan las categorías léxicas en periódicos digitales de Honduras durante los años 2009 a 2016, identificando las palabras utilizadas y las categorías léxicas a la que pertenecen las palabras de la colección en estudio.

El artículo se estructuró presentando primero los conceptos relativos al procesamiento de lenguaje natural. Luego se describen las categorías léxicas que se analizaron en el proceso de investigación. Seguido, se especifican los elementos metodológicos para finalmente presentar los resultados y las conclusiones.

2. Procesamiento de lenguaje natural

El procesamiento de lenguaje natural (NLP, por sus siglas en inglés) es un área de estudio que busca la forma en que las computadoras pueden ser usadas para procesar el texto en lenguaje natural [4] y la ciencia que estudia el NLP es la lingüística computacional [5]. El NLP busca técnicas computacionales para analizar y representar el texto que luego será analizado a uno o más niveles lingüísticos tratando de procesar el lenguaje de forma similar a como lo hace el humano [6].

Parte del trabajo realizado fue la evaluación de las herramientas de procesamiento de lenguaje natural que están disponibles. Sin embargo, aunque existen muchas, la mayoría de ellas se centra en el análisis de textos en inglés. Entre las herramientas consideradas están: Apache OpenNLP [4], GATE (*General Architecture for Text Engineering*) [5] y NLTK (*Natural Language Toolkit*) [6].

3. Categorías léxicas

Las palabras son consideradas como los elementos más pequeños que son capaces de tener un significado único. De acuerdo a la función que cumplen dentro de una oración, cada palabra se puede clasificar en diferentes tipos. Han sido tradicionalmente conocidas como partes de la oración o clases de palabras [7]. Los problemas de la categorización de las palabras ha sido un campo de estudio durante de mucho tiempo. En una visión clásica, las categorías léxicas deben definirse para cada lengua porque cada una de ellas tiene propiedades que no se puede asegurar sean universales [11]. En los siguientes apartados se definen las categorías léxicas que se analizan durante esta investigación.

3.1 Nombre propios

Los nombres propios se utilizan para designar sustantivos con un nombre particular. Algunos ejemplos de nombre propio serían: Honduras, Motagua, Sula.

3.2 Verbos

Es la categoría léxica utilizada para denotar acción, movimiento, existencia, consecución, condición o estado del sujeto. Una palabra se clasifica en esta categoría sin importar su conjugación. En español, el verbo se puede modificar para concordar con el tiempo, la persona, el número y el modo del sujeto de la oración. Ejemplos de verbos son: correr, jugaba, escribimos.

3.3 Determinantes

Los determinantes son palabras que sirven para expresar a qué objeto se refiere una frase expresada. Los determinantes más conocidos son: los artículos: el, la, lo, las, los, un, una, unos, unas. Pero también se incluyen los demostrativos, posesivos, indefinidos, interrogativos y exclamativos.

3.4 Sustantivos

Un sustantivo se define como una palabra que sirve para designar a personas, animales, lugares, sentimientos o cosas. Los sustantivos en español tienen género y número, es decir, pueden ser masculinos o femeninos, por ejemplo: niño – niña. El número se refiere a que puede ser singular o plural, por ejemplo: niño – niños.

3.5 Adposición

La adposición es un término general utilizada para englobar las preposiciones, posposiciones y circumposiciones. En el idioma castellano, las preposiciones son las más frecuentes. Entre las

preposiciones se encuentran: a, ante, bajo, cabe, con, contra, de, desde, en, entre, hacia, hasta, para, por, según, sin, so, sobre, tras.

3.6 Conjunción subordinada

Las conjunciones subordinadas dejan uno de los términos sujeto o dependiente del otro. Además siempre unen dos proposiciones. Ejemplos de palabras en esta categoría son: mientras, como, según.

3.7 Verbo auxiliar

Los verbos auxiliares se utilizan para crear formas verbales compuestas. Un verbo auxiliar puede ir seguido de uno, dos o más verbos.

3.8 Puntuación

En esta categoría aparecen los signos de puntuación encontrados en los textos estudiados. Estos se usan como delimitantes de frases y párrafos. Estos permiten estructurar el texto y ordenar las ideas. Esta estructura lograda con los signos de puntuación le permiten al lector obtener una mayor comprensión de los textos.

3.9 Adjetivo

Un adjetivo es una clase de palabra utilizada para complementar el significado del sustantivo, asignándole una calificación. Los adjetivos expresan atributos del sustantivo al que determinan. El adjetivo puede hacer referencias a características propias del sustantivo.

3.10 Conjunción

Una conjunción es una categoría de palabras sin contenido significativo, pero sirven para enlazar palabras u oraciones.

3.11 Pronombre

La categoría de pronombres está constituida por las palabras que se pueden utilizar en el lugar del nombre, con el fin de evitar la repetición. Estos hacen referencia a otros términos que ya han sido mencionados en el texto y por lo tanto, el lector puede establecer una referencia.

3.12 Adverbio

Un adverbio es una parte invariable de la oración. Los adverbios sirven para calificar o determinar el verbo o el adjetivo, incluso, otro adverbio.

3.13 Partícula gramatical

La categoría de partícula gramatical tiene comúnmente un significado difuso. Así, cuando se define

una partícula se refiere a un conjunto de palabras heterogéneas que carecen de un significado léxico preciso.

3.14 Interjección

A las interjecciones pertenecen las palabras utilizadas para expresar un sentimiento profundo, o una emoción súbita. Es un enunciado de un solo término, es decir, no pertenecen al entramado de una oración. Ejemplos de interjecciones serían: ¡Ah!, ¡ay! ¡bravo!.

4. Metodología

La investigación es de carácter cuantitativo siguiendo el paradigma positivista. El diseño es no experimental, siendo que por las condiciones propias del fenómeno a describir no es posible la manipulación intencionada de variables. Se logra un alcance descriptivo. La recolección de datos se hizo a través de un análisis computacional del corpus descrito en secciones anteriores. La investigación es de corte transversal. Aunque las noticias fueron publicadas en un periodo de tiempo de 7 años, la variable de tiempo no fue analizada durante la investigación.

Para el análisis de los datos se utilizaron herramientas estadísticas. Se hizo un análisis de estadística descriptiva, analizando la frecuencia y tendencias centrales. Además, se presentan los datos en forma gráfica y tabular.

Se estudiaron las noticias publicadas en los diarios Deportivo Más, La Tribuna y Tiempo de Honduras, que pertenecen a la colección UTD-MB-2016. Para esta colección se recuperaron 178,125 noticias de los diferentes diarios. En promedio, por cada noticia se tienen 1714 bytes. No se seleccionó muestra específica, sino que se analizó la totalidad de las noticias disponibles en la colección. Por tanto se tiene una muestra universo.

5. Resultados

En esta sección se presentan algunos de los resultados encontrados en relación con los objetivos de la investigación. Primero se analiza la frecuencia de las palabras, verificando la ley empírica de Zipf. Luego se presenta un análisis de las palabras más utilizadas en los diferentes diarios, para finalizar presentando el análisis de las categorías léxicas a las cuales pertenecen.

5.1 Ley de Zipf

La ley de Zipf establece una relación matemática entre el ranking de una palabra y su frecuencia. Se establece que la palabra más frecuente tiene el ranking 1, la segunda más frecuente tiene ranking 2, y sucesivamente. La ley de Zipf define que la palabra con

ranking 1 será el doble de frecuente que el ranking 2 y el triple que el ranking 3, etc. Esta relación se ve como una línea recta cuando se grafica el ranking en el eje horizontal y la frecuencia en el eje vertical, ambos ejes con escala logarítmica.

En la Figura 1 se puede ver el gráfico. Se nota que, aunque no es una recta perfecta, la curva se acerca a la linealidad establecida. Se puede concluir que la colección de estudio sigue la distribución de frecuencias referida como Ley de Zipf.

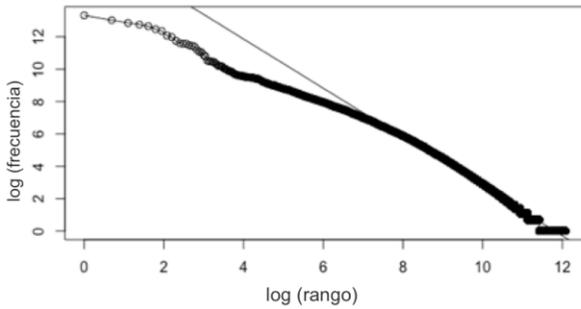


Figura 1. Ley de Zipf para la colección de noticias estudiada.

5.2 Palabras utilizadas.

En esta sección se muestran las palabras más utilizadas en los diferentes medios de la colección y el análisis por cada uno de los tres diarios que componen la colección utilizada.

5.2.1 Diario Tiempo

La Figura 2 muestra las palabras más frecuentes en el Diario Tiempo. Como se puede notar, la palabra más común es “de”. En el resto de las palabras que alcanzan a leerse son palabras que no se pueden relacionar con un tema específico. Estas palabras normalmente son conocidas como palabras vacías o *stopwords*.



Figura 2. Palabras más frecuentes en diario Tiempo, incluyendo las palabras vacías.

Para tener una mejor comprensión de las temáticas tratadas en este diario, se suprimieron de la lista las que son consideradas *stopwords* y se rehizo el gráfico de nube de palabras. El resultado se muestra en la Figura 3. Primero, se puede notar que el tamaño de las palabras

presente es más equitativo que en la Figura 2. Esto se debe a que la distribución de frecuencias de las palabras restantes es más equitativo.



Figura 3. Palabras más frecuentes en Diario Tiempo al retirar las palabras vacías.

Se pueden destacar algunas palabras que parecen responder a la temática del periódico. Honduras es mencionado frecuentemente, también “Tegucigalpa”, “presidente”, “partido”, “Hernández”, “policía”. Y con menos cuantía, pero siempre entre las 150 palabras más frecuentes se encuentra “justicia”, “seguridad”, “dólares”, “investigación”, “México”, entre otras.

5.2.2 Diario La Tribuna

La Figura 4 muestra las palabras más frecuentes en el Diario La Tribuna. La palabra “de” sigue siendo la más frecuente y como era de esperarse, las *stopwords*, siguen siendo las más frecuentes.



Figura 4. Palabras frecuentes en Diario La Tribuna, incluyendo las palabras vacías.

Siguiendo el procedimiento del diario anterior, se volvió a realizar el gráfico luego de eliminar las *stopwords*. El resultado se ve en la Figura 5. Como era de esperar, “Honduras” sigue apareciendo frecuentemente en las noticias de la Tribuna. Así como “nacional”, “presidente” y “autoridades”. La palabra “unidos” que aparece en este y en el gráfico del diario Tiempo, puede ser una referencia a “Estados Unidos”,

5.3.1 Nombres propios

Los nombres propios son bastante frecuentes en las noticias analizadas. Lo más común es que hayan alrededor de 13 nombres propios por noticia. Se hizo un análisis por los diferentes diarios estudiados. En el Diario Deportivo más la media por noticia es de 42 nombres propios. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 28 nombres propios por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 37 nombre propios por cada noticia. Se puede notar que el Diario Más utiliza mayor cantidad de nombres propios en sus noticias, lo que indica que sus noticias están más centradas en personas y organizaciones.

5.3.2 Verbos

La moda de verbos es de 11 por noticia. En el Diario Deportivo más la media por noticia es de 31 verbos. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 29 nombres propios por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 33 nombre propios por cada noticia. Se puede notar que el Diario Tiempo utiliza mayor cantidad de verbos.

5.3.3 Determinantes

Lo más común es que hayan alrededor de 21 determinantes por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 1764 determinantes por noticia. En el Diario Deportivo más la media por noticia es de 41 determinantes. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 41 determinantes por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 46 determinantes por cada noticia. El diario Tiempo utiliza mayor cantidad de determinantes.

5.3.4 Sustantivos

La moda es de 26 sustantivos por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 2483 sustantivos por noticia. La media global es de 58.74 sustantivos por noticia. En el Diario Deportivo más la media por noticia es de 54 sustantivos. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 58 sustantivos por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 65 sustantivos por cada noticia. El diario Tiempo utiliza mayor cantidad de sustantivos en sus noticias.

5.3.5 Adposición

Aparecen 26 adposiciones en promedio por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 2039 adposiciones por noticia. La media global es de 48.27 adposiciones por noticia. En el Diario Deportivo Más la media por noticia es de 48 adposiciones. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 47 adposiciones por noticia.

En el Tiempo se tiene una media de 53 sustantivos por cada noticia.

5.3.6 Conjunción subordinada

Las conjunciones subordinadas son menos frecuentes que las categorías presentadas hasta ahora. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 683 conjunciones subordinadas y la media global es de 7.62 por noticia. En el Diario Deportivo más la media por noticia es de 7 conjunciones subordinadas. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 8 conjunciones subordinadas por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 8 conjunciones subordinadas por cada noticia. El Diario Tiempo utiliza mayor cantidad de conjunciones subordinadas en sus noticias, por una diferencia decimal.

5.3.7 Verbo auxiliar

Los verbos auxiliares no son muy comunes en las noticias escritas. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 716 determinantes por noticia, para una media global de 7.04 verbos auxiliares por noticia. En el Diario Deportivo Más la media por noticia es de 7 verbos auxiliares. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 7 verbos auxiliares por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 8 verbos auxiliares por cada noticia.

5.3.8 Puntuación

La moda es que haya alrededor de 15 signos de puntuación por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 1715, y con una media de 34.54 signos de punta por noticia. En el Diario Deportivo Más la media es de 37 signos de puntuación. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 33 signos de puntuación. En el Tiempo se tiene una media de 38 signos de puntuación por cada noticia. El diario Tiempo utiliza en promedio mayor cantidad de signos de puntuación en sus noticias.

5.3.9 Numeral

La moda es que haya uno o más números por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 577 números por noticia, con una media global de 5.96. En el Diario Deportivo Más la media por noticia es de 9 números. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 5 números por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 7 números por cada noticia.

5.3.10 Adjetivo

La moda es de 7 adjetivos por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 1141 adjetivos por noticia y una media global de 18.3 adjetivos por noticia. En el

Diario Deportivo Más la media por noticia es de 18 adjetivos. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 18 adjetivos por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 19 adjetivos por cada noticia.

5.3.11 Conjunción

La moda es de tres conjunciones por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 515 conjunciones y una media global de 8.98 conjunciones. En el Diario Deportivo Más la media por noticia es de 9 conjunciones. En La Tribuna 9 conjunciones y en el Diario Tiempo se tiene una media de 10 conjunciones por cada noticia.

5.3.12 Pronombre

En relación a lo pronombres, la moda es de 4 pronombre por noticia. Se tiene un mínimo de 0, un máximo de 1412 y una media de 12.96 pronombres por noticia. En el Diario Deportivo Más la media por noticia es de 13 pronombres. En La Tribuna se encuentra un promedio de 13 y en el Tiempo se tiene una media de 14 pronombres por cada noticia.

5.3.13 Adverbio

Existe una moda de 3 adverbios por noticia. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 710 determinantes por noticia y una media global por noticia de 9.41. En el Diario Deportivo Más la media por noticia es de 10 adverbios. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 9 adverbios por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 10 adverbios por cada noticia. El diario Tiempo y el Deportivo más una cantidad similar de adverbios por noticia.

5.3.14 Partícula gramatical

Lo más común es que no hayan partículas gramaticales, y cuando hay, solo aparezca una. Se tiene un mínimo de 0 y un máximo de 21 partículas gramaticales por noticia. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 0.04 partículas gramaticales por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 0.05 partículas por cada noticia. El diario Más utiliza mayor cantidad de palabras en esta categoría.

5.3.15 Interjección

Se encontró un mínimo de 0 y un máximo de 28 interjecciones por noticia. En el Diario Deportivo Más la media por noticia es de 0.06 interjecciones. En La Tribuna, se encuentra un promedio de 0.08 interjecciones por noticia. En el Tiempo se tiene una media de 0.17 interjecciones por cada noticia.

5.3.16 Otros

También existió un grupo de palabras que no pudieron clasificarse en alguna de las categorías estudiadas. Por cada noticia fue común encontrar al menos una palabra no clasificada.

5.4 Diario Más

Se realizó también un análisis por diario, comparando la media de cada una de las categorías. El resultado se muestra en la Figura 8. Por la estructura gramatical del español, los textos escritos deberían tener una composición similar. En el diario Más las tres categorías gramaticales más frecuentes en su respectivo orden son los sustantivos, las adposiciones y los nombres propios.

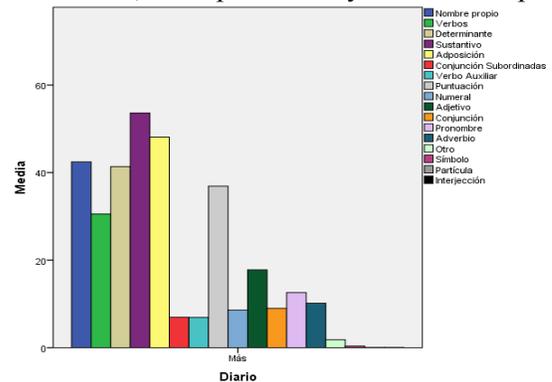


Figura 8. Frecuencia de utilización de las diferentes categorías léxicas en Diario Deportivo Más. Fuente: elaboración propia.

5.5 Diario La tribuna

En el diario La Tribuna, las categorías más frecuentes en su orden son: los sustantivos, las adposiciones y los determinantes, como se ve en la Figura 9. Con muy pocas variaciones, se puede notar que la relación entre las frecuencias de las diferentes categorías es similar a la presentada en la Figura 8 de diario Más.

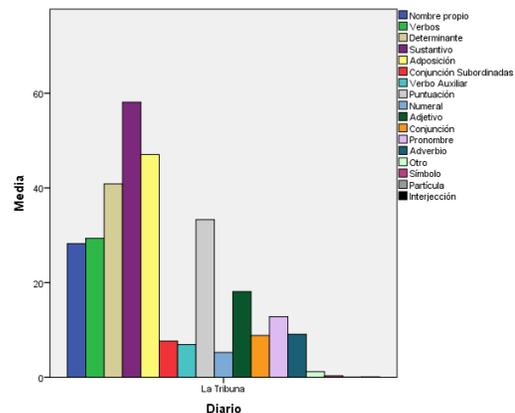


Figura 9. Frecuencia de utilización de las diferentes categorías léxicas en Diario La Tribuna. Fuente: elaboración propia.

5.6 Diario El Tiempo

Al igual que en La Tribuna, en el diario Tiempo las categorías más frecuentes son los sustantivos, las adposiciones y los determinantes. La figura 10 muestra el gráfico de barras para la media de frecuencias por categoría encontradas en el Diario El Tiempo. Como se ha venido notando en los diferentes análisis realizados, El Tiempo tiene media de frecuencias considerablemente más altas que los demás diarios.

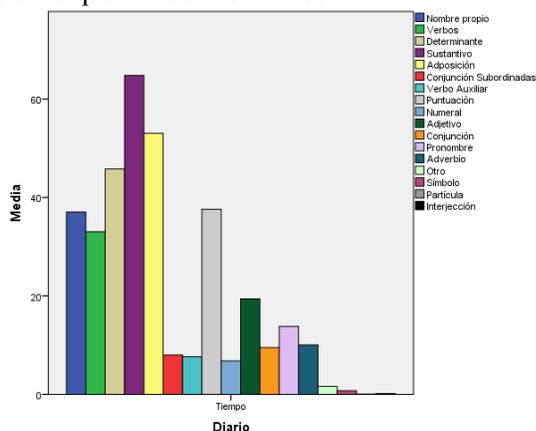


Figura 10. Frecuencia de utilización de las diferentes categorías léxicas en Diario Tiempo. Fuente: elaboración propia.

6. Conclusiones

Las palabras vacías (stopwords) son muy frecuentes, como era de esperarse. En todos los periódicos la palabra más frecuente es “de”. También destacan “la”, “el”, “que” y “en”. Al quitar esas palabras aparecen las palabras relacionadas con la temática del periódico. En el diario Tiempo destacan “Honduras”, “nacional” y “Tegucigalpa”. En La Tribuna “Honduras”, “nacional” y “país”. El diario Deportivo Más es de corte deportivo, por tanto, destacan las palabras “equipo”, “partido” y “futbol”. En relación con el diario Más, se nota que cubren más noticias de la liga española de futbol. Siendo que las palabras “Madrid” y “Barcelona” son más frecuentes que las contrapartes de “Olimpia” y “Motagua” que son los equipos referentes del ámbito nacional.

Las categorías gramaticales más frecuentes son los sustantivos en todos los casos. Seguidos en todos los casos por las adposiciones. En tercer lugar, aparecen los nombres propios en Diario Más y los determinantes en La Tribuna y El Tiempo. El software utilizado no fue capaz de encontrar una clasificación para al menos una

palabra por cada noticia analizada. La composición de las noticias en los diferentes diarios (en relación a las categorías gramaticales utilizadas) es similar. Al graficar las medias de cada categoría, la relación de tamaño entre las diferentes barras es similar. De los casos es destacable la categoría Interjección, éstas son muy escasas en los diarios digitales estudiados.

7. Referencias

- [1] O. Owoputi, B. O'Connor, C. Dyer, K. Gimpel, N. Schneider y N. A. Smith, «Improved part-of-speech tagging for online conversational text with word clusters,» de *Proceedings of the Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 2013.
- [2] P. Ranganathan, «From microprocessors to nanostores: Rethinking data-centric systems,» *IEEE Computer Society*, vol. 44, n° 3, pp. 6-10, 2011.
- [3] J. Martínez y L. Bográn, «Construcción de un corpus de noticias hondureñas para análisis lingüístico por medio de técnicas de procesamiento de lenguaje natural,» de *IV Congreso de economía, administración y Tecnología*, Tegucigalpa, 2016.
- [4] G. G. Chowdhury, «Natural language processing,» *Annual review of information science and technology*, vol. 37, n° 1, pp. 51-89, 2003.
- [5] A. Gelbukh, «Procesamiento de lenguaje natural y sus aplicaciones,» *Komputer Sapiens*, vol. 1, pp. 6-11, 2010.
- [6] E. D. Liddy, «Natural Language Processing,» de *Encyclopedia of Library and Information Science*, 2nd Edition ed., New York, Marcel Decker, 2001.
- [7] Apache, «Open NLP,» 2017. [En línea]. [Último acceso: 10 agosto 2017].
- [8] University of Sheffield, «GATE: a full-lifecycle open source solution for text processing,» 2017. [En línea]. Available: <https://gate.ac.uk/overview.html>. [Último acceso: 12 agosto 2017].
- [9] S. Bird, E. Klein y E. Loper, *Natural Language Processing with Python*, O'Reilly, 2009.
- [10] J. M. García-Miguel, «Categorías léxicas en Tipología Lingüística,» *Verba: Anuario Galego de Filoloxía*, vol. 40, pp. 355-388, 2013.
- [11] J. M. García-MiGuel, «Categorías léxicas en Tipología Lingüística,» *Verba: Anuario Galego de Filoloxía*, vol. 40, pp. 355-388, 2013.

Desarrollo del método automático para la actualización de repositorios institucionales basados en DSpace

Development of the automated method for upgrading of institutional repositories based on DSpace

Huriviades Calderón-Gómez^{1*}, Danny Murillo²

¹ Dirección de Investigación, VIPE, Universidad Tecnológica de Panamá, ² Dirección General de Innovación y Tecnología Educativa, Universidad Tecnológica de Panamá

¹ huriviades.calderon@utp.ac.pa, ² danny.murillo@utp.ac.pa

Resumen— El principal objetivo de esta investigación es desarrollar un módulo automático que actualice el código fuente en los repositorios institucionales en versiones End-of-life (EOL) de DSpace. Se hace especial énfasis en el diseño de scripting y utilización de paquetes GNU para adecuar las subrutinas a las necesidades de los desarrolladores. Asimismo, el propósito es demostrar las etapas que conlleva desarrollar el módulo y las ventajas de ejecutarlo, basado en los resultados de esta investigación. También, dicho módulo permite crear variantes o mejoras al código, ya que se encuentra bajo licenciamiento Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International. Esta iniciativa surge para mitigar los riesgos de ataques informáticos a las vulnerabilidades conocidas.

Palabras claves— Repositorio institucional, DSpace, biblioteca digital, actualización a DSpace, algoritmo, plataformas digitales.

Abstract— The main objective of this research is to develop an automatic module to update the source code in the institutional repositories in versions End-of-life (EOL) of DSpace. Special emphasis is placed on the design of scripting and use GNU packages to adapt the subroutines to the needs of developers. In addition, the purpose is to demonstrate the stages involved in developing the module and the benefits of running it, based on the results of this research. Also, the module allows you to create variations or improvements to the code, as it is under license Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International. This initiative comes to mitigate the risks of cyber-attacks to known vulnerabilities.

Keywords— Institutional repositories, DSpace, digital library, upgrading DSpace, algorithm, digital platform.

1. Introducción

En el ámbito, de las bibliotecas modernas ha sido considerada como un factor clave la construcción de sistemas de software (Biblioteca Digital) para la disponibilidad de los contenidos en formato digital, y como esta tendencia ha llegado a ser ampliamente implementado por diferentes organizaciones (gubernamentales y no gubernamentales) para gestionar sus contenidos (investigación, estadísticas, materiales de aprendizaje y otros) [1].

Existen varias categorías de Biblioteca Digital, como, por ejemplo: archivos digitales, museos digitales o repositorios institucionales [2], [3].

La presente investigación, se centra en los repositorios institucionales, debido a las propuestas que surge bajo la cobertura de la declaración de Budapest de acceso abierto en el 2002, donde se da el apoyo de visibilizar los resultados de investigaciones por parte de la comunidad científica. En esta declaración se presentan dos alternativas, acceso abierto dorado, que es el acceso abierto a través de revistas científicas digitales con revisiones por pares y el acceso abierto verde, que es el acceso abierto a través de repositorios, mediante el archivado de los artículos científicos (postprint o versión posterior a su evaluación) de acceso abierto en formato electrónico [4]–[6].

Actualmente, existen varios tipos de repositorios institucionales como DSpace, EPrints, Greenstone, Fedora y entre otros.

Por ello, se hizo el análisis de las plataformas más utilizadas a nivel internacional, según OpenDoar [7]. En datos estadísticos de estas plataformas el 44.1% de las instituciones utilizan DSpace, 13.7% Eprints, 4.8% Digital Commons. En el caso de Centroamérica (Costa Rica, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Guatemala), se cuentan con diecinueve repositorios institucionales de Países, donde el 63.2% utilizan DSpace, 26.3% Eprints y 10.6% otras alternativas.

Atendiendo a estas consideraciones, se seleccionó a DSpace como repositorio institucional de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) por sus características, como por ejemplo: escalabilidad, robusticidad, almacenamiento distribuido, sostenibilidad e interoperabilidad [8].

En este trabajo describimos los pasos que seguimos en la construcción del módulo automático para la actualización del código fuente de los repositorios basados en versiones EOL de DSpace, debido a la problemática que traen consigo, como, por ejemplo: inestabilidad, vulnerabilidades de seguridad o incompatibilidad entre las dependencias [9].

Con esa finalidad, se propone el desarrollo del módulo mencionado para ofrecer una gestión más amigable al personal de tecnología informática en las configuraciones avanzadas de los repositorios institucionales.

Cabe destacar, que la implementación del repositorio es parte del proyecto UTP-Ridda2 [10], que tiene el objetivo de mejorar la visibilidad y alcance de la producción científica-académica de la UTP.

Actualmente, existen muchos puntos a considerar sobre este concepto, debido a esto, hemos decidido delimitarlo a cuatro secciones, para así explicar la importancia del tema y las razones que justifican su estudio: La sección 2, se describen las etapas de la metodología para el desarrollo del módulo. En la sección 3, se muestran los resultados obtenidos por las diversas pruebas de softwares. Luego, la sección 4, se vinculan los resultados con la discusión. Por último, compartimos nuestra conclusión y contribución al realizar esta investigación.

2. Metodología

Para la realización de este estudio, se ha optado por la aplicación del diseño *Bash Script* porque permite la gestión de los componentes de software (C, C++, Python o Java) dentro de un marco de trabajo modular. En cuanto al impacto en el rendimiento del módulo, este depende de la cantidad de ciclos computacionales ejecutadas por cada subrutina [11]–[13].

Entre la serie de ventajas que proporcionan aplicar este diseño se encuentran; en primer lugar, flexibilidad de modificar el código cuando sea necesario; en segundo lugar, el rápido desarrollo de las instrucciones y por último la replicación de los resultados en diferentes entornos GNU/Linux [14].

Tradicionalmente, DSpace ha sido evaluado mediante una documentación digital (wiki) para su implementación en las diferentes universidades del mundo [15], [16].

Por ello diferentes autores [17]–[19], han utilizado diversos scripts para la implementación en las diferentes versiones que ofrece DSpace; sin embargo, la mayoría de estos scripts están sujetos a versiones obsoletas de DSpace o no cuentan con el soporte por parte de los desarrolladores. En consecuencia, existe el riesgos de ataques informáticos a las vulnerabilidades conocidas [9], que ya no se limitan a un determinado proyecto, pero a menudo afectan a cientos de sistemas diferentes, por ejemplo, Maven (gestor de dependencias de Java).

Como seguimiento de esta actividad se hace necesario el análisis de las políticas de soporte en las diferentes versiones DSpace implementadas en los scripts desarrollados [20].

Por ende, se optó el algoritmo autómeta [21], como esquema para la adaptación de un módulo automático para las actualizaciones más recientes (6.3) en repositorios DSpace cerca del ciclo de vida útil o por correcciones de seguridad (5.2 o superior).

2.1 Dependencias

Previo comienzo del estudio se identificaron los componentes de terceros y las herramientas necesarias para ejecutar un repositorio DSpace bajo la versión 6.x [22].

De igual manera, se debe tener presente que DSpace está construido con software de código abierto (OSS), cuyo concepto es aplicado para la mayoría de aplicaciones, sistemas operativos, bases de datos y servidores web [23]; por consiguiente, al utilizar

dependencias no acordes a los códigos de clonación o configuraciones recientes por los desarrolladores conlleva al aumento de vulnerabilidades a nivel operativo.

Para asegurarnos de que la replicación del módulo se ha llevado a cabo, es necesario realizarlo bajo las siguientes condiciones controladas:

- Software
 - Ubuntu Server 16.04 LTS.
 - PostgreSQL 9.5.x.
 - OpenJDK 8.x.
 - Apache Tomcat 7.x.
 - Apache Ant 1.9.x.
 - Apache Maven 3.3.x.
 - Npm 3.5.x.
 - Apache HTTP 2.4.x.
 - NodeJS 4.x o 6.x.
 - Git 2.x.
 - XMLUI (Mirage 2).
- Hardware (gama media para producción)
 - 4GB de RAM reservados para DSpace (2GB para Tomcat y 2GB para PostgreSQL).
 - 6GB de RAM para el sistema operativo (SO).
 - Cualquier procesador moderno para servidores (Intel Xeon o AMD Opteron).
 - 350 GB de almacenamiento HDD o SSD.

2.2 Segmentación del Módulo

Una dificultad a la que nos hemos enfrentado en este estudio es la profunda comprensión que se requiere en la estructura de la base de datos y la organización de las carpetas con el fin de actualizar solamente el código fuente de DSpace, sin afectar a los metadatos, archivos pertenecientes y prefijos de Handle existentes de los objetos recolectados. Por ello, se estableció las instrucciones de las subrutinas para un control de flujo en la actualización de los repositorios DSpace a la versión más reciente (6.3), basándonos principalmente en los múltiples resultados obtenidos por las pruebas [24]–[26].

2.2.1 Subrutina: PM_Prerequisites

Esta primera subrutina tiene como función la verificación de todas las dependencias para DSpace en el SO; de lo contrario se utilizará el Advanced Package Tool (APT) para obtener las dependencias faltantes [21].

Asimismo, a las dependencias obsoletas que se actualizarán a las señaladas previamente (por ejemplo, Tomcat 6 a Tomcat 7) es necesario seguir con las directrices de configuración para el funcionamiento óptimo del repositorio. Para ello, se deberá referir a los módulos de configuración de PostgreSQL, OpenJDK, Tomcat y Apache HTTP del algoritmo autómatas [27] o consultar la documentación de cada componente individual para detalles completos y actuales [22]. En la figura 1 se muestran las tareas específicas a realizar por orden de prioridad dentro de la subrutina.

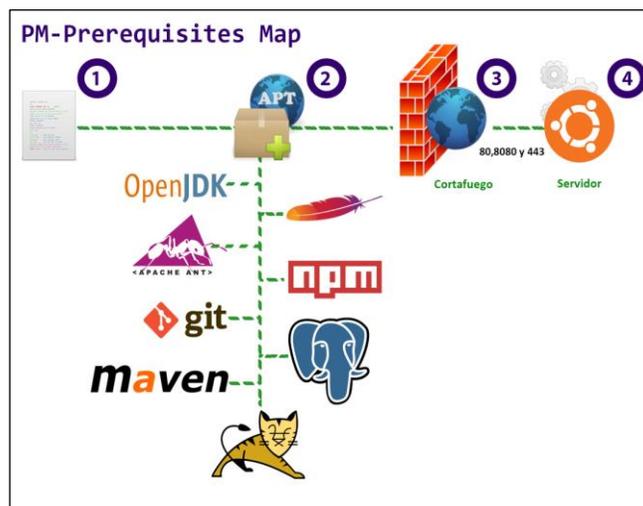


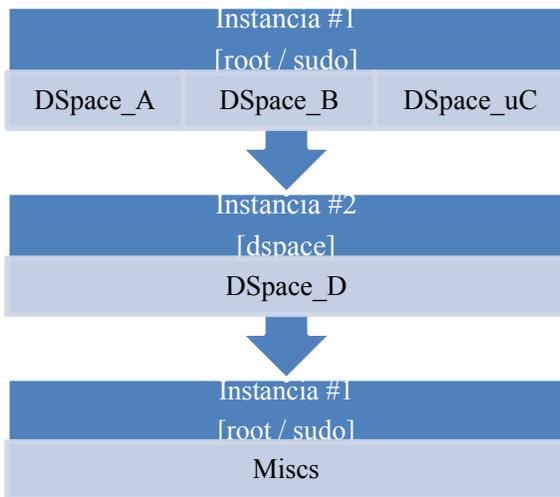
Figura 1. Diagrama de control de versiones para las dependencias (software) en las configuraciones en Ubuntu Server 16.04 LTS, por ejemplo, habilitar los puertos (80, 8080 y 443) en el cortafuego (UFW).

2.2.2 Subrutina: PM_DSpace [A, B, uC &D]

Esta segunda subrutina se encarga de la actualización del código fuente Dspace en el servidor a través de cuatro funciones: la primera, verifica la versión más reciente del DSpace usando el repositorio GitHub del proyecto, según el control de cambios de versiones [28] y asigna un directorio de construcción (dspace-source) para llevar a cabo su compilación; la segunda, crea un directorio de ejecución (dspace) para la instalación y ejecución del repositorio. Además, permite restablecer el directorio dspace con una copia de respaldo; la tercera, define las variables básicas (por ejemplo, las credenciales de la base de datos o la interfaz de usuario) al archivo de configuración del DSpace para su posterior compilación; la cuarta, compila y despliega todos los archivos de configuración (dspace.cfg, page-

structure.xml y entre otros), *command line scripts* (oai, index-discovery, harvest o generate-sitemaps) y las aplicaciones webs (oai, solr y xmlui) del repositorio. En la figura 2 se observa la secuencia lógica de estas subrutinas.

Figura 2. Diagrama de control de acceso no interactivo para la ejecución de las secuencias de comandos en las diferentes instancias y el intercambio de usuarios con diferentes niveles de acceso de lectura y escritura en el repositorio.



2.2.3 Subrutina: PM_Misc [A & uB]

Esta última subrutina, proporciona los permisos necesarios para los archivos recién creados de los usuarios (dspace y tomcat7) que gestionarán al repositorio. En vista a que la construcción o actualización (mvn y ant) de las dependencias se debe realizar con usuario sin privilegios (non-root), cuya función es prevenir errores en los paquetes (por ejemplo, Bower). Por ello, se establece el valor octal 775 para los permisos de los archivos, como se muestra en la figura 3.

```

PM_Misc_uB(){
  source $DSCONF
  chmod -R 775 $DSPACE_PATH/dspace
  chmod -R 775 $DSPACE_PATH/dspace/var/oai/
  chmod -R 775 $DSPACE_PATH/dspace/log/
}
    
```

Figura 3. Integración del modelo ACL, para la gestión de control de acceso de los usuarios dentro del grupo dspace.

2.3 Implementación del Módulo

Para lograr la actualización exitosa del código fuente del repositorio DSpace a la más reciente, es necesario tener presente tres requisitos:

- Las versiones (5.2 o superior) de repositorios DSpace, se encuentran dentro del rango de soporte para la actualización.
- Es necesario contar con todas las dependencias (software y hardware) cumplidas.
- Es indispensable seguir con la normalización dada por la documentación de cada componente instalado [15] o por la técnica del algoritmo autónomo [21].

Atendiendo a estas consideraciones, es deber obligatorio para el interesado evitar incurrir en faltas, por tal razón este debe tener precaución al ejecutar este módulo y tener presente dichos requisitos. Para realizar la implementación, se debe ejecutar dicho script como usuario con privilegios y utilizar el comando de ejecución (`./script.sh`), por ejemplo, en la figura 4 se muestra la ejecución del módulo.

```

DSpace Replication, Upgrade & Install Automatic Tasks Suite
1) Replicating / Migrating to a new server [Only Ubuntu 16.04+ Servers].
2) Upgrading DSpace [Is under active development].
3) Installing DSpace [Is under active development].
0) Exit

Setting the domain name...
[INFO] Scanning for projects...
[INFO] -----
[INFO] Reactor Build Order:
[INFO]
[INFO] DSpace Parent Project
[INFO] DSpace Services Framework :: API and Implementation
[INFO] DSpace Kernel :: API and Implementation
[INFO] DSpace Addon Modules
[INFO] DSpace Kernel :: Additions and Local Customizations
[INFO] -----
[INFO] Building DSpace Parent Project 6.2
[INFO] -----
Downloading: https://repo.maven.apache.org/maven2/org/apache/maven/plugins
    
```

Figura 4. Ejecución del módulo para la actualización de un repositorio DSpace de la versión 5.2 a la 6.3 en un Ubuntu Server 16.04.4 LTS con 1,994 metadatos indexados.

3. Resultados

Para evaluar la eficiencia del módulo se utilizó pruebas de software como prueba de integración y prueba del sistema. Basándonos en estos resultados, se realizaron las adecuaciones pertinentes entre las versiones “Alpha” y “Candidata a Definitiva (RC)” para la estabilidad del algoritmo, cuyo proceso demoró seis meses de desarrollo en conjunto con pruebas de regresiones. La siguiente figura ilustra la actualización dada a un repositorio.

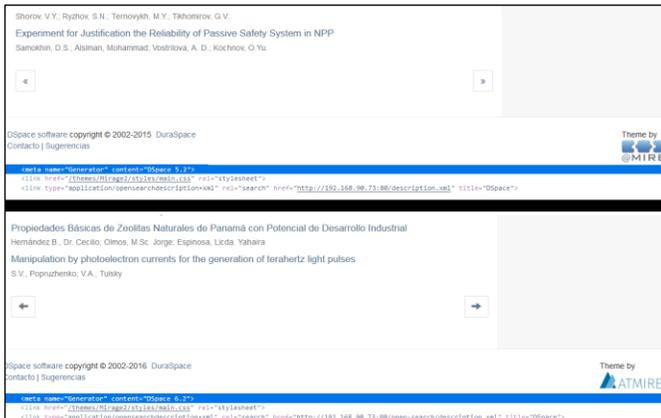


Figura 5. Actualización dada a un repositorio DSpace a la versión más reciente, utilizando el módulo automático. La parte superior es un repositorio con metadatos bajo la versión 5.2 en un servidor local, y la parte inferior es la actualización dada al mismo repositorio bajo la versión 6.3.

3.1 Prueba de Integración

Generalmente, la integración es el proceso de depuración de los fragmentos o componentes de códigos (subrutinas) son agregados para crear el algoritmo principal (módulo), cuya función es exponer los problemas que pueden surgir en esta etapa de integración [25]. Sin embargo, las subrutinas son aceptables cuando se prueba individualmente en forma aislada, de hecho, podrían resultar en un comportamiento incoherente o erróneos cuando se combinan con el fin de construir algoritmos complejos.

Por ello, se realizaron varias pruebas preliminares: la primera, son el uso de script estáticos para la comprobación de la sintaxis del lenguaje (paso a paso), coherencia e integridad, así como la adhesión a convenciones establecidas o controladas (por ejemplo, utilizar *shellcheck*); y la segunda, es el uso de script dinámicos para llevar a cabo simulación, tiempo de análisis y de prototipado de la data ingresada [25].

Por consiguiente, la estrategia debe tener un equilibrio entre el número de entradas y el tiempo-esfuerzo dedicados a fines de realizar estas pruebas. Además, se recomienda utilizar *chroot* (*change root*) para el intercambio de los ficheros de la raíz y sus procesos actuales en ejecución (sistema operativo) a un directorio (Chroot Jail) determinado para ejecutar los scripts en un entorno controlado [29], y así evitar causar daños irreversibles al sistema. La figura 6 ilustra el uso de estas pruebas.

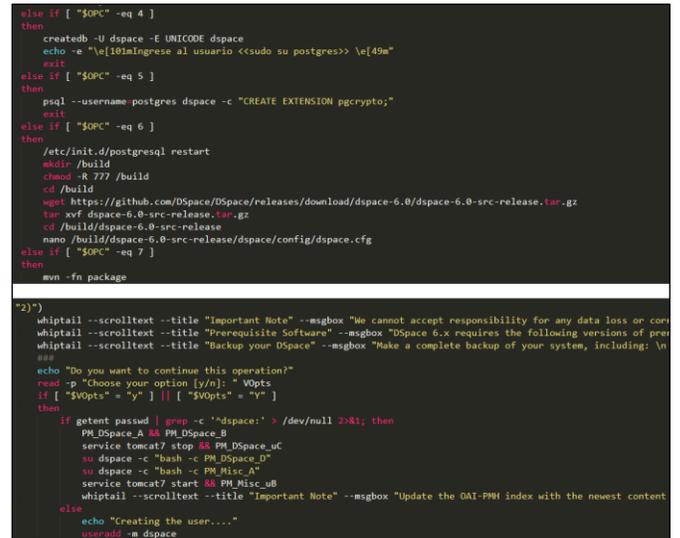


Figura 6. Ejecución exitosa de las pruebas de integración a las diferentes versiones del módulo. La parte superior se basa en la versión Alpha (0.9) con pruebas estáticas bajo una secuencia establecida, y la parte inferior se basa en la versión RC (1.5) con pruebas dinámicas bajo la verificación de parámetros, subrutinas e intercambios de instancias.

3.2 Prueba del Sistema

En particular, este tipo de prueba intenta revelar errores que no pueden ser atribuidas a componentes como tales, a las incoherencias entre los componentes, o a las interacciones de componentes y otros objetos, por ejemplo, descubrir los fallos que se manifiestan sólo a nivel del sistema y por lo tanto no fueron detectados durante las pruebas de integración o unidad [25].

Como complemento, la prueba del sistema incluye un conjunto de pruebas especializadas como:

- Prueba de Rendimiento.
- Prueba de Seguridad.
- Prueba de Fiabilidad.
- Prueba de Estrés.
- Prueba de Compatibilidad.
- Prueba de Recuperación.

Para este caso se utilizó las pruebas de compatibilidad y de estrés, bajo un entorno de servidor virtual privado (KVM-QEMU) con diferentes emulaciones, cuyo objetivo es definir un perfil operacional necesaria para el análisis estadístico de la confiabilidad del módulo.

3.2.1 Prueba de Compatibilidad

Esta primera prueba tiene como objetivo la verificación de las funcionalidades del repositorio en diferentes versiones DSpace sin afectar a las dependencias recomendadas. A partir de los datos de la tabla 1, se evidencia el rango de soporte para la actualización exitosa.

Tabla 1. Rango de versiones soportadas para la actualización utilizando el módulo automático.

Versión DSpace	Soportado		Tiempo Estimado (minutos)
	Sí	No	
6.1			15 ~ 25
6.0			15 ~ 25
5.8			25 ~ 30
5.7			25 ~ 30
5.6			30 ~ 35
5.5			30 ~ 35
5.4			35 ~ 45
5.3			35 ~ 45
5.2			35 ~ 45
5.1			---
5.0			---
4.x			---
3.x			---
1.x			---

La tabla 1 proporciona una visión general del tiempo estimado que se tomaría en la actualización del DSpace, se evidencian un aumento en el tiempo en versiones EOL (5.x), debido a que se requiere una etapa adicional en actualizar las dependencias de software. También, hay que tener presente que el tiempo estimado puede variar por diversos factores como: gama del hardware, banda ancha de Internet y al volumen de metadatos almacenado en el repositorio.

3.2.2 Prueba de Estrés

Esta última prueba tiene como objetivo la evaluación de las funcionalidades del repositorio, después de su actualización a la versión más reciente con el módulo.

Para ello, se tomó como muestra a 50 usuarios interactuando con la plataforma durante 5 minutos. La figura 7 presenta un resumen de los resultados obtenidos en un análisis con los softwares Apache

JMeter y Load Impact, cuyo resultado demuestra una correlación positiva entre el rango estipulado de aceptación (menos de 1500 ms) [30], y el tiempo promedio de respuesta (762.5 ms ~ 1300 ms) del



Figura 7. Resultado de la prueba de estrés con el máximo de usuarios (50) conectados al repositorio actualizado. Las líneas de colores representan varios parámetros como: la línea azul, es el tiempo de respuesta de cada usuario; la línea verde, son los usuarios activos en el repositorio; la línea morada, son las solicitudes por segundo de los usuarios; la línea naranja, es la carga de memoria generada por los usuarios.

4. Discusión

Este estudio se propuso con el objetivo de evaluar la importancia de desarrollar un módulo automático para la actualización del código fuente en los repositorios DSpace, por lo que hemos identificado las principales tareas adoptado por la comunidad de usuarios DSpace y el uso de algoritmo autónomo para llevar a cabo esta actividad [3], [9].

Hay varias contribuciones significativas de este estudio: la primera, a diferencia de la técnica tradicional de repositorios DSpace para la actualización, nuestro enfoque permite replicar los resultados del análisis y conocimiento adquiridos para formar parte de un esquema automático en otros repositorios; la segunda, se demuestran los problemas de las vulnerabilidades de seguridad conocidas por la comunidad de usuarios DSpace (por ejemplo, en la versión 6.0 soportaba la autenticación con *Shibboleth* por REST API) [28], al utilizar componentes de terceros o versiones DSpace obsoletos. Esto se debe a que menudo son desconocidos por los desarrolladores, debido a la falta de documentación sobre las correcciones de errores o la falta de la herramienta para identificar estas dependencias directas e indirectas causadas por la reutilización de los componentes vulnerables [9]; la tercera, al utilizar el método de scripting, aunque preliminar, sugiere que este módulo pueda adaptarse a

la replicación o migración del repositorio a otros servidores sin afectar los handles indexados o cosechados por otros sistemas, bajo la condición de mantener el mismo dominio web.

Otro hallazgo importante fue que las versiones no soportadas (4.x, 3.x, 2.x y 1.x) para llevar a cabo la actualización a través del módulo, es necesario utilizar FlywayDB (actualiza la estructura de la base de datos acorde con la versión más reciente), redefinir las dependencias y los archivos de configuración o personalizados con la actualidad, y de realizar una actualización manual progresivamente hasta la versión 5.2 para una posterior actualización automática de versión.

Es importante tener en cuenta el posible riesgo (corrupción de los metadatos o tiempo de inactividad) de implementar el módulo directamente a un servidor de producción sin haber realizado una prueba preliminar.

Por ello, se recomienda siempre realizar una actualización al repositorio en un servidor de desarrollo o de prueba, y de realizar una copia de seguridad del repositorio (dSPACE, base de datos y archivos personalizados).

5. Conclusión

Con el desarrollo del presente estudio se logró completar el objetivo propuesto, obtener un módulo estable y modificable, según las necesidades del entorno para la actualización de repositorios DSpace dentro del rango de soporte.

Al mismo tiempo, se logró demostrar todos los pasos involucrados en la metodología para el desarrollo de las subrutinas utilizadas en el módulo, lo cual permite a los usuarios desarrollar sus propios módulos o para crear sus variantes para la gestión del repositorio (por ejemplo, replicación o integración de subcomponentes), ya que el módulo está bajo licencia Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0).

Como trabajos futuros se tiene contemplado el soporte para CentOS y Arch Linux. Además, sería de interés implementar otras funcionalidades como, por ejemplo: manipular dinámicamente la ruta de instalación del repositorio, incluir el soporte a OracleDB y de adaptar el módulo para futuras versiones DSpace (7.x).

Como complemento a los resultados de esta investigación, compartiremos la URL (<https://github.com/bankashi/Scripts-for-DSpace>) del proyecto que aloja la versión RC del módulo.

6. Referencias

- [1] D. Hahn, "Acceso Abierto y Bibliotecas Digitales: Bibliotecas de Ciencias Sociales en Acción [Open Access and Digital Libraries: Social Science Libraries in Action], Lynne M. Radasill, Maria Elena Dorta-Duque (Eds.), IFLA Publications (2013), (Nr 158. 346 pp.), ISBN: 978-3-11-028102-6," *J. Acad. Librariansh.*, vol. 40, no. 3-4, pp. 420-421, May 2014.
- [2] H. Chen and Y. Zhang, "Functionality Analysis of an Open Source Repository System: Current Practices and Implications," *J. Acad. Librariansh.*, vol. 40, no. 6, pp. 558-564, Nov. 2014.
- [3] S. Bangani, "The History, Deployment, and Future of Institutional Repositories in Public Universities in South Africa," *J. Acad. Librariansh.*, vol. 44, no. 1, pp. 39-51, Jan. 2018.
- [4] J. Berrocoso Valverde, "El acceso abierto al conocimiento científico," *Reuni+D*, p. 56, 2013.
- [5] T. H. Pérez, D. R. Mateos, and G. B. D. la Fuente, "Open Access: el papel de las bibliotecas en los repositorios institucionales de acceso abierto.," *An. Doc.*, vol. 10, pp. 185-204, 2008.
- [6] F. M. Sánchez-Martín, F. Millán Rodríguez, and H. Villavicencio Mavrich, "La Iniciativa Open Access (OAI) en la literatura científica," *Actas Urológicas Españolas*, vol. 33, no. 7, pp. 732-740, Jan. 2009.
- [7] OpenDoar, "Repositorios Centroamericanos," 2017. .
- [8] R. S. Project, "Repository software survey," 2010. .
- [9] S. S. Alqahtani, E. E. Eghan, and J. Rilling, "Tracing known security vulnerabilities in software repositories - A Semantic Web enabled modeling approach," *Sci. Comput. Program.*, vol. 121, pp. 153-175, 2016.
- [10] UTP-Ridda2, "¿Qué es UTP-Ridda2?," *UTP-Ridda2*, 2017. [Online]. Available: <http://ridda2.utp.ac.pa/que-es-utp-ridda2>. [Accessed: 23-Jul-2018].
- [11] D. M. Beazley, "Automated scientific software scripting with SWIG," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 19, no. 5, pp. 599-609, Jul. 2003.
- [12] P. Ralph, "The two paradigms of software development research," *Sci. Comput. Program.*, vol. 156, pp. 68-89, May 2018.
- [13] M. L. Scott and M. L. Scott, "Scripting Languages," in *Programming Language Pragmatics*, Elsevier, 2009, pp. 649-724.
- [14] G. Speake and G. Speake, "Using BASH," in *Eleventh Hour Linux+*, Elsevier, 2010, pp. 61-77.
- [15] The DSpace Developer Team, "DSpace 6.x Documentation," no. July, 2017.
- [16] Stellenbosch University Library, "SUNScholar/Install

- Dspace/S04/5.X,” *Libopedia*, 2016. [Online]. Available: http://wiki.lib.sun.ac.za/index.php?title=SUNScholar/Install_DSspace/S04/5.X.
- [17] D. T. Palmer, A. Bollini, S. Mornati, and M. Mennielli, “Dspace-CRIS@HKU: Achieving Visibility with a CERIF Compliant Open Source System,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 33, pp. 118–123, Jan. 2014.
- [18] P. Rodrigo, “Dspace Auto Install.” Github, 2015.
- [19] Libopedia contributors, “SUNScholar/Rebuild DSpace.” Libopedia, 2016.
- [20] T. Donohue, “DSpace Software Support Policy,” 2017.
- [21] H. Calderón-Gómez and D. Murillo, “Algoritmo automática para la instalación estructurada Dspace en Ubuntu, utilizado en la implementación del repositorio institucional de la Universidad Tecnológica de Panamá,” in *XX Congreso Internacional EDUTEC – 2017*, 2017.
- [22] The DSpace Developer Team, “Prerequisite Software,” 2017. [Online]. Available: <https://wiki.duraspace.org/display/DSDOC6x/Installing+DSpace#InstallingDSpace-PrerequisiteSoftware>.
- [23] S. Kim and H. Lee, “Software systems at risk: An empirical study of cloned vulnerabilities in practice,” *Comput. Secur.*, Feb. 2018.
- [24] M. P. Prado and A. M. R. Vincenzi, “Towards cognitive support for unit testing: A qualitative study with practitioners,” *J. Syst. Softw.*, vol. 141, pp. 66–84, Jul. 2018.
- [25] F. Lonetti and E. Marchetti, “Emerging Software Testing Technologies,” *Adv. Comput.*, vol. 108, pp. 91–143, Jan. 2018.
- [26] M. Khatibsyarbini, M. A. Isa, D. N. A. Jawawi, and R. Tumeng, “Test case prioritization approaches in regression testing: A systematic literature review,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 93, pp. 74–93, Jan. 2018.
- [27] H. Calderón-Gómez, “DSpace 6.x Scripts (RC).” Bitbucket, Panama, 2017.
- [28] N. Pascal, “Changes in 6.x.” 2017.
- [29] H. C. . van Tilborg and S. Jajodia, “Chroot,” in *Encyclopedia of Cryptography and Security*, 2011.
- [30] X. S. Wang, A. Krishnamurthy, and D. Wetherall, “Speeding up Web Page Loads with Shandian,” *Ndsi*, p. 15, 2016.

Estudio de indicadores científicos de perfiles en Google Académico de universidades en Centroamérica y el Caribe

Study of scientific profiles indicators in Google Scholar of universities in Central America and the Caribbean

Danny Murillo¹, Dalys Saavedra²
^{1,2} UTP-Ridda2, Universidad Tecnológica de Panamá
¹ danny.murillo@utp.ac.pa, ² dalys.saavedra@utp.ac.pa

RESUMEN– En este trabajo se muestra el estudio bibliométrico a 30 perfiles de universidades de Centro América y el Caribe con perfil en Google Académico (GA), utilizando un total de 2,316 perfiles y 80,438 publicaciones. Se utilizó el Análisis de componentes principales (ACP) para identificar los grupos de universidades para hacer el análisis con indicadores bibliométricos como citas, número de publicaciones, Hindex. Los resultados dejan en evidencia la enorme separación que existe en el grupo de la Universidad de Costa Rica, Universidad de Puerto Rico y la Universidad de West Indies en Jamaica, las cuales contienen el 43% de la producción científica y el 65% de citas del estudio. El resto de las 28 Universidades del estudio muestran poca producción científica y visibilidad de sus perfiles de autores como de sus revistas.

Palabras claves– Bibliometría, Googles Académico, Análisis de Componentes Principales, PCA, estudio bibliométrico

ABSTRACT– In this work the bibliometric study is shown to 30 profiles of Central American and Caribbean universities with profile in Google Scholar (GA), using a total of 2,316 profiles and 80,438 publications. The Principal Components Analysis (PCA) was used to identify groups of universities to do the analysis with bibliometric indicators such as citations, number of publications, Hindex. The results show the enormous separation that exists in the group of the University of Costa Rica, University of Puerto Rico and the University of the West Indies in Jamaica, which contain 43% of scientific production and 65% of citations of the study. The rest of the 28 Universities of the study show little scientific production and visibility of their profiles of authors as of their journals.

Keywords– Bibliometrics, Google Scholar, Principal Components Analysis, PCA, bibliometric study.

1. Introducción

En evaluación de la ciencia es necesario medir el alcance e impacto de la producción utilizando indicadores científicos los cuales analizan la cantidad de publicaciones de investigador y el número de citas que éstos obtienen en un determinado tiempo, generando también un impacto en el perfil del investigador [1].

El área encargada de medir o estudiar estos indicadores está relacionada con el campo de la webmetría y bibliometría. La bibliometría es un área de la ciencia métrica enmarcada en los estudios métricos de la información donde se aplican métodos y modelos matemáticos [2] a perfiles de autores, instituciones, revistas, publicaciones científicas y repositorios bibliográficos, con la finalidad de describir su comportamiento [3], determinar patrones de publicación

que ayuden a diseñar estrategias y facilitar la toma de decisiones [4].

Existen plataformas como Scopus, Scimago (SJR), y Web of Science que miden estos indicadores pero su información es parcialmente pública.

Otras plataformas como Google Académico (GA) creada desde el 2004 han surgido como un instrumento de recuperación de información para obtener más cobertura al material científico y académico en la web [5].

El análisis bibliométrico comúnmente es llevado a cabo con datos de revistas científicas o perfiles de investigadores proveniente de Wos y SJR, sin embargo GA permite el acceso a documentos que no son considerados por estas bases de datos como: preprints, tesis, informes, libros, repositorios o publicaciones de

revistas en indexadores de acceso abierto con impacto regional [6], tomar en cuenta estos documentos y sus indicadores permite una mejor evaluación de la ciencia [7].

El objetivo del trabajo fue la visibilidad de las universidades de Centro América y el Caribe (CAyC) en GA y evaluar la diferencia del impacto de la producción científica entre ellas utilizando indicadores bibliométricos.

2. Materiales y métodos

El estudio está basado en una Investigación cuantitativa y una muestra por conveniencia.

2.1 Población del estudio

Analizamos la plataforma de ranking universitarias Webometrics [8] encontrando que existían 362 universidades de CAyC de 18 países con dominios URL a su página web. Para el estudio solo se consideraron las universidades con perfil y afiliación en GA.

2.2 Procedimiento

De la información de universidades de CAyC en Webometrics se extrajeron los datos del nombre de la universidad, país, url y los datos de la posición del ranking universitario en el mundo y en CAyC.

El proceso de verificación de los perfiles de universidades en GA consistió en una búsqueda del nombre de cada universidad y dominio de sus páginas web (utp.ac.pa) en este buscador, específicamente en la sección de perfiles.

Los datos universidades con perfil en GA se extrajeron utilizando un algoritmo de web scraping creado en el lenguaje R, el cual busca y extrae los perfiles y publicaciones utilizando la URL web de cada universidad [9], para el estudio fueron: número de perfiles, número de publicaciones, citas por publicación, año de la publicación y hindex..

Para el análisis de los datos se utilizó el lenguaje R a través del software RStudio v.1.044. Los paquetes utilizados para realizar los análisis y visualización de los gráficos fueron FactoMineR, Rdmdr, ggplot2, g dendro, factoextra, cluster, tidyverse, tidy, plugin de Factominer, Rcmdr.

2.3 Métodos estadísticos

Para el análisis descriptivos de los datos utilizamos el Análisis de Componentes Principales (ACP), técnica estadística de síntesis de la información o reducción del número de variables [10]. El ACP permitió identificar

universidades con datos con valores similares, las cuales fueron agrupadas por clúster.

El número de clusters se determinó con el algoritmo K-medias del paquete FactoMiner [11] el cual genera valores de inercia dependiendo del valor de “k” el cual representa los valores de cada una de las variables utilizadas $k=1:9$, los valores fijos fueron las iteraciones máximas (iter.max) =200 y el número de conjuntos (nstart) = 50.

$$\text{grupos}=\text{kmeans}(\text{datos},k,\text{nstart}=50,\text{iter.max}=200), \\ \text{InerciaIC}[k]<-\text{grupos}\$tot.withinss) \quad (1)$$

Por cada valor de k, existe un valor constante entre cada variable, este identifica el número de clusters [12] a utilizar, esta agrupación se muestra en el gráfico de ACP de individuos o universidades [13].

3. Resultados

Con datos obtenidos de las 362 universidades de CAyC se identificaron que solo 30 universidades de 10 países tenían perfiles con afiliación en GA lo que representa el 11% del total de universidades. En la tabla 1 muestra que Cuba y Costa Rica son los países con mejor representación, también hay 7 países del Caribe con 0 representación. Países como Panamá, El Salvador y Rep. Dominicana con un promedio de 31 universidades solo tienen 1 representación en GA.

En la Tabla 1 se muestran las 30 universidades afiliadas a GA ordenadas por el número de citas, siendo la universidad de Puerto Rico la que más citas y publicaciones tiene en la región. El total de perfiles de encontrados de estas universidades es 2,316 y el total de publicaciones fue de 80,438, de estos datos se encontraron 63 publicaciones con fechas nulas o inferiores a 1950 por lo que fueron eliminadas del estudio.

Según datos extraídos de GS de las 10 universidades con más citas, 8 tienen las mejores posiciones en CAyC según el Ranking de Webometrics a nivel Mundial, los datos de la tabla 3, muestran las 30 universidades seleccionadas y la posición que estas ocupan en el ranking, siendo las mejores posicionadas la Universidad de Puerto Rico (586,2), Universidad de Costa Rica (885,4), University of the West Indies (1088,5), University of the West Indies at St Augustine (1792,18), la Universidad de la Habana (2053, 22), Centro Agronómico Tropical de Investigación y

Enseñanza(2220), Universidad Nacional de Costa Rica (2710) y Tecnológico de Costa Rica (2790) .

Tabla 1. Número de Universidades por país y número de universidades con perfiles en GA.

País	Univ.	GA.	%
Costa Rica	60	7	11.6
Nicaragua	42	0	0
Puerto rico	37	4	10.8
El salvador	37	1	2.7
Rep. Dominicana	32	1	3.1
Cuba	27	9	33.3
Panamá	25	1	4
Jamaica	22	2	9
Guatemala	19	3	15.8
Honduras	16	1	6.3
Haití	15	0	0
Trinidad y Tobago	9	1	11.1
Barbados	5	0	0
Isla caimán	5	0	0
Belice	4	0	0
Aruba	3	0	0
Antigua y Bermuda	2	0	0
Bahamas	2	0	0
Total	362	30	

El ranking universitario Webometrics, según su metodología contempla 4 indicadores, presencia (5%), número de documento en la web, Impacto o Visibilidad (50%), enlaces que señalan al dominio web, apertura (10%), citas de google scholar y Excelencia (35%) citas y documentos de revistas según Scimago. Todos estos indicadores son afectados por la visibilidad de documentos y citas de las universidades en Google Scholar, por lo que la tabla 3 muestra como se refleja la posición del ranking en las universidades que tienen perfil en GS.

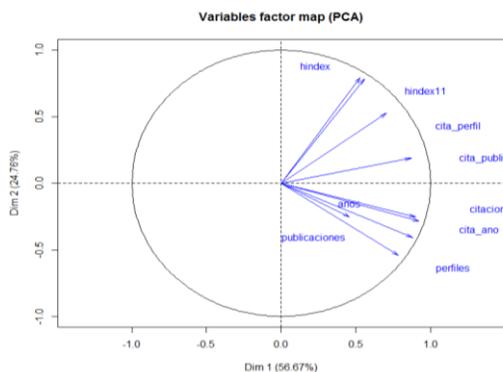
Para el análisis descriptivos se realizó el Análisis de Componentes Principales de universidades con datos de la tabla 1, generando 6 valores de componentes, Dim 1(56.67), Dim 2(24.75), Dim 3(9.37), c Dim 4(5.48), Dim 5 (1.92), Dim 6 (1.14), se seleccionaron los componentes 1 y 2 para generar el Plano con un 81.42% de confiabilidad representados en la gráfica 1. En el gráfico la variable años se muestra con alejada de la circunferencia del ACP, esto indica que no se encuentra bien representada debido a que existen datos con valores

fuera del rango de la media o datos nulos, por lo que fue necesario depurar los datos del campo año.

Tabla 2. Datos de los perfiles de Universidades con afiliación en GA

Siglas	perfiles	publicaciones	citas	hindex
UPR	296	13541	257257	9.2
UWI	337	9896	173503	7.3
UCR	245	11110	133274	7.3
UWA	205	7877	83120	7.1
CAT	56	3846	33801	6.7
UNA	115	5324	26263	4.7
TEC	264	6918	22855	2.6
UHC	119	3453	22186	4.8
PONCE	12	1273	19122	13.5
UVG	24	753	12053	7.5
UCMA	61	1793	7119	3.9
UTP	87	1592	6713	2.8
ISP	87	1888	5825	2.6
UCEC	8	642	5527	10.5
UCAC	47	1636	3640	3.1
EAPZ	15	1273	3108	12.1
INCAE	9	392	2943	7.3
INCA	33	1171	2937	13.2
USCG	27	441	2888	6.7
ISTCA	18	535	2564	4.5
UFM	13	397	2472	4.8
PUCMM	42	480	2442	2.5
UPIR	12	517	2038	4.3
UOSC	37	580	1458	1.9
UCI	74	1841	1197	1.3
UTJ	12	178	1022	4.1
PUPR	8	159	1011	4.4
UEaD	26	600	654	1.4
UCC	7	130	246	2.4
UDS	20	202	226	3.2
TOTAL	2316	80438	839464	167.7

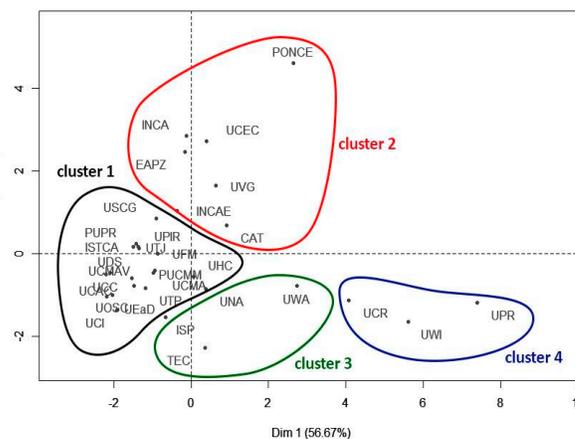
Los datos fueron agrupados por cluster, cuyo número de clúster dado por el valor de inercia "K" fue 4. La gráfica 2 muestra los clusters generados en el ACP de universidades, el clúster 1 contiene las universidades con menos citas y publicaciones, el cluster 4 contiene las universidades con más citas y publicaciones, el cluster 2 y 3 son las universidades con promedios medios de citas y publicaciones entre la 1 y la 4.



Gráfica 1. Análisis de Componentes Principales de las variables

Al analizar las citas de las publicaciones por cluster entre el año de 1950 hasta 2018, encontramos que las publicaciones con más citas de los cluster 2,3,4 se encuentran en el periodo 2000 y 2018, según gráfico 3. Se muestra que el cluster 1 que representa el 7% del total de citas no tiene publicaciones que sobrepasen las 100 citas, mientras que los cluster 2 que representa el 9% de citas muestra algunas publicaciones con

más de 1,000 citas, el cluster 3 que representa el 16% del total de citas, muestra 3 publicaciones que superan las 1,000 citas y el cluster 4, que representa el 67% de las citas del estudio (564,034), muestra más de 30 publicaciones que superan las 1000 citas y algunas superan las 4,000 citas.

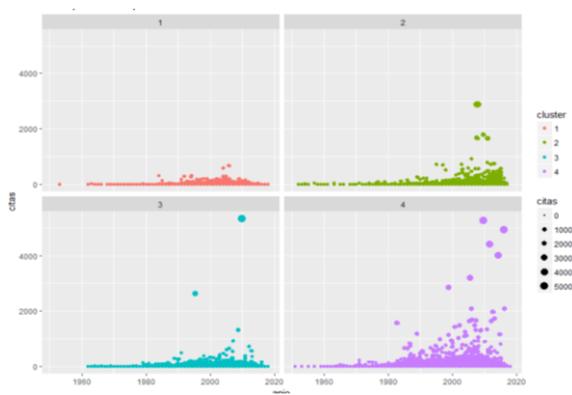


Gráfica 2. ACP de las universidades agrupadas por cluster según similitud de datos

Tabla 3. Universidades de Centroamérica y el Caribe con perfil en Google Académico, ordenados por la posición en el Ranking de Webometrics

País	Universidad	Siglas	RW	RCAyC	Áreas carreras
Puerto Rico	Universidad de Puerto Rico	UPR	586	2	Medicina, biología, marina, computación, agroindustria, ingeniería
Costa Rica	Universidad de Costa Rica	UCR	885	4	Ciencias sociales, ciencias básicas, salud, agroalimentaria, ingeniería, arte, letras
Jamaica	University of the West Indies	UWI	1088	5	Ingeniería, ciencias médicas, sociales, ciencia y tecnología, leyes, agricultura, humanidades
Trinidad and Tobago	University of the West Indies at St Augustine	UWA	1792	18	Ingeniería, ciencias médicas, sociales, ciencia y tecnología, leyes, agricultura, humanidades
Cuba	Universidad de la Habana	UHC	2053	22	Artes, letras, derecho, ciencias, economía, turismo, computación, filosofía
Costa Rica	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	CAT	2220	27	Ecología, ambiente, desarrollo sostenible
Costa Rica	Universidad Nacional de Costa Rica	UNA	2710	32	Ciencias sociales, ciencias exactas, naturales, salud, filosofía, letras
Cuba	Universidad Central Marta Abreu de la Villas	UCMA	2736	33	Ingeniería, computación, ciencias, económicas, sociales, agropecuaria, humanidades, Educación, química, farmacia
Costa Rica	Tecnológico de Costa Rica	TEC	2792	35	Ingeniería, empresa, turismo sostenible
Guatemala	Universidad Francisco Marroquín	UFM	2920	39	Arquitectura, Ciencias Económicas Sociales, Derecho, Educación, Estudios Políticos, Medicina, Nutrición, odontología, Psicología

Guatemala	Universidad del Valle de Guatemala	UVG	3181	50	Ingeniería, ciencias y humanidades, ciencias sociales, educación, arte y diseño, empresa
Puerto Rico	Ponce School of Medicine	PONCE	3335	55	Ciencia de la salud
Panamá	Universidad Tecnológica de Panamá	UTP	3485	56	Ingeniería, matemáticas, educación
Costa Rica	INCAE Business School	INCAE	3762	65	Administración de empresa, negocio
Cuba	Universidad de Oriente Santiago de Cuba	UOSC	3831	67	Ingeniería, ciencias económicas, sociales, naturales, exactas, educación, humanidades, agronomía, derecho
Cuba	Universidad de Pinar del Rio	UPIR	4083	76	Ciencias Técnicas, Forestales y Agropecuarias, Económicas y Empresariales, Sociales y Humanísticas, Educación, Cultura Física
República Dominicana	Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra	PUCMM	4138	78	Ingeniería, ciencias, salud, sociales, humanidades, arte, económica, administrativa
Cuba	Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría	ISP	4346	87	Ingeniería, arquitectura, telecomunicaciones
Costa Rica	Universidad Centroamericana José Simeón Cañas	UCC	4405	89	Ingeniería, ciencias sociales, derecho, educación, comunicación, empresa
Jamaica	University of Technology Jamaica	UTJ	4433	91	Ingeniería, computación, ciencias de la salud, derecho, medio ambiente, empresa, educación
Puerto Rico	Universidad Politécnica de Puerto Rico	PUPR	4672	97	Ingeniería, arquitectura, contabilidad, marketing,
Costa Rica	Universidad Estatal a Distancia Costa Rica	UEaD	5033	109	Ciencias exactas, naturales, administración, sociales, humanidades, educación
Cuba	Universidad de Ciencias Informáticas	UCI	5178	113	Computación
Honduras	Escuela Agrícola Panamericana Zamorano	EAPZ	5199	116	Agronómica, ambiente, agroindustria, agronegocios
El Salvador	Universidad Don Bosco El Salvador	UDS	7771	162	Ingeniería, diseño gráfico, administración de empresas, mercadeo, idiomas
Cuba	Universidad de Camaguey	UCAC	8214	168	Agroindustria, biotecnología, educación, energía, computación
Cuba	Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas	ISTCA	10202	205	Ciencias, tecnología, medio ambiente
Puerto Rico	Universidad Central del Caribe	UCEC	12253	786	Medicina, ciencias biomédicas, fisioterapia
Cuba	Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas	INCA	13279	280	Agrícola
Guatemala	Universidad de San Carlos de Guatemala	USCG	18588	512	Agronomía, arquitectura, ciencias económicas, jurídicas, medicas, ingeniería, veterinaria, humanidades, odontología



Gráfica 3. Citas de universidades por año y por cluster.

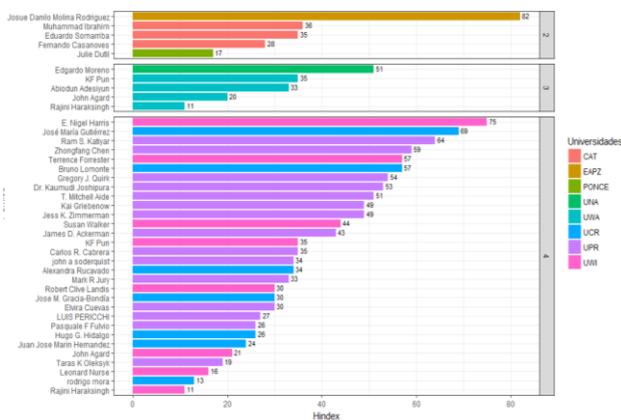
Las universidades que han sido agrupadas en el clúster 4, que contienen el 67% de las citas del estudio, UPR, UWI, UCR tienen en común que se enmarcan en 6 área de estudio, Medicina, Ciencias Médicas, Computación, Agroindustria, Ingeniería, Ciencias sociales, por lo que son universidades con diferentes especialidades. Por otro lado universidades de los cluster 1 y 2, como CAT, PONCE, UTP, INCAE, ISP, UCI, INCA, son universidades que cuentan con 1 a 3 especialidades, ingeniería, computación, agrícola y negocio, ha excepción del CAT que tiene 33,188 citas, las demás cuentan con poca citas.

De los 2,316 perfiles de universidades se encontró que el 15 % de los perfiles (392) no tenían citas y tenían pocas publicaciones, estos perfiles pertenecían principalmente a los cluster 1,2.

Al seleccionar los perfiles con más citas, se muestra en la gráfica 3 que el perfil con más citas, 25,526 y hindex 82 pertenece al profesor Josué Danilo Molina Rodríguez, de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en Honduras, quién publica en las áreas de Particle Physics, CP Violation, Dalitz Plot Analysis, Amplitude Analysis, Heavy Flavours. Otros perfiles con un número considerable de citas es del profesor Nigel Harris de la University of the West Indies en Jamaica, con hindex 75, sus publicaciones son del área de Medicina (antiphospholipid antibodies, rheumatology, lupus).

España y Portugal, Latindex, existen 1,876 de CAyC en su directorio, por lo que las revistas en GA solo representa el 1.3% de revistas, estas contienen 5,046 publicaciones en total.

Al realizar un análisis de las publicaciones por idioma, se analizaron las 100 publicaciones más citadas del estudio, el 97% estaba en idioma Inglés y el resto en español, estas 100 publicaciones generaron 13,287 citas lo que representa el 16.5% del total de citas. El 75% de estas publicaciones pertenece a las universidades del del cluster 4, que contiene la mejores universidades del estudio La publicación más citada es “A map of human genome variation from population scale sequencing” con 5,320 del profesor Rajini Haraksingh de la UWI de las áreas de Human Genetics, Genomics, Bioinformatics, Computational Biology.

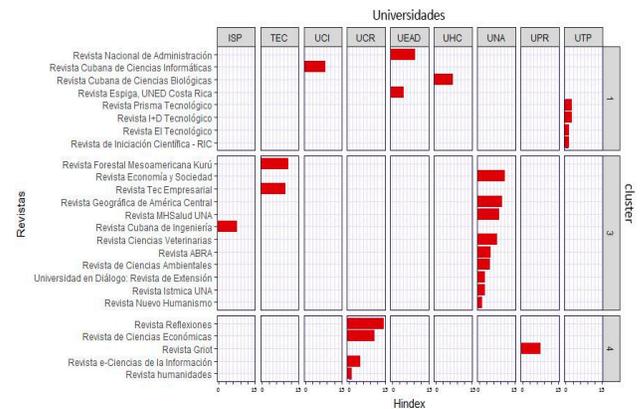


Gráfica 4. Perfiles con mayor hindex por universidad y por cluster.

Se identificaron 25 perfiles de revistas científicas mostradas en la gráfica. Las revistas de mayor impacto pertenecen a la UCR, la revista Reflexiones del área de Ciencias Sociales con un Hindex de 12 y 611 citas y la revista de Ciencias Económicas con Hindex de 9 y 435 citas con la misma temática. La revista con más citas es la Revista Geográfica de América Central de la UNA con 739 citas y un hindex de 8.

Las universidades con más revistas son, la UNA de Costa Rica con 9 revistas con perfiles, seguido de la UCR también de Costa Rica con 4 y la UTP de Panamá con 4, pero con menos impacto que las revistas de Costa Rica.

Según el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe,



Gráfica 4. Numero de revistas por universidad y cluster

Para analizar el impacto de las revistas según el valor de Hindex, se hizo una búsqueda en catálogos e indexadores regionales como LATINDEX, SCIELO, REDALYC, REDIB y el directorio de Revistas de acceso abierto, DOAJ. Solo la Revista Cubana de Ciencias Informáticas de la Universidad de Ciencias Informáticas en Cuba con un Hindex de 7 del área de Ciencia computacionales y la Revista MHSalud UNA de la Universidad Nacional de Costa Rica con un Hindex de 7 y del área de movimiento humano, deportes, recreación, calidad de vida 2 están en las 5 plataformas mencionadas.

El 56% de las 25 revistas se encuentra en DOAJ por lo que pudiéramos inferir, que este grupo cuenta con políticas de acceso abierto en sus revistas, de estas el 50% son revistas de Costa Rica.

4. Discusión

La mayoría de los estudios bibliométricos encontrados en la literatura se han realizado a revistas científicas tomando como referencias de datos de WoS y Scopus, aunque en algunos observatorios de universidades, principalmente España, realizan estudio de los perfiles de sus investigadores en GA, pero se realizan pocos estudios bibliométricos de los perfiles y publicaciones en GA de universidades por país.

El estudio muestra una radiografía de la poca visibilidad que existe en CAyC, donde solo el 11% de 362 Universidades identificadas tienen afiliaciones en GA y perfiles de sus docentes investigadores, en el caso de Panamá solo 1 universidad de las 25 tiene perfil.

Aunque el objeto de estudio fue realizar un análisis Bibliométricos de los perfiles de investigadores en GA de CAyC, se identificaron 25 perfiles de revistas científicas / académicas las cuales representan solo el 1.3% de las revistas registradas en Latindex a nivel regional, lo que conlleva a que no es posible conocer el factor de impacto de las revistas.

Una de las limitantes del estudio es que existen pocas universidades en CAyC con perfiles en GA por lo que es difícil identificar realmente cuales son las universidades que más producción científica tienen. Por otro lado los contenidos extraídos de GA son muy variados y para el estudio no se ha filtrado según el tipo de publicación, por lo que decir que esta es la producción científica de CAyC es un poco subjetiva.

El promedio de perfiles extraídos en GA de cada universidad fue de 77.2, pero no podemos decir que porcentaje representa de los investigadores de cada universidad ya que no se identificó en sus páginas web el listado de investigadores o docentes.

5. Conclusiones

Se encontró en este estudio que existe poca visibilidad de las universidades en Centro América y el Caribe en GA con apenas un 11% de representación.

El análisis de indicadores Bibliométricos realizado a 80,438 publicaciones entre 1950 y 2018, muestra que el mayor impacto de las publicaciones se encuentra entre los periodos de 2000 y 2017, siendo las publicaciones en inglés la que más citas tienen.

El número de perfiles extraídos de las universidades, 2,316 no representa una muestra considerable, hay solo

77 perfiles por universidad cuando las universidades promedian 250 docentes e investigadores.

Las universidades con mayor número de citas en GA son también universidades con mayor posición en el ranking de Webometrics por lo que la generación y visibilidad de la producción científica está correlacionada con uno de los indicadores de este ranking.

Este trabajo está enmarcado en generar resultados de indicadores científicos que permitan el estudio permanente a través de un Observatorio de Bibliometría de la Universidad Tecnológica de Panamá, que tenga el objetivo de realizar estudios que permitan medir la producción científica de nuestra universidad y de la región, en vías de conocer las temáticas y formas de mejorar la visibilidad, el alcance e impacto de las publicaciones científicas.

Referencias

- [1] J. Sanz-Valero, V. Tomás Casterá, and C. Wandenberghe, "Estudio bibliométrico de la producción científica publicada por la Revista Panamericana de Salud Pública," *Rev Panam Salud Pública*, vol. 35, no. 2, pp. 81–8, 2014.
- [2] L. Michán and I. Muñoz-Velasco, "Cienciometría para ciencias médicas: definiciones, aplicaciones y perspectivas," *Investig. en Educ. Médica*, vol. 2, no. 6, pp. 100–106, 2013.
- [3] L. E. Paz Enrique, M. J. Peralta González, and E. A. Hernández Alfonso, "Estudio bibliométrico de la Revista Centro Agrícola, Cuba," *e-Ciencias la Inf.*, vol. 6, no. 2, p. 1, 2016.
- [4] A. Maz-Machado, N. N. Jiménez-Fanjul, and E. Villarraga Rico, "La producción científica colombiana en SciELO: un análisis bibliométrico," *Rev. Interam. Bibl.*, vol. 39, no. 2, pp. 111–119, 2016.
- [5] D. Giustini and M. N. Kamel Boulos, "Google Scholar is not enough to be used alone for systematic reviews," *Online J. Public Health Inform.*, vol. 5, no. 2, pp. 0–4, 2013.
- [6] E. Orduña-Malea, "Aplicaciones métricas de Google Scholar para la evaluación del impacto científico," no. April, pp. 29–30, 2016.
- [7] J. L. Ortega, "Diferencias y evolución del impacto académico en los perfiles de google scholar citations: una aplicación de árboles de decisión," *Revista Española de documentación científica*, 2015. [Online]. Available:

- <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/905/1283>.
- [8] “Ranking Web of Universities,” 2017. [Online]. Available: http://www.webometrics.info/en/Latin_America.
- [9] D. Murillo and D. Saavedra, “Web Scraping de los Perfiles y Publicaciones de una Afiliación en Google Scholar utilizando Aplicaciones Web e implementando un Algoritmo en R,” in *Congreso AMITIC*, 2017, pp. 1–8.
- [10] C. A. Núñez-Colín and A. F. Barrientos-Priego, “Estimación de la variabilidad interna de muestras poblacionales, mediante análisis de componentes principales,” *Interciencia*, vol. 31, no. 11, 2006.
- [11] P. C. D. C. Campo Elías Pardo, “Combinación de métodos factoriales y de análisis de conglomerados en R : el paquete FactoClass,” no. 2, pp. 231–245, 2007.
- [12] J. L. Vicente, “Introducción al Análisis de Clúster,” p. 22, 2011.
- [13] M. Balzarini, C. Bruno, M. Córdoba, and I. Teich, “Herramientas en el Análisis Estadístico Multivariado,” no. June, p. 200, 2015.

Control Híbrido Óptimo en una Modulación de Vector Espacial (SVM) para un Inversor de Potencia Electrica

Ruthber Rodriguez Serrezuel^{1*}, Miguel Ángel Tovar Cardozo²,
Viviana Katherine Ordoñez Benavides¹ and Andrés Mauricio Navarrete¹

¹ Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria del Huila, CORHUILA, Colombia

² Facultad de Administración de Empresas, Corporación Universitaria Minuto de Dios

Uniminuto, República de Colombia

ruthber.rodriguez@corhuila.edu.co

RESUMEN—En el presente artículo se muestran los resultados generados durante la investigación del problema de control híbrido óptimo para la modulación vectorial espacial (SVM), permitiendo enfocarlo a control híbrido óptimo para la modulación de ancho de pulso (PWM). La descripción teórica se centra en el proceso de modulación por la cual permite la creación de formas de onda de corriente alterna (CA) aplicados en motores trifásicos con amplificadores de clase D. Con la presente contribuimos a la reducción de deformaciones senoidales de la corriente (distorsión armónica total, THD) producidas por el cambio rápido inherente en la implementación de nuestro algoritmo. Los resultados se observan en las simulaciones obtenidas a través del software Matlab/Simulink.

Palabras claves— Control Híbrido, Labview, Modulación Vector Espacial.

ABSTRACT—In the present article there appear the results generated during the investigation of the problem of hybrid ideal control for the vectorial spatial modulation (SVM), allowing to focus it on hybrid ideal control for the modulation of width of pulse (PWM). The theoretical description centres on the process of modulation for which it allows the creation of waveforms of alternating current (CA) applied in three-phase engines with amplifiers of class D. With the present one we contribute to the reduction of deformations senoidales of the current (harmonic total distortion, THD) produced by the rapid inherent change in the implementation of our algorithm. The results Simulink is observed in the simulations obtained across the software Matlab/Simulink.

Keywords— Hybrid control, Labview, Modulation, Spatial Vector

1. Introducción

La amplia competencia que se presenta actualmente en el mercado industrial da lugar a la búsqueda de estrategias que permitan dar soluciones a los problemas de ingeniería en sistemas no lineales dando gran importancia al uso del control híbrido óptimo (véase, por ejemplo, [1], [2], [3]). Tendremos en el control de Pulse Width Modulation (PWM) algoritmos de Modulación del Vector Espacial (SVM) [4], utilizados para generar formas de ondas de Corriente Alterna (AC) [5], [6], permitiendo así controlar el comportamiento dinámico de los motores trifásicos de CA [7].

Las diferentes variaciones de SVM dan resultados diferentes de requisitos de calidad y computación. Por la cual la herramienta de generación de trayectorias óptimas bajo el Principio de Maximum Hybrid generando el producto del Principio Máximo de Pontryagin classic [8], [9], [10], es la principal herramienta para el problema de control híbrido.

Una variación del Principio Máximo Híbrido en nuestra Modulación del Vector Espacial es analizada bajo el supuesto de cierta restricción. De tal forma que estas suposiciones aseguren que las "variaciones de aguja" tradicionales sean variaciones aceptables [13], [14], [15].

Ya que para el análisis de circuitos trifásicos se basa en la evolución del rendimiento del microprocesador, enfocando la demanda a mejores rendimientos en los accionamientos y en la generalización de las transformaciones Park (1929) y Clarke (1958). Van Der Broeck (1988) implementó la técnica PWM la cual se basa en Vectores Espaciales SV-PWM (Space Vector - PWM) propuesta anteriormente también por Pfaff (1984).

Actualmente, en las aplicaciones de control para motores de inducción con inversores trifásicos la modulación SV-PWM es la técnica más implementada. En la modulación PWM la cual se basa en Vectores Espaciales se encuentra la interacción entre las fases,

pero se procesa un solo modulador en el Vector Espacial de voltaje del conjunto trifásico [11], [12], [13] para no usar un modular por cada fase.

Los diferentes requisitos de calidad y computación [13], [14] generadas en SVM crean un área activa de desarrollo para la reducción de la distorsión armónica total (THD) establecida por el cambio rápido inherente presentada a estos algoritmos [15], [16].

Nuestro trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2, encontramos el problema de la formulación del control híbrido óptimo, la metodología, los materiales y algunos aspectos básicos. La sesión 3, está dedicada a mostrar los resultados y discutir la evaluación obtenida del problema de control híbrido óptimo utilizado para el desarrollo de la Modulación de Vector Espacial (SVM). En la sección 4, presentamos las conclusiones obtenidas del enfoque computacional utilizado en función del gradiente para el problema inicial de la Modulación Espacial del Vector (SVM) [8], [9], [10].

2. Formulación de problemas de Control Óptimo

La siguiente ecuación lineal representa un sistema dinámico típico:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)), \\ x(t_0) = x_0 \end{cases} \quad t \in [t_0, t_f] \quad (1)$$

En eso: $f: [t_0, t_f] \times \mathbf{R}^n \times \mathbf{R}^m \rightarrow \mathbf{R}^n$. Cartografía $u(.) : [t_0, t_f] \rightarrow \mathbf{R}^m$ mejor llamado control donde $x_0 \in \mathbf{R}^n$ es la parte principal y la respuesta de (1) es una función continua $x(.) : [t_0, t_f] \rightarrow \mathbf{R}^n$ llamado control de estado de ruta $u(.)$ [13], [14].

Debemos asumir que para cualquier $x_-(0)$ y cualquier control $u(.)$ Hay una respuesta a la ecuación (1). De la misma manera, el rendimiento de control aplicado al sistema también se calcula de la siguiente manera:

$$J(u(.)) = \int_{t_0}^{t_f} g(t, x(t), u(t)) dt + h(x(t_f)) \quad (2)$$

Donde $g : [t_0, t_f] \times \mathbf{R}^n \times \mathbf{R}^m \rightarrow \mathbf{R}$ y $h : \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}$ el término del lado derecho de la ecuación se llama "costo de ejecución" y el lado izquierdo de la ecuación se denomina "terminal de costo". Normalmente podemos

encontrar restricciones de control óptimas en los estados del sistema y en el control, estos se pueden determinar de la siguiente manera:

$$x(t) \in S, u(t) \in U, \forall t \in [t_0, t_f].$$

Donde $S \subseteq \mathbf{R}^n$ y $U \subseteq \mathbf{R}^m$. $u(.)$ el control se llama control admisible, y el par $(x(.), u(.))$ admisible si:

1. $u(.) \in U$.
2. $x(.)$ es la única solución continua (1).
3. el estado de restricción está satisfecho.
4. $t \rightarrow f(t, x(t), u(t)) \in L_1 [t_0, t_f]$.

El grupo de controles admisibles está enmarcado por $U_{adm} [t_0, t_f]$.

2.1 Principio Máximo de Pontryagin

En la teoría del control óptimo, el Principio de Máximo es muy importante. Esta afirma que cualquier control óptimo junto con su trayectoria de estado debe cumplir la condición llamada sistema Hamiltoniano.

También desde el preámbulo matemático del Principio Máximo, es fácil maximizar el sistema Hamiltoniano como el argumento principal. El Principio Máximo: $(x^*(.), u^*(.))$, se define como un par de control óptimo clásico, luego hay una función continua $p(.) : [t_0, t_f] \rightarrow \mathbf{R}$

$$\begin{cases} \dot{p}(t) = f_t(x^*(t), u^*(t))^T p(t) + g_x(t, x^*(t), u^*(t)), \\ t \in [t_0, t_f] \\ p(t_f) = -h_f(x^*(t_f)) \end{cases} \quad (3)$$

Donde x es la derivada parcial:

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{\partial f}{\partial x}, \quad g_x = \frac{\partial g}{\partial x}, \quad h_x = \frac{\partial h}{\partial x} \\ H(t, x^*(t), u^*(t), p(t)) &= \max_{u \in U} \\ H(t, x^*(t), u, p(t)), \quad t &\in [t_0, t_f]. \end{aligned}$$

Donde U representa el conjunto de controles admisibles más:

$$\begin{aligned} H(t, x, u, p) &= \langle p, f(t, x, u) \rangle - g(t, x, u), \quad (t, x, u, p) \\ &\in [t_0, t_f] \times \mathbf{R}^n \times \mathbf{U} \times \mathbf{R}^n. \end{aligned}$$

Con $\langle ., . \rangle$ Representa el producto doméstico estándar en \mathbf{R}^n .

2.2 El sistema de ecuación y programación dinámica de Hamilton-Jacobi-Bellman

Establecemos un sistema dinámico expresado de la siguiente manera:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = f(t, x(t), u(t)), & t \in [t_0, t_f] \\ x(t_0) = x_0 \end{cases} \quad (4)$$

Se requiere minimizar el control de rendimiento suministrado al sistema dado:

$$J(u(\cdot)) = \int_{t_0}^{t_f} g(x(t), u(t), t) dt + h(x(t_f)) \quad (5)$$

Debemos tener en cuenta que las condiciones iniciales permanecen estáticas [18], cual es la hora inicial t_0 y el estado inicial $x(t_0) = x_0$.

A. Control mínimo con conmutación de tiempo

El problema del control de tiempo mínimo se presenta como un caso de aplicación para el Principio Máximo, en el que se propone un problema de optimización con restricciones, de la siguiente manera:

$$J(u(\cdot)) = \int_{t_0}^{t_f} 1 dt = t_f - t_0$$

Sometido a $-1 \leq u(t) \leq 1$ y condiciones finales nulas deseadas para el vector de estados (i.e. $\Psi(x(t_f)) = 0$), a partir de condiciones iniciales arbitrarias [19]. Por lo tanto, la forma adoptada por el sistema Lagrangiano:

$$L(x, u) = 1$$

Donde es posible formular el Hamiltoniano correspondiente:

$$H(t, x^*(t), u, \lambda(t)) = 1 + \lambda^T f(x, u)$$

Eso para el caso de un sistema lineal:

$$\dot{x} = Ax(t) + B u(t)$$

Por el Principio de Máximo, en una solución óptima de tipo [20]:

$$u(t) = -\text{sign}(B^T \lambda(t))$$

B. Control híbrido óptimo de la Modulación del Vector Espacial

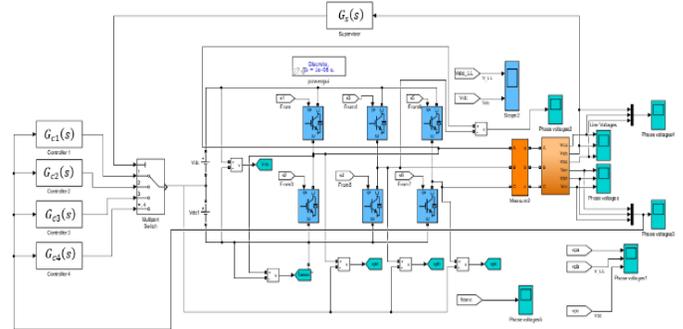


Figura 1. Diagrama de bloque del sistema de control híbrido desarrollado en Simulink

La Modulación del Vector Espacial se refiere a un proceso de conmutación especial que se basa en los interruptores superiores de un convertidor de matriz trifásica. Dicha conmutación puede llevarse a cabo utilizando un controlador híbrido óptimo que gobierna adecuadamente las fases del inversor.

En la teoría, SVM trabaja una tensión sinusoidal como un fasor o vector de amplitud que gira a una frecuencia angular constante, ω . Dicho vector de amplitud constante se representa en el plano d-q donde significa los ejes real e imaginario respectivamente.

Como SVM toma las tres señales o los voltajes de modulación como si fueran una sola unidad, la suma de vectores de las tres señales o los tres voltajes de modulación se conocen como voltaje de referencia, V_{ref} . Esta magnitud está relacionada con la magnitud de la tensión de salida de las topologías de conmutación.

El objetivo del control híbrido óptimo de la SVM es aproximar el vector de voltaje de referencia, V_{oref} de las topologías de conmutación. Si tenemos una red trifásica en equilibrio, los voltajes instantáneos se pueden expresar como:

$$\begin{bmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \\ v_3(t) \end{bmatrix} = v_o \begin{bmatrix} \cos \omega_o t \\ \cos (\omega_o t - 120) \\ \cos (\omega_o t - 240) \end{bmatrix} \quad (6)$$

La expresión anterior se puede representar en términos del vector espacial complejo, por lo tanto:

$$\vec{V}_o = \frac{2}{3} \left[v_1(t) + v_2(t) e^{\frac{j2\pi}{3}} + v_3(t) e^{\frac{j4\pi}{3}} \right] = v_o e^{j\omega_o t} \quad (7)$$

Para la propiedad de Euler, tenemos:

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \operatorname{Sen} \theta$$

Representa un operador de cambio de fase y dos de tres partes ($\frac{2}{3}$) es un factor de escala igual a la relación entre la magnitud de la tensión de salida de línea a línea y la del vector de tensión de salida. La velocidad angular del vector es ω_o y su magnitud V_o . Del mismo modo, la representación del vector espacial de la tensión de entrada al inversor trifásico vendrá dada por:

$$\begin{bmatrix} v_a(t) \\ v_b(t) \\ v_c(t) \end{bmatrix} = v_i \begin{bmatrix} \cos \omega_o t \\ \cos (\omega_o t - 120) \\ \cos (\omega_o t - 240) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\vec{V}_i = \frac{2}{3} \left[v_a(t) + v_b(t)e^{\frac{j2\pi}{3}} + v_c(t)e^{\frac{j4\pi}{3}} \right] = v_i e^{j\omega_o t} \quad (9)$$

Donde la velocidad angular del vector es ω_i y su magnitud V_i . Al conectar una carga trifásica equilibrada a los terminales del inversor, las ecuaciones del vector espacial de la salida trifásica y las corrientes de entrada se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \\ i_3(t) \end{bmatrix} = i_o \begin{bmatrix} \cos \omega_o t \\ \cos (\omega_o t - 120) \\ \cos (\omega_o t - 240) \end{bmatrix} \quad (10)$$

La expresión anterior se puede representar en términos del vector espacial complejo, por lo tanto:

$$\vec{I}_o = \frac{2}{3} \left[i_1(t) + i_2(t)e^{\frac{j2\pi}{3}} + i_3(t)e^{\frac{j4\pi}{3}} \right] = i_o e^{j(\omega_o t + \theta_o)} \quad (11)$$

Asimismo, la representación del vector espacial de las corrientes de entrada al inversor trifásico vendrá dada por:

$$\begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{bmatrix} = i_i \begin{bmatrix} \cos \omega_o t \\ \cos (\omega_o t - 120) \\ \cos (\omega_o t - 240) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\vec{I}_i = \frac{2}{3} \left[i_a(t) + i_b(t)e^{\frac{j2\pi}{3}} + i_c(t)e^{\frac{j4\pi}{3}} \right] = i_i e^{j(\omega_o t + \theta_i)} \quad (13)$$

Las ecuaciones del sistema inversor trifásico presentan no linealidades de orden cuadrático y las corrientes presentes en el sistema tienen un comportamiento lineal a la raíz cuadrada de cada una de las fases. Para el proceso de ecuaciones linealizadas del inversor trifásico se usan

las series de Taylor, que se utilizan para diseñar un controlador de realimentación de estado.

$$f_v = (x, u) = f_v(x_r, u_r) + \frac{\partial f}{\partial x} |_{x_r, u_r} (x - x_r) + \frac{\partial f}{\partial u} |_{x_r, u_r} (u - u_r) \quad (14)$$

Siendo $x \in R^{n \times 1}$ el vector estado, u es la señal de entrada al brazo robótico; x_r y u_r son los puntos de equilibrio. El modelo de espacio de estado linealizado en forma continua se da en la Ecuación:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial v_1}{\partial x_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial v_2}{\partial x_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial v_3}{\partial x_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{s} & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{s} \end{bmatrix} u(t)$$

Las matrices desarrolladas se describen anteriormente en el espacio continuo, para ser implementadas en nuestro sistema:

$$x_{k+1} = G x_k + K u_k \quad 0.25 \text{ segundos.}$$

El objetivo es calcular una ley de control permisible, que permita minimizar el valor de los costos del segundo nivel funcional del inversor trifásico.

$$J(u(\cdot)) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_f} [X^T(t) + QX(t) + u^T(t) + Ru(t)] dt \rightarrow \min_{u(\cdot)} \quad (15)$$

El Regulador Cuadrático Lineal resultante tiene la siguiente forma:

$$u^{opt}(t) = -R^{-1}(t)B^t(t)P(t)X^{opt}(t) \quad (16)$$

Donde $P(t)$ es una solución de la ecuación de Ricatti:

$$P(t) = -(A^T \dot{P}(t) + P(t)A(t) + P(t)B(t)R^{-1}(t)B^T(t)P(t) - Q(t)) \quad (17)$$

Con la condición final:

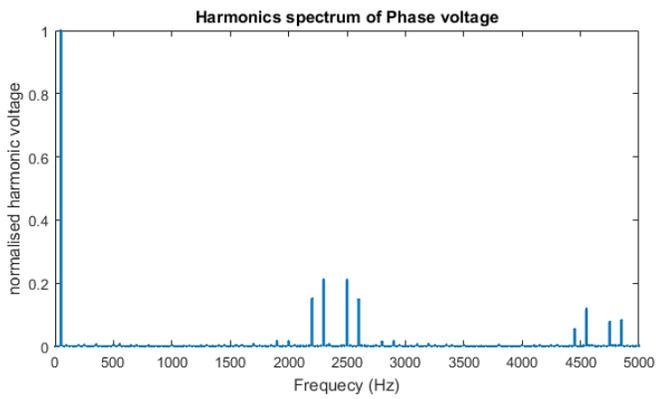
$$P(t_f) = 0 \quad (18)$$

3. Resultados

Con los datos obtenidos por modelación del sistema de inversor trifásico, los sistemas de matrices fueron

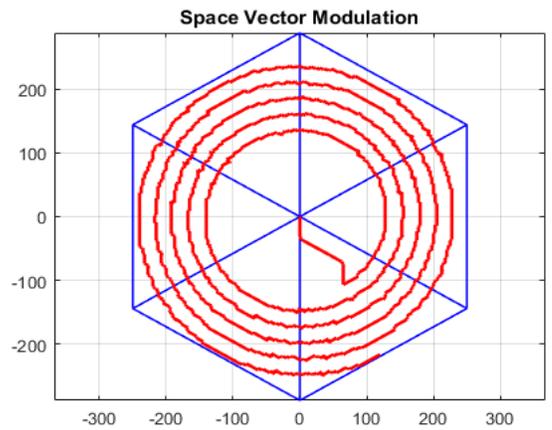
obtenidos en variables estatales y analizados en la caja de herramientas para los Sistemas mixtos de Matlab [15], [16].

Lo primero que hacemos es realizar un análisis del espectro de frecuencia del inversor trifásico para saber que armónicas son producidas. Como podemos ver en la Figura 2, hay un contenido armónico en 35 Hz, de la misma manera puede ser visto que en 2.5 KHz un contenido grande aparece y entre 4.5 KHz Y 4.8 KHz. Ellos son los múltiplos de frecuencias del trabajo de frecuencia fundamental del sistema y cuya amplitud se disminuye como múltiplos aumentos, como podemos ver. Pueden reducir estos efectos aplicando un filtro a la salida de inversor.



La figura 2. Espectro de frecuencia del inversor trifásico

Como se ilustra en la Figura 3, el vector activo divide el plano ab sobre seis sectores, formando los ejes de un hexágono. Este hexágono es conocido como hexágono del inversor. Esto muestra el camino de vector espacial durante la aplicación del control óptimo híbrido [7], [8]. La frecuencia angular y la amplitud de las señales de modulación respectivamente determinan la velocidad de rotación y la amplitud del vector de referencia.



La figura 3. Espacio Vector Modulación

Hay posibilidad de desarrollar algoritmos de modulación infinitos, dado que teóricamente un número infinito de señales de secuencia cero puede ser establecido. De un modo similar, porque pueden reducir las restricciones de funcionamiento y pueden reducirse a un número muy pequeño los inversores [9], [10].

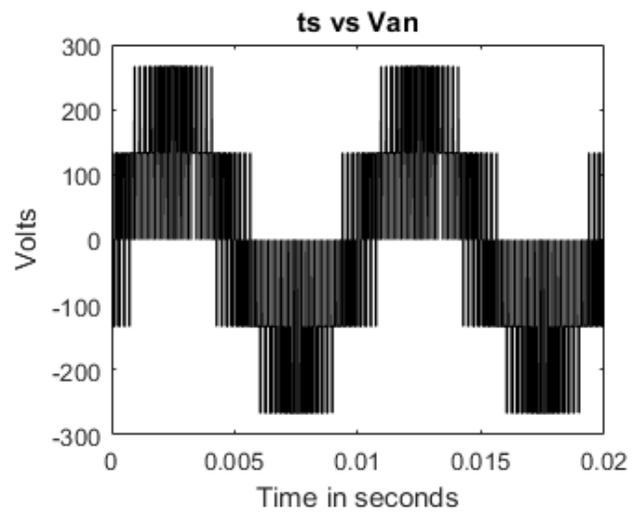


Figura 4. Voltaje en una de las fases.

En las figuras 4 y 5, podemos observar el comportamiento de cada una de las fases por la modulación del vector espacio [1], [2]. Podemos apreciar que el voltaje para cada fase es 280vpp, mostrando a un THD = 0.8, que es un valor permitido.

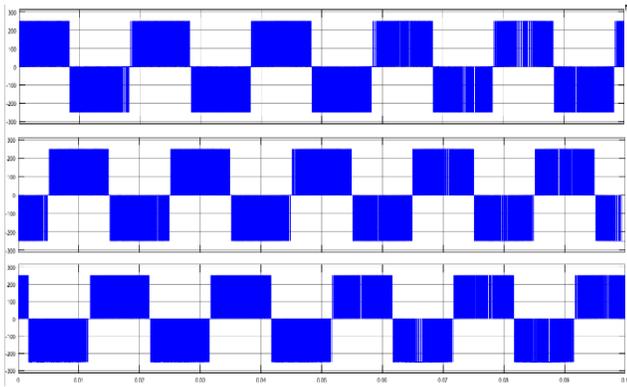


Figura 5. Voltaje en tres de las fases, Van, Vbn y Vcn”.

El ángulo es generado desde la referencia de salida integrándolo. Basado en el ángulo, el sector puede ser identificado [3], [4]. El resultado se muestra en la Figura 4.

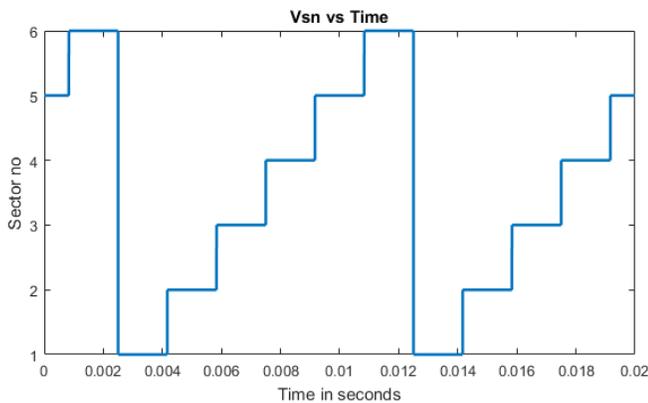


Figura 6. Ciclo útil con estándar SVPWM.

El portador SVPWM basado permite a la puesta en práctica rápida y eficiente de SVPWM sin la determinación de sector. La técnica está basada en los perfiles de proporción de deber que SVPWM expuestos (como mostrado en el Figura 7). Comparando el perfil de proporción de deber con una frecuencia más alta en el portador triangular los pulsos pueden ser generados, basados en los mismos argumentos que la modulación de anchura de pulso sinusoidal [5], [6].

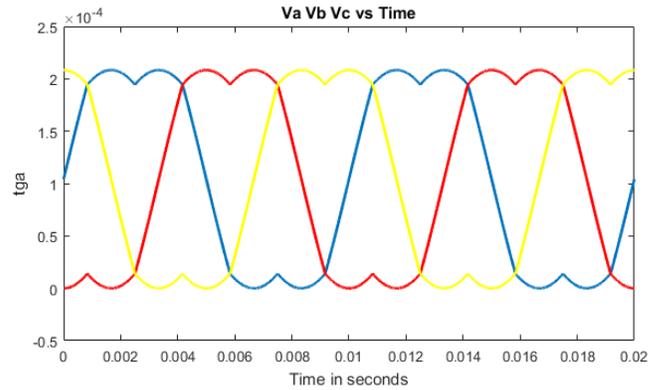


Figura 7. Perfil de Proporción de Deber con estándar SVPWM.

El control del voltaje de salida es realizado variando el índice de modulación en la amplitud: $m_a = \frac{v_+}{v_{tri}}$, es decir manteniendo la amplitud de la onda fija triangular, podemos variar la anchura de pulso por variando el voltaje de referencia positivo y negativo [7], [8]. La frecuencia de la señal triangular impone la frecuencia fundamental del voltaje de salida. En la figura 8, podemos observar el v_{tri} señal del sistema de inversor trifásico.

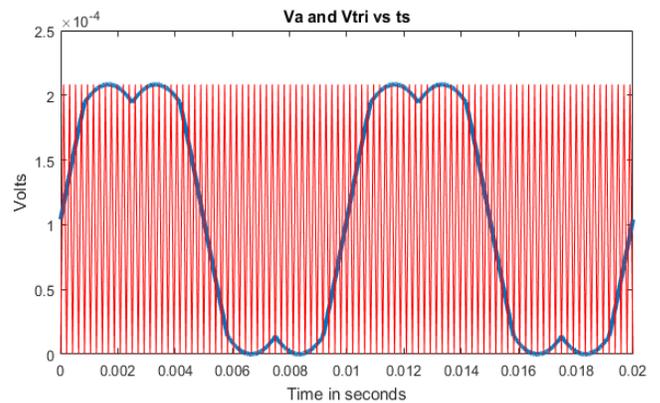


Figura 8. Vtri señalan como una función de tiempo.

Como se muestra en la Figura 8, la señal de modulación de la fase es una señal compuesta sinusoidal, el resultado de la suma de dos señales sinusoidales.

4. Conclusiones

Este artículo presenta un análisis de las variaciones principales de las técnicas de Control Híbrido de la Modulación del Vector Espacial (SVM), aplicado a

inversores trifásicos dentro del esquema de manejo de corriente eléctrica para motores A.C.

Uno de los obstáculos principales en el estudio teórico del problema del control óptimo híbrido es el tiempo usado en el cálculo que toma la simulación que usa el Toolbox de Sistemas Híbridos de Matlab. Esta restricción fue superada por la simplificación del modelo matemático que es similar a la operación de la etapa del convertidor de potencia del sistema.

Esto permitirá a una futura investigación ser mucho más simple y que pueda progresar mucho más. Para analizar la operación correcta del control óptimo híbrido del inversor trifásico, fue examinado un modelo matemático usado con la carga de motor de inducción para una proporción de transferencia de voltaje de 0.85.

Por lo tanto, analizamos que existe cierto beneficio durante el empleo de SVM para los inversores de operaciones de transmisión de velocidad ajustables que usan la estrategia de control óptima híbrida.

Para el presente tenemos que decidir con cuidado en cuanto a cuál de las dos técnicas usar y mirar cuales son los pros y los contras de cada método.

Referencias

- [1] Celanovic, N., & Boroyevich, D. (2001). A fast space-vector modulation algorithm for multilevel three-phase converters. *IEEE Transactions on industry applications*, 37(2), 637-641.
- [2] Zhou, K., & Wang, D. (2002). Relationship between space-vector modulation and three-phase carrier-based PWM: a comprehensive analysis [three-phase inverters]. *IEEE transactions on industrial electronics*, 49(1), 186-196.
- [3] Narimani, M., Yaramasu, V., Wu, B., & Zargari, N. R. (2014, August). A new simplified approach for capacitor voltage balancing of flying capacitor multilevel converters using space vector modulation. In *Power Electronics and Applications (EPE'14-ECCE Europe)*, 2014 16th European Conference on (pp. 1-9). IEEE.
- [4] Deng, Y., Teo, K. H., Duan, C., Habetler, T. G., & Harley, R. G. (2014). A fast and generalized space vector modulation scheme for multilevel inverters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 29(10), 5204-5217.
- [5] Zhang, Y., & Qu, C. (2015). Direct power control of a pulse width modulation rectifier using space vector modulation under unbalanced grid voltages. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30(10), 5892-5901.
- [6] Song, W., Ma, J., Zhou, L., & Feng, X. (2016). Deadbeat predictive power control of single-phase three-level neutral-point-clamped converters using space-vector modulation for electric railway traction. *IEEE Transactions on power electronics*, 31(1), 721-732.
- [7] Jiao, Y., Lee, F. C., & Lu, S. (2014). Space vector modulation for three-level NPC converter with neutral point voltage balance and switching loss reduction. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 29(10), 5579-5591.
- [8] Azhmyakov, V., Serrezuela, R. R., & Trujillo, L. G. (2014, October). Approximations based optimal control design for a class of switched dynamic systems. In *Industrial Electronics Society, IECON 2014-40th Annual Conference of the IEEE* (pp. 90-95). IEEE
- [9] Hu, C., Yu, X., Holmes, D. G., Shen, W., Wang, Q., Luo, F., & Liu, N. (2017). An improved virtual space vector modulation scheme for three-level active neutral-point-clamped inverter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32(10), 7419-7434.
- [10] Deng, Y., Wang, Y., Teo, K. H., & Harley, R. G. (2016). A simplified space vector modulation scheme for multilevel converters. *IEEE Transactions on Power electronics*, 31(3), 1873-1886.
- [11] Rojas, F., Kennel, R., Cardenas, R., Repenning, R., Clare, J. C., & Diaz, M. (2017). A new space-vector-modulation algorithm for a three-level four-leg npc inverter. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 32(1), 23-35.
- [12] Jacob, B., & Baiju, M. R. (2015). A new space vector modulation scheme for multilevel inverters which directly vector quantize the reference space vector. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(1), 88-95.
- [13] Sebaaly, F., Vahedi, H., Kanaan, H. Y., Moubayed, N., & Al-Haddad, K. (2016). Design and implementation of space vector modulation-based sliding mode control for grid-connected 3L-NPC inverter. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63(12), 7854-7863.
- [14] Hasan, M., Mekhilef, S., & Ahmed, M. (2014). Three-phase hybrid multilevel inverter with less power electronic components using space vector modulation. *IET Power Electronics*, 7(5), 1256-1265.

Diagnóstico de pruebas de calidad en software para ambientes virtuales de aprendizaje sobre dispositivos móviles

Diagnostic of quality tests in software for virtual learning environments on mobile devices

Julian Andrés Mera Paz¹, Jhon Haide Cano Beltrán

¹Facultad de Ingeniería Universidad Cooperativa De Colombia Campus Popayán, ²Facultad de Ingeniería Universidad Cooperativa De Colombia Campus Cali

¹ julian.mera@campusucc.edu.co, ² Jhon.Canob@campusucc.edu.co

RESUMEN– En la actualidad las tecnologías de información y comunicación son elementos que impactan en el desarrollo de la vida cotidiana, uno de esos elementos es la educación, donde el apoyo de las TICS es fundamental en el uso de ambientes lúdicos y colaborativos que potencian la estrategia de enseñanza-aprendizaje, teniendo en cuenta que cada vez es más común el uso de los dispositivos móviles para los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA), por ello se desarrolla software con ese fin. En el artículo se plantea un proyecto en proceso, para definir un marco de referencia o framework que permita realizar las pruebas de calidad de software centrándose en términos de usabilidad.

Palabras claves– Usabilidad, Testing, Diseño centrado en usuario, guías, framework, ava.

ABSTRACT– At present, information and communication technologies are elements that impact on the development of daily life, one of these elements is education, where the support of ICTs is fundamental in the use of playful and collaborative environments that enhance the strategy of teaching-learning, taking into account that it is increasingly common the use of mobile devices for virtual learning environments (AVA), so software is developed for that purpose. The article proposes a project in process, define frame of reference or framework that allows for performing software quality tests focusing on usability terms.

Keywords– Usability, Testing, User-centered design, guide, framework, ava.

1. Introducción

Las pruebas de calidad de software son técnicas que permiten abordar varios elementos como la adecuación funcional, eficiencia de desempeño, compatibilidad, fiabilidad, seguridad y usabilidad, este último elemento es considerado uno de los más importantes, por ello es significativo planificar los métodos y herramientas de análisis de usabilidad que existen y como adaptarlos a un contexto específico como el de los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA). Proceso donde se centra la investigación, con el objeto de definir un marco de referencia o framework en el proceso de pruebas de calidad de software, fundamentándose en métodos, estrategias y experiencia de proyectos. La calidad de software en sí misma es un concepto

complejo y algunas veces subjetivo, ya que se intenta abarcar un gran número de normas, herramientas, diseños, métricas e indicadores en todos los aspectos. Es importante tener claro que la calidad incide en el producto y en el proceso del desarrollo del software, (Mera, P. 2016). En un ambiente virtual de aprendizaje (AVA), los usuarios tienen características diferenciales como la edad, intereses, nivel de aprendizaje, entre otros, en ese sentido, las nuevas modalidades de aprendizaje han ido tomando fuerza dado que los ciudadanos digitales consumen más información en dispositivos móviles que en computadores de escritorio, generando una nueva perspectiva sobre la educación actual. La situación actual de la educación se enmarca bajo una perspectiva constructivista donde lo importante ya no es la adquisición de gran cantidad de

conocimientos sino la capacidad de adaptación a un mundo en constante cambio, donde son más importantes las capacidades para buscar información, analizarla, seleccionar la adecuada y aplicarla de modo apropiado a cada situación concreta (González, 2012). Por otra parte, está la variabilidad del hardware y software de los dispositivos móviles que presentan un desafío constante para los ambientes virtuales de aprendizaje (AVA). Se pretende a través del proceso investigativo definir aspectos para un contexto específico, donde se busca medir la usabilidad de la aplicación, centrados en el usuario. Estableciendo métricas y procesos desde las pruebas de calidad para evaluar si un ambiente virtual de aprendizaje se ajusta a la usabilidad.

El proyecto de investigación busca ser un referente para ingenieros y desarrolladores de aplicaciones en entornos móviles, para que a través del marco de referencia o framework, se tenga en cuenta los aspectos esenciales y significativos de la Usabilidad para ambientes virtuales de aprendizaje.

2. Contexto de los Móviles

Los diferentes, tipos, marcas o referencias de los móviles enmarcan una diversidad de contextos, que se complementan con la diversidad de personalidades, gustos y necesidades del usuario (Enriquez & Casas 2017), Para poder entonces obtener un marco de referencia con resultados reales “es necesario al intentar medir usabilidad considerar el contexto como parte integral de la aplicación” (Enriquez & Casas 2017), Por otra parte es necesario tener presente al usuario, “el entorno de trabajo, la personalidad y el contexto social, son elementos claves en la usabilidad (Nielsen 1994).

Los usuarios que utilizan ambientes virtuales de aprendizaje, los manipulan con un enfoque diferente, además que los propósitos y horarios de accesibilidad son constantemente cambiantes.

Se interpreta entonces que el contexto móvil es el propio ambiente de uso en que el ser humano interactúa con la máquina (Coursaris & Kim 2.011), los aspectos físicos del dispositivo móvil (resolución de pantalla, capacidad de procesamiento, batería y/o consumo de energía eléctrica, versión de software, tamaño de la pantalla, etc.) (Dongsong & Adipat, 2009).

Ambiente de uso: se caracteriza por los objetos, cosas o personas cercanas, también el ambiente (ruido,

iluminación), es todo aquello en el entorno que puede influir en el adecuado uso del ambiente virtual de aprendizaje.

Resolución de la pantalla: la visualización de las imágenes, videos, letras y demás contenido multimedial se ve impactado directamente por la configuración u estándar de la resolución, por tanto, es un factor que incide en la experiencia de usabilidad.

Capacidad de procesamiento: al referirse a la capacidad es el equilibrio entre velocidad, frecuencia y memoria que afectan el procesamiento de la información, con las características de fabrica de los dispositivos se puede establecer si una experiencia de usuario puede ser demorada, aceptable o satisfactoria teniendo en cuenta las variables de tiempo de interacción y de respuesta de la máquina.

Batería y/o consumo de energía eléctrica: Es un factor a considerar, debido a que las diferentes marcas tienen de igual manera diferentes tipos de baterías y con características diferentes, que afectan a la disponibilidad para poder usar el dispositivo móvil.

Versión de software: Los dispositivos móviles tienen de igual manera sistemas operativos diferentes y con diferentes versiones, cada una de ellas programadas para un hardware específico y que de acuerdo a los otros elementos puede ser favorable o desfavorable para las métricas de usabilidad.

Tamaño de la pantalla: si la pantalla tiene un tamaño pequeño, dificulta la percepción de usabilidad del usuario, además si se requiere de interacción táctil con el dispositivo móvil, tendrá un grado de dificultad para acceder a la información.

En base a lo anterior, se plantea la hipótesis “para medir usabilidad de ambientes virtuales de aprendizaje funcionando en dispositivos móviles con el fin de obtener resultados reales, se debe tener en cuenta el contexto de los móviles como el elemento primordial”.

3. Calidad de Software

La calidad de software en general, tiene múltiples definiciones y puntos de vista que conllevan a percepciones diferentes por parte del o los ejecutores de la misma, pero se inclinan en puntos en común, que permiten articular marcos de referencia o guías para la

aplicación o tratamiento de la calidad. Algunas de las definiciones son:

Según (Porat, B., & Friedlander, B. 1990) “la calidad de software es el grado en el que el sistema, componente, modulo o proceso cumple con los requisitos específicos, necesidades y expectativas del cliente o usuario”.

Por su parte la norma ISO 8402 -1994 “Calidad de software es la totalidad de propiedades y características de un proceso o servicio que le confiere su aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas”.

Según (Pressman 1998) “La calidad de software, es la concordancia entre el producto funcional y los requerimientos explícitamente establecidos, con estándares de desarrollo prefijados y con los requerimientos implícitos no establecidos formalmente que desee el usuario”.

Estas tres definiciones brindan pautas para asegurar que la calidad de software se debe relacionar con el producto y con el proceso, donde factores como los requerimientos funcionales y no funcionales, además de los deseados por el usuario, deben ser componentes medibles dentro de las dimensiones de calidad como se describe en la tabla 1 (Pressman, 2006).

DIMESIÓN	DESCRIPCIÓN
Calidad del desempeño	Presenta el contenido, las funciones y las características especificadas en el modelo de requerimientos.
Calidad de las características	Genera sorpresa y agrado en la primera impresión del usuario.
Confiabilidad	Está disponible cuando se necesita, sin errores y sin fallas.
Conformidad	Es coherente con los estándares locales e internacionales.
Durabilidad	Permite con facilidad el mantenimiento (cambio) y la depuración (corrección).
Servicio	El mantenimiento y la depuración se pueden hacer en un tiempo aceptablemente breve.
Estética	Posee cierta elegancia, flujo único y presencia aceptable por los usuarios en general.
Percepción	Recibe en general buenos comentarios por parte de los usuarios.

Tabla 1: Dimensiones de calidad de software.

Fuente: Pressman, R. S. (2006). Un enfoque práctico.

Métricas y medición

Son elementos fundamentales para cualquier proceso de ingeniería, la medición hace referencia a comprender de una forma adecuada, las características de un marco de referencia o modelo, estableciendo la capacidad de

evaluarse. La medida y a su vez las métricas son indirectas y se definen dentro de los procesos metodológicos, por ende, están expuestas al debate y ajustes, dependiendo del contexto. (Ríos J.R.M 2017).

La métrica se establece como el referente cuantitativo o cualitativo establecido en una metodología de medición, que tenga una secuencia lógica particular de las operaciones y las posibles heurísticas, consolidada en una escala predefinida categórica o numéricamente. (Gonzales L.A.E; Acosta N. J; Tovar L.G, 2017)

4. Evaluación de usabilidad en aplicaciones móviles

Para evaluar la usabilidad de una aplicación de software en dispositivos móviles, es necesario planificar unas pruebas que permitan observar el comportamiento y/o iteración humano computador (HIC), con el objeto de establecer unas métricas que permitan validar la existencia de la usabilidad de una aplicación en un dispositivo móvil (ISO 9241-11, 1998).

La usabilidad es un referente para medir la capacidad de reconocer adecuación, capacidad de aprendizaje y capacidad para ser usado, la protección de errores de usuario, la estética y la accesibilidad, reflejados en la interfaz de usuario (Paz, J. A. M., Gómez, M. Y. M., & Rosas, S. C. (2017).

Las pruebas en cualquiera de sus ámbitos deben tener en cuenta la verificación y la validación, además de los principios de las pruebas ya estandarizados, de igual manera la clasificación y las técnicas de prueba a utilizar. (Mera, P. 2016).

Las actividades inicialmente planteadas para la evaluación de usabilidad en aplicaciones móviles se plasman en la (figura 1):

El test plan o diseño del plan de pruebas será el primer elemento a tener en cuenta para evaluar la usabilidad en aplicaciones móviles, actividad que consiste en organizar el escenario o laboratorio, la selección de los elementos a probar y los posibles resultados. Se continua con el diseño de casos de prueba, actividad donde se crean una serie de casos de prueba (test case), se configura la aplicación teniendo claros los datos de ingreso u entrada y los resultados que debería mostrar la aplicación después de una determinada acción. Luego la Prueba, actividad donde se clasifica entre las pruebas de

caja blanca o caja negra, con el fin de abarcar todas la posibles combinaciones y aristas del producto software además de los factores que inciden en el comportamiento del usuario.

Finalmente, la comparación y evaluación de resultados, en esta actividad se tiene consolidado una muestra de las pruebas realizadas a una misma aplicación con diferentes usuarios, se compara, analiza y evalúan los resultados, puesto que, con este insumo, se tendrá información vital para definir las métricas e indicadores, que permitan consolidar un marco de referencia para pruebas de calidad en software de ambientes virtuales de aprendizaje.

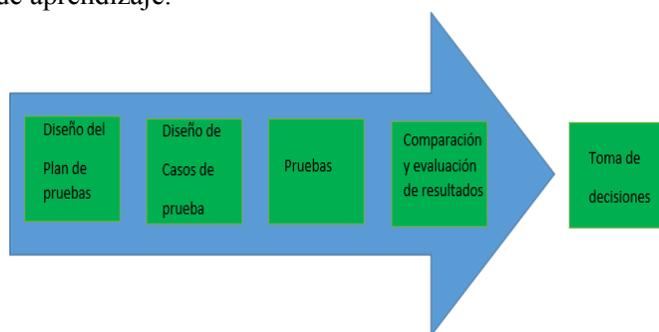


Figura 1: Actividades para evaluación de usabilidad en aplicaciones móviles
 Fuente: Propia.

5. Marco de referencia en estudio para pruebas de calidad en software de ambientes virtuales de aprendizaje.

Tomando como referencia el trabajo de (Alfonso & Mariño, 2011) es importante analizar las características y subcaracterísticas de la calidad del software; Puesto que esta información es relevante a que hay situaciones similares en las que un usuario realizara la interacción con ambientes virtuales de aprendizaje.

Características / Autor	Diniz et al. (2005)	Miranda et al. (2006)	Córdoba et al. (2007)	Hernández Ortega et al. (2008)
Empatía			X	
- Navegabilidad	X	X	X	X
- Personalización			X	
Usabilidad			X	
- Grado de atracción	X		X	
- Accesibilidad	X		X	
- Capacidad de aprendizaje			X	
Eficiencia			X	
- Tiempo de respuesta	X		X	
Seguridad			X	
- Integridad	X		X	X
- Confidencialidad	X		X	X
- Tolerancia a fallos	X		X	
Funcionalidad			X	
- Mantenibilidad			X	
- Interoperatividad			X	
- Servicios disponibles	X	X	X	X
Accesibilidad		X		X
Velocidad		X		X
Visibilidad				X
Interactividad				X

Tabla 2: Características y subcaracterísticas de calidad de software.

Fuente: Alfonso, P., & MARIÑO, S. (2011). Revisión de modelos de calidad orientados a sitios web bancarios: Estudio preliminar. *Revista técnica administrativa*, 10(04).

El equipo de investigación, después del análisis se proyecta a centrarse en la usabilidad, comprendiendo que son las subcaracterísticas de calidad de software, con mayor impacto dentro del contexto del aprendizaje virtual. Según (Safa, N. S., Von Solms, R., & Furnell, 2016) se determina que la para las apps móviles se deben tener en cuenta varios factores que ayudan fortalecer los aspectos de seguridad y privacidad en una app móvil como lo son: Almacenamiento de datos del usuario en servidores, cambio de claves de seguridad por medio de patrones, inclusión de la biometría y reconocimiento de rostros para aplicaciones que requieran mejorar sus sistemas de seguridad para el manejo de datos confidenciales de usuario.

La evaluación de la privacidad del usuario desde diferentes perspectivas como lo son: la privacidad de los datos y la privacidad contextual. Se plantea el trabajo de la privacidad de los datos a partir de las solicitudes de datos móviles y de las fuentes o recursos disponibles para los dispositivos móviles, con el uso de control de acceso de los datos a través de la implementación de políticas como: p3p, XACML y la autenticación.

Por la parte de la privacidad contextual se puede tomar a partir de dos elementos, la primera surge de la privacidad en la ubicación del dispositivo que emite la información desde una clave que determina la ubicación como anónima o de una segunda forma de privacidad evitando la detección la ubicación del equipo móvil que está utilizando la app a través de una ubicación anónima, o de la privacidad de la identidad en la cual se hace la autenticación del usuario como anónimo.

De acuerdo al estudio realizado por (Zhang, X., Baggili, I., & Breitinger, F. 2017) se trabaja la privacidad y seguridad presentando la información almacenada en un dispositivo móvil como un aspecto muy importante de proteger, puesto que además de la información personal se pueden encontrar imágenes y videos.

Se pretende a través del trabajo investigativo en curso, diseñar un nuevo marco de referencia, que se focalice en el diseño centrado en el usuario, basándose en un modelo de procesos de ingeniería de usabilidad y de accesibilidad (Granollers T, 2003), aplicándolo a casos experimentales, partiendo del análisis de requisitos y el diseño, se realiza medición a el grado de atracción, accesibilidad y capacidad de aprendizaje del usuario. Estos ciclos de “pivote” o de realimentación del usuario hacia el equipo de investigación, permiten gradualmente, establecer indicadores de calidad del software.

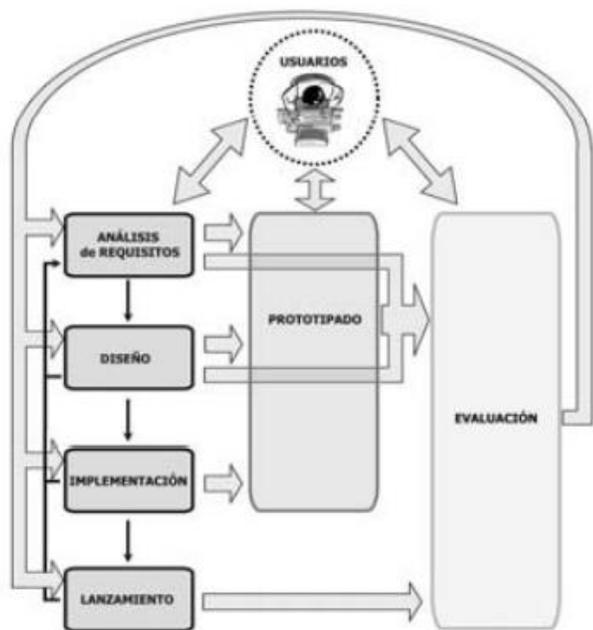


Figura 2: Modelo de procesos de ingeniería de usabilidad y de accesibilidad

Fuente: Granollers, T., & Lorés, J. (2004). Esfuerzo de Usabilidad: un nuevo concepto para medir la usabilidad de un sistema interactivo basada en el Diseño Centrado en el Usuario. In *V Congreso Interacción Persona Ordenador* (pp. 3-7).

6. Resultados esperados

Para establecer el marco de referencia que permita definir las pruebas de calidad a realizar en ambientes virtuales de aprendizaje, es necesario establecer un laboratorio o espacio de condiciones óptimas para obtener mediciones a partir de la interacción del usuario con la aplicación, en la línea de trabajo mencionado se espera obtener con el proyecto:

1. Categorizar y seleccionar herramientas que permitan, establecer métricas de calidad para la toma de decisiones.
2. La consolidación de una metodología que se articule al contexto del proyecto, permitiendo evaluar indicadores de usabilidad en aplicaciones de ambientes virtuales de aprendizaje.
3. Articular resultados del proyecto a estudios, proyectos o desarrollos metodológicos al interior o exterior de la universidad.
4. Especializar al talento humano en el concepto de usabilidad, características y subcaracterísticas de calidad de software, además de las directrices del marco de referencia.
5. Realizar transferencia tecnológica o de capacitación a la comunidad universitaria y redes académicas, con el fin de validar y realimentar el marco de referencia que se pretende implementar.

7. Conclusiones

La articulación de la calidad de software a las aplicaciones para ambientes virtuales de aprendizaje, actualmente es poco explorada, puesto que la mayor parte de plataformas AVA son adquiridas por las universidades e instituciones educativas a través de terceros u outsourcing, con ello no se ha logrado medir,

cuantificar y evaluar la usabilidad en un contexto real y condicionado a las características de las instituciones.

La usabilidad se convierte en un tema crítico para la aceptación de una aplicación, en ese sentido, si las acciones de un usuario no son aprobadas desde la aplicación móvil, se considera que inevitablemente las dos partes van por caminos diferentes.

Se busca con el proyecto presentar una idea novedosa, que permita que se obtenga información real acerca del grado de usabilidad de las plataformas AVA.

La óptica de la interacción Humano computador, permite que se profundice en la investigación del diseño centrado en el usuario, realimentando con el grado de las características y subcaracterísticas de calidad de software.

Los atributos de calidad de una aplicación en una plataforma AVA son conceptos abstractos, debido a esto no se pueden medir directamente, para medirlos es necesario la asociación de distintas métricas como puede ser el atributo o principio Eficiencia puede ser evaluado mediante una métrica que permita calcular el tiempo que emplea un usuario en culminar una tarea específica o simplemente el tiempo que tarda en encontrar una función del sistema.

Finalmente se espera cumplir con los resultados esperados, a través de las pruebas experimentales, para consolidar el marco de referencia, que guíe u orienté las pruebas de calidad de software de ambientes virtuales de aprendizaje sobre dispositivos móviles.

8. Referencias

[1] Alfonzo, P., & MARIÑO, S. (2011). Revisión de modelos de calidad orientados a sitios web bancarios: Estudio preliminar. *Revista técnica administrativa*, 10(04).

[2] Bianciotti, M. S., Salgado, C. H., Sánchez, A., & Peralta, M. (2017, August). Gestión de proyecto de software: un método basado en gamificación para mejorar la calidad del producto y desempeño de equipos de desarrollo. In *XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires)*.

[3] Coursaris, C. K., Kim, D. J. (2011): A Meta-Analytical Review of Empirical WICC 2014 XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación Página 404 de 1158 Mobile Usability Studies. *Journal of Usability Studies*, vol. 6, no. 3, pp. 117–171.

[4] Dongsong, Z., & Adipat, B. (2009). Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of Mobile Applications. Maryland: University of Maryland, Baltimore County.

[5] Enriquez, J., & Casas, S. (2017). Usabilidad en Aplicaciones Móviles. *Informes Científicos-Técnicos UNPA*, 5(2), 25-47.

[6] González, L. A. E., Acosta, N. J., & Tovar, J. L. G. (2017). Estándares para la calidad de software. *Tecnología Investigación y Academia*, 5(1), 75-84.

[7] González Aguña, A. (2012). Patrones en aprendizaje: Concepto, aplicación y diseño de un patrón. *Revista de la Educación a Distancia*, (31).

[8] Granollers, T. (2003). User Centred Design Process Model. Integration of Usability Engineering and Software Engineering. Proceedings of INTERACT 2003 (Doctoral Consortium), Zurich (Suiza).

[9] Granollers, T., & Lorés, J. (2004). Esfuerzo de Usabilidad: un nuevo concepto para medir la usabilidad de un sistema interactivo basada en el Diseño Centrado en el Usuario. In *V Congreso Interacción Persona Ordenador* (pp. 3-7).

[10] Hajela, D. (1990). On computing the minimum distance for faster than Nyquist signaling. *IEEE transactions on information theory*, 36(2), 289-295.

[11] ISO 9241-11 (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs.) - Part 11: Guidance on usability

[12] Mera, P. (2016). Análisis del proceso de pruebas de calidad de software.

[13] Nielsen, J. (1994). Usability Engineering. Washington: Elsevier.

[14] Norma, I. S. O., & ISO, N. 8402: 1987. *Calidad*

[15] Paz, J. A. M., Gómez, M. Y. M., & Rosas, S. C. (2017, July). Análisis sistemático de información de la Norma ISO 25010 como base para la implementación en un laboratorio de Testing de software en la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Popayán. In *Memorias de Congresos UTP* (pp. 149-154).

[16] Porat, B., & Friedlander, B. (1990). A frequency domain algorithm for multiframe detection and estimation of dim targets. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12(4), 398-401.

[17] Pressman, R. S. (1998). Ingeniería del software un enfoque práctico.

[18]Pressman, R. S. (2006). Un enfoque práctico.

[19]Ríos, J. R. M. (2017). Estado del Arte: Métricas de calidad para el desarrollo de aplicaciones web. *3C Tecnología*, 6(4), 1.

[20]Safa, N. S., Von Solms, R., & Furnell, S. (2016). Information security policy compliance model in organizations. *Computers & Security*, 56, 70-82.

[21]Zhang, X., Baggili, I., & Breitinger, F. (2017). Breaking into the vault: Privacy, security and forensic analysis of Android vault applications. *Computers & Security*, 70, 516-531.

Modelo dinámico de una prótesis transtibial para ciclistas paralímpicos

Dynamic model of a transtibial prosthesis for paralympic cyclists

Jhonnatan Eduardo Zamudio Palacios ^{1*}, Oscar Leonardo Mosquera Dussan ², Daniel Guzmán Pérez ³, Daniel Alfonso Botero Rosas ⁴, Oscar Rubiano Espinosa ⁵, José Antonio García Torres ⁶, Iván Darío Chavarro Castañeda ⁷

^{1 2 3 6 7} Centro de Investigación y Desarrollo en Simulación, Escuela Militar de Cadetes “José María Córdova”, ⁴ Área I+D+i, Universidad de la Sabana, ⁵ Centro de Investigación, Instituto Distrital de Recreación y Deporte

¹ jhonatan.zamudio@esmic.edu.co, ² oscar.mosquera@esmic.edu.co, ³ daniel.guzman@buzonejercito.mil.co, ⁴ daniel.botero@unisabana.edu.co, ⁵ oscar.rubiano@idrd.gov.co, ⁶ josangarcia@gmail.com, ⁷ ivan.chavarro@buzonejercito.mil.co

RESUMEN— El entrenamiento de deportistas con algún tipo de discapacidad encuentra en el desarrollo tecnológico un aliado indispensable, generando cada día avances para contribuir a la calidad de vida permitiendo maximizar las capacidades de los atletas. El rendimiento de un ciclista depende de factores fisiológicos y biomecánicos, como el perfil aerodinámico, las medidas de la bicicleta, longitud de la biela, sistemas de pedaleo, tipo de competencia, entre otros. Este estudio particularmente se centra en la descripción del modelo dinámico de una prótesis transtibial para ciclistas paralímpicos, en el que se integra al atleta con el tipo de competencia, considerando especificaciones de terreno y tipo de bicicleta. La obtención del modelo matemático para el análisis de fuerzas en la biela se basa en el método de potencias virtuales con el fin de hallar la fuerza que debe experimentar un ciclista paralímpico de alto rendimiento. Como resultado del análisis y modelo matemático, se calculan las fuerzas mecánicas que puede experimentar una prótesis transtibial en su tobillo, tibia y socket, permitiendo realizar un diseño óptimo de la prótesis que será empleada en competencias paralímpicas de alto rendimiento.

Palabras claves— Biomecánica, ciclista paralímpico, cinemática, fuerzas de reacción, modelo dinámico, potencias virtuales, prótesis transtibial.

ABSTRACT— The training of athletes with some type of disability finds in the technological development an indispensable ally, generating every day advances that contribute to the quality of life, allowing maximize the athletes abilities. The performance of a cyclist depends on physiological and biomechanical factors, such as aerodynamic profile, bicycle measurements, connecting rod length, pedaling systems, and type of competition, among others. This study particularly focuses on the description of the dynamic model of a transtibial prosthesis for paralympic cyclists, in which the athlete is integrated with the type of competition, considering terrain specifications and type of bicycle. The obtaining of the mathematical model for the analysis of forces in the crank is based on the method of virtual powers in order to find the force that a high performance paralympic cyclist must experience. As a result of the analysis and mathematical model, the mechanical forces that a transtibial prosthesis can undergo in its ankle, tibia and socket are calculated, allowing an optimal design of the prosthesis that will be used in high performance paralympic competitions.

Keywords— Biomechanics, paralympic cyclist, kinematics, reaction forces, dynamic model, virtual powers, transtibial prosthesis.

1. Introducción

Las personas con algún tipo de condición de discapacidad, generalmente dependen de dispositivos que los asisten en las actividades diarias. El desarrollo tecnológico de estos dispositivos ha permitido mejorar la calidad de vida de esta población, y su alcance se ha extendido a la práctica deportiva. Aunque muchos deportes paralímpicos solo requieren tecnología similar a la de sus homólogos olímpicos, se ha evidenciado un

desarrollo tecnológico importante principalmente en dispositivos protésicos y silla de ruedas [1].

La tecnología se ha posicionado como un aliado fundamental del atleta paraolímpico. El desarrollo tecnológico debe ajustarse a los requisitos deportivos de cada individuo, con el fin de maximizar el rendimiento de atletas paralímpicos de manera segura. El máximo estamento en el ámbito del ciclismo es la Unión Ciclista Internacional (UCI) [2], la cual tiene por objetivo promover y favorecer el ciclismo como deporte y al

colectivo de ciclistas que llevan a cabo la práctica del mismo, incluyendo a ciclistas paralímpicos.

Particularmente el Comité Paralímpico Internacional (IPC) es la autoridad suprema en regulación de paraciclismo en estándares paralímpicos. En el sector de la tecnología del cuidado de la salud, se tiene como referente en el diseño de prótesis las normas técnicas NTC 4424-1, 4424-2, 4424-3 [3, 4, 5].

El IPC realiza una evaluación y clasificación de los atletas, con el propósito de minimizar el impacto de la discapacidad en los resultados de la competición, de manera que el éxito de un atleta en la competición dependa principalmente del entrenamiento, aptitud física y talento atlético personal. La clasificación es un proceso continuo por el cual todos los atletas están siendo observados regularmente para garantizar consistencia y equidad [6]. En términos generales la clasificación desempeña dos funciones importantes: i) determinar elegibilidad para competir, ii) agrupar atletas por competición.

Un atleta paralímpico adquiere la clasificación "Confirmado" (C), cuando ha sido previamente evaluado por un panel de clasificación internacional y dicho panel determina que su estado de clasificación es válido y no será alterado antes o durante la competición. Particularmente, el presente análisis se centra en atletas con categoría C4, la cual corresponde a atletas con una amputación bajo la rodilla y uso de prótesis.

En la siguiente sección se presenta una descripción del escenario de ciclismo de pista que proporciona el contexto necesario para realizar análisis de fuerzas y proponer un modelo dinámico de la prótesis transtibial. Seguidamente se realiza una breve discusión con base a los resultados preliminares alcanzados y finalmente se resaltan las principales conclusiones y trabajos futuros.

2. Materiales y métodos

El desarrollo del modelo dinámico de una prótesis transtibial está compuesto por las siguientes etapas:

1. Análisis de fuerzas en la biela: De acuerdo a la caracterización del escenario donde se realizará la prueba, se determina un modelo matemático con el fin de hallar la fuerza que debe experimentar un ciclista paralímpico de alto rendimiento.
2. Modelo dinámico de una prótesis transtibial: Al obtener las fuerzas generadas en competencias paralímpicas, se procede a elaborar el diagrama

de cuerpo libre, análisis de fuerzas empleando el método por nodos para hallar las fuerzas de reacción en los puntos de interés, con el fin de obtener un diseño óptimo para una prótesis transtibial que será empleada en competencias paralímpicas de alto rendimiento.

La elaboración de diagramas de cuerpo libre e idealización estructural de los componentes empleados para el desarrollo del modelo dinámico, fue realizada en el software de diseño CAD SolidWorks 2017. Por último, la solución a las ecuaciones y análisis gráfico se desarrolló con la ayuda de herramientas como MapleSoft13 y Matlab R2015a.

2.1 Escenario ciclismo de pista

El principal escenario donde se disputan competencias de ciclismo de pista se denomina velódromo [7]. Para el modelamiento en competencias de pista se utilizaron las características de diseño del velódromo Olímpico de Rio, el cual está cubierto y tiene una longitud de 250 metros. La superficie es completamente plana, homogénea y no abrasiva. Las curvas tienen entre 22° y 40° de peralte para evitar la salida de los corredores [8]. En la Figura 1 se puede observar las medidas que se emplearon para el estudio y análisis de fuerzas en competencias de ciclismo de pista.

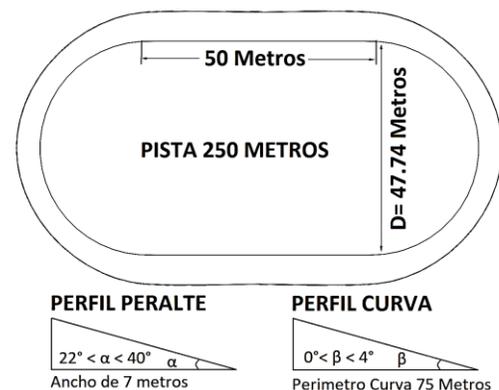


Figura 1. Plano estructural Velódromo Olímpico de Rio

2.2 Bicicleta de pista

También conocida como bicicleta de *sprint*, está diseñada para ser utilizada en carreras de alto rendimiento en escenarios como velódromos. Su diferencia radica en tener un sistema de piñón fijo que hace el frenado proporcional a la presión de pedaleo [9].

Adicionalmente la Unión de Ciclista Internacional UCI reglamenta y estandariza las medidas que debe tener

una bicicleta de pista para ser avalada en una competencia de alto rendimiento [6]. En el desarrollo del modelo dinámico de la prótesis transtibial, se utilizó la siguiente bicicleta de pista según el reglamento de la UCI. (Figura 2).

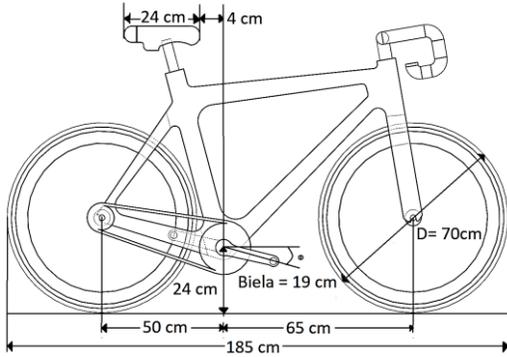


Figura 2. Plano estructural bicicleta de pista

2.3 Prótesis transtibial para ciclista paralímpico

Las prótesis actuales para miembros inferiores son ligeras, cuentan con unidades tobillo/pie. El socket da comodidad al usuario proporcionando mayor estabilidad en la rodilla [10]. Se modeló la geometría de una prótesis transtibial, la cual está dividida en tres áreas: socket, tibia y pie artificiales con sistema de encastre al pedal de la bicicleta. (Figura 3)

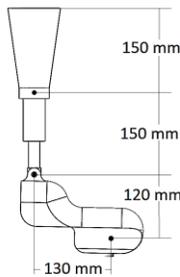


Figura 3. Plano estructural prótesis transtibial

Para poder realizar un modelo apropiado del comportamiento de las fuerzas generadas, se debe tener en cuenta los aspectos estructurales según el tipo de competencia y escenario a emplear. Según las características anteriormente mencionadas del Velódromo Olímpico de Rio se procede a realizar un análisis del comportamiento de los ángulos que experimenta el ciclista al dar una vuelta en el escenario. Se realizó el modelo y análisis de la variación de los ángulos del perfil de curva β y peralte del velódromo α , en la Figura 4 se pueden observar los datos obtenidos.

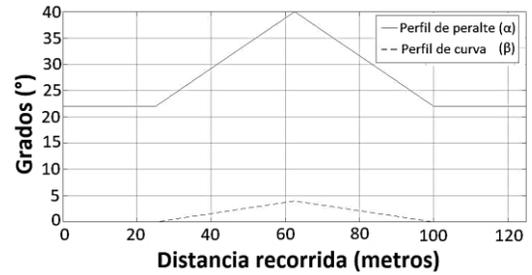


Figura 4. Comportamiento de ángulos en el velódromo

Adicionalmente también se calculó la variación del ángulo de giro de la biela ϕ , determinando el paso de la bicicleta donde D es el diámetro de la rueda. Seguidamente, se halla la distancia que recorre el ciclista con una vuelta de la biela de la bicicleta, considerando el valor de la relación de piñón de la bicicleta es 49:18, utilizada en competencias de pista [11]. De acuerdo a la relación se calcula la distancia recorrida, obteniendo estos valores se puede estimar el comportamiento del ángulo de giro de la biela ϕ , a continuación en la Figura 5, puede observar los datos obtenidos.

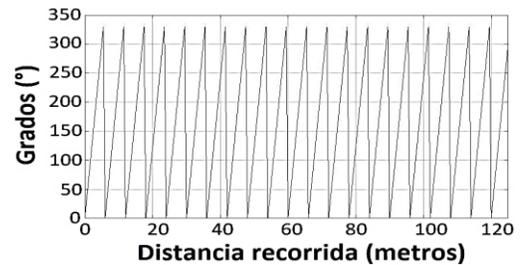


Figura 5. Comportamiento del ángulo de la biela

Seguidamente se realiza el análisis de fuerzas en la biela, para obtener el comportamiento dinámico de la bicicleta de pista se utiliza un sistema de referencia ubicado en su centro de gravedad, el cual sirve para determinar posiciones relativas de los puntos de interés y luego se analiza por el método de potencias virtuales todo el sistema [12].

El modelamiento de una prótesis transtibial en un ciclista paralímpico, es primordial debido a que en competencias se generan fuerzas provocando inestabilidad y falla en la prótesis. Para realizar el modelo se escogen seis puntos, que son los centros de radio de giro de la pierna del ciclista paralímpico. Para el análisis del comportamiento dinámico de la prótesis se utiliza un sistema de referencia el cual sirve para determinar posiciones relativas de los puntos de interés, luego se analiza el eje horizontal X , y el eje vertical Y . Se

implementó el método de nodos, para hallar el comportamiento de las fuerzas de reacción en la prótesis.

3. Resultados

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en el desarrollo del modelo dinámico de una prótesis transtibial para ciclistas paralímpicos, inicialmente se obtuvo el siguiente análisis de fuerzas:

3.1 Análisis de fuerzas en la biela

Para realizar el modelo se escogen dos puntos: en los centros de radio de giro del plato y piñón de la bicicleta de pista. El siguiente esquema paramétrico (Figura 6) de la bicicleta de pista representa un modelo de 6 grados de libertad debido al desplazamiento en $X - Y$ de cada uno de los puntos de referencia, al igual que la contemplación de los ángulos del perfil de curva β , peralte del velódromo α y el ángulo de giro de la biela ϕ .

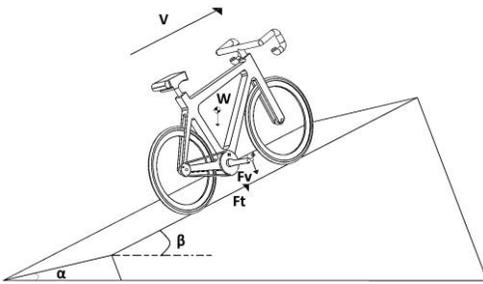


Figura 6. Esquema paramétrico bicicleta de pista

En la Tabla 1 se muestra cada una de las nomenclaturas utilizadas en el sistema:

Tabla 1. Nomenclatura de esquema bicicleta de pista

Nomenclatura	Significado
F_v	Fuerza ejercida sobre la biela
α	Ángulo del perfil peralte velódromo
β	Ángulo del perfil curva velódromo
ϕ	Ángulo de giro biela
V	Velocidad lineal del ciclista
w_r	Velocidad angular del piñón
w_R	Velocidad angular del plato
r	Radio del piñón
R	Radio del plato
D	Diámetro de la rueda bicicleta
l	Longitud biela bicicleta
C_a	Coefficiente de arrastre
C_r	Coefficiente de rodadura
K	Coefficiente perdida potencia cadena

Z_{plato}	Número de dientes del plato
$Z_{piñon}$	Número de dientes del piñón
d_{ejes}	Distancia entre el plato y piñón
P	Paso de la cadena bicicleta
S	Número de dientes activos cadena
D_s	Número de dientes pasivos cadena
δ_{aire}	Densidad del aire
A_{fp}	Área frontal proyectada
P_s	Potencia suministrada por el ciclista
P_w	Potencia necesaria para mover el peso compuesto (ciclista – bicicleta)
P_p	Potencias pasivas
m	Masa compuesta (ciclista – bicicleta)
g	Gravedad

De acuerdo al esquema paramétrico se empleó el método de potencias virtuales [12] para hallar el comportamiento de F_v en las condiciones de competencia de ciclismo de pista:

$$\sum Pot = P_s - P_w - P_p = 0 \quad (1)$$

Donde las potencias pasivas son tres (03):

1. Potencia necesaria para superar el rozamiento de las ruedas con el piso P_r . [13]
2. Potencia necesaria para superar el rozamiento de la cadena de transmisión P_c . [14]
3. Potencia necesaria para superar el rozamiento aerodinámico P_a . [15]

A continuación se muestran las ecuaciones asociadas a potencias (2-6)

$$P_s = F_v \cdot R \cdot w_R \cdot \cos \phi \quad (2)$$

$$P_s = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot D \cdot w_r \cdot \text{sen} \beta \quad (3)$$

$$P_r = m \cdot g \cdot V \cdot C_r \cdot \frac{D}{2} \cdot w_r \quad (4)$$

$$P_c = F_v \cdot l \cdot w_R \cdot (K - 1) \quad (5)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot C_a \cdot \delta_{aire} \cdot A_{fp} \cdot V^3 \quad (6)$$

Relacionando las ecuaciones anteriores se obtiene la ecuación para hallar la fuerza ejercida sobre la biela de la bicicleta de pista:

$$F_v = \frac{\left(mgDw_r \left[(\cos \alpha \cdot \text{sen} \beta) + \frac{VC_r}{2} \right] \right) + \frac{1}{2} C_a \delta_{\text{aire}} A_{fp} V^3}{Rw_R \cos \phi - lw_R (K - 1)} \quad (7)$$

La fuerza ejercida sobre la biela de la bicicleta varia acorde a los ángulos del perfil de curva β , peralte del velódromo α y el ángulo de giro de la biela ϕ . Se analiza el comportamiento por medio del software Matlab R2015a, como se puede observar en la Figura 7.

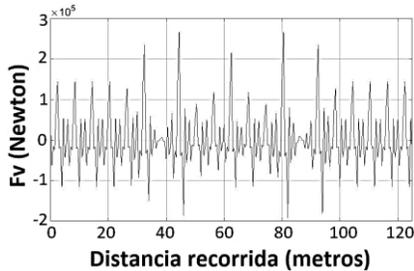


Figura 7. Análisis de la fuerza ejercida sobre la biela

Se puede deducir que el promedio de fuerza que ejerce un ciclista sobre las bielas de una bicicleta de pista en competencia de alto rendimiento es de **1.607,1 N**. Debido a que la bicicleta posee dos bielas o puntos de apoyo, el ciclista paralímpico debe realizar una fuerza en cada biela aproximadamente de **803.6 N**. Una vez se ha determinado la fuerza máxima asociada al movimiento, se prosigue al modelado de la prótesis.

3.2 Modelo dinámico de una prótesis transtibial

El siguiente esquema paramétrico (Figura 8) de la prótesis transtibial representa un modelo de 6 grados de libertad debido al desplazamiento en $X - Y$ de cada uno de los puntos de referencia, al igual que la contemplación de los ángulos de giro de la cadera π , rodilla γ y tobillo λ .

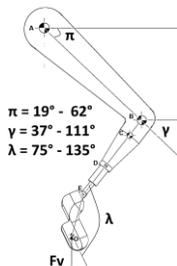


Figura 8. Esquema paramétrico prótesis transtibial

De acuerdo a las características estructurales de la prótesis transtibial y el ciclista, se procede a realizar un análisis del comportamiento cinemático de los ángulos que experimenta el ciclista al dar una vuelta la biela del plato de la bicicleta de pista. Por medio de SolidWorks

2017 y Matlab R2015a se realizó el modelo y análisis de la variación de los ángulos de cadera π , rodilla γ y tobillo de la prótesis λ , a continuación en la Figura 9 se puede observar los datos obtenidos:

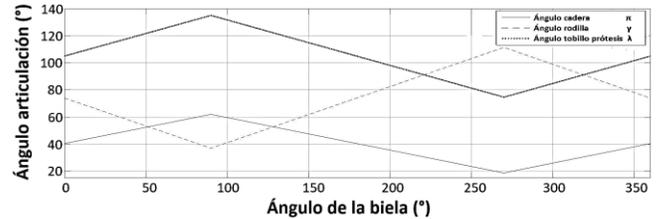


Figura 9. Cinemática de los ángulos del ciclista

En la Tabla 2 se muestra cada una de las nomenclaturas utilizadas en el sistema.

Tabla 2. Nomenclatura de esquema prótesis transtibial

Nomenclatura	Significado
E_y, E_x	Reacción en eje Y-X del tobillo prótesis
D_y, D_x	Reacción eje Y-X de la tibia prótesis
C_y, C_x	Reacción eje Y-X del socket de la prótesis
π	Ángulo de rotación cadera – pierna
γ	Ángulo de rotación rodilla
λ	Ángulo de rotación tobillo prótesis

De acuerdo al esquema paramétrico y el análisis cinemático del ciclista al pedalear, se empleó el método de nodos para resolver sistemas de estructuras [16].

Para hallar el comportamiento de las fuerzas de reacción generadas en la prótesis transtibial, se realizó el análisis en el tobillo de prótesis (nodo E, Figura 8) realizando la sumatoria de fuerzas en los ejes X e Y . Luego se aplicó el mismo análisis en la tibia de la prótesis transtibial (nodo D, Figura 8) y en el *socket* de la prótesis (nodo C, Figura 8), su comportamiento es el mismo debido a que se encuentra paralelo a la tibia y no tiene ningún grado de variación. La fuerza de reacción de cada una de las partes de la prótesis transtibial varía según los ángulos de cadera π , rodilla γ y tobillo de la prótesis λ . Se analiza el comportamiento de cada uno tal como se puede observar en la Figura 10 el nodo E.

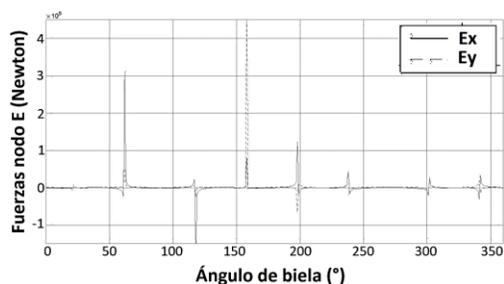


Figura 10. Análisis de fuerzas en el tobillo prótesis

Se puede deducir que el promedio de las fuerzas máximas que experimenta el tobillo de la prótesis en competencias de alto rendimiento es de **933,6 N** en el eje axial y **2.160,5 N** en el eje transversal.

Seguidamente se analiza el comportamiento de los nodos D y C, como se puede observar en la Figura 11.

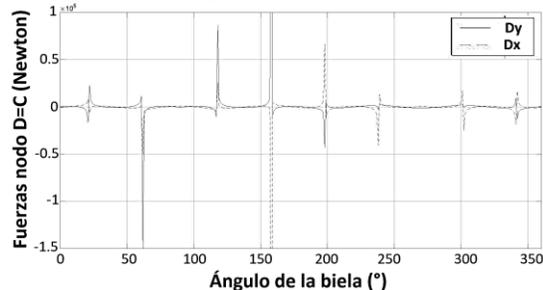


Figura 11. Análisis de fuerzas en la tibia y socket de la prótesis

Por último se calcula el promedio de las fuerzas máximas que experimenta la tibia y el socket de la prótesis transtibial en competencias de alto rendimiento es **3.266 N** en el eje axial y **1.357 N** en el eje transversal.

4. Discusión

El rendimiento en ciclismo depende de varios factores fisiológicos, ligados al entrenamiento y biomecánicos. La influencia de factores biomecánicos como la aerodinámica, las medidas de la bicicleta, longitud de la biela, o los sistemas de pedaleo no circulares en el rendimiento han sido demostrados previamente [17, 18, 19]. Sin embargo, para el mejor conocimiento de los autores, aún no ha sido propuesto un modelo dinámico de fuerzas involucradas en el diseño de prótesis transtibial, que integre al atleta con el contexto deportivo, es decir el tipo de competencia, considerando especificaciones de terreno y cicla.

5. Conclusiones

- Este trabajo desarrolló un modelo dinámico con el fin de analizar fuerzas que experimenta una prótesis transtibial, reduciendo inestabilidad y mejorando la eficiencia del ciclista de alto rendimiento.
- Gracias al modelo matemático expuesto, se puede realizar un diseño óptimo de una prótesis transtibial para ciclistas paralímpicos, teniendo en cuenta la forma del perfil aerodinámico del competidor.
- Este diseño permitirá implementar a los atletas del Ejército Nacional de Colombia herramientas para competir en los juegos paralímpicos del año 2020.

6. Agradecimiento

Este trabajo fue financiado por la Escuela Militar de Cadetes “General José María Córdova” mediante convocatoria de proyectos institucionales del año 2018.

7. Referencias

- [1] P. D. Howe, «Cyborg and Supercrip: The Paralympics Technology and the (Dis) empowerment of Disabled Athletes,» *British Sociological Association*, vol. 45, n° 5, pp. 868-882, 2011.
- [2] UCI, «Union Cycliste Internationale,» [En línea]. Available: <http://www.uci.ch/>. [Último acceso: 20 04 2018].
- [3] I. Internacional, «NTC 4421-1, Prótesis. Pruebas estructurales de las prótesis de las extremidades inferiores. Parte 1: Configuración de las pruebas,» Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá, 1998.
- [4] I. Internacional, «NTC 4424-2. Prótesis. Pruebas estructurales de las prótesis de las extremidades inferiores. Parte 2: Muestras de prueba,» Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá, 1998.
- [5] I. Internacional, «NTC 4424-3, Prótesis. Pruebas estructurales de las prótesis de las extremidades inferiores. Parte 3: Principales pruebas estructurales,» Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá, 1998.
- [6] Unión Ciclista Internacional, GENERAL ORGANISATION, Aigle: CYCLING REGULATIONS, 2011, p. 87.
- [7] J. S. F Escrig, «La construcción del velódromo de Dos Hermanas,» *Informes de la Construcción*, Sevilla, 2007.
- [8] «Rio2016,» MARCA, 14 abril 2016. [En línea]. Available: <http://www.marca.com/juegos-olimpicos/ciclismo-pista/todo-sobre.html>. [Último acceso: 2018 abril 15].
- [9] M. L. Andrew Edwards, *Fixed: Global Fixed-Gear Bike Culture*, L. K. Publishing, Ed., Evanston, Illinois: Ilustrada, 2009, p. 144.
- [10] R. Meyer, «Resultados contemporáneos para la persona con una amputación,» Centro de información nacional sobre la pérdida de extremidades, 1999.
- [11] B. Segura Villar, *Análisis mecánico de un mecanismo de pedaleo oscilante. Diseño 3D de un bicicleta con este mecanismo integrado*, Barcelona, 2013.
- [12] S. C. D. C. C. i Foix, *Teoría de máquinas*, vol. 95, Catalunya: Univ., 2001.

- [13] J. J. A Barbudo, «Regularidad superficial y adherencia en vías ciclistas-recomendaciones de diseño disponibles.»
- [14] J. E. Shigley, Elementos de máquinas, Livros, 2005.
- [15] J. P. J Garcia Lopez, «Valoración biomecánica de la resistencia aerodinámica en ciclistas profesionales: aspectos metodológicos,» Costa Blanca, 2016.
- [16] E. J. E. E. Ferdinand Pierre Beer, Mecánica vectorial para ingenieros, Novena ed., McGraw-Hill, 1990, p. 655.
- [17] V. F.-R. A. O.-A. J. R.-M. J. G.-L. V. Rivero Palomo, «Influencia de la longitud de la biela en la eficiencia y biomecánica del pedaleo submáximo,» Biomecánica, vol. 21, pp. 46-57, 2013.
- [18] A. R. P. G. J. G. L. V. Ferrer-Roca, «Influence of saddle height on lower limb kinematics in well trained cyclists. Static versus dynamic evaluation in bike fitting.,» J Strength Cond Res, vol. 26, pp. 3025-2029, 2012.
- [19] J. R.-M. C. J. J. P. A. M. J. V. J. Garcia Lopez, «Reference values and improvement of aerodynamic drag in professional cyclists,» Journal of Sport Science, vol. 26, pp. 277-286, 2008.

Revisión de la importancia que tienen los videojuegos, Kodu en educación - lógica matemática y medio ambiente

Review of the importance of video games, kodu in education - mathematical logic and environment

Jaime Malqui Cabrera Medina¹ Irlesa Indira Sánchez Medina² Ferley Medina Rojas³ Jasmin Bonilla Santos⁴

1 Magister en Tecnologías de la Información y la Comunicación TIC en educación. Profesor investigador, tiempo completo Universidad Cooperativa de Colombia, sede Neiva (Huila – Colombia).

2 Master en educación, especialista en educación, especialista en redes de telecomunicaciones e ingeniero de sistemas. Profesor investigador de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Neiva (Huila-Colombia). E - mail: irlesa.sanchez@campusucc.edu.co

3 Doctor en Ingeniería. Profesor investigador, tiempo completo Universidad Cooperativa de Colombia, sede Neiva (Huila – Colombia). E-mail: ferley.medina@campusucc.edu.co

4 Doctora en Psicología con énfasis en neurociencia cognitiva aplicada. Profesor investigador, tiempo completo Universidad Cooperativa de Colombia, sede Neiva (Huila – Colombia). E-mail: jasmin.bonillas@campusucc.edu.co

RESUMEN- Este artículo presenta una revisión de los videojuegos desarrollados en el lenguaje de programación Kodu y resalta la importancia que ellos tienen como herramienta didáctica para apoyar procesos de enseñanza – aprendizaje, haciendo énfasis en la lógica matemática y el área de ciencias naturales en temáticas relacionadas con la conservación y cuidado del medio ambiente. Se espera que este artículo sea referente para que profesores y estudiantes ubiquen los videojuegos y según criterios educativos bien definidos comiencen a utilizarlos para favorecer estrategias de aprendizaje diferentes a las tradicionales.

Palabras claves: Videojuegos, Kodu, educación, enseñanza, aprendizaje, lógica matemática, medio ambiente.

ABSTRACT - This article presents a review of the videogames developed in the Kodu programming language and highlights the importance they have as a didactic tool to support teaching - learning processes, emphasizing mathematical logic and the area of natural sciences in topics related to conservation and care of the environment. It is expected that this article is a reference for teachers and students to locate videogames and, according to well-defined educational criteria, begin to use them to favor learning strategies different from the traditional ones.

Keywords: Video games, Kodu, education, teaching, learning, mathematical logic, environment.

1. Introducción.

Los videojuegos son herramientas digitales que hoy día han llegado a todo el público niños, jóvenes y adultos. Hacen parte de nuestra cultura y se han convertido en una nueva forma de comunicarnos. Según [1], un videojuego es un “programa informático interactivo destinado al entretenimiento que puede funcionar en diversos dispositivos: ordenadores, consolas, teléfonos móviles, Tablets, etcétera; integra audio y video, y permite

disfrutar de experiencias que, en muchos casos, sería muy difícil de vivir en la realidad”, y según [2] “hoy se ha encontrado que los videojuegos sirven como instrumentos de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje”.

En educación, los videojuegos, en la actualidad están de moda, son actividades que atrapan a los niños y jóvenes como indica Brian Eno en su conferencia videojuegos, presente y futuro: “Si miras los niños, juegan siempre, pero ¿qué hacen cuando juegan? Imaginan. Prueban

cosas. Prueban a entender lo que la otra gente piensa de las cosas. Los niños aprenden jugando y los adultos con el arte”. Tenemos trabajo. La industria del videojuego es la industria cultural y del entretenimiento que más negocio genera a nivel mundial. La palabra clave es cultura. [3].

En muchos entornos se sigue pensando en los videojuegos como forma de ocio con altas cargas de violencia o como entretenimiento superficial, pero hoy se ha encontrado que los videojuegos sirven como instrumentos de apoyo en los procesos de enseñanza y aprendizaje. [2]

Los videojuegos hoy son bastante más que un producto informático; también son un negocio, un instrumento de información y formación, un objeto de investigación y un fenómeno social [4].

Los videojuegos es una industria real están presentes en toda actividad del ser humano y la educación no es la excepción, según [5] “El uso de videojuegos por parte de los niños y jóvenes se ha vuelto muy común, y han sido objeto de reflexiones y críticas, tanto por sus contenidos como por el alto porcentaje de tiempo que esta población pasa frente a un televisor y/o computador”. Según Cabrera y otros, un video juego educativo se puede considerar un Objeto virtual de aprendizaje utilizado para ayudar a promover el autoestudio, el aprendizaje con ayuda de las TIC [6]. Según Sánchez y otros, un video juego puede considerarse como un recurso digital codificado para ser manipulado por una computadora y utilizado como ayuda virtual, conformado por una serie de acciones digitales cuyo propósito es apoyar procesos de enseñanza aprendizaje [7].

2. Kodu

2.1. Acerca de Kodu.

Kodu es un lenguaje de programación visual específicamente para crear juegos, este programa está hecho para que jóvenes puedan usarlo y es agradable para todos. Kodu proporciona herramientas fáciles para crear paisajes 3D controlar la iluminación y la cámara. La programación de Kodu involucra la selección de mosaicos. [8]

Existe una variedad muy amplia del tipo de juego que se puede llegar a crear con Kodu, ya que estos dependen del ingenio y finalidad de cada usuario. En la tabla 1 se muestran los más comunes.

Tabla 1. Tipo de videojuegos Kodu

Tipo de videojuego	Explicación
Aventura	A partir de la creación de un nuevo mundo tus personajes podrán vivir diferentes aventuras en base a un relato de invención propia.
Carreras	haciendo uso de un circuito totalmente personalizados, tus personajes podrían recorrerlo de forma competitiva simulando las clásicas carrera de Mario Kart.
Disparos	Kodu ofrece la posibilidad de disparar en algunos personajes con dos tipos de objetos diferentes – bolas y misiles.
Bolas y misiles	Esta posibilidad le proporciona al juego una mayor acción, al poder disparar a diferentes personajes u objetos y comprobar cómo reaccionan ante ellos.
Estrategia	para realizar este tipo de juegos, se necesita un poco más de experiencia que en los anteriores debido a la gran cantidad de comandos que hay que añadir y el ingenio que es necesario para crear una trama y su resolución.
Lucha	este modelo de juego está dirigido para usuarios con poca experiencia que buscan divertirse sin la necesidad de programar un video juego con características complejas. Con unas simples instrucciones, un escenario y dos personajes, se puede crear algo parecido a los clásicos de Dragon Ball al puro estilo Kodu.
Rompecabezas	para las mentes un poco más exigentes, Kodu también ofrece la posibilidad de crear juegos basados en la resolución de una serie de complejos problemas.

Fuente: Autor.

2.2. Videojuegos desarrollados en Kodu.

Como parte de la experiencia en el uso de **Kodu** en ambientes educativos, en Latinoamérica; se presenta la tabla 2 donde se relacionan algunos proyectos por país desarrollados en Kodu y sus aportes a la educación.

Tabla 2. Proyectos en Kodu por país y descripción.

PAÍS	PROYECTO	APORTES A EDUCACION
EL Salvador	programa 3-D de diseño de videos	Mediante Kodu se logró desarrollar habilidades computacionales en los estudiantes de primaria en escuelas. [9]

Ecuador	Aprendo inglés con KODU	Con Kodu se creó narrativa de historias desde eventos nacionales, todo orientado al aprendizaje del idioma INGLÉS. [10]
Colombia	Creación de videojuegos en las ciencias naturales y la competencia para resolver los problemas	El lenguaje de programación KODU se usó en espacios extracurriculares con estudiantes de sexto grado de Colegio Gimnasio Cantabria, en La Estrella, Antioquia, se recogió información en base a la aplicación de la secuencia, a través de videos, un diario de campo y entrevistas a los estudiantes. [11]
	Kodu – Aprender mientras se juega	Con la capacitación de 30 profesores en la plataforma Kodu, comenzó en firme la alianza estratégica entre Microsoft, la Secretaría de Educación de Medellín y Medellín Digital, que busca acercar aún más las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) al sector educativo. [12]
	Copa kodu Colombia	Desde el 2016 la Universidad Cooperativa de Colombia se Neiva, desarrollo un evento denominado Copa Kodu Colombia con el objetivo que los estudiantes de educación básica y media de las instituciones educativas del Departamento del Huila desarrollen el pensamiento computacional. http://koducolombia.com/

Fuente: [9] [10] [11] [12]

En la tabla 3, se referencias algunos de los videojuegos desarrollado en el lenguaje de programación Kodu, resaltando sus posibles usos en el campo educativo, para que profesores y estudiantes los conozcan y se motiven a utilizarlos para apoyar procesos educativos y porque no se atrevan a elaborar los suyos propios.

Tabla 3. Videojuegos desarrollados en Kodu.

AÑO	AUTOR	NOMBRE	USO EDUCATIVO
2011	BWilliams	Kodu: New Hope	Aporte a la tecnología; presenta como el uso de avances tecnológicos permiten a los kodus volver al espacio y conquistar nuevos lugares y recursos.

2012	nymgamer	glsteam3-Aquaville Adventures	Aporte al medio ambiente: muestra la contaminación del mundo por el mal uso de los recursos y su contaminación.
2013	Corvinskids	Identify the bad URL!!! v01	Aporte a la ubicación espacial: su objetivo es llevar todos los bots identificados a la zona de puntuación que no le dan la URL adecuada.
2014	Winner King	VirtualAquarium3D v01	Aporte a la ubicación espacial: permite al usuario realizar un recorrido por un acuario.
2015	Sweeth	Fish vs World	Aporte a valores: usuario debe ayudar a Fly Fish a reunirse con su novia después de superar varios retos o desafíos.
2016	Justin Choi	Save The Kelpforest	Aporte a la ubicación espacial y medio ambiente: permite al jugador moverse en el terreno y recolectar basura. La basura es reciclada.
2017	Guest	Pedro Mateus Arthur - Ana Paula Sandro	Aporte a formación en valores: el objetivo es el de coger la camilla y destruir el equipo del otro, y los castillos y los animales

Fuente: <https://worlds.kodugamelab.com/browse> - [13]

De las tablas 2 y 3, se puede decir que los usos educativos de los videojuegos desarrollados son muchos y diversos, por ejemplo, a través de ellos los estudiantes pueden aprender de programación, de lógica matemática (programación), tecnología, valores, medio ambiente, ciencias naturales, etc. Desarrollar videojuegos en el lenguaje Kodu es muy sencillo, Kodu es diferente de los otros proyectos en varios aspectos clave:

- Evita código a escribir haciendo que los usuarios construyen los programas que utilizan elementos visuales a través de un dispositivo de juego.
- En lugar de una pantalla de mapa de bits o 2D, los programas se ejecutan en un entorno de simulación 3D, similar a Alice.

Kodu en algunos países ha sido utilizado como una herramienta de aprendizaje de la educación en escuelas y centros de aprendizaje. [14]

2.3. Importancia educativa de los videojuegos Kodu – Recurso didáctico.

Un recurso didáctico es toda herramienta que se utiliza para apoyar procesos de enseñanza – aprendizaje, según [15] “son materiales que se encargan de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, tanto para el estudiante como para el docente. Un tablero, crayolas y papel, plastilina, fichas bibliográficas, libros, música, páginas web, aplicaciones digitales, una presentación en PowerPoint, juguetes, máscaras, sombreros, entre otros, forman parte de algunos de los ejemplos de recursos didácticos”. Básicamente, cualquier elemento puede convertirse en un recurso didáctico si el criterio y la creatividad del maestro, consideran que puede ser apropiado y beneficioso en el marco del contexto educativo”.

Atendiendo la definición anterior los videojuegos desarrollados en Kodu se pueden considerar un recurso didáctico y utilizados en educación han ayudado a los aprendizajes y entrenamientos es muy positivo, tal y como se demuestra en el terreno del tratamiento de los problemas de aprendizaje, la ayuda para resolver problemas, para responder a cuestiones relacionadas con la escuela, las drogas, la familia, aspectos morales, etc. Los videojuegos permiten aumentar la motivación para el aprendizaje de diversas materias como las matemáticas y las ciencias, y el conjunto de las enseñanzas [16]. Según Cabrera y otros, un videojuego educativo se puede considerar un Objeto virtual de aprendizaje utilizado para ayudar a promover el autoestudio, el aprendizaje con ayuda de las TIC [6]. Según Sánchez y otros, un video juego puede considerarse como un recurso digital codificado para ser manipulado por una computadora y utilizado como ayuda virtual, conformado por una serie de acciones digitales cuyo propósito es apoyar procesos de enseñanza aprendizaje [7].

El auge de los videojuegos en educación en este mundo mediatizado está invitando a la escuela para que adquiera recursos tecnológicos para facilitar la información y la comunicación para poder acceder a sus ventajas como medio de aprendizaje para los estudiantes.

La tabla 4 muestra las áreas de aprendizaje y los aspectos formativos que aportan los videojuegos en la formación del niño y/o joven cuando son bien utilizados. Los videojuegos se pueden utilizar para apoyar procesos de aprendizaje altamente motivantes, según [2] "Desde los

videojuegos, los niños pueden aprender de una manera diferente y desarrollar otras habilidades"

Tabla 4. Áreas de aprendizaje y la contribución de los videojuegos en ellas.

Áreas de aprendizaje	Aportes formativos
Desarrollo personal y social	<ul style="list-style-type: none"> • Proporciona interés y motivación. • Mantiene la atención y la concentración. • Puede trabajarse como parte de un grupo y se pueden compartir recursos
Conocimiento y comprensión del mundo	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer algunas cosas que pasan. • Uso temprano del control del software.
Lenguaje y alfabetización	<ul style="list-style-type: none"> • Anima a los niños a explicar lo que está pasando en el juego. • Uso del discurso, de la palabra para organizar, secuenciar y clarificar el pensamiento, • ideas, sentimientos y eventos.
Desarrollo creativo	<ul style="list-style-type: none"> • Respuesta en formas muy variadas. • Uso de la imaginación a partir del diseño gráfico, la música, y la narrativa de las historias.
Desarrollo físico	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la motricidad a partir del uso del ratón en la navegación y selección de objetos.

Fuente: [17]

El uso de videojuegos en las aulas es afín con una teoría de la educación basada en competencias que enfatiza el desarrollo constructivo del saber, el hacer y el ser.

Desde el saber conocimiento, según (Rosas, 2003), mejoran el rendimiento escolar, desarrollan habilidades cognitivas y motivan el aprendizaje, y según (Higgins, 2001), mejoran el pensamiento lógico y crítico y en las habilidades para resolver problemas. [17]

Desde el hacer, Según (Kirriemuir y Mcfarlane, 2004), mejoran la concentración, el pensamiento y la planificación estratégica. [17]

Desde el ser formación en valores, Según (Dondi, Edvinsson y Moretti, 2004), los videojuegos permiten el desarrollo de habilidades sociales. [17]

Por último, según [2] "Desde los videojuegos, los niños pueden aprender de una manera diferente y desarrollar otras habilidades". Según Sánchez Medina y

otros el 88 % de los estudiantes utilizan videojuegos y el 12 % no los utiliza como apoyo en sus actividades académicas [18].

2.3. Kodu y lógica matemática.

Kodu es un lenguaje de programación sencillo que se utiliza para estimular y motivar el aprendizaje en los niños y jóvenes a través de unas reglas sencillas de programación, además propician un pensamiento matemático abierto al permitir la creación de los juegos lógico-matemáticos. No se trata de hacer jugar a los niños de un modo improvisado, sino de jugar de una manera deliberada y planificada para lograr resultados.

Los juegos lógico-matemáticos fomentan la comprensión y el uso de contenidos matemáticos, así como el desarrollo del pensamiento lógico, favorecen el desarrollo de la autoestima, relacionan las matemáticas con una situación generadora de diversión, permiten el desarrollo de la colaboración y trabajo en equipo y propician la realización de cálculos mentales.

Pero, además, favorecen la adquisición de flexibilidad y agilidad mental, promueven el ingenio, la creatividad y la imaginación y estimulan el razonamiento inductivo-deductivo.

En matemáticas los videojuegos son una estrategia para desarrollar el pensamiento lógico matemático en los niños y jóvenes, la Lógica matemática, según [19] “la lógica es el estudio de los métodos y principios que se usan para distinguir el razonamiento bueno (correcto) del malo (incorrecto)”.

2.4. Kodu, ciencias naturales y Medio ambiente.

Hoy en día el concepto de medio ambiente está ligado al de desarrollo; esta relación nos permite entender los problemas ambientales y su vínculo con el desarrollo sustentable, el cual debe garantizar una adecuada calidad de vida para las generaciones presente y futura. [20].

En ciencias los videojuegos permiten que los estudiantes tomen conciencia del cuidado del ambiente y su conservación, el análisis de la relación entre ecosistema y cultura en general, es el entorno en el cual opera una

organización, que incluye el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos, y su interrelación. En este contexto, el medio ambiente se extiende desde el interior de una organización hasta el sistema global.

Kodu ofrece variados videojuegos enfocados a la cuidado y conservación del medio ambiente como se visualiza en la tabla 4, además sus herramientas permiten al niño y al joven diseñar y desarrollar videojuegos enfocados a crear la cultura por el cuidado y conservación del medio ambiente.

3. Reflexión sobre uso de videojuegos - Kodu – en educación.

Después de la revisión hecha sobre videojuegos y en especial juegos desarrollados en el lenguaje de programación Kodu se puede decir, que:

Fuente: <http://blog.tiching.com/los-10-mejores-videojuegos-educativos/> - [21]

- El uso de los videojuegos en la escuela utilizados bajo criterios educativos bien definidos los convierte en un recurso didáctico o herramienta que ofrece gran variedad de temas (ejercicios, situaciones de la vida real o imaginada) a profesores y a estudiantes para trabajar en el aula o fuera de ella en campos de la ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas, medio ambiente, ciudadanía, política, resolución de conflictos y economía.
- El éxito de un videojuego en educación radica en que el profesor antes de llevarlo al aula debe conocerlo debe haber jugado, este conocimiento le permitirá trazar objetivos de aprendizaje para hacer del proceso enseñanza – aprendizaje un proceso diferente al tradicional, un proceso donde la motivación, la interactividad, el uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación NTIC y el constante trabajo en equipo colaborativo promuevan el estudio de la diversas áreas del conocimiento facilitando el tratamiento de los problemas de aprendizaje y sus aplicaciones, la ubicación en el espacio – tiempo y la adquisición de valores ético - morales, potenciando así, la formación por competencia en el saber (comprensión y aplicación de conceptos, resolución de problemas lógico – matemáticos, interpretación de textos, planificación de

estrategias, programación de computadores, ciencias naturales y ambientales, ingeniería, ciencias políticas, económicas y humanidades, entre otras), en el hacer (aplicación de conceptos en diferentes campos profesionales como ingeniería, arquitectura, arte y diseño donde es importante la motricidad, la orientación espacial y la ubicación espacio-visual), y en el ser (habilidades sociales, comunicativas, humanas,...),

- Por último, se puede asegurar que cada vez son más los videojuegos que se crean con fines educativos y son múltiples las ventajas que aportan a los niños en su desarrollo motriz e intelectual (por ejemplo, potencian el desarrollo del pensamiento lógico matemático y la formación en una cultura del medio ambiente y su conservación).

Los conceptos fueron extraídos de los siguientes documentos:

- [1] F. García Fernández, "http://www.irabia.org," 14 Octubre 2005. [Online]. Available: http://www.irabia.org/departamentos/nntt/proyectos/futura/futura06/Analisis_educativo.pdf.
- [2] E. Alvarez, "colombiadigital.net," 2014 Abril 2014. [Online]. Available: <https://colombiadigital.net/actualidad/articulos-informativos/item/6950-se-puede-enseñar-con-los-videojuegos.html>.
- [3] J. M. Ganyet, "http://www.lavanguardia.com," 17 julio 2017. [Online]. Available: <http://www.lavanguardia.com/opinion/20170717/424177287735/videojuegos-presente-y-futuro.html>.
- [4] X. Avanto Masgo and y. otros, "es.slideshare.net," 18 Noviembre 2013. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/ysabelpilco1/los-videojuegos-the-gamers>.
- [5] M. E. Montes, "https://colombiadigital.net," 20 Junio 2012. [Online]. Available: <https://colombiadigital.net/opinion/columnistas/conexion/item/1914-los-videojuegos-en-el-proceso-de-aprendizaje.html>.
- [6] J. M. Cabrera Medina, I. I. Sánchez Medina and F. Rojas Rojas, "Una forma de obtener una combinación eficaz del contexto Uso de objetos virtuales de aprendizaje OVAS como estrategia de enseñanza – aprendizaje inclusivo y complementario a los cursos teóricos – prácticos. Una experiencia con estudiantes del curso física," *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 11, no. 22, pp. 4-12, 2016.
- [7] I. I. Sanchez Medina, J. M. Cabrera Medina and J. . E. Martínez Gaitán, "Ayudas virtuales como apoyo al aprendizaje inclusivo en la ingeniería," *Revista iberoamericana*, vol. 18, no. 1, pp. 81-95, 2016.
- [8] tech4kidsmex, "https://tech4kidsmex.wordpress.com/," 20 Julio 2012. [Online]. Available: <https://tech4kidsmex.wordpress.com/2012/07/20/que-es-kodu/>.
- [9] Diario Cinco Días, "¿Por qué es importante aprender a programar?," 8 3 2016. [Online]. Available: <http://www.relpe.org/tag/scratch/>. [Accessed 14 12 2016].
- [10] C. Roberto, "La programación es un juego de niños (o eso intentan estas 14 propuestas)," 26 12 2014. [Online]. Available: <http://www.bloglenovo.es/la-programacion-es-un-juego-de-ninos-o-eso-intentan-estas-catorce-propuestas/>. [Accessed 14 12 2016].
- [11] C. Vargas Torres, "Creation of video games in natural sciences and the competency to solve problems," *Corporacion Universitaria Lasallista*, pp. 66-74, 2015.
- [12] CVNE - centro Virtual de Noticias de Educación, "www.mineduacion.gov.co," 5 Abril 2011. [Online]. Available: <http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-268206.html>.
- [13] K. G. L. Community, "worlds.kodugamelab.com," [Online]. Available: <https://worlds.kodugamelab.com/browse>.
- [14] Ruben, "tusejemplos.com," 22 Septiembre 2016. [Online]. Available: <http://tusejemplos.com/ejemplos-de-kodu-lab/>.
- [15] A. Bohórquez S., "compartirpalabramaestra.org," 18 Junio 2015. [Online]. Available: <https://compartirpalabramaestra.org/articulos-informativos/que-es-un-recurso-didactico>. [Accessed 27 Julio 2018].

- [16] A. i. Torres Vásquez, "sites.google.com," 22 Abril 2013. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/herradigedu128/actividad-7>.
- [17] J. L. Equia Gomez, "VIDEOJUEGOS: CONCEPTOS, HISTORIA Y SU POTENCIAL COMO HERRAMIENTAS POTENCIAL COMO HERRAMIENTAS," *3 Ciencias*, pp. 1 - 14, 2013.
- [18] I. I. Sánchez Medina, F. Medina Rojas and F. Rojas Rojas, "El Ingeniero de Inclusión con Videojuegos," *Revista educación en Ingeniería*, vol. 18, no. 19, pp. 116-123, 2015.
- [19] I. M. Copi and C. Cohen, *Introducción a la LOGICA*, México: Limusa, 2017.
- [20] S. C. d. B. d. l. República, "http://www.banrepcultural.org," 2015. [Online]. Available: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/medio_ambiente.
- [21] D. Arnau, "blog.tiching.com," 16 Diciembre 2013. [Online]. Available: <http://blog.tiching.com/los-10-mejores-videojuegos-educativos/>.

Diseño e implementación de una prótesis de mano robótica antropomórfica subactuada

Design and implementation of an anthropomorphic robotic hand prosthesis underactuated

Ruthber Rodríguez Serrezuela*¹ Jorge Luis Aroca Trujillo¹, Daniel Ricardo Delgado², Viviana Katherine Ordoñez Benavides¹, Roberto Sagaro Zamora³ and Enrique Maraño Reyes⁴

¹ Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria del Huila, CORHUILA, Colombia

² Ingeniería Industrial, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia

³ Departamento de Mecánica y Diseño (MyD), Tribology Group, Universidad de Oriente, Cuba

⁴ Centro de Estudios de Neurociencias y Procesamiento de Imágenes y Señales, Universidad de Oriente, Cuba
ruthber.rodriguez@corhuila.edu.co

RESUMEN– El proyecto de investigación es orientado a construir un prototipo de mano robótica subactuada antropomórfica, la cual fue diseñada empleando Solidwork para plasmar cada una de las fracciones mecánicas de la mano como son la palma, la muñeca y las falanges entre otras, que permitiera efectuar distintos modelos de posturas, agarre o movimientos semejantes al de una mano humana. Así mismo, se ha desarrollado una interfaz entre LabView y Arduino para realizar el control de los cinco (5) servos que forman el mecanismo subactuado, logrando movimientos de las falanges mediante la rotación en su eje los cuales cuentan con tendones como mecanismo de transmisión para realizar las diferentes posturas de agarre o posturas planteadas. El artículo describe la obtención de los parámetros de Denavit-Hartenberg del prototipo de prótesis robótica mediante los cuales se implementa en el software Labview como interfaz de usuario. Se desarrolla el hardware mediante el cual se controlan los servos por intermedio del microcontrolador ATmega32U4. Por último, se implementan diferentes posturas de agarre de objetos similar a las posturas realizadas por la mano humana.

Palabras claves– Antropomórfica, articulación, interfaz, mano robótica, prótesis, subactuado, tendones.

ABSTRACT– Our research project is oriented to build a prototype of an anthropomorphic subgrade robot hand, which was designed using Solidwork to capture each of the mechanical fractions of the hand such as the palm, wrist and phalanges, among others, that would allow different models of postures, grasp or movements similar to that of a human hand. Likewise, an interface has been developed between LabView and Arduino to perform the control of the five (5) servos that form the under-mechanism, achieving phalangeal movements by rotating on its axis, which have tendons as the transmission mechanism for Carry out the different positions of grasp or positions posed. Our article describes the obtaining of the parameters of Denavit-Hartenberg of the prototype of robotic prosthesis by means of which it is implemented in Labview software as a user interface. The hardware is developed through which the servos are controlled through the ATmega32U4 microcontroller. Finally, different positions of grasp of objects are developed similar to the positions made by the human hand.

Keywords– Anthropomorphic, articulation, interface, robotic hand, prosthesis, underacted, tendons.

1. Introducción

La mano es un órgano que conforma las extremidades del cuerpo humano para la manipulación Física del medio, la cual se encuentra en los extremos de los antebrazos. Permite realizar ciertos trabajos como tomar y maniobrar un objeto, la comunicación por medio de gestos y no solo en individuos que usan el lenguaje de señas, por otro lado, las personas que tienen discapacidad

visual las manos serian una herramienta muy útil para hacer uso del sistema Braille [1].

Día a día en cualquier parte del mundo se encuentran casos en que el ser humano está expuesto a sufrir mutilaciones debido a los accidentes de trabajo, conflictos, enfermedades y malformaciones que generan amputaciones [2]. Estas situaciones traen como secuela que la pérdida de manos que genera la reducción de su capacidad para realizar distintas funciones debido a que

una gran parte de su habilidad se reduce a la hora de agarrar y maniobrar objetos específicos. Igualmente, generando incomunicación gestual y visual, es decir las personas que sufren de discapacidad a la hora de ver y hablar [3].

Para este problema la solución viable es la implementación de una prótesis (Figura 1), siendo esta, un instrumento que permite reemplazar el miembro carente. Esta prótesis es desarrollada con el objetivo de reemplazar una parte, una función o un miembro completo del cuerpo humano alterado. Permitiendo al afectado recuperar parte de la movilidad, el funcionamiento, el aspecto y el agarre.

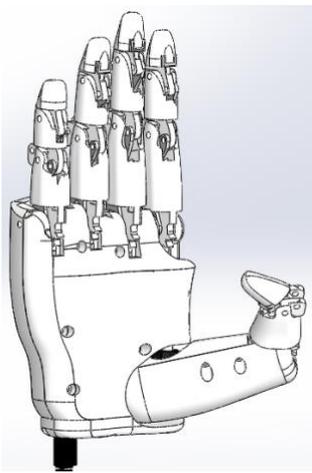


Figura 1. Diseño de la mano subactuada antropomórfica en Solidworks. Autor.

Los principales aportes en el tema de manos robóticas son Stanford/JPL [4], la mano Utah/MIT [5], la mano TUAT/Karlsruhe [6], la mano Robonaut 2 [7], la mano DLR [8], la mano Metamorphic Hand [9], entre otras más. Se caracterizan por complejos sistemas que emulan la mano humana y que son gobernadas por un computador.

Las prótesis para amputados de mano desarrolladas en su gran mayoría de pinzas con uno o dos grados de libertad, proporcionando una funcionalidad muy limitada. También existen desarrollos con mayor funcionalidad, obviamente más costos que permiten realizar diversas posturas y agarres de objetos hasta su manipulación parcial. Algunos de estos ejemplos de estas prótesis son: Sensor hand speed w/Flex [10], Vicent hand, iLimb hand, BeBionic hand, Michelangelo hand, entre otras [11] [12] [13] [14]. En este artículo está dividido en la presentación de la metodología empleada

en el diseño, los materiales utilizados, los resultados obtenidos y las conclusiones que hemos realizados en el desarrollo de nuestra investigación.

2. Materiales y diseño ingenieril

2.1 Materiales

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron materiales como motores D.C., tarjeta Arduino Uno, nylon de poliácido láctico (PLA) para reemplazar el material acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), conectores y cableado eléctricos, tornillos, entre otros. En el caso del software, se usó Solidwork para el diseño de la prótesis y LabView para el sistema de control y algoritmos de trayectorias.

2.2 Diseño ingenieril

Una vez realizado la revisión bibliográfica de prótesis de manos robóticas antropomórficas subactuadas, se desarrolla la perspectiva teórica basada en los mecanismos de cuatro barras. Para ello se diseña el prototipo de mano en Solidwork y se construye las piezas en la impresora Ultimaker 3.

Para generar los algoritmos generadores de trayectorias, se desarrolla la programación en LabVIEW. Este se interconecta con la tarjeta embebida Arduino, el cual a su vez tiene la función de generar las ordenes de control de los motores DC.

Para lograr el correcto movimiento y por ende, el correcto funcionamiento del sistema, se realiza el análisis matemático de la cinemática directa e inversa de la mano en su totalidad. Así mismo, se genera simulaciones en Matlab para encontrar el volumen de trabajo del sistema, y para validar el movimiento de cada una de las articulaciones de los dedos.

3. Geometría de la mano robótica subactuada antropomórfica

En esta parte precisaremos la composición física de cualquiera de los dedos excepto el pulgar ya que para los dedos índice, medio, anular y meñique se puede generalizar los resultados porque solo cambian los tamaños de sus eslabones (L).

$${}^{i-1}A_i = \begin{pmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \cdot \sin\theta_i & \sin\alpha_i \cdot \sin\theta_i & \alpha_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cdot \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cdot \cos\theta_i & \alpha_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

En la Figura 2, se mostrará el plano con su respectivas disposición de los ejes de analisis y sus características físicas.

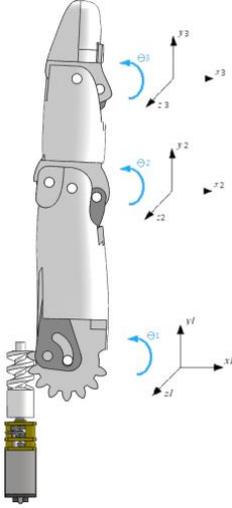


Figura 2. Dedo subactuado antropomórfico: Autor

Una vez determinada la geometría del dedo, se realiza el análisis cinemático de este mismo.

3.1. Cinemática Directa

Se establece cuál es la posición y la ubicación del extremo final del dedo, con respecto a un sistema de coordenadas que se toma como referencia, ya sabiendo previamente los parámetros geométricos.

Existen diferentes formas de solucionar este sistema, pero en este caso haremos uso del procedimiento de matrices de transformación homogéneas y el algoritmo de Denavit-Hartenberg. Por medio de este método la matriz de transformación homogénea (T) se encuentra por medio del producto ${}^{i-1}A_i$, las cuales son matrices afines que al multiplicar dichas matrices en orden ascendente se alcanza lograr el sistema de coordenadas inicial con el final. La matriz A esta determinada con base a los parámetros de Denavit-Hartenberg, en cual relaciona el tamaño y forma del eslabón, así [1]:

θ_i : es el ángulo de rotación alrededor del eje Z_{i-1} .

d_i : es la distancia de traslación a lo largo de Z_{i-1} .

a_i : es la distancia de traslación a lo largo de X_i .
 α_i : es el ángulo de rotación alrededor del eje X_i .

Una vez conociendo la definición de los parámetros, procedemos a realizar la tabla de parámetros D-H:

Tabla 1. Valores obtenidos para los parámetros D-H para la mano robótica.

Articulación	θ	Dz	ax	α
1	θ_1	L_1	0	45
2	θ_2	0	L_2	0
3	θ_3	0	L_3	0
4	θ_4	0	L_4	0
5	θ_5	0	L_5	0
6	θ_6	0	L_6	0
7	θ_7	0	L_7	0
8	θ_8	0	L_8	0
9	θ_9	0	L_9	0
10	θ_{10}	0	L_{10}	0
11	θ_{11}	0	L_{11}	0
12	θ_{12}	0	L_{12}	0
13	θ_{13}	0	L_{13}	0
14	θ_{14}	0	L_{14}	0
15	θ_{15}	0	L_{15}	0

Considerando que las matrices A con respecto a los dedos índice, medio, anular y meñique únicamente cambiarían el eslabón (L), para el caso del dedo pulgar la cinemática directa presentaría cambios debido a que el primer eslabón tiene un ángulo fijo de 45 grados.

Dedo pulgar:

Posteriormente se procede a realizar los cálculos para las matrices A:

Rotación R:

$$R_2 = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$R = \begin{bmatrix} R2 & -R2 & 0 & 0 \\ R2 & R2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}_{0A_1} \begin{bmatrix} \cos\theta_1 & -\sin\theta_1 & 0 & 0 \\ \sin\theta_1 & \cos\theta_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1A_2 = \begin{bmatrix} \cos\theta_2 & -\sin\theta_2 & 0 & l_2 \cos\theta_2 \\ \sin\theta_2 & \cos\theta_2 & 0 & l_2 \sin\theta_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} {}_2A_3 = \begin{bmatrix} \cos\theta_3 & -\sin\theta_3 & 0 & l_3 \cos\theta_3 \\ \sin\theta_3 & \cos\theta_3 & 0 & l_3 \sin\theta_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T = \begin{pmatrix} \cos\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) - \cos\theta_2(\cos\theta_1B)) - \sin\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1B) + (\sin\theta_2\cos\theta_1A)) \\ \cos\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) + \cos\theta_2(\cos\theta_1B)) + \sin\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) - (\sin\theta_2\cos\theta_1B)) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -\cos\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1B) + \sin\theta_2(\cos\theta_1A)) - \sin\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) - (\cos\theta_2\cos\theta_1B)) \\ \cos\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) - \cos\theta_2(\cos\theta_1B)) - \sin\theta_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) + (\cos\theta_2\cos\theta_1B)) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos\theta_2l_2(\cos\theta_1A) - \sin\theta_2l_2(\cos\theta_1B) + \cos\theta_3l_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) - (\cos\theta_2(\cos\theta_1B)) - \sin\theta_3l_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1B) + \sin\theta_2(\cos\theta_1A)) \\ \cos\theta_2l_2(\cos\theta_1B) + \sin\theta_2l_2(\cos\theta_1A) + \cos\theta_3l_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) + (\cos\theta_2(\cos\theta_1B)) + \sin\theta_3l_3(\cos\theta_2(\cos\theta_1A) - \sin\theta_2(\cos\theta_1B)) \\ l_4 \\ 1 \end{pmatrix}$$

La matriz T resultante para el dedo pulgar está dada por:

$$T = R * {}^0A_1 * {}^1A_2 * {}^2A_3$$

Para no obtener una matriz tan grande se hacen estas simplificaciones:

$$\begin{aligned} \cos\theta_1A &= R_2 * \cos\theta_1 - R_2 * \sin\theta_1 \\ \cos\theta_1B &= R_2 * \cos\theta_1 + R_2 * \sin\theta_1 \end{aligned}$$

De la matriz T se obtiene el vector de traslación resultante:

$$(\cos\theta_x = Cx; \sin\theta_x = Sx)$$

$$x = c2 * l2 * cla - s2 * l2 * (clb) + c3 * l3 * [c2 * (cla) - c2 * (clb)] - s3 * l3 * [c2 * (clb) + s2 * (cla)]$$

$$y = c2 * l2 * (clb) + s2 * l2 * (cla) + c3l3 * [c2 * (cla) + c2 * (clb) + s3 * l3 * [s3 * l3 [c2 * (cla) - s2 * (clb)]]$$

$$z = l1$$

Dedo índice:

$${}^0A_4 = \begin{pmatrix} \cos\theta_4 & -\sin\theta_4 & 0 & l_4\cos\theta_4 \\ \sin\theta_4 & \cos\theta_4 & 0 & l_4\sin\theta_4 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$${}^4A_5 = \begin{pmatrix} \cos\theta_5 & -\sin\theta_5 & 0 & l_5\cos\theta_5 \\ \sin\theta_5 & \cos\theta_5 & 0 & l_5\sin\theta_5 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad {}^5A_6 = \begin{pmatrix} \cos\theta_6 & -\sin\theta_6 & 0 & l_6\cos\theta_6 \\ \sin\theta_6 & \cos\theta_6 & 0 & l_6\sin\theta_6 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La matriz T está dada por:

$$T = {}^0A_4 * {}^4A_5 * {}^5A_6$$

$$\begin{pmatrix} \cos\theta_6(\cos\theta_4\cos\theta_5 - \cos\theta_5\sin\theta_4) - \sin\theta_6(\cos\theta_4\sin\theta_5 + \sin\theta_4\cos\theta_5) \\ \cos\theta_6(\cos\theta_4\cos\theta_5 + \cos\theta_5\sin\theta_4) - \sin\theta_6(\cos\theta_4\sin\theta_5 - \sin\theta_4\cos\theta_5) \\ 0 \\ 0 \\ -\cos\theta_6(\cos\theta_4\cos\theta_5 + \cos\theta_5\sin\theta_4) - \sin\theta_6(\cos\theta_4\sin\theta_5 - \sin\theta_4\cos\theta_5) \\ -\sin\theta_6(\cos\theta_4\cos\theta_5 + \cos\theta_5\sin\theta_4) - \cos\theta_6(\sin\theta_4\sin\theta_5 - \cos\theta_4\cos\theta_5) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ l_4\cos\theta_4 + l_6\cos\theta_6(\cos\theta_4\cos\theta_5 - \sin\theta_4\cos\theta_5) + l_5\cos\theta_4\cos\theta_5 - l_4\sin\theta_4(\cos\theta_4\sin\theta_5 - \sin\theta_4\cos\theta_5) - l_5\sin\theta_4\sin\theta_5 \\ l_4\sin\theta_4 + l_6\cos\theta_6(\cos\theta_4\cos\theta_5 + \sin\theta_4\cos\theta_5) + l_5\cos\theta_4\cos\theta_5 + l_5\sin\theta_4\cos\theta_5 - l_6\sin\theta_4(\sin\theta_4\sin\theta_5 - \cos\theta_4\cos\theta_5) \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$x = c4 * l4 + c6 * l6(c4 * c5 - c5 * s4) + c4 * c5 * l5 - s4 * l4(c4 * s5 + c5 * s4) - s4 * s5 * l5$$

$$y = s4 * l4 + c6 * l6 * (c4 * c5 + c5 * s4) + c4 * s5 * l5 + c5 * s4 * l5 - s6 * l6 * (s4 * s5 - c4 * c5)$$

$$z = 0$$

Dedo medio:

$${}^0A_7 = \begin{pmatrix} \cos\theta_7 & -\sin\theta_7 & 0 & l_7\cos\theta_7 \\ \sin\theta_7 & \cos\theta_7 & 0 & l_7\sin\theta_7 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$${}^7A_8 = \begin{pmatrix} \cos\theta_8 & -\sin\theta_8 & 0 & l_8\cos\theta_8 \\ \sin\theta_8 & \cos\theta_8 & 0 & l_8\sin\theta_8 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad {}^8A_9 = \begin{pmatrix} \cos\theta_9 & -\sin\theta_9 & 0 & l_9\cos\theta_9 \\ \sin\theta_9 & \cos\theta_9 & 0 & l_9\sin\theta_9 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

La matriz T está dada por:

$$T = {}^0A_7 * {}^7A_8 * {}^8A_9$$

$$T = \begin{pmatrix} \cos\theta_9(\cos\theta_7\cos\theta_8 - \cos\theta_8\sin\theta_7) - \sin\theta_9(\cos\theta_7\sin\theta_8 + \sin\theta_7\cos\theta_8) \\ \cos\theta_9(\cos\theta_7\cos\theta_8 + \cos\theta_8\sin\theta_7) - \sin\theta_9(\cos\theta_7\sin\theta_8 - \sin\theta_7\cos\theta_8) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -\cos\theta_9(\cos\theta_7\cos\theta_8 + \cos\theta_8\sin\theta_7) - \sin\theta_9(\cos\theta_7\sin\theta_8 - \sin\theta_7\cos\theta_8) \\ -\sin\theta_9(\cos\theta_7\cos\theta_8 + \cos\theta_8\sin\theta_7) - \cos\theta_9(\sin\theta_7\sin\theta_8 - \cos\theta_7\cos\theta_8) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} l_7\cos\theta_7 + l_9\cos\theta_9(\cos\theta_7\cos\theta_8 - \sin\theta_7\cos\theta_8) + l_8\cos\theta_7\cos\theta_8 - l_7\sin\theta_7(\cos\theta_7\sin\theta_8 - \sin\theta_7\cos\theta_8) - l_8\sin\theta_7\sin\theta_8 \\ l_7\sin\theta_7 + l_9\cos\theta_9(\cos\theta_7\cos\theta_8 + \sin\theta_7\cos\theta_8) + l_8\cos\theta_7\cos\theta_8 + l_8\sin\theta_7\cos\theta_8 - l_9\sin\theta_7(\sin\theta_7\sin\theta_8 - \cos\theta_7\cos\theta_8) \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

De la matriz T se obtiene el vector de traslación resultante:

$$x = c7 * l7 + c9 * l9(c7 * c8 - c8 * s7) + c7 * c8 * l8 - s7 * l7(c7 * s8 + c8 * s7) - s7 * s8 * l8$$

$$y = s7 * l7 + c9 * l9 * (c7 * c8 + c8 * s7) + c7 * s8 * l8 + c8 * s7 * l8 - s9 * l9 * (s7 * s8 - c7 * c8)$$

$$z = 0$$

Dedo anular:

$${}^0A_{10} = \begin{pmatrix} \cos\theta_{10} & -\sin\theta_{10} & 0 & l_{10}\cos\theta_{10} \\ \sin\theta_{10} & \cos\theta_{10} & 0 & l_{10}\sin\theta_{10} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$y/x = S/C$$

$$S/C = \text{tangent}$$

$$\theta_1 = \arctan(y/x)$$

A45

$C5/(C5^2 + S5^2)$	$S5/(C5^2 + S5^2)$	0	-15
$-S5/(C5^2 + S5^2)$	$C5/(C5^2 + S5^2)$	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

A56

$C6/(C6^2 + S6^2)$	$S6/(C6^2 + S6^2)$	0	-11
$-S6/(C6^2 + S6^2)$	$C6/(C6^2 + S6^2)$	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

A35

$(C4 * C5) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2)) - (S4 * S5) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2))$	$(C4 * S5) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2)) + (S4 * C5) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2))$	0	$-15 - (C5 * I4) / (C5^2 + S5^2)$
$-(C4 * S5) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2)) - (C5 * S4) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2))$	$(C4 * C5) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2)) - (S4 * S5) / ((C4^2 + S4^2) * (C5^2 + S5^2))$	0	$(S5 * I4) / (C5^2 + S5^2)$
0	0	1	0
0	0	0	1

Multiplicamos y & x

$$y * (C4 * C5) - y * (S4 * S5) - x * (C4 * S5) + x * (C5 * S4) + (S5 * I4) = 0$$

Despejamos S5 y C5

$$C5(y * C4 + x * S4) + S5(I4 - y * S4 - x * C4) = 0$$

$$C5(y * C4 + x * S4) = S5(-I4 + y * S4 + x * C4)$$

$$(y * C4 + x * S4) / (-I4 + y * S4 + x * C4) = S5 / C5$$

$$S5 / C5 = \text{Tan}5$$

$$\text{Teta}5 = \arctan((y * C4 + x * S4) / (-I4 + y * S4 + x * C4))$$

A36

$(C4 * ((C5 * C6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) - (S5 * S6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)))) / ((C4^2 + S4^2) - (S4 * ((C5 * C6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) + (C6 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)))) / ((C4^2 + S4^2)$	$(C4 * ((C5 * S6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) + (S6 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)))) / ((C4^2 + S4^2) - (S4 * ((C5 * C6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) - (S5 * S6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)))) / ((C4^2 + S4^2)$	0	$-16 - I4 * ((C5 * C6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) - (S5 * S6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2))) - (C6 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2))$
$-(C4 * ((C5 * S6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) + (S6 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)))) / ((C4^2 + S4^2) - (S4 * ((C5 * C6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) - (S5 * S6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)))) / ((C4^2 + S4^2)$	$(C4 * ((C5 * C6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) - (S4 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2))) + (C6 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) / ((C4^2 + S4^2)$	0	$I4 * ((C5 * S6) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2)) + (S6 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2))) + (C6 * S5) / ((C5^2 + S5^2) * (C6^2 + S6^2))$
0	0	1	0
0	0	0	1

Se multiplica las matrices inversas en el siguiente orden $iT56 * iT45 * iT34 * D$ por lo que se obtiene de la casilla M(2,4)

$$I4 * (C5 * S6) + I4 * (C6 * S5) - x * C4 * (C5 * S6) - x * C4 * (C6 * S5) + x * S4 * (C5 * C6) - x * S4 * (S5 * S6) + y * C4 * (C5 * C6) - y * C4 * (S5 * S6) - y * S4 * (C5 * S6) - y * S4 * (C6 * S5) + (S6 * I5)$$

Se despeja S6 y C6

$$S6 * ((I4 * C5) - (X * C4 * C5) - (S5 * S4 * X) - (S5 * C4 * Y) - (C5 * S4 * Y) + I5) + C6((I4 * S5) - (S5 * C4 * X) + (C5 * S4 * X) + (C5 * C4 * Y) - (S5 * S4 * Y))$$

$$S6 / C6 = ((I4 * C5) - (X * C4 * C5) - (S5 * S4 * X) - (S5 * C4 * Y) - (C5 * S4 * Y) + I5) / ((I4 * S5) + (S5 * C4 * X) - (C5 * S4 * X) - (C5 * C4 * Y) + (S5 * S4 * Y))$$

Se despeja el tangente de 6 para hallar el ángulo 6

$$\text{TETA}6 = \arctan(((I4 * C5) - (X * C4 * C5) - (S5 * S4 * X) - (S5 * C4 * Y) - (C5 * S4 * Y) + I5) / ((I4 * S5) + (S5 * C4 * X) - (C5 * S4 * X) - (C5 * C4 * Y) + (S5 * S4 * Y)))$$

3.3 Programación en Labview:

Como primera medida hicimos uso de la librería de Arduino para el desarrollo de la programación. Cada uno de los pines del Arduino a los que van conectados los servos, son configurados y se nombra ascendientemente cuantos servos serán utilizados, es decir: los pines uno, dos y tres van al servo uno. Los pines cuatro, cinco y seis al servo dos. Y así sucesivamente (ver figura 1).

A continuación, en la Figura 5, podemos observar el panel frontal de la aplicación desarrollada. En él se muestran mediante display los valores de amplitud de las señales. En la figura 2, podemos observar el diagrama de bloques del mismo. La programación consta de tres (3) etapas, la primera es donde se elige cada posición o secuencia que se quiere ejecutar en la mano robótica a

través de pulsadores (Push Button). A raíz de esto usamos una “Event Structure”.

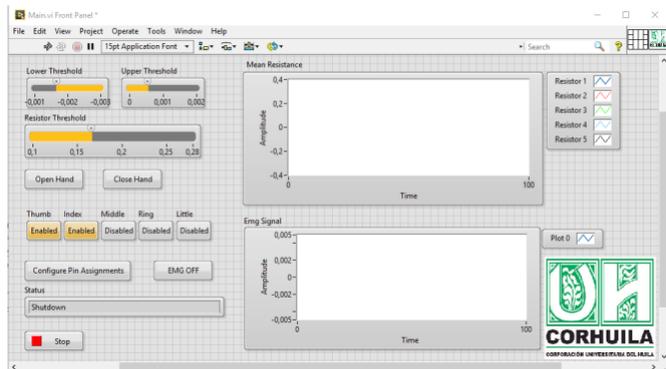


Figura 3. Panel Frontal desarrollado en LabView para el sistema. Autor

La segunda etapa de la programación la hemos elaborado para ofrecer posiciones fijas a la mano, la programación para la posición inicial donde tendrá todos los servomotores en la posición cero grados. Se debe implementar un control tipo “Case” para cada posición fija de la mano, y proporcionarle los ángulos necesarios para posicionar cada dedo.

En la última etapa de la programación se elaboró para otorgarle secuencias de posiciones a la mano. Del mismo modo que se adquieren los valores constantes de los ángulos, para determinadas posiciones, se pueden grabar varias secuencias de posiciones y así crear una escena, que podrá reproducir la prótesis robótica de mano de forma automática.

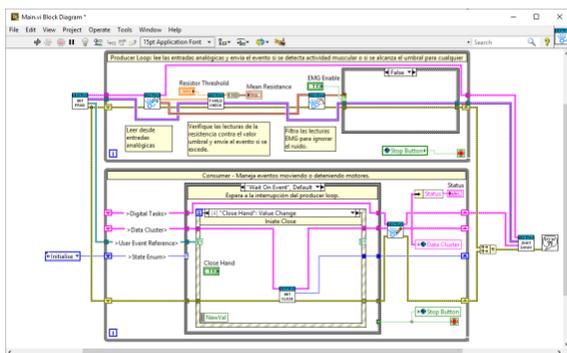


Figura 4. Diagrama de bloques desarrollado en LabView para el sistema. Autor

La ventana del panel frontal es la interfaz de usuario para el instrumento virtual. En esta se podemos encontrar los botones de control y los indicadores. En este proyecto el panel frontal exhibirá los ángulos de los servos y tendrá

los botones de mando para darle las posiciones y secuencias a la prótesis de mano. También se ha creado el botón de STOP para detener el programa, como se puede ver en la figura 3.

4. Resultados

La mano robótica subactuada antropomórfica se le realizaron algunas pruebas donde se observa las posiciones que se le programaron, teniendo como resultado que los dedos con las articulaciones obtuvieran su respectiva movilidad, para ello se tomaron en cuenta algunas posiciones ejecutadas.

A continuación, podemos observar las trayectorias generadas para la reproducción del movimiento de la prótesis robótica subactuada antropomórfica con el software de desarrollo implementado en Labview (Ver figura 5), las cuales explican el comportamiento de la estructura diseñada ante diferentes entradas al sistema.

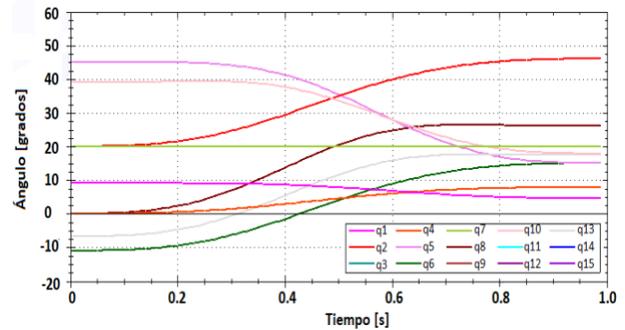


Figura 5. Trayectorias de los dedos subactuado antropomórfico: Autor

4.1 Postura mano abierta o en separación

En la siguiente imagen se puede observar la posición inicial que presenta la mano robótica antropomórfica subactuada (ver figura 6).

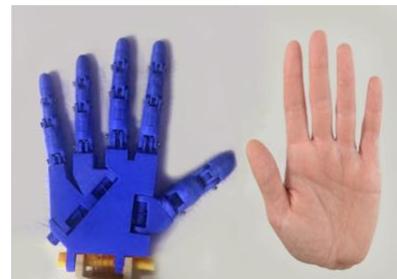


Figura 6. Postura de la mano abierta o en separación.

4.2 Postura tipo puño o agarre de gancho

Todos los dedos se bajan formando un puño. De igual manera se configuro para que el prototipo realizara dicha postura desarrollando la programación de los parámetros de Denavit-Hartenberg implementados en el software Labview (ver figura 7).



Figura 7. Postura tipo puño o agarre tipo gancho.

4.3 Postura tipo pinza fina

El dedo pulgar y el índice se unen formando un circulo quedando solo levantado los dedos, meñique, anular y corazón, como se puede observar en la figura 8.



Figura 8. Postura tipo pinza fina.

5 Conclusiones

Las prótesis han preexistido desde hace miles de décadas, no obstante su desarrollo se ha detenido aproximadamente por la misma cantidad de tiempo. Escasamente hace pocos períodos se emprendió el verdadero ascenso en esta área. Las prótesis de manos permite tener un sobresaliente panorama con respecto a las innovaciones y las herramientas con las que necesitamos para la elaboración la prótesis.

Gracias al empleo de nuevas herramientas de desarrollo de hardware y software se pueden crear nuevos desarrollo en este campo. El desarrollo de sistemas automáticos de control en prótesis de manos que

permitan recobrar la funcionalidad parcial de esta se convierte en un verdadero reto. En conclusión, la prótesis del futuro diferenciará un poco de la prótesis ideal, ya que preexisten limitaciones que dificultosamente lograrán ser superadas. No obstante la prótesis del futuro podrá proporcionar a la persona afectada la mayoría de las funciones que la mano real puede brindar, como es el agarre de tipo cilíndrico, esférico y tipo pinza.

Referencias

- [1] Bouchet, A., & Cuilleret, J. (1979). Anatomía descriptiva, topográfica y funcional.
- [2] Gallagher, N., Maldonado, S. J., Maffia Bizzozero, S., & Fernandez, L. (2013). Impacto psicológico del trabajador amputado.
- [3] Cortés, M. A. R. 12. Evaluación y tratamiento psicológico de los amputados. Los amputados y su rehabilitación, 105.
- [4] Mason, M. T., & Salisbury Jr, J. K. (1985). Robot hands and the mechanics of manipulation.
- [5] Jacobsen, S., Iversen, E., Knutti, D., Johnson, R., & Biggers, K. (1986, April). Design of the Utah/MIT dextrous hand. In Robotics and Automation. Proceedings. 1986 IEEE International Conference on (Vol. 3, pp. 1520-1532). IEEE.
- [6] Fukaya, N., Asfour, T., Dillmann, R., & Toyama, S. (2013, November). Development of a five-finger dexterous hand without feedback control: The TUAT/Karlsruhe humanoid hand. In Intelligent Robots and Systems (IROS), 2013 IEEE/RSJ International Conference on (pp. 4533-4540). IEEE.
- [7] Diftler, M. A., Mehling, J. S., Abdallah, M. E., Radford, N. A., Bridgwater, L. B., Sanders, A. M., ... & Hargrave, B. K. (2011, May). Robonaut 2-the first humanoid robot in space. In Robotics and Automation (ICRA), 2011 IEEE International Conference on (pp. 2178-2183). IEEE.
- [8] Chen, Z., Lii, N. Y., Wimböck, T., Fan, S., & Liu, H. (2011). Experimental evaluation of Cartesian and joint impedance control with adaptive friction compensation for the dexterous robot hand DLR-HIT II. International Journal of Humanoid Robotics, 8(04), 649-671.
- [9] Sun, W., Kong, J., Wang, X., & Liu, H. (2018). Innovative design method of the metamorphic hand. International Journal of Advanced Robotic Systems, 15(1), 1729881417754154.
- [10] Online: <https://professionals.ottobockus.com/c/Sensor-Hand-Speed-w-Flex/p/8E41~58-R7%201~24-F> [May 1, 2018].
- [11] Online: <https://vincentsystems.de/en/> [May 1, 2018]
- [12] Online: <https://www.touchbionics.com/products/active-prostheses/i-limb-ultra> [May 1, 2018]
- [13] Online: <http://es.bebionic.com/> [May 1, 2018]
- [14] Online: <https://www.ottobockus.com/prosthetics/upper-limb-prosthetics/solution-overview/michelangelo-prosthetic-hand/> [May 1, 2018]