

RΣDES DE INGENIERÍA

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Facultad de Ingeniería
ISSN: 2248-762X

Colombia - Bogotá D.C. • Volumen 7 - Número 1 • Enero - Junio 2016



Redes de Ingeniería
E-ISSN: 2248-762X
Vol. 7 No. 1
Enero-Junio 2016



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

DIRECTIVAS

Carlos Javier Mosquera S. (E)

Rector

Roberto Ferro Escobar

Decano Facultad de Ingeniería

REVISTA REDES DE INGENIERÍA

PhD. Carlos Enrique Montenegro Marín

Editor de la revista, Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Giovanni Mauricio Tarazona Bermudez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia

Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle

Universidad de Oviedo - España

Dr. Nagib Calla

Universidad Simón Bolívar - República Bolivariana de Venezuela

Dr. Oscar Sanjuán

ElasticBox - Estados Unidos

Dr. Ruben Aristides Gonzalez Crespo

Universidad Internacional de la Rioja - UNIR - España

Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle

Universidad de Oviedo, España

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Cristina Pelayo

Universidad de Oviedo - España

Dr. Daniel Burgos

Universidad Internacional de la Rioja- Unir - España

Dr. Eduardw Rolando Nuñez

Universidad Carlos III de Madrid - España

Dr. I-Hsien Ting

National University of Kaohsiung - China

Dr. Jordán Pascual

Universidad de Oviedo - España

Dr. Luis Joyanes

Universidad Pontificia de Salamanca - España

Dr. Luz Andrea Rodríguez

Universidad de los Libertadores - Colombia

Dr. Manuel Pérez

Universidad de Vigo - España

Dr. María Mercedes Larrondo

Florida Atlantic University - Estados Unidos

Dr. Pablo Jojoa

Universidad del Cauca - Colombia

Dr. Paulo Gaona

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia

Dr. Rafael Bello

Universidad Central de las Villas - Cuba

Dr. Raul Ramos

Universidad Industrial de Santander - Colombia

Dr. Roberto Ferro Escobar

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia

Dr. Wilfrido Moreno

University of South Florida - Estados Unidos

PhD. Vicente García Díaz

Universidad de Oviedo - España

COMITÉ EVALUADOR

PhD. Diego Ferney Gómez Cajas

Universidad Antonio Nariño - Colombia

PhD. Edgar Serna M

Corporación Universitaria Remington - Colombia

Ing. Edwin Palacios Yepes

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Colombia

Mg. Elkin Oswaldo Forero Soto

Universidad Piloto De Colombia - Colombia

Ing. Humberto Numpaque Lopez

Universidad de Cundinamarca - Colombia

Ing. Jaime Alberto Páez

Universidad Antonio Nariño - Colombia

PhD. Jayguer Vasquez Torres

Universidad Tecnológica de Panamá - Panamá

Dr. Juan Manuel Cueva Lovelle,

Universidad de Oviedo - España

Mg. Juan Carlos Rodríguez-Gamboa

Instituto Tecnológico Metropolitano - Colombia

Mg. Luis Alberto Lesmes Sáenz

Universidad Autónoma de Colombia - Colombia

Dra. Margarita Pineda Romero

Universidad ECCI - Colombia

MSc. Nancy Gelves

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia

Dr. Nestor Navas Granados

Universidad Autónoma de Colombia - Colombia

Dr. Oscar Avilés Sanchez

Universidad Piloto De Colombia - Colombia

Dr. Paul Manrique Castillo

Universidad Autónoma De Occidente - Colombia

Mg. Ricardo González Bustamante

Fundación Universidad Autónoma de Colombia - Colombia

Dr. Ruben Aristides Gonzalez Crespo

Universidad Internacional de la Rioja – UNIR - España

Esp. Simar Herrera Jiménez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Colombia

Mg. Wilson Daniel Gordillo Ochoa

Universidad De Cundinamarca - Colombia

PREPARACIÓN EDITORIAL

Angie D. González M.Sc.

Gestora editorial

Jenny Alexandra Jiménez, M.Sc.

Corrección de Estilo

David Mauricio Valero Gonzalez, Ing.

Diagramación

REVISTA REDES DE INGENIERÍA

Redes de Ingeniería es una revista electrónica Institucional adscrita a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”. Es una revista de carácter semestral que publica los resultados de Investigación, revisión, reflexión de la comunidad académico-científica los meses Junio y Diciembre de cada año. Posee un sistema de divulgación netamente electrónico y su primer número fue publicado en Junio del 2010.

Redes de Ingeniería es una revista arbitrada mediante un proceso de revisión entre pares de doble ciego. Las opiniones expresadas de esta publicación pueden ser reproducidas citando la fuente.

COBERTURA TEMÁTICA

Las líneas de publicación de la revista están enmarcadas en las áreas de las Telecomunicaciones, Electrónica, Sistemas, Bioingeniería, Eléctrica, Medio Ambiente, Educación, Industrial, Geomática; además de todos aquellos temas que converjan hacia la Ingeniería.

MISIÓN

La revista Redes de Ingeniería tiene el objetivo de servir como medio de divulgación de los resultados obtenidos a través procesos de investigación, reflexión, indagación en entornos Educativos y Empresariales en temas de actualidad en “pro” del mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad en general.

PÚBLICO OBJETIVO

Investigadores, docentes, estudiantes y demás profesionales de las ramas de la Ingeniería que deseen estar a la vanguardia de las teorías y/o tecnologías que rigen y regirán el mundo moderno desde un enfoque científico.

REPRODUCCIÓN

Los textos de los artículos son publicados bajo la responsabilidad de los Autores y no reflejan el pensamiento de la revista, ni comprometen de ninguna manera a la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”.

INDEXACIÓN

La revista Redes de Ingeniería es una publicación electrónica académica indexada en el Índice Bibliográfico Nacional Publindex (IBN) de Colciencias (Colombia) en categoría C desde el 1 de Enero de 2012 y registra en EBSCO HOST, en el índice bibliográfico e-revistas, Actualidad Iberoamericana, Índice de Revistas Latinoamericanas en ciencias PERIÓDICA y Latindex

DIRECCIÓN

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”
Facultad de Ingeniería (Carrera 7 # 40 –53, Piso cuarto)
Especialización en Teleinformática
Bogotá, Colombia (Sur América)
redesdeingenieria@udistrital.edu.co



Redes de Ingeniería
E-ISSN: 2248-762X
 Vol. 7 No. 1
 Enero-Junio 2016

T abla de Contenido

EDITORIAL

4-5

Análisis estructural de las interacciones en una red social a partir de una actividad pedagógica en la educación superior

Eva Patricia Vásquez Gómez, Oscar Javier Bachiller Sandoval

6-15

Scratch y Makey Makey: herramientas para fomentar habilidades del pensamiento de orden superior

Paula Andrea Lozano Mahecha, Brandom Armando Guerrero Caicedo, Wilson Daniel Gordillo Ochoa

16-23

La aplicación de las TIC en los sistemas de gestión de las PyME del sector portuario

Jairo Augusto Cortes Méndez, Jaime Alberto Páez Páez, Jairo Oswaldo Lozano

24-40

Plataforma de teleasistencia domiciliaria para el programa de soporte social CASSAUDEC

Andrés Felipe Ardila Rodríguez, Benjamin Andrés Huérfano Zapata, Marcia Catalina Pulido Córdoba, Pedro Luis Cifuentes Guerrero

41-54

Modelo metodológico para programación de tareas en sistemas de servicios: un enfoque de ingeniería de software

Eduyn Ramiro Lopez-Santana, Sandro Javier Bolaños Castro, German Andres Mendez Giraldo

55-66

Módulo de potencia para un picosatélite experimental tipo Cubesat

Javier Castro Avellaneda, Alfredo Grajales Henríquez, Jorge Enrique Salamanca Céspedes

67-77

Sistema de visión artificial para la identificación del estado de madurez de frutas (granadilla)

Diego Escobar Figueroa, Edgar Roa Guerrero

78-86

Evaluación de un prototipo de seguimiento solar fotovoltaico en regiones tropicales

Cristian Manuel Agudelo Restrepo, Oscar Daniel Díaz Castillo, Yimy Edisson García Vera

87-93

Difusión de la infraestructura de datos espaciales en Panamá

Sandra Yanet Velazco Florez, Ernesto Bal Calderon, Luis Joyanes Aguilar, Alexandra Abuchar Porras

94-103

Metodología de representación de software orientada al desarrollo ágil de aplicaciones: Un enfoque arquitectural

Alejandro Paolo Daza Corredor, John Freddy Parra Peña, Lilia Marcela Espinosa Rodriguez

104-111



La revista *Redes de ingeniería* como medio de divulgación científica en áreas multidisciplinarias de ingeniería, y que se encuentra adscrita a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, quiere, a través de esta nota editorial, dar la bienvenida al nuevo equipo de trabajo en cabeza del nuevo editor Ms.C. Jorge Salamanca, la asistente editorial M. Sc. Angie González y al monitor Ing.(c) Julián Forero.

De otro lado, actualmente la Universidad Distrital Francisco José de Caldas recibió la visita de los pares designados por el Ministerio de Educación Nacional, en su proceso de acreditación institucional, la visita estuvo conformada por cuatro pares internacionales y cuatro pares nacionales, la labor de ellos fue verificar que lo plasmado por la universidad en un documento presentado ante el Ministerio de educación meses atrás fuera veraz, en este sentido el proceso ha servido para mejorar en varios aspectos de la institución; es por ello que la Universidad ha tomado el modelo de acreditación de proyectos curriculares e institucional como su carta de navegación y mejora continua a través de los procesos de autoevaluación. Muestra de este esfuerzo es la Facultad de ciencias y Educación, que posee ocho Proyectos curriculares acreditados; la Facultad Ingeniería tiene tres proyectos curriculares acreditados; la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, posee cinco proyectos curriculares acreditados; la Facultad Tecnológica, cuenta con tres proyectos curriculares acreditados; y la Facultad de Artes-ASAB, suma tres proyectos curriculares acreditados, para un total de veintidós proyectos curriculares acreditados.

A esto se suma que en cifras globales la universidad actualmente posee:

- 41 Programas de pregrado (22 acreditados).
- 21 Programas de especialización.
- 13 Programas de maestría.
- 3 Programas de doctorados.
- 25000 estudiantes activos.

Las cifras a nivel investigativo también son generosas con la institución, logrando en la última clasificación Colciencias: tres grupos clasificados en A1; diecinueve grupos en A; catorce grupos en B; 63 grupos en C; diez grupos en D y dos grupos reconocidos sin clasificación.

Dichas cifras, como se ha mencionado, son muestra de la calidad académica que la institución ha venido mejorando día tras día y dan un buen panorama para que el proceso de acreditación institucional le sea otorgado de manera satisfactoria a la institución.

Carlos Enrique Montenegro Marin.

Editor

Revista Redes de Ingeniería.

Ingeniería Facultad de Ingeniería Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" Bogotá, D.C. Colombia.



Análisis estructural de las interacciones en una red social a partir de una actividad pedagógica en la educación superior

Structural analysis of interactions in a social network from an educational activity in higher education

Eva Patricia Vásquez Gómez¹ Oscar Javier Bachiller Sandoval²

Para citar este artículo: Vásquez, E. y Bachiller, O. (2016). Análisis estructural de las interacciones en una red social a partir de una actividad pedagógica en la educación superior. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 6-15. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a02

Recibido: 8-octubre-2015 / **Aprobado:** 17-mayo-2016

Resumen

El objetivo del presente trabajo es presentar la descripción y análisis de las interacciones entre estudiantes participantes en una actividad pedagógica llevada a cabo en un curso de pregrado de educación superior, en el segundo semestre de 2013, en una universidad regional de Colombia (Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá), utilizando el Análisis de Redes Sociales (ARS) [1]; y, de igual forma, determinar si el comportamiento de los individuos en la red de alguna manera influye en el rendimiento académico individual y grupal. La tutora (coautora de este trabajo) estableció un entorno colaborativo como estrategia de aprendizaje utilizando Facebook, donde la comunidad del curso podía participar aportando y debatiendo sobre el tema de estudio relacionado con la aplicación de metodologías de sistemas suaves (MSS) en la resolución de problemas no estructurados [2].

Palabras clave: análisis de redes sociales, aprendizaje colaborativo, comunidad de aprendizaje, interacción, red social.

Abstract

The aim of this paper is to present a description and analysis of the interactions between students participating in an educational activity conducted in an undergraduate higher education in the second half of 2013 in a regional university Colombia (University of Cundinamarca – Fusagasugá headquarters) using Social Network Analysis (SNA) [1] and determine if the behavior of individuals in the network somehow influences individual and group achievement. The tutor (co-author of this paper) established a collaborative environment as a learning strategy using Facebook, where course community could participate by contributing and discussing the topic of study related to the application of soft systems methodologies (MSS) in resolving unstructured problems [2].

Keywords: collaborative learning, interaction, learning community, social network analysis, social network.

1. Ingeniera de Sistemas, Universidad Incca de Colombia; especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Escuela de Comunicaciones Militares; máster en Educación y TIC, Universitat Oberta de Catalunya; docente investigador, Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: evavasquezgomez@gmail.com
2. Ingeniero de Sistemas, Universidad de Cundinamarca; especialista en Comercio Electrónico, Universidad de los Andes; máster en Educación y TIC, Universitat Oberta de Catalunya; docente investigador, Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: obachiller@mail.unicundi.edu.co

INTRODUCCIÓN

La rapidez con la que en los últimos años se han desarrollado las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), hace cada vez más necesario implementar estrategias didácticas que permitan lograr cambios significativos en la forma de enseñar y aprender. En esta línea, diversos estudios llevados a cabo por prestigiosas universidades a nivel mundial han determinado la importancia de utilizar redes sociales para motivar a los estudiantes a involucrarse activamente en su proceso de aprendizaje [3] [4] [5] [6]. Por ello, es necesario aplicar métodos que permitan analizar los roles participativos de los estudiantes, con el propósito de identificar el valor de cada individuo y su importancia dentro de la red, formada a partir de una actividad colaborativa, identificando los factores que benefician la interacción y la participación a partir de las relaciones dirigidas entre los participantes. Uno de los métodos es el Análisis de Redes Sociales (ARS) [2] [7] [8] [9].

ANÁLISIS DE REDES SOCIALES

Las redes sociales se definen como “un conjunto bien delimitado de actores (individuos, grupos, organizaciones, comunidades, sociedades globales, etc.) vinculados unos a otros a través de una relación o un conjunto de relaciones sociales” [13].

Ahora, según manifiesta Navarro [14], el análisis de redes es el estudio de las relaciones y flujos entre los actores de una red, llevados a cabo por medio de la teoría de los grafos, basada en una serie de líneas que representan los lazos relacionales (dirigidos o no) entre los puntos que representan a los actores o nodos de la red, y la teoría matricial, a partir de las sociomatrices como matriz de datos inicial, en que el principal foco de estudio son las relaciones o los vínculos entre unidades, tanto efectivas como potenciales [13], donde esta autora nos relaciona los siguientes conceptos fundamentales.

- “Los actores sociales. Son los sujetos que se encuentran ligados por los vínculos que se muestran en las redes.
- Los lazos relacionales. Son los vínculos entre actores sociales y constituyen la unidad de análisis en las redes sociales.
- El grupo. Sería un conjunto finito de actores, sobre el que las redes sociales pueden establecer un modelo a partir de relaciones entre sistemas de actores”.

Con base en este análisis, el concepto de centralidad y poder es fundamental en este tipo de estudios, se concibe el poder de un actor como la dependencia que tienen los demás actores sobre este, donde “la centralidad es una forma de medir el poder, en relación de qué tan cerca un actor está del centro de una red, es decir de las posiciones que pueden dar mayor dominancia e influencia” [14], estableciendo:

1. “Centralidad de grado: es el número de conexiones directas (distancia igual a 1) que tiene un actor con los demás.
2. Centralidad de cercanía: indica, como un promedio, qué tan cercano está un actor al resto de los actores en una red.
3. Centralidad de proximidad: se mide como la proporción de veces que un actor está en la ruta entre distintos pares de actores”.

Partiendo de la posibilidad del uso de análisis de redes sociales (ARS) siendo un campo de la investigación que permite el estudio de las redes sociales como grafos [1], y ante el objetivo de intentar analizar las interacciones de los individuos participantes en la red, en este caso estudiantes, para determinar si su posición dentro de la estructura de la red de alguna manera influye en su desempeño académico, nos planteamos la necesidad de desarrollar una actividad pedagógica utilizando una red social para observar dichas interacciones. Nosotros hemos querido concentrar la atención en las medidas de centralidad de cada individuo, y en este artículo se presenta los resultados del análisis del

grafo resultante a partir de la matriz que contiene los datos de interacción, donde sus nodos poseen propiedades estructurales diferentes, teniendo en cuenta sus medidas de centralidad aplicando Análisis de Redes Sociales (ARS), y su contraste con los resultados académicos finales de cada estudiante de acuerdo a su desempeño individual y grupal.

MÉTODO

Para realizar el análisis se trabajó con un grupo de 29 estudiantes que cursaban una asignatura de modalidad presencial apoyada en TIC, enfocada a la resolución de problemas suaves usando metodologías cualitativas, en la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá.

Dentro de una actividad pedagógica contextualizada en la temática del espacio académico se utilizó una red social muy conocida por todos los estudiantes, en este caso Facebook, donde cada participante debía investigar, comunicar e interactuar con la comunidad de acuerdo a los criterios establecidos por la docente.

Al final del trabajo se analizaron 55 interacciones entre estudiantes generadas en un tiempo de 2 semanas requerido para el desarrollo de la actividad.

En la Tabla 1 se puede observar la matriz cuadrada que contiene los datos implicados en el análisis. En este caso las filas y las columnas representan la misma serie de actores y las celdas en las que coincide cada fila con cada columna, muestra la

Tabla 1. Matriz de datos de interacción.

	Fabián	Natalia	William	Ariel	Julio	Yair	Samuel	Juan	Wilmer	Fernando	Nixon	Diego	Camilo	Jonathan	Víctor	Kelly	Brayan	Guerrero	Edixón	Diana	Daniel	Viviana	Felipe	Ricaurte	Edward	Dairo	Cristian	Jorge	Javier	
Fabián																														
Natalia	1																		1											
William																		1												
Ariel																														
Julio																														
Yair																														
Samuel														1					1	1			1				1			
Juan						1															2		1							
Wilmer																							1							
Fernando		1															1			2							1			
Nixon																			1	1										
Diego																											2			
Camilo																														
Jonathan										1																				
Víctor																														
Kelly																														
Brayan																	1													
Guerrero			1																									1	1	
Edixón					1															1								1		
Diana										2				1								2								
Daniel								1															1					2		
Viviana														1	2															
Felipe			1																		1									
Ricaurte																									1					
Edward																														
Dairo																	1													
Cristian											1						1		1	1	3	1	1							
Jorge																			1	1	3	1	1							
Javier																											2			

existencia o no de relaciones entre los actores. En este estudio los valores ponderados de la matriz corresponden al número de interacciones entre nodos en una actividad pedagógica enfocada a la resolución de problemas suaves.

A partir de la tabla 1 se crea la figura 1 (grafo dirigido de interacciones) que representa las interacciones generadas utilizando la red social Facebook, y se determina la centralidad y poder [9] para estudiar la posición de los actores dentro de la estructura de la red. Los nodos representan a cada uno de los estudiantes participantes y las líneas evidencian las interacciones entre pares de estudiantes. En este caso se describirán y analizarán los enfoques de centralidad de poder (grado, cercanía, intermediación) [12] de la red de estudio que detallan la posición de los actores de acuerdo a la cercanía de cada uno al centro de la acción de la red.

Inicialmente se utilizó la centralidad de grado [7] que “mide la actividad de un actor (estudiante) en la red; indica el número de actores a los cuales un actor está directamente unido”. De acuerdo a Hanneman [9]: “Los actores que tienen mayores vínculos con otros actores pueden tener posiciones ventajosas y son menos dependientes de otros individuos. Además, pueden tener acceso y pueden conseguir más del conjunto de los recursos de la red. Con datos de relaciones orientadas es importante tener en cuenta la centralidad basada en grados de entrada y grados de salida [10]. Si un actor recibe muchos vínculos se dice que es prominente o de prestigio, ya que muchos actores buscan relacionarse con él, y esto puede indicar su importancia dentro de la estructura de la red. Los actores que tienen muchos grados de salida, significa que son capaces de intercambiar con otros, o convencer a muchos de sus puntos de vista y

opiniones, a estos actores se les llama en la literatura de análisis de redes sociales [9] actores influyentes.

Luego, Verificamos los grados de entrada y salida de los nodos como medida de quién es “central” o “influyente” en esta red. Y, por último, se definió la distancia de un estudiante a otro en la red al converger en la distancia geodésica³ de cada estudiante con todos los demás, es decir, la rapidez con la cual interactúan viene determinada por los índices de cercanía.

RESULTADOS

Para analizar nuestra red social de estudio, a partir de la matriz de adyacencia expuesta en la tabla 1 se generó el siguiente grafo [2][10][11] dirigido (figura 1) que representa una red social heterogénea, donde no todos sus nodos poseen las mismas propiedades estructurales.

El color de los nodos representa los tipos de nodos de acuerdo a su número de relaciones [12]:

- Aislados (color rojo): no presentan relaciones de ningún tipo.
- Transmisores (color amarillo): con relaciones originándose de ellos solamente.
- Receptores (color verde): con solo relaciones terminando en ellos.
- Portadores (color azul): originando y recibiendo relaciones.

Para analizar la centralidad y poder comparar los diferentes nodos que servirán para determinar las posiciones sobresalientes de los estudiantes y su influencia dentro de la red, primero se verifican los grados de entrada⁴ y salida⁵ [10] de los nodos como medida de quien es “central” o “influyente” en esta red (tabla 2).

3. La distancia geodésica entre dos nodos es el menor número de aristas de un recorrido entre ellos [12].

4. Número de enlaces que van al nodo.

5. Número de enlaces que salen del nodo.

Figura 1. Grafo dirigido de interacciones.

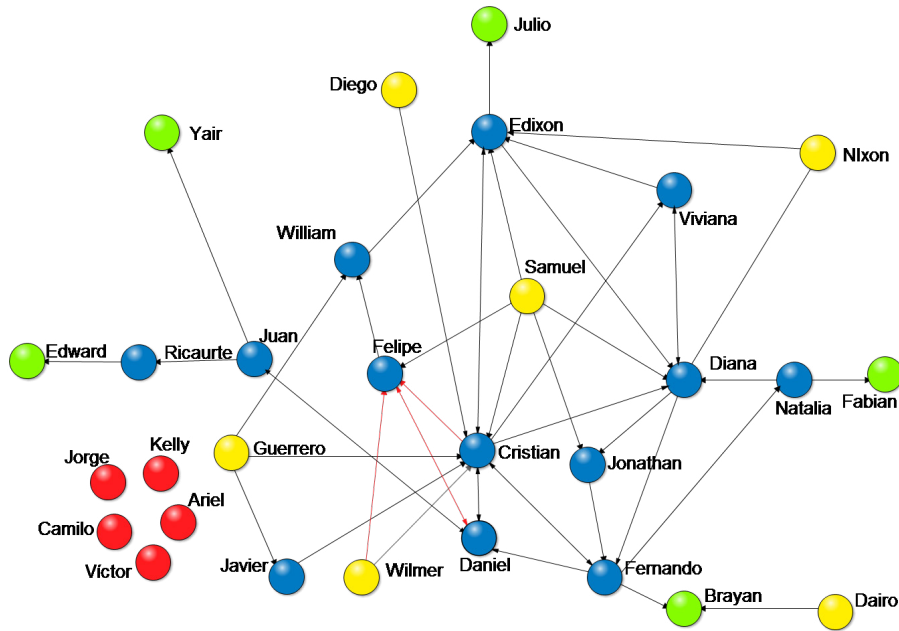


Tabla 2. Medidas de centralidad [12].

	Centralidad de grado		Centralidad de cercanía		Centralidad de proximidad	
	Grado de salida	Grado de entrada	Lejanía	Cercanía	Intermediación	Intermediación normalizada
Cristian	8	10	375	7.46	118.83	15.71
Diana	5	7	379	7.38	47.83	6.32
Fernando	5	4	382	7.33	79.00	10.45
Samuel	5	0	812	3.44	0.00	0.00
Daniel	4	8	380	7.36	90.00	11.90
Juan	4	1	395	7.08	48.00	6.34
Edixón	3	5	379	7.38	43.00	5.68
Viviana	3	3	384	7.29	4.00	0.52
Guerrero	3	0	812	3.44	0.00	0.00
Javier	2	1	784	3.57	0.00	0.00
Diego	2	0	812	3.44	0.00	0.00
Nixon	2	0	812	3.44	0.00	0.00
Felipe	2	4	383	7.31	31.50	4.16
Natalia	2	1	396	7.07	17.50	2.31
Jonathan	1	2	391	7.16	1.33	0.17
William	1	2	394	7.10	7.00	0.92
Dairo	1	0	812	3.44	0.00	0.00
Wilmer	1	0	812	3.44	0.00	0.00
Ricaurte	1	1	383	7.31	17.00	2.24
Brayan	0	2	342	8.18	0.00	0.00
Fabián	0	1	384	7.29	0.00	0.00
Julio	0	1	367	7.62	0.00	0.00
Edward	0	1	372	7.52	0.00	0.00
Yair	0	1	383	7.31	0.00	0.00
Víctor	0	0	0	0	0.00	0.00
Kelly	0	0	0	0	0.00	0.00
Ariel	0	0	0	0	0.00	0.00
Jorge	0	0	0	0	0.00	0.00
Camilo	0	0	0	0	0.00	0.00

De acuerdo a las medidas de centralidad de grado observadas en la tabla 2, los estudiantes Cristian, Diana, Fernando y Samuel tienen mayor grado de salida y pueden ser reconocidos como los más influyentes de la red, es decir, su nivel de participación en la actividad utilizando la red social fue alto. En este caso también Cristian, Diana, Edixón y Daniel deben ser considerados como los estudiantes más “prominentes” o de “prestigio”, teniendo en cuenta que tienen mayor grado de entrada, por tanto, pueden ser vistos como los nodos con más poder y dominio en la red. Al existir otros estudiantes (Natalia, Nixon, Samuel, Viviana, Diego, William, Fernando, Juan, Wilmer, Javier y Guerrero) interesados en compartir información con los estudiantes más sobresalientes, se demostraría un deseo por parte de ellos de querer tener influencia, lo que podría ser comprendido como un acto de reconocimiento al valor de la posición y poder de los estudiantes con mayor popularidad.

En cuanto a los grados de cercanía, se puede ver que Brayan es el estudiante más cercano de los actores, porque la suma de la distancia geodésica [12] de Brayan con otros actores es la menor. Es decir que, aun no siendo adyacente con otros nodos, puede llegar a interactuar rápidamente a través de pocos intermediarios porque se encuentra a una distancia menor del resto de puntos de la red [8]. También se puede considerar que Cristian, Julio, Edward, Diana y Edixón son cercanos. Los estudiantes Samuel, Dairo, Nixon, Guerrero, Wilmer y Diego tienen la mayor lejanía, lo cual se puede comprobar en la figura 1, donde se contempla que estos estudiantes identificados con color amarillo son solo transmisores de información, obteniendo pocas posibilidades de interacción. Respectivamente, se puede observar que Fernando, Diana y Samuel son igualmente influyentes dentro de la red (grado 5 de salida), sin embargo, el grado de cercanía de Fernando es mayor que el de los demás, mientras que Samuel es uno de los más distantes en la red. También se puede advertir que Viviana interactúa con Edixón y Diana, dos de los individuos más cercanos en la

red. De esta forma, la posibilidad que tiene de acceder a los demás nodos es más alta.

Los nodos con mayor capacidad de intermediación, son Cristian, Daniel y Fernando. Esto indica la capacidad de dichos estudiantes de controlar las interacciones al servir de puente entre actores que no están conectados directamente [7]. En la figura 1 vemos que Cristian es el estudiante que conecta a Guerrero con Diana y con Edixón, que a su vez sirven de intermediarios con otros actores, y Fernando conecta a Jonathan con Daniel y Cristian. La relación entre Cristian con Viviana y con Edixón permite conectar con un sector importante de la red.

Relacionando los datos obtenidos mediante el análisis de redes sociales (ARS) con la información extraída a partir de una encuesta realizada a los estudiantes con el fin de percibir su valoración respecto al uso de redes sociales en una actividad pedagógica, se aprecia la aceptación de los estudiantes al ser un espacio que facilita la comunicación e interacción con los compañeros y docente propiciando el trabajo colaborativo. Tomando algunos apartados de dicha encuesta se puede extraer aportes de actores que se destacaron dentro de la red por ser influyentes, de prestigio y con posiciones estratégicas:

“Me parece adecuado el uso de las redes sociales como estrategia pedagógica en la práctica educativa, puede ser vista desde el punto de vista de cambio, de una herramienta diferente a las demás, como un entorno distinto que permita una comunicación docente – estudiante y estudiante–estudiante correcta”. Cristian

“Me parece adecuado el uso de las redes sociales como estrategia pedagógica en la práctica educativa, ya que se puede compartir información, subir videos, compartir enlaces...”. Diana

“Me parece adecuado el uso de las redes sociales como estrategia pedagógica en la práctica educativa, porque nosotros continuamente nos conectamos a ella ...”. Edixón

La buena disposición de dichos estudiantes al usar la red social Facebook se ve reflejada en su trabajo colectivo dentro de la red contribuyendo a mejorar la interacción entre sus participantes, ya fuera presentando una opinión de acuerdo o desacuerdo a un comentario publicado por alguno de ellos, para agregar información complementaria, para contestar un mensaje, o incluso para manifestar alguna impresión graciosa a una acotación de algún estudiante rompiendo con la formalidad de la actividad.

En cuanto a los estudiantes que se encuentran aislados o con baja actividad en la red, al analizar las opiniones dadas en la entrevista se puede observar incomodidad al usar la red social aduciendo menor concentración en el trabajo académico, poca confiabilidad en la información compartida por sus compañeros, preferencia por los métodos tradicionales y considerando el uso de las redes sociales solo como un espacio social para compartir contenidos personales con sus amigos y familiares. A continuación, se exponen algunos enunciados de dichos estudiantes:

“Las redes sociales como Facebook generan menor concentración”. Kelly

“El uso de la red social va según la persona, porque también sabemos que hay muchas distracciones ...”. Camilo

“Prefiero usar el LMS existente en nuestra universidad y complementarla con herramientas 2.0 como Google”. Ricaurte

Uno de los objetivos de utilizar una red social como estrategia didáctica en una actividad pedagógica consistía en evaluar la mejora de los resultados académicos al realizar trabajo colaborativo. La primera parte de la actividad fue llevada a cabo haciendo uso de la red social con participación individual con el fin de realizar aportes significativos, así como interactuar con los demás compañeros de la clase sobre las publicaciones de todos los colaboradores y contribuir en el desarrollo del informe final que sería realizado en grupos pequeños de dos a cinco personas para finalmente ser socializado en clase. En la tabla 3, se aprecian las valoraciones individuales (sobre 5,0) obtenidas por los estudiantes de acuerdo a los criterios establecidos por la docente en una rúbrica de evaluación teniendo en cuenta la participación e interacción en la red social Facebook, informe final de la actividad, socialización y cumplimiento.

Contrastando los resultados académicos finales de los estudiantes con la actividad registrada en la red (ver tabla 3) y los datos obtenidos mediante el análisis de redes sociales (ver tabla 2), se puede comprobar que muchos de los estudiantes más influyentes y de prestigio en la red (Cristian, Diana, Samuel, Daniel y Edixón) tuvieron en promedio 4,5 en la nota final. Igualmente, el grado de cercanía e intermediación de algunos de ellos les permitía acceder fácilmente a otros compañeros compartiendo y accediendo a información relevante para la elaboración de la actividad obteniendo mejores resultados académicos. La mayoría de los estudiantes con poco o nada en el número de intervenciones

Tabla 3. Valoración individual de la actividad.

Estudiante	Notal final	Estudiante	Notal final	Estudiante	Notal final
Fabián	3,3	Nixon	2,3	Daniel	4,3
Natalia	4,5	Diego	4,4	Viviana	4,4
William	2,7	Camilo	3,0	Felipe	4,0
Ariel	3,2	Jonathan	3,4	Ricaurte	4,0
Julio	3,1	Víctor	4,3	Edward	3,9
Yair	3,9	Kelly	2,3	Dairo	2,9
Samuel	4,5	Brayan	3,3	Cristian	4,8
Juan	4,4	Guerrero	4,5	Jorge	4,3
Wilmer	3,3	Edixón	4,8	Javier	4,1
Fernando	3,7	Diana	4,5		

en la red, no lograron buenos resultados académicos, con promedio de 3,4, lo cual podría justificarse en la baja interacción y comunicación que presentaron con los demás compañeros, por tanto, tuvieron dificultad para tener acceso a la información compartida, a la aclaración de dudas en algunos cuestionamientos de acuerdo o desacuerdo para completar la actividad con éxito y recibieron poca colaboración de sus pares al ser poco visibles en la red.

En cuanto al comportamiento grupal se puede observar en la figura 2 que los grupos con más de un integrante portador en la red social (color azul) tuvieron un mejor desempeño académico en promedio, en comparación con aquellos grupos con estudiantes de baja actividad.

CONCLUSIONES

Este artículo presenta una experiencia frente a una necesidad que cada día es más visible en las investigaciones relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje en la educación superior, y es, que se requiere encontrar nuevas dinámicas de interacción entre los actores sociales de un proceso que incorpore de manera eficiente el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación, TIC, como elemento efectivo que medie positivamente en la formación del estudiantado, en el cual las redes sociales demuestran ser un medio útil que permita desarrollar sinergias donde la cooperación y la colaboración se establecen como un mecanismo eficiente para lograr aprendizajes significativos mediados por las relaciones que definen las

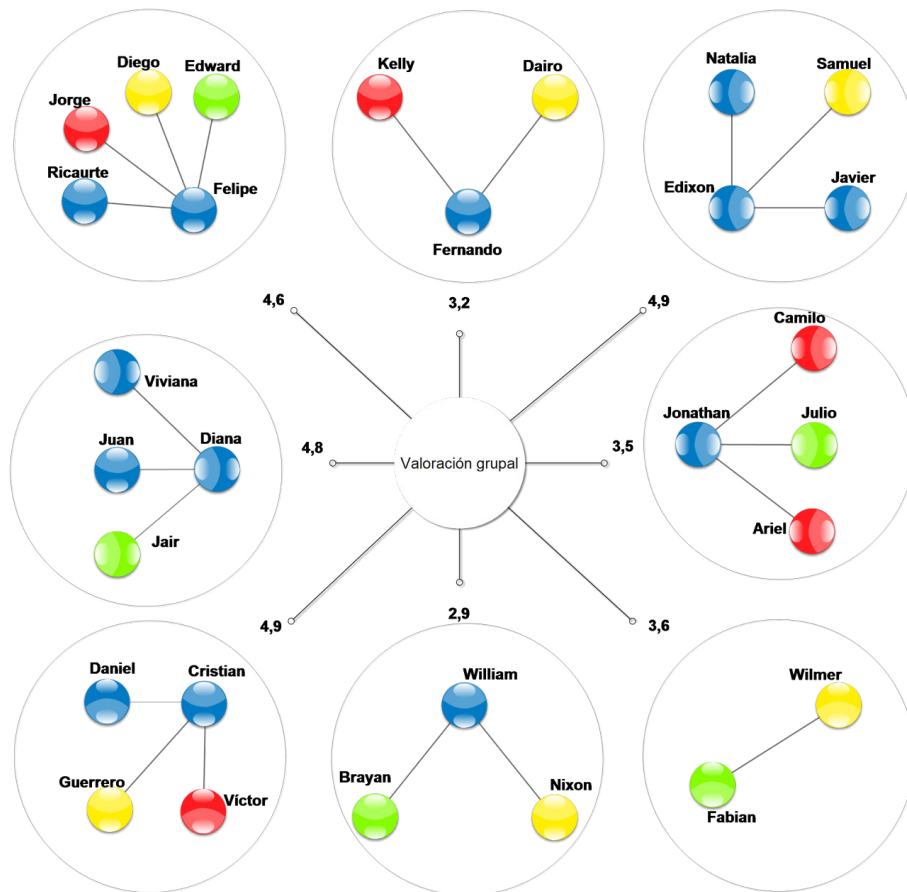


Figura 2. Valoración grupal de la actividad.

características de las redes sociales y el establecimiento de comunidades de aprendizaje. A fin de analizar este enfoque, además, este artículo corrobora que el Análisis de Redes Sociales brindan una comprensión clara del comportamiento y los flujos de interacción que permiten determinar la manera como el alumno aprende en este tipo de escenarios, convirtiéndose en sí mismas como oportunidades de desarrollar actividades pedagógicas sustentadas en el uso de las redes sociales, que pueden fortalecer la interacción en el proceso de aprendizaje social, para la construcción de conocimiento en los estudiantes.

El escenario de estudio de este artículo tomó en consideración un conjunto de estudiantes que tienen un nivel de familiaridad alto con el uso de las redes sociales con distintos propósitos, donde se pudo identificar que el uso que se les da a este tipo de herramientas sociales, depende en gran medida de los intereses que le llevan a formar parte de estos mecanismos para la interacción social, donde se conciben a partir de las opiniones dadas por los estudiantes, como una herramienta magnífica para establecer canales de comunicación efectivos para el logro de actividades y metas comunes, pero donde también dependiendo de la manera cómo se aborden pueden resultar ser herramientas que contienen elementos de distracción que les aleja del logro de sus propósitos, permitiendo comprender el uso pedagógico y social que los estudiantes hacen de estas herramientas.

Por ello, consideramos que el uso de las redes sociales en la educación superior tienen un potencial enorme respecto a su incorporación como medio didáctico, que debe estimularse y propiciarse dentro de los modelos pedagógicos de las universidades, contando con una alta aceptación por parte del alumnado, donde ellos mismos solicitan cambios en la manera cómo se desarrolla la acción docente, al no contar en la práctica cotidiana con escenarios útiles donde puedan abiertamente establecer dinámicas de aprendizaje mediante la colaboración con sus compañeros de estudio y sus profesores.

REFERENCIAS

- [1] Monsalve Moreno, M., “Análisis de redes sociales: un tutorial”. 2008, [en línea]. Consultado el 5 de mayo de 2014, disponible en <http://homepage.cs.uiowa.edu/~mmonsalv/bio/SNA.pdf>
- [2] Andrade Sosa, H., Dyner R, I., Espinosa, A., López Garay, H. y Sotaquirá, R., “Pensamiento Sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad”. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. 2001.
- [3] Alvarez-Florez, E., Nuñez y Gómez, P., “Uso de redes sociales como elemento de interacción y construcción de contenidos en el aula: cultura participativa a través de Facebook”. *Historia y comunicación social*, vol. 18. n.º especial, 53-62, 2013, noviembre [en línea]. Consultado el 22 de abril de 2014, disponible en <http://revistas.ucm.es/index.php/HICS/article/view/44225>
- [4] Panckhurst, R. y Marsh, D. “Utilización de redes sociales para la práctica pedagógica en la enseñanza superior impartida en Francia: perspectivas del educador y del estudiante”. En: *El impacto de las redes sociales en la enseñanza y el aprendizaje* [monográfico en línea]. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, vol. 8, n.º 1, 233-252. UOC, 2011 [en línea]. Consultado el 28 de junio de 2014, disponible en <http://rusc.uoc.edu/ojs/index.php/rusc/article/view/v8n1-panckhurst-marsh/v8n1-panckhurstmarsh>
- [5] Garrigós, I., Mazón, J., Saquete, E., Puchol, M. y Moreda, P., *La influencia de las redes sociales en el trabajo colaborativo*. Departamento de lenguajes y sistemas informáticos, Universidad de Alicante. 2010, [en línea]. Consultado el 28 de junio de 2014, <http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/11859/1/p67.pdf>
- [6] Álvarez, G. y López, M., “Análisis del uso de Facebook en el ámbito universitario desde la perspectiva del aprendizaje colaborativo a través de la computadora”. *EDUTECH, Revista*

- Electrónica de Tecnología Educativa*, 43, 2013, [en línea]. Consultado el 28 de junio de 2014, disponible en http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec43/analisis_facebook_ambito_universitario_aprendizaje_colaborativo.html
- [7] Marcos, G. y José, A. "Análisis de interacciones para la detección dinámica y el soporte de roles participativos en entornos CSCL aplicando técnicas basadas en SNA". Escuela Superior de Ingeniería Informática. Departamento de Informática, Universidad de Valladolid. Tesis Doctoral, 2011, [en línea]. Consultado el 28 de junio de 2014, disponible en <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/965/1/TE-SIS170-120522.pdf>
- [8] García, M., Ana, S., Álvarez, H., Rubén, Ramos, C., C., "Análisis estructural a partir de la teoría de las redes sociales: Un nuevo enfoque de un problema clásico". Departamento de economía aplicada. Universidad de Oviedo. Oviedo, Asturias, 2004, [en línea]. Consultado el 28 de junio de 2014, disponible en <http://www.uv.es/asepuma/XI/Analisis%20estructural%20a%20partir%20de%20la.pdf>
- [9] Hanneman, R. "Introducción a los métodos del análisis de redes sociales: capítulo sexto: centralidad y poder". Departamento de sociología de la Universidad de California Riverside, S.f. [en línea]. Consultado el 28 de junio de 2014, disponible en <http://revista-redes.rediris.es/webredes/textos/cap6.pdf>
- [10] Rosen, H., K. Matemática discreta y sus aplicaciones." Quinta Edición, España: McGraw Hill/interamericana de España, S. A. U., 2004.
- [11] Béjar, R., Bitterhoff, J., Brescó, E., Flores, Ò., Juárez, J., Mur, J. A., Verdú, N., "Representación de foros virtuales: diseño de una herramienta para analizar las interacciones entre usuarios en el campo virtual de la Universidad de Lleida". Universitat de Lleida, Institut de Ciències de l'Educació, Unitat de Docència Virtual, C/ Jaume II, 71, 25001, Lleida, Catalunya, España, 2006, [en línea]. Consultado el 5 de mayo de 2014, disponible en http://www.ice.udl.cat/aside/observatori/documents/cidui_06.pdf
- [12] Mario Albornoz y Claudio Alfaraz, (Eds.). *Redes de conocimiento: construcción, dinámica y gestión*, (pp.77-112). Primera edición: 2006, [en línea]. Consultado el 28 de junio de 2014, disponible en http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/21/83/97/PDF/XP_Analisis_de_redes_2006.pdf
- [13] Miralbell Izard, O., "Las redes sociales". Material propio de la asignatura Redes Sociales y comunidades virtuales de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC) PID_00175965, 2011.
- [14] Navarro, L. y Salazar, J., "Análisis de redes sociales aplicado a redes de investigación en ciencia y tecnología". Universidad Austral de Chile, 2007, [en línea]. Consultado el 20 de mayo de 2014, disponible en <http://mingaonline.uach.cl/pdf/sintec/v3n2/art03.pdf>





Scratch y Makey Makey: herramientas para fomentar habilidades del pensamiento de orden superior

Scratch and Makey Makey: Tools to promote skills of the thought of top order

Paula Andrea Lozano Mahecha¹ Bandom Armando Guerrero Caicedo² Wilson Daniel Gordillo Ochoa³

Para citar este artículo: Lozano, P., Guerrero, B., Gordillo, W. (2016). Scratch y Makey Makey: herramientas para fomentar habilidades del pensamiento de orden superior. *Revista Redes de Ingeniería*, 7(1), 16-23. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a04

Recibido: 9-febrero-2016 / **Aprobado:** 17-mayo-2016

Resumen

En una sociedad digitalizada que presenta cambios acelerados a causa del uso masivo de las TIC, se demandan estudiantes competentes, creativos, que posean conocimientos en tales campos, a pesar de que se considera que es complejo de aprender. Estos cambios se reflejan en todos los campos de la sociedad, no obstante, se subestiman en la educación rural donde la brecha digital es más sentida cada día. Ante la cantidad de herramientas tecnológicas que pueden integrarse al currículo para potencializar los procesos de enseñanza y aprendizaje, se decide implementar contenidos didácticos que, colectivamente con estas herramientas, para el caso Scratch y Makey Makey, fomenten habilidades del pensamiento de orden superior, y hacerlo entonces en la ruralidad con niños de grado cuarto y quinto demostrando que la tecnología debe ponerse al alcance de todos en aras de una inclusión digital sin distinciones, visionando el futuro del mundo rural de la mano del cambio tecnológico.

Palabras clave: educación, enseñanza-aprendizaje, habilidades del pensamiento de orden superior, herramientas tecnológicas, Makey Makey, Scratch.

Abstract

In a digitized society has accelerated changes due to massive use of ICT, competent, creative and possessing expertise in these fields students are demanded, but you have concept that is complex to learn. These changes are reflected in all fields of society, however they underestimated in rural education here the digital gap is more felt every day.

Before the quantity of technological tools that can be integrated into the curriculum to potentiate the teaching and learning processes, it is decided to implement educational content that collectively these tools , for the case Scratch and Makey Makey, encourage thinking skills of a higher order , and to do so rurality with children in fourth and fifth grade proving that technology should be available to all in the interests

1. Tesista ingeniería de sistemas, Universidad de Cundinamarca, Colombia. Estudiante décimo semestre, Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: pandrealozano@mail.unicundi.edu.co
2. Tesista ingeniería de sistemas, Universidad de Cundinamarca, Colombia. Estudiante décimo semestre, Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: baguerrero@mail.unicundi.edu.co
3. Ingeniero de Sistemas, Universidad Piloto de Colombia; especialista en Docencia Universitaria; especialista en redes de Telecomunicaciones; magíster en educación, Universidad Cooperativa de Colombia; docente Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: wdgordillo@mail.unicundi.edu.co

of digital inclusion without distinction envisioning the future of the rural world in the hands of technological change.

Keywords: education, higher-order thinking, Makey Makey, Scratch, Skills, teaching-learning, technological tools.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos de este artículo es exponer que se pueden gestar proyectos en ingeniería de sistemas que hagan la diferencia y que sean capaces de transformar esquemas limitados. El propósito consiste en motivar a los estudiantes de la Universidad de Cundinamarca a hacer proyectos de investigación diferentes a los tradicionales, pero sin olvidar un punto clave: aportar un grano de arena y dejar huella en su región, pilares fundamentales de la innovación social. Todos hemos visto caer hojas de los árboles durante algunas épocas del año, tal vez parezca insignificante este hecho, pero después de un tiempo la cantidad de hojas aumenta en el suelo y podemos observar un paisaje totalmente diferente, lleno de colores; ese es el propósito de proyectos como este, ser la primer hoja que cae del árbol y motivar a otros a que hagan parte de las demás que caen, para lograr cambiar el paisaje en la educación rural y en proyectos de investigación de tipo ingenieril que vayan de la mano.

Además, el proyecto se hace importante porque busca destruir ese paradigma del conformismo a causa de las clases monótonas, pasando de la enseñanza de herramientas de ofimática a la enseñanza de programación, dada la necesidad de que los estudiantes desarrollen habilidades para ser competentes en un futuro mediático. Al parecer, dicha necesidad pasa por alto en la educación rural, por lo que es conveniente empezar a trabajar desde las aulas a edades tempranas para que los estudiantes de la ruralidad también tengan la posibilidad de tener contacto con entornos que, a través de la mediación tecnológica, posibiliten la enseñanza de

la lógica de programación como alternativa para fortalecer la resolución de problemas y la creatividad, hecho recomendado por empresas como Microsoft, Google, Facebook, Amazon, las cuales quieren incentivar la programación desde edades tempranas [1].

Por esta razón, nuestra población escogida fue la vereda Bosachoque, la cual está ubicada hacia la parte occidental entre el municipio de Fusagasugá y Silvania. Gran parte de la comunidad es de bajos recursos económicos, el sustento de la mayoría de la comunidad se basa en la siembra de cultivos y la producción avícola. Debido a su ubicación geográfica, es difícil el acceso al servicio de internet, sin embargo, hace un año ya cuentan con una red libre comunitaria, pero su señal no alcanza a replicarse en toda la vereda por factores geográficos y climáticos que en ella influyen.

La vereda tiene una escuela rural pública solamente con básica primaria, cuenta con 16 y 18 estudiantes de los grados cuarto y quinto respectivamente. Actualmente en la escuela existe solo un salón de sistemas dotado con diez computadores que le fueron entregados por la estrategia “computadores para educar” [2]; además solo cuenta con un docente para esta área, el cual maneja sus procesos académicos de manera manual, se dictan dos horas de sistemas a la semana y el docente, aunque sigue un modelo conductista, apoya la iniciativa y el desarrollo del presente proyecto.

La universidad de Cundinamarca a través de sus facultades realiza programas de proyección social, periódicamente envía estudiantes de ingeniería de sistemas como apoyo a las actividades de informática en algunas escuelas rurales, este proyecto plantea la posibilidad de integrar en adelante sus propósitos al quehacer del programa de ingeniería de sistemas en aras de su fortalecimiento, esta propuesta fue planteada a la dirección del programa recibiendo aceptación y al momento de la elaboración de este artículo se

están gestionando los documentos soporte para formalizar la inclusión de la temática y así dar continuidad en la línea del tiempo al propósito de este proyecto.

Por esta razón, es recomendable introducir la lógica de programación de computadores en la educación básica primaria con mediaciones tecnológicas (para el caso la ayuda de la placa de circuitos *Makey Makey* [3] y el entorno de programación *Scratch* [4]), ya que la mayoría de graduados de educación media ven la programación como una línea de la ciencia de la computación bastante especializada, la cual podría ser una causa por la cual los jóvenes que quieren entrar a la universidad le resten interés al aprendizaje de la lógica de programación y la ingeniería de sistemas en general; ya que para el 2025 aproximadamente, habrá un déficit de más de un millón de personas especializadas en esta rama [5].

La inclusión de *Scratch* y *Makey Makey* en la educación básica primaria hace que se origine una nueva alternativa para empezar a crear unas bases firmes de los usos de la tecnología y su experimentación con la misma, para que así esos estudiantes puedan convertirse en creativos de nuevas e importantes empresas de tecnología.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto basa su metodología de investigación en un enfoque mixto, teniendo en cuenta la triangulación de datos inter-métodos (combinación de métodos, puntualmente los métodos cualitativo y cuantitativo) [6], este enfoque es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos de cada una de estas bases anteriormente mencionadas, en una misma investigación para responder al planteamiento del problema.

Observamos que la triangulación de datos es aplicada con frecuencia en proyectos e investigaciones

que abarcan temas de evaluación educativa y tecnológica, construcción de índices y perfiles, entre otros. Motivo por el cual se decidió adoptar esta técnica a nuestro proyecto.

Para este proyecto la base que predomina a nivel general es la base cualitativa. Debido a que, con esta, se puede reunir una percepción del comportamiento de los niños de grado quinto de la escuela rural vereda Bosachoque, en lo que hace referencia al fomento de la lógica de programación y la resolución de problemas y cómo es el impacto en dicha muestra de estudio.

Sin embargo, a pesar de que la base cualitativa predomine, es fundamental mencionar que la base cuantitativa puede evidenciarse de forma estadística al medir el avance de los niños (competencias), las actividades aplicadas, su contexto social y la incidencia de las herramientas, para tener resultados con mayor validez, por medio de la triangulación de datos.

ANTECEDENTES

1. Code.org (2014)

‘Code.org’ nace para cubrir una necesidad que para ellos es vital y clara “Todos debemos ser capaces de programar”. Los líderes de la industria informática se unieron a esta propuesta para hacer que los estudiantes aprendan a programar desde la escuela. El fundador de Microsoft, Bill Gates, Mark Zuckerberg fundador de Facebook, entre otros, tienen entre sus objetivos:

1. Informar en todos los contextos posibles que a nivel mundial se registra un déficit de profesionales dedicados a la programación de computadores.
2. Explicar de manera sencilla que aprender a programar es mucho más fácil de lo que se piensa generalmente.

2. Universidad politécnica de valencia-España (España Sanjuán, 2014- 2015)

La escuela de ingeniería informática ubicada en la Universidad de Valencia se centró en la elaboración de actividades didácticas sobre programación orientadas a los jóvenes que visiten su Museo de Informática. Estas actividades están diseñadas para la plataforma Scratch, dado que la programación resulta una habilidad que en la actualidad y según está planteado en la educación española, solo llega a desarrollarse en profundidad dentro de algunas titulaciones universitarias.

3. Instituto tecnológico de Monterrey México D.F.- México – institución Educativa INEM Cali - Colombia (Jaramillo, 2014)

Se realizó un proyecto con el propósito de investigar si la implementación de un ambiente de programación en Scratch podría tener incidencia en estudiantes de educación media técnica para desarrollar la competencia laboral de tipo intelectual que es exigida por el ministerio de educación nacional, el trabajo tuvo como población objeto de estudio alumnos del grado 11 de secundaria del INEM, concluyendo que el ambiente de programación implementado, gracias a su estilo creativo de solución de problemas sí incide en la adquisición de la competencia y por ende contribuye al buen desempeño laboral.

4. Eduteka (fundación Motorola, Give to Colombia, fundación Gabriel Piedrahita Uribe 2009)

La fundación Gabriel Piedrahita Uribe desarrolló un proyecto entre los años 2009 y 2013 implementado en cuatro fases, entre las cuales se destaca la puesta a prueba de un componente curricular con Scratch en varias instituciones educativas de la ciudad de Cali, sus resultados fueron insumo para ajustar e iniciar un proceso de capacitación mayor en grupos más significativos, el diseño de

este último conto con un grupo interdisciplinar de docentes (Ciencias Naturales, Matemáticas e Informática). El material desarrollado y probado por la fundación en el proyecto y el componente curricular, fueron objeto de publicación gratuita en el sitio web de Eduteka en un módulo referente a la "Programación de Computadores en Educación Escolar".

OBJETIVOS

Objetivo general

Fomentar las habilidades de lógica, resolución de problemas y creatividad (habilidades del pensamiento de orden superior), en niños del grado cuarto y quinto de la escuela rural, vereda Bosachoque, mediante la inclusión de herramientas web 2.0 como (Scratch) y placa de circuito (Makey Makey) en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Objetivos específicos

- Elaborar actividades didácticas orientadas al proceso de enseñanza y aprendizaje de la programación, para el desarrollo de la lógica, resolución de problemas y creatividad a través del uso de herramientas web 2.0 (scratch).
- Identificar si las herramientas inciden en el fomento de las habilidades del pensamiento de orden superior.

MÉTODOS

En la primera etapa, se realizó una inmersión en el campo de estudio, identificando así el contexto y datos relevantes para la organización de las lecciones y actividades. Luego se procedió a hablar con los niños y docentes sobre las prácticas en informática que los niños han tenido anteriormente y se realizó una observación de las notas finales (primer y segundo periodo) de los niños de cuarto y quinto de primaria y el contenido visto en esas clases.

En la segunda fase del proyecto se crearon las lecciones y actividades contextualizadas para que así los estudiantes asocien los conceptos con conocimiento previo de actividades cotidianas (teoría cognitivista) de manera más fácil y basándonos en proyectos cortos “actividades” para seguir la metodología de aprendizaje por proyectos.

En la tercera etapa se realizaron videos para explicar ciertos conceptos asociados a la temática, además de una página de apoyo a las actividades establecidas donde se encuentran los materiales, los videos, etc. Basados en el diseño instruccional ADDIE para la creación del mismo.

En la cuarta etapa se llevó a cabo la implementación de las herramientas tecnológicas y pedagógicas anteriormente mencionadas. Frente a los datos de tipo cualitativo, se han tomado notas mediante la observación (comportamientos, actitudes), entrevistas (comentarios e ideas), y diferentes tests. Además, por parte de los datos cuantitativos, se recolectaron datos como: notas, rendimiento en las actividades, proyectos finales, entre otros; con el fin de poder cruzar variables y llegar a un resultado con mayor validez, como se puede apreciar en la figura 1.

En la figura 1 se refleja el cambio (valorado con respecto a la diferencia de los promedios entre un test diagnóstico o inicial y un test final) obtenido luego de aplicar la ejecución de la presente investigación a diferentes grupos de estudiantes, pertenecientes a veredas y escuelas diferentes.

Además, en la investigación se tuvieron en cuenta datos demográficos de los estudiantes y de su contexto con la finalidad de revisar el grado de incidencia teniendo en cuenta ese contexto social de los estudiantes y analizar cómo influye este contexto en el proceso de enseñanza- aprendizaje, los datos utilizados fueron:

Tabla 1. Datos demográficos de la muestra.

niñas	niños	rural	urbana	estrato	
				1	2
10	23	31	2	20	11

RESULTADOS

En los estudiantes se ha notado mediante la observación patrones repetitivos como: “la experiencia de Scratch les ha permitido abrirse a nuevos

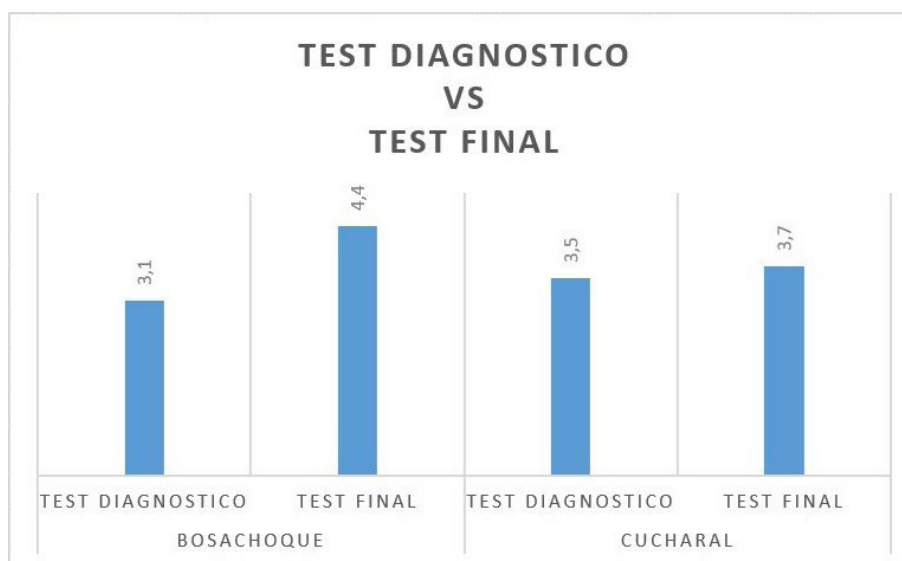


Figura 1. Promedios entre un test diagnóstico o inicial y un test final.

horizontes”; “Scratch no me deja copiar trabajos ya que todos realizamos proyectos diferentes con nuestras propias ideas”; “Con scratch pongo más atención a la clase ya que no son tan aburridas como las veces anteriores puedo escoger que quiero pintar y como lo quiero pintar, además puedo poner movimientos y animar mis personajes”; “Me gustan las clases de informática porque en Scratch podemos crear juegos y animaciones como si supiera mucho del tema, además los proyectos de clase se asemejan a lo que hago en casa ya que allí también ordeño y siembro y eso lo puedo hacer en Scratch y convertirlos en juego”.

También se logró inferir de estas observaciones que las actividades contextualizadas los llevan a enlazar esa información nueva con conocimiento previo creando un aprendizaje significativo.

Los niños al interactuar con el programa fortalecen la inteligencia corporal, pues a la hora de explicar

los proyectos creados (sus juegos y animaciones) se evidencia en sus propias palabras (yo hice, yo creé, etc.) la apropiación del conocimiento y el empoderamiento de su rol protagónico a lo largo de todo el proceso.

Frente a la solución de un problema (proyecto), crean sus propias soluciones y las plantean de manera tal, que al tener dudas el orientador hace un aporte constructivo y él va tomando decisiones para que al finalizar resuelva el ejercicio de manera satisfactoria. Al resolver cada uno de los proyectos los estudiantes quieren ir más allá, en ese momento es cuando se promueve la indagación y exploración, de aquí es donde radica el desarrollo de la habilidad para resolver problemas.

A partir de los patrones repetitivos algunos nombrados anteriormente, se clasificaron en categorías como se encuentra registrado en la siguiente tabla:

Tabla 2. Categorías obtenidas a partir del análisis de los datos cualitativos.

Categoría	Descripción
Contenidos temáticos	Ventajas de herramientas tecnológicas como Scratch y Makey Makey para el fomento de habilidades como creatividad, resolución de problemas y lógica de programación.
Metodologías aplicadas	Reflejo de cómo el cambio de metodología en el proceso de enseñanza–aprendizaje, genera trabajo colaborativo, un cambio de actitud, motivación y el lenguaje corporal.
Evaluación	En la evaluación se busca lograr un cambio de mentalidad, pasando de la evaluación sumativa a la formativa para que los estudiantes se sientan más comprendidos, motivados; y la respectiva retroalimentación del desempeño de los estudiantes en clase, crea un ambiente constructivista y colaborativo. Además, las rubricas de evaluación califican por ítems las características que deben cumplir los proyectos, lo que ofreció la posibilidad de poder evaluar de qué manera evolucionan y se desarrollan las habilidades que se quieren fomentar en la investigación.

Para la evaluación de los proyectos creados por los niños se utilizó una rúbrica de evaluación teniendo en cuenta algunos ítems como creatividad, programación, aplicación de los contenidos, los resultados de las once actividades y el promedio de las rúbricas de evaluación durante la duración del proyecto, se describen los resultados de las rúbricas por grado de acuerdo a cada ítem establecido en las figuras 2 y 3.

DISCUSIÓN

La brecha digital en nuestro país es todavía evidente y aunque en algunas zonas rurales de la región de

Cundinamarca existen herramientas en las escuelas como computadores e internet no se les saca provecho ni se les da un uso adecuado, se debe brindar a los estudiantes de zonas rurales herramientas y conocimientos informáticos fundamentales en el mundo de hoy, para que logren alcanzar oportunidades de desarrollo laboral y personal. Hay que ofrecer una mayor igualdad social, donde la gente de las zonas rurales también tiene el derecho de gozar de privilegios.

El estudiante dentro de la teoría conductista tiene un papel pasivo y se considera una tabla rasa, por

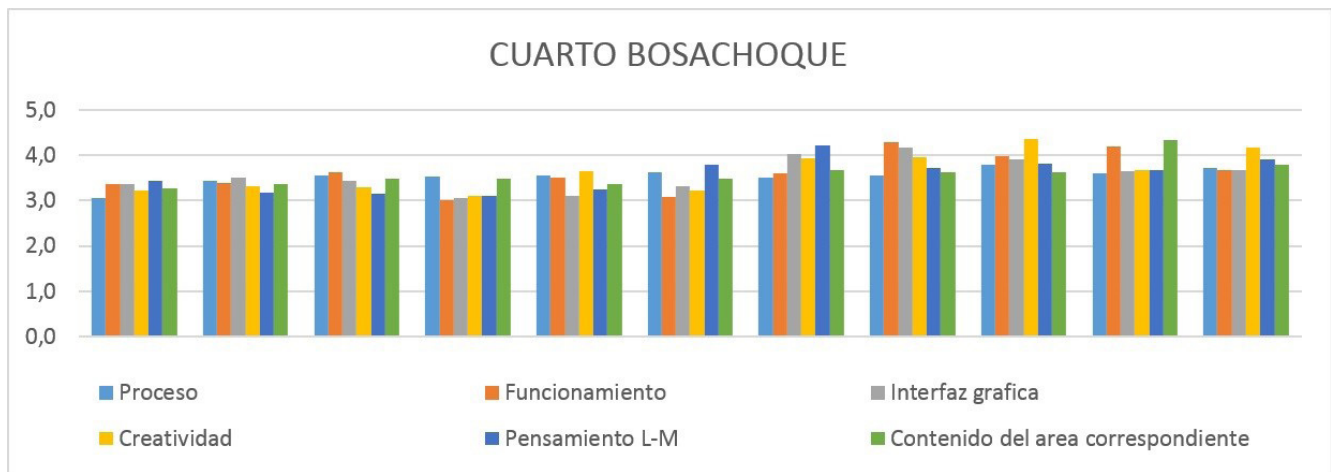


Figura 2. Promedio de rúbricas de evaluación de grado cuarto para once actividades.

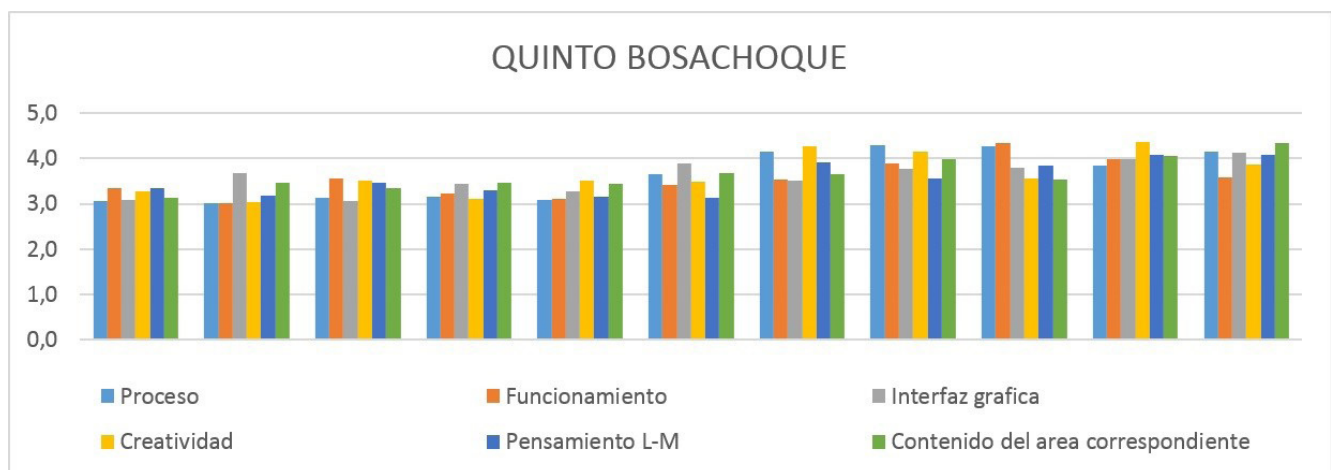


Figura 3. Promedio de rúbricas de evaluación de grado quinto para once actividades.

lo que espera que el profesor le dé información y le indique qué tareas debe realizar, pero es nuestra opinión se debe enfocar los esfuerzos a cambiar esta teoría que es tan comúnmente utilizada en nuestras escuelas primarias, los docentes deben dejar que el niño explore, experimente y lleve a la práctica lo que aprende, que demuestre resultados en proyectos, que trabaje colaborativamente y así el estudiante adquiera habilidades y competencias desde su niñez para su crecimiento profesional.

CONCLUSIONES

Se evidenció un cambio en la actitud y la disciplina en clase, los estudiantes se mostraban más activos, concentrados y motivados. Esto se debe a las acciones que se tomaron en cuanto al cambio de metodología, ya que los estudiantes realizaban proyectos y actividades colaborativas, lo que facilitó el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Se demostró un aumento en las notas de los últimos dos periodos de los estudiantes dentro del área de informática y matemáticas, ya que fomentar habilidades de orden superior permiten que los estudiantes puedan responder mejor en otras áreas, pues informática es un área transversal que contiene y utiliza diversas temáticas de otras áreas.

Se evidenció el aprendizaje significativo porque los estudiantes aprendieron a usar Scratch y Makey Makey a través de unas actividades basadas en aprendizaje por proyectos contextualizado a partir de su entorno, haciendo que a través de conocimientos previos se afianzara y uniera este nuevo conocimiento.

Finalmente, se evidenció la construcción de un currículo para la universidad de Cundinamarca, a fin de llevar a cabo la proyección social en las escuelas de la región.

REFERENCIAS

- [1] Code, "The hour of code is here", Estados Unidos de América, 2013, [en línea]. Consultado el 17 febrero 2015, disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=FC5FbmsH4fw>
- [2] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, "Computadores para educar", Colombia, 2015, [en línea]. Consultado el 29 julio 2015, disponible en <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-6191.html>
- [3] Media Lab, MIT Massachusetts Institute of Technology, "MaKey MaKey - An Invention Kit for Everyone", Estados Unidos de America, 2012, [en línea]. Consultado el 3 marzo 2015, disponible en <http://web.media.mit.edu/~ericr/makeymakey/>
- [4] Lifelong Kindergarten, MIT Massachusetts Institute of Technology, "Scratch - Imagine, Program, Share", Estados Unidos de America, 2007, [en línea]. Consultado el 25 febrero 2015, disponible en <http://scratch.mit.edu/educators/>
- [5] Code, "Code Stars- Short Film", Estados Unidos de América, 2014, [en línea]. Consultado el 18 febrero 2015, disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=dU1xS07N-FA>
- [6] L. E. Pereyra, "Integración de Metodologías Cuantitativas y Cualitativas: Técnicas de Triangulación", 2007, [en línea]. Consultado el 14 abril 2015, disponible en http://ief.eco.unc.edu.ar/files/workshops/2007/09oct07_lilipereyra_work.pdf





La aplicación de las TIC en los sistemas de gestión de las PyME del sector portuario

Application of ICT in systems management of the port SME sector

Jairo Augusto Cortes Méndez¹ Jaime Alberto Páez Páez² Jairo Oswaldo Lozano³

Para citar este artículo: Cortes, J., Páez, J. y Lozano, J. (2016). La aplicación de las TIC en los sistemas de gestión de las PyME del sector portuario. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 24-40. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a05

Recibido: 22-abril-2015 / **Aprobado:** 17-mayo-2016

Resumen

El proyecto como producto de la investigación titulada "Incidencia de las TIC en la estructura organizacional de las PyME del sector portuario utilizando ambientes virtuales" en el marco de la convocatoria CONADI de la Universidad Cooperativa de Colombia, mide y verifica cómo las Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, han influenciado en la estructura organizacional de las PyME (Pequeñas y medianas empresas) del sector portuario, analizando cada una de las perspectivas y componentes organizacionales y la forma en que estas se pueden adaptar utilizando las TIC. Como conclusión general las PyME deben conocer la importancia que tienen las TIC en el desarrollo organizacional y productivo como valor agregado y ventaja competitiva. En el proyecto se hace una revisión de las teorías organizacionales, índices de gestión, experiencias de uso e impacto de las TIC en las organizaciones. La metodología utilizada es de tipo observacional y evaluativa con desarrollo tecnológico.

Palabras clave: empresa virtual, índices de gestión, organización, PyME, TIC.

Abstract

The project as a result of the research entitled "Impact of ICT in the organizational structure of SMEs in the port sector using virtual environments" under CONADI convening of the Cooperative University of Colombia, measures and verifies how Information Technology and Communication, ICT, have influenced the organizational structure of SMEs (Small and medium enterprises) in the port sector, analyzing each of the perspectives and organizational components and how these can be adapted using ICT. As a general conclusion SMEs should be aware of the importance of ICT in the organizational and productive development as an added value and competitive advantage. The draft revision of the organizational theories, management indices, and experiences of use and impact of ICT in organizations was done. The methodology used is

1. Ingeniero de Sistemas, Universidad Incca de Colombia; especialista en Multimedia Educativa, Universidad Antonio Nariño; magíster en Dirección Universitaria, Universidad de los Andes; master en Sociedad de la Información y el Conocimiento, Universitat Oberta de Catalunya; diploma de estudios avanzados, DEA, en Ingeniería de Sistemas y Automática, Universitat Oberta de Catalunya; docente de tiempo completo, Universidad Cooperativa de Colombia. Correo electrónico: jairo.cortes@campusucc.edu.co
2. Ingeniero de Sistemas, Universidad Antonio Nariño; especialización en Gerencia Financiera y Administrativa, Universidad Piloto de Colombia; magíster en Educación, Universidad Pedagógica Nacional; docente de tiempo completo Universidad Cooperativa de Colombia. Correo electrónico: jaime.paez@campusucc.edu.co
3. Ingeniero de Sistemas, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; especialista en Multimedia Educativa, Universidad Antonio Nariño; especialista en Redes y Telecomunicaciones, Universidad Cooperativa de Colombia; magíster en Docencia, Universidad de la Salle; magíster en Telemática, Universidad Central de las Villas. Correo electrónico: oswaldo.lozano@campusucc.edu.co

observational and evaluative type with technological development.

Keywords: virtual enterprise, indexes management, organization, SME, ICT

INTRODUCCIÓN

En el periodo de los años sesenta a ochenta la tecnología computarizada sufrió grandes cambios; inicialmente las computadoras fueron concebidas como dispositivos de cálculos matemáticos y al final de la década de los ochenta, la computadora renace como medio de comunicación. Más aún, con las computadoras, hoy tomamos como dado que la información rompe barreras de distancia y tiempo. Internet consiguió que las computadoras se convirtieran en el centro en los nuevos medios de comunicación; jugó un papel principal en el desarrollo y la popularidad de la tecnología de redes; e hizo que las computadoras fueran el centro de los medios de comunicaciones. Como todas las tecnologías, Internet es un producto de su ambiente social que impactó todos los quehaceres del ser humano [1][2][3].

Internet y las Tecnologías de la Información y la Comunicación, TIC, trajeron grandes cambios a nuestra sociedad. En la literatura encontramos varios autores como Castells, Abatte y Carnoy [1] [2] [10], quienes advierten sobre el impacto de las TIC como eje de la revolución en la transformación de la sociedad hacia una sociedad basada en la economía del conocimiento.

Las organizaciones son difíciles de entender con claridad y profundidad, por esto es necesario establecer las dimensiones que describan rasgos específicos que permitan dilucidar los patrones y métodos en el diseño y conformación, a fin de entender el comportamiento en su interior y su entorno, plasmado en lo que se denomina una estructura. La pregunta de investigación que guió el estudio se plantea de la siguiente manera:

¿De qué forma la estructura organizacional de las PyME en el sector portuario, influenciada por el uso de las TIC, puede adaptar su sistema de gestión a un ambiente virtual?

Algunos problemas identificados en el diagnóstico de las PyME, como resultado de la aplicación de instrumentos, entrevistas y observación de los procesos, se pueden describir así: se carece de un sistema de gestión adecuado a sus necesidades, no se han diseñado índices de producción, ocasionando pérdida de competitividad ante el sector portuario, existe una gran debilidad en el cumplimiento de las labores y las actividades de planeación por no lograr medir su productividad, no existe una adecuada planeación de los procesos productivos, no poseen ni aplican las TIC en sus procesos de gestión y producción generando debilidades frente a las empresas de sector que si las tienen.

El objetivo general de esta investigación se orienta a determinar la incidencia que han tenido las TIC en las estructuras organizacionales de las PyME en el sector portuario y su adaptación a una organización virtual de los componentes y perspectivas comerciales y de producción, desarrollando un sistema de medición de la gestión.

MÉTODOS

La Hipótesis de esta investigación es: las TIC determinan cambios en los procesos organizacionales. La metodología propuesta está estructurada de acuerdo con el tipo de investigación que se esté desarrollando, que para este caso es de tipo observacional y evaluativa con desarrollo tecnológico. El diseño de la investigación contempla los siguientes pasos: en primer lugar, establecer las organizaciones PyME a analizar y observar; en segundo lugar, diseñar instrumentos para las observaciones, estudio de las teorías de Indicadores de Gestión y su implementación; en tercer lugar, construir el entorno de Gestión para las PyME a nivel comercial y producción; en cuarto lugar, analizar y procesar la

información recolectada; en quinto lugar, diseñar prototipos del ambiente organizacional; en sexto lugar, evaluación de los resultados; y finalmente, conclusiones de la investigación y comunicación de la información producida mediante conferencias y publicaciones y realizar la transferencia tecnológica y de procesos a las PyME, que hacen parte del estudio.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Virtualidad

La virtualidad como concepto ha evolucionado al lado de los desarrollos tecnológicos, en especial cuando se requiere ser utilizada en diversas aplicaciones simulando y recreando situaciones y procesos del mundo real. Se puede decir que la virtualidad quiere representar situaciones reales con tecnologías que hoy en día se han desarrollado, como los Head Mount Display, guates, sensores, entre otros, para hacer una inmersión o realizando recorridos en espacios similares a los reales no inmersivos. También se han desarrollado tecnologías para acceder a escritorios remotos, es decir, poder nos conectar a diversos computadores en diferentes espacios distribuidos. Las organizaciones no son ajenas a este concepto, se pueden virtualizar todos los procesos estructurales, como las unidades funcionales, permitiendo una reorganización de sus funciones y optimizando los procesos de comunicación internos y externos.

Organización virtual

Para abordar el concepto de organización virtual debemos analizar lo que se entiende por organización, por virtual y su relación. En lo que se refiere a organización, Carlos Dávila considera que “la organización es un ente social, creado intencionalmente para el logro de determinados objetivos mediante el trabajo humano y recursos materiales (tecnología, equipos, maquinaria, instalaciones físicas)” [4]. Las organizaciones son sistemas abiertos

donde la interacción de cada uno de sus elementos y su relación con el medio produce un grado de dinamismo, sinergia y holismo en su estructura. En nuestros días, la vida de las organizaciones, y por ende de las personas, está mediada por las TIC, lo que ha traído como consecuencia la aplicación de tecnologías que han cambiado la forma de actuar y vivir de las personas. Dichos cambios a la vez exigen el uso y manejo de la nueva tecnología para mejorar su productividad, la manera de gestionar, realizar alianzas que permitan reducir costos y ampliar mercados, enfrentar nuevos retos día a día.

Estructura organizacional

Para comprender qué es una estructura organizacional, es necesario definir cada uno de los términos involucrados. La estructura en el ámbito organizacional tiene una larga evolución ya que se utilizaba desde el siglo XVIII en el campo de la historia natural para hacer referencia a las partes de un todo, el término inicialmente se usaba en la anatomía, pero en los siglos XIX y XX el término se trasladó a la sociología, la economía y la administración. Augusto Comte, Carlos Marx, Herber Spencer, Max Weber, todos ellos marcaron el paralelismo entre la organización y la evolución de los organismos biológicos y la organización y la evolución de las sociedades. “La estructura proporciona etiquetas para distinguir las características internas de la organización y se formaliza en la cantidad de documentación escrita en esta; como los manuales de procedimientos, descripciones de puestos, regulaciones y manuales de políticas” [4].

Según lo anterior, podría definirse “estructura organizacional”, como un conjunto de elementos que se relacionan entre sí mediante reglas que obedecen tanto a variables internas como externas, y el diseño de la estructura se relaciona con una distribución deliberada, lo cual conforma un sistema de actividades coordinadas con el fin de generar opciones sociales y económicas, mediante la labor humana y el uso recursos materiales [5][6][7][8].

La empresa virtual

La competencia en el nuevo orden económico exige a las empresas adoptar nuevos modelos de colaboración para sobrevivir. La empresa virtual significa la sustitución del modelo tradicional de empresa, en tanto, no significa una visión de futuro, sino la colaboración entre unidades altamente especializadas mediante el uso de la tecnología con tendencia a la globalización.

Sobre la empresa virtual se ha escrito poco, quizás por esa interpretación de visión futurista que pocos autores han elaborado o escrito sobre el término “virtual”, por ejemplo: Charles Handy (1989), Davidow y Malone (1993), Byrne (1993); Goldman (1995) y Fukuyama (1997), entre otros, cuando hablan del término “Empresa virtual”, se centran en el concepto de red pura y sin mencionar explícitamente el término empresa virtual, o el de “corporación virtual”, que considera una estructura de red en torno a un núcleo central a la que ha denominado Estructura Cosmos [9].

Las empresas virtuales han de competir en el uso adecuado de las TIC, mostrando su valor agregado, su ventaja competitiva para poder posicionarse en el mundo virtual. Igualmente se debe incluir la automatización de procesos como la implementación de sistemas tipo Customer Relationship Management (CRM, por sus siglas en inglés), Supply Chain Management (SCM, por sus siglas en inglés), Enterprise Resource Planning (ERP, por sus siglas en inglés), y sobre todo lo relacionado con el comercio electrónico (e-commerce), los negocios electrónicos (e-business) y el mercadeo electrónico (e-marketing). El desarrollo de dichos sistemas en las empresas virtuales las harán más competitivas en estos entornos.

Sistema Integral de Medición de la Gestión, SIMEG

Con el propósito de analizar la trayectoria de una organización y poder evaluar su desempeño

de manera completa frente a sus objetivos estratégicos, debemos contar con un sistema de medición integral que nos proporcione información de los diferentes componentes, tanto internos como externos. A comienzos de los años noventa, Roberto Kaplan y David P. Norton propusieron un modelo de medición de gestión que permite: analizar la organización como un todo, identificar sus relaciones causa efecto y sirve para balancear el corto y el largo plazo; dicho instrumento lo denominaron “el cuadro de mando integral” [16].

El modelo plantea la necesidad de tener, además de los indicadores financieros, otros indicadores que permitan una gestión proactiva que se adelanten a lo que posteriormente reflejarán los indicadores financieros, de tal manera que el cuadro de mando integral presente un enfoque multidimensional para medir el desempeño corporativo de una organización desde cuatro perspectivas fundamentales [10][11][12][16]

- La perspectiva financiera: esta perspectiva mide la creación de valor de la organización y plantea que los indicadores deben ir bien para que los esfuerzos de la empresa se traduzcan más adelante en rentabilidad, solidez y valor agregado, entre otros indicadores tenemos: el EVA, tasas de rentabilidad, la tasa de reducción de costos, costos frente a la competencia, inversiones como porcentaje de ventas, período de recuperación.
- La perspectiva interna: también se le denomina perspectiva de los procesos internos, analiza los indicadores de los procesos internos que son críticos de manera conjunta para el posicionamiento en el mercado y para la implementación de las estrategias organizacionales, algunos de los indicadores tienen que ver con servicio al cliente; venta y posventa, entrega eficiente y oportuna de los productos o servicios, desarrollo de nuevos productos o servicios.

- La perspectiva del mercado y el cliente: conjunto de indicadores que reflejan el posicionamiento de la empresa en el mercado, permite conocer el impacto y la aceptación por el mercado de sus productos y servicio, al igual que los niveles de satisfacción y lealtad de sus clientes, entre otros indicadores tenemos: satisfacción y fidelidad de los clientes, incremento de clientes.
- Perspectiva del aprendizaje y crecimiento: estos indicadores miden los procesos de mejoramiento permanente como resultado de la capacitación, creatividad e innovación y que se convierten en una ventaja competitiva y se integra al mejoramiento continuo de la organización ante las dinámicas que se imponen a diario en el mercado como: desarrollo de nuevos productos, investigación básica del mercado, mejoramiento los procesos.

PyME

Una PyME se puede definir como la organización que agrupa una población heterogénea de pequeñas y medianas empresas, con características que se pueden ajustar de acuerdo al país que pertenecen. La promoción de las PyME están reguladas por las leyes 590 de 2000 que tiene como propósito promover el desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresa, la ley 905 de 2004 que modifica la anterior ley en algunos de sus apartes.

Las PyME del sector portuario prestan múltiples servicios dependiendo de la especialidad de cada una, entre algunos servicios se pueden mencionar: líneas de celaduría y vigilancia; línea de operación: montacargas y winchero; línea de operación con carga rodante; línea de transporte marítimo; línea de operación con carga rodante; línea de transporte marítimo; línea de operación de carga container; línea de servicio de mantenimiento; línea de servicios complementarios; estriba terrestre; estriba marítima; tarja; inspección; servicios potenciales; y cursos de conducción

RESULTADOS O HALLAZGOS

Análisis de las evidencias

Para el estudio del caso [17] se analizaron tres empresas del sector, se aplicaron instrumentos conforme y se midieron conforme a la escala Likert determinando los siguientes resultados: las edades de los participantes del estudio se encuentran, en un 67 %, entre 24 a 39 y de 40 a 54 el 33%. La mayoría de los empleados que se desempeñan en estas empresas son hombres, debido a las labores que se dan en estas empresas. De igual manera se pudo establecer que existe un bajo nivel de profesionalismo, ya que el 67% son trabajadores y el resto Empresarios. El 67% de los empleados desconoce las nuevas tecnologías, en general las correspondientes a las tecnologías móviles, de igual manera el uso de estos medios es muy restringido.

Los servicios que presta internet, en particular con lo que es la consulta no es una fortaleza en estas empresas, lo que dificulta la implantación de nuevas tecnologías y servicios. Aunque si bien es cierto en estas empresas se cuenta con una infraestructura tecnológica baja, el acceso a los servicios que provee internet es nulo, esto implica que es necesario llevar a cabo una alta formación en tales tecnologías, a nivel de los empleados que se desempeñan en estas empresas. El uso de Internet solamente se relaciona con la consulta y uso de los correos electrónicos, no hay un uso masivo de las redes sociales, aunque la mayoría de las empresa cuenta con un sitio en Internet, no hay un uso eficiente de los servicios.

De igual manera, los servicios que se prestan en la empresa no son conocidos por los funcionarios que en ellas laboran. Los clientes de las empresas pueden tener acceso a los servicios, pero no hay datos de las transacciones que se hacen por este medio, de igual forma no se muestra la gestión que hacen las empresa a través de estos medios, no hay indicadores de gestión definidos para llevar

estos procesos, lo que hace necesario desarrollar sistemas de información necesario para realizar la gestión adecuada en cada una de las empresas estudiadas.

Las empresas en la actualidad no cuentan con un sistema de mercadeo electrónico, lo que demuestra la necesidad de implantar esquemas de gestión automatizados. Conforme también al estudio realizado por Cisco, las empresas tienen planes de inversión en TIC en los próximos tres años, la mayor parte de la empresa tiene una página web utilizándolas para realizar chat, capturar clientes, manejar el correo electrónico, trabajar en equipo, entre otras. Las PyME soportadas en el mencionado estudio no utilizan internet en relación con el comercio b2b.

Con respecto a los computadores la mayoría de las PyME invierten en computadores para cada empleado bajo la modalidad crédito corto plazo. Los resultados de la aplicación de las encuestas permiten reconocer los usos de las TIC en las PyME, en temas de infraestructura, capacidades y aplicaciones.

De las empresas encuestadas, ninguna utiliza redes sociales, ni software libre para el proceso de sus productos y servicios a nivel de mercadeo y tampoco prevén un estudio de cómo se hace eficiente su gestión mediante la incorporación de tecnología. Con el acceso a las TIC las PyME se vuelven más competitivas y su valor de negocio crece en la medida que sus procesos y accionar se oriente hacia los servicios que les ofrece las TIC.

Del análisis se determina que las PyME no están interesadas en adquirir tecnología que les permite ser más competitivas, están preocupadas por establecer el negocio del día, pero no se proyectan hacia una ventaja competitiva mediante el adecuado uso del software libre y el estudio de sus indicadores de gestión. También se puede determinar que las TIC contribuyen a la reducción costos y en otros casos

a mejorar los servicios que prestan las PyME del sector portuario.

Uno de los problemas fundamentales para que las TIC no sean adoptadas por las PyME es su falta de conocimiento e implementación.

DISCUSIÓN

Una forma de revertir lo expuesto en el análisis de datos en los resultados, sería mostrar las ventajas que existen entre los servicios y los indicadores de gestión mediante el uso de las TIC. Para esto se propone los siguientes elementos como impacto de las TIC:

Diagnóstico inicial: La primera etapa en el proceso de aplicación de las TIC es poder determinar un diagnóstico inicial sobre cómo se llevan a cabo los procesos internos, para luego verificar si es posible apoyar estos con tecnologías.

Recolección de la información: Mediante procesos de recolección de información, como la entrevistas, la observación, entre otros, se logra determinar la oportunidad que se tiene de la información para garantizar la toma de decisiones en el menor tiempo posible.

Procesos de innovación y reducción de costos

Con la adopción de las TIC el impacto se verá reflejado en la atención a los clientes y en la percepción que ellos tengan de las PyME, esto permite disminuir los tiempos, desplazamientos, formas de pago, proyectar los nuevos servicios en línea, programar actividades.

Igualmente, las políticas que se fijen en términos de uso de TIC permiten que estas sigan impactando en la estructura organizacional de las PyME. En Colombia se debe seguir fomentando que los usuarios en especial las empresas pequeñas utilicen la tecnología, según los estudios presentados por firmas como

Everis y Portafolio, en el mes de septiembre Colombia tan solo tiene 127 computadores por cada 1000 habitantes, cifra muy debajo de países como Perú, México, Argentina o Chile, por nombrar algunos; esto demuestra que no hay un crecimiento y ninguna tendencia hacia lograr cambiar las cifras debido a que los equipos son comparativamente costosos frente a un salario mínimo que puede devengar una persona. Esto significa que se deben propender por el uso de la tecnología, ofrecerles a las empresas desarrollos menos costos utilizando y reutilizando lo que existe, para lograr un afianzamiento en el uso de la misma y por ende puedan llegar las PyME a ser más competitivas con su mercado.

Los elementos que las PyME tienen a su favor conforme a las políticas adoptadas por el ministerio de TIC en lo siguiente:

1. Eliminación del IVA para internet, subsidio para las conexiones en los estratos 1 y 2.
2. Disminución del arancel para las terminales y la reducción del 11 al 3.5% en la retención en la fuente para las empresas que desarrollan software. Las conexiones a internet también están en aumento han crecido un 53.96%, con respecto al segundo trimestre de 2010.

Igualmente, las PyME deben propender porque su impacto de TIC se oriente hacia el uso adecuado de herramientas de software libre, que permiten sistematizar todos los niveles de la organización, alguno de ellos son Openbravo, Prestashop, Adempiere entre otras.

En la presente investigación se aplicó Prestashop, como una forma de mostrar cómo se puede impactar en la organización de las PyME utilizando software gratuito. Asimismo, las PyME deben fomentar el uso de las redes sociales o de los mass media donde les permitirá integrar múltiples aplicaciones para consolidar una red de PyME del sector portuario, trabajando para ser competitivos con empresas más grandes y con mayor nivel económico.

De otro lado, revisando detenidamente la Misión y la Visión de las PyME, la palabra virtual y tecnología no están presentes, pero si se percibe en su intención dado que su interés lo exige. Esto conlleva a recomendar varias acciones en pro de mejorar las políticas y uso de TIC

- Capacitación a las PyME en la adopción y equipamiento de tecnología.
- Capacitación en herramientas de software libre.
- Capacitación en herramientas de software social.
- Disminución de los impuestos siempre y cuando se adopte el uso de las TIC.
- Mayor penetración de las redes en las regiones y en especial el sector portuario en todas las costas de Colombia.

También con el análisis de la información recolectada por medio de las encuestas, se determinó que las TIC se encuentran en función del tamaño de la PyME y el número de actividades que puede realizar en el puerto.

Para determinar el grado de adopción de las TIC en la estructura organizacional de las PyME del sector portuario se puede calcular así en la ecuación (1) [13]:

$$\sum_{j=1}^n ij \times rj \quad (1)$$

En donde $ij = 1$ cuando la empresa aplica la tecnología en sus procesos o 0 cuando la empresa no utiliza la tecnología en sus procesos, j representa internet, igualmente se interpreta 1 si utiliza internet o 0 no lo utiliza. La variable r indica la importancia que tiene internet representado por j para incursionar en el mundo de la empresa virtual y los negocios electrónicos [13].

Los niveles del grado de adopción y como resultado de la investigación aplicando la fórmula de Lefebvre [13] se plantean los siguientes rangos de valores:

- Sin adopción: 0 puntos (0%).
- Incipiente adopción: 1 a 50 puntos (1 al 25%).
- Baja adopción: 51 a 104 puntos (26 al 50%).
- Media adopción: 51 a 75 puntos (51 al 75%).
- Alta adopción: 156 a 206 puntos (76 al 100%) [13].

En el caso de las PyME estudiadas se hallan entre sin adopción e incipiente, cifras preocupantes en el mundo globalizado y de desarrollo tecnológico en el que nos encontramos, pero es evidente que sea así por las mismas políticas, costos y falta de apoyo en la adopción de estas tecnologías [14]. Como producto de la investigación se desarrollaron dos prototipos de software sobre cómo se puede vender servicios portuarios utilizando software libre Prestashop y como se pueden generar indicadores de gestión a partir de la información recolectada y la observación en el sitio, permitiendo esto mejorar la toma de decisiones en las PyME del sector portuario. Por lo anterior, se obtuvo información primaria

mediante encuestas para saber qué se conoce, qué se tiene, qué se puede lograr, posibles inconvenientes y en qué se puede contribuir en lo que concierne a: procesos logísticos, de servicios y gestión que derivaron el software propuesto de gestión denominado SIG, que permite trabajar los indicadores, y perspectivas que contribuyen a la consolidación del tablero balanceado de control como propuesta y producto de la investigación.

Como modelo estratégico y para garantizar la viabilidad de la investigación [15], se muestra en la figura 1 cómo se puede establecer un mapa estratégico para las PyME del sector portuario.

Conforme a estos resultados y tal como lo estudia Raul Kats [20], las PyME a nivel internacional son dependientes de un acceso adecuado a las TIC. Conforme al mapa estratégico se generan las diferentes perspectivas de la organización que en este caso son las PyME del sector portuario, figura 2.

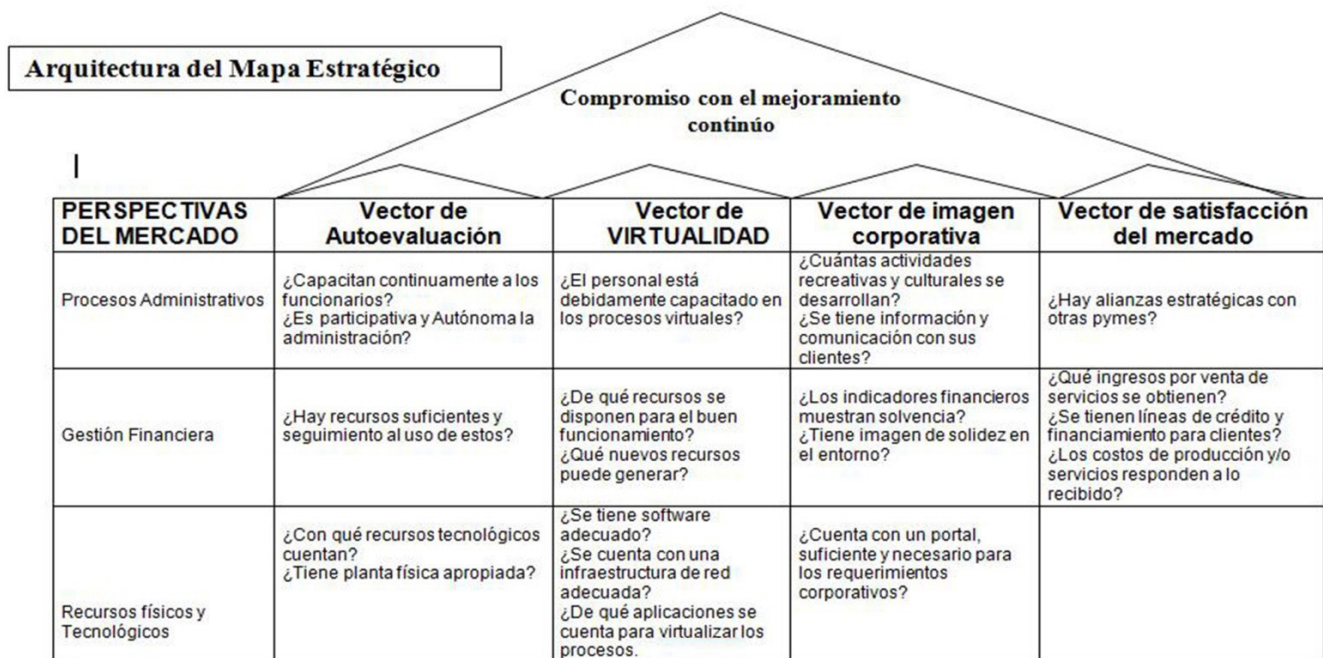


Figura 1. Arquitectura Mapa Estratégico PyMEs.

Fuente: elaboración propia.

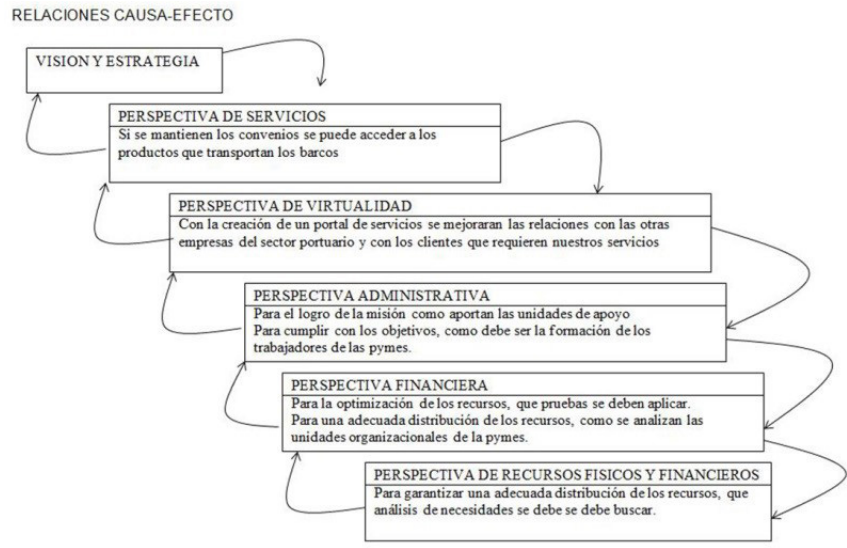


Figura 2. Perspectivas de la organización.

Fuente: elaboración propia.

Sobre las perspectivas presentadas se presentan las relaciones de los componentes del modelo en un tablero balanceado de control, figura 3.

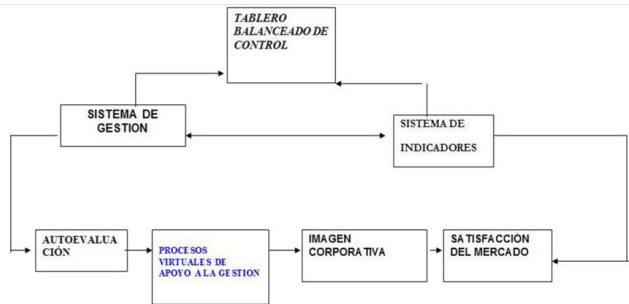


Figura 3. Tablero balanceado de control.

Fuente: elaboración propia.

Con estos componentes y las perspectivas de las organizaciones estudiadas se presentan las condiciones de valor conforme a la incidencia que tienen las TIC en las estructuras organizacionales. Ver cadena de valor, figura 4.

Finalizando se establecen los indicadores y se alinean en un cuadro de mando integral para determinar y controlar los niveles de gestión y uso de TIC en la organización, figura 5.

Desarrollo del software

La metodología que se utilizó para el desarrollo del prototipo de un sistema base de ERP [18] fue XP (programación extrema), la programación extrema es una metodología ligera de desarrollo de software que se basa en la simplicidad, la comunicación y la realimentación o reutilización del código desarrollado [19].

- Las tecnologías utilizadas para el desarrollo fueron: lenguaje web PHP 5.3.4, lenguaje web JavaScript 1.8.1, HTML 5.0, Frame Work jQuery 1.5.1., Frame Work Apple/Google Webkit., MySQL Server 5.5. otros como : Adobe Dream Weaver CS5., Adobe Photo Shop CS5. , Notepad ++ 5.8.2., MySQL Work Bench 5.2., Navegadores web más populares (FireFox, Safari, iexplorer 7–9, Opera, Google Chrome).

Para el caso del prototipo utilizando Prestashop, se diseñó todo el ambiente de servicios de una PyME del sector portuario esta es SCS Aduanera INC. Como se puede observar en la figura 6, en la parte izquierda se encuentran los servicios que ofrece, dando clic sobre cada uno se especifica en qué consiste cada uno y el costo del servicio.

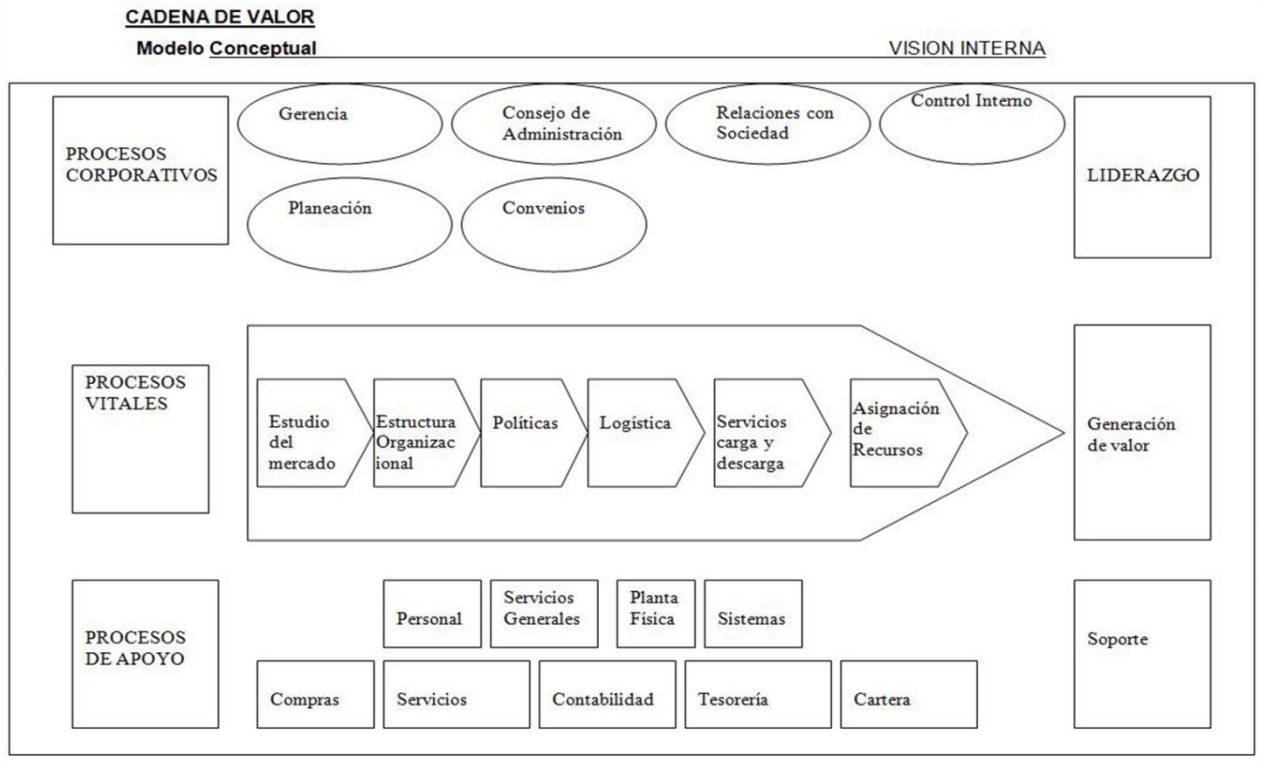


Figura 4. Cadena de valor.
Fuente: elaboración propia.

Cuadro de Mando Integral

Autoevaluación	Nivel	Imagen Corporativa	Nivel	Virtualidad	Nivel	Satisfacción Mercado	del Nivel
Número de Proyectos relacionados con otras empresas o pymes	Operativo	Procesos de Comunicación	Táctico	Valor presupuesto de equipos dedicados a los procesos virtuales	Estratégico		
Perspectiva Financiera				Valor Presupuesto de software dedicado a la virtualidad	Estratégico		
Ejecución del Presupuesto	Operativo			Valor presupuestado acorde con el desarrollo en virtualidad	Estratégico		
Perspectiva administrativa	Gestión			Perspectiva Recursos Físicos	Operativo		
Capacitación de Funcionarios	Táctico			Componentes diseñados del ambiente virtual que soportan la virtualidad	Operativo		
Perspectiva Físicos y Tecnológicos	Recursos			Virtualización de servicios	Operativo		
Estado de la planta física	Operativo			Virtualización del proceso de cargue y descargue	Operativo		
				Virtualización del espacio físico	Operativo		

Figura 5. Cuadro de mando integral.
Fuente: elaboración propia.

El módulo de servicios está desarrollado en tal modo que trabaje como un servicio web, un software cuya plataforma de trabajo es cualquier explorador de internet actual, no requiere de ningún tipo de instalación, solo un computador con conexión a internet y un explorador de internet actualizado.

El módulo de administración se accede mediante una dirección específica digitando la clave con la que se instaló el software Prestashop, figura 7.

Para el caso del software con indicadores de gestión, existen tres casos de uso básicos en la representación del sistema, estos son:

- El usuario anónimo al registrarse tendrá el rol de usuario invitado, figura 8.
- Los roles para usuario administrativo y usuario invitado serán iguales excepto que el usuario invitado no podrá realizar administración de usuarios, se hará un diagrama de caso de uso solo para el administrador, figuras 9 y 10.



Figura 6. Servicios portuarios utilizando Prestashop.

Fuente: elaboración propia.

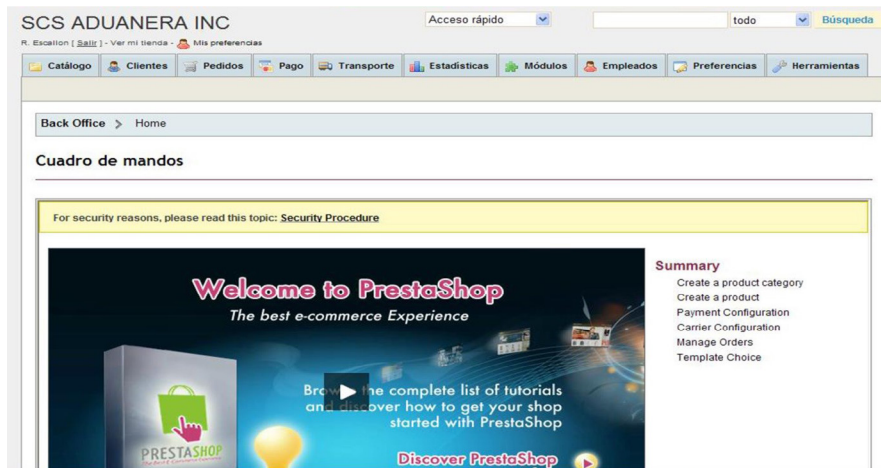


Figura 7. Servicios portuarios utilizando Prestashop, módulo administrador.

Fuente: elaboración propia.

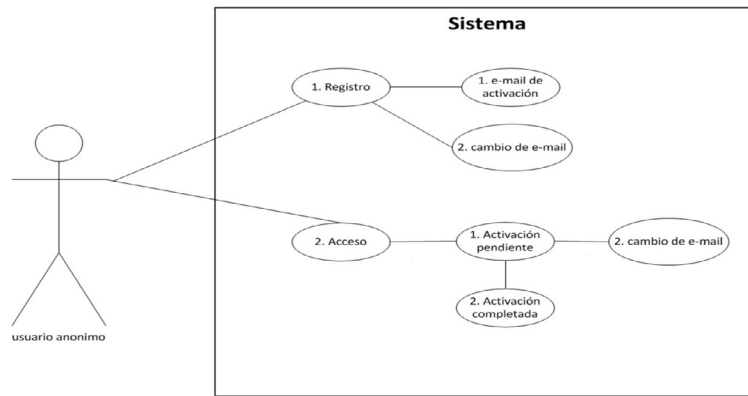


Figura 8. Caso de uso usuario anónimo.
Fuente: elaboración propia.

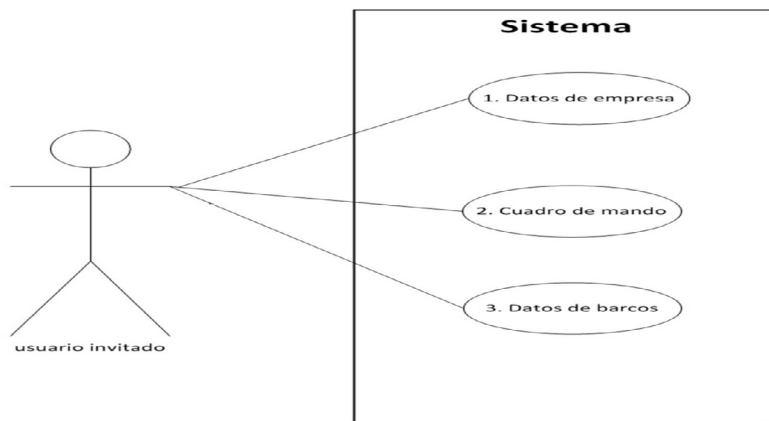


Figura 9. Caso de uso usuario invitado.
Fuente: elaboración propia.



Figura 10. Caso de uso usuario administrador.
Fuente: elaboración propia.

DIAGRAMA DE BASES DE DATOS

La base de datos del sistema tiene dos estados. El primer estado, se refiere en cuanto al sistema está recién instalado, en este estado aún no está construida toda la estructura final del sistema, ya que con el uso del sistema se crean nuevas tablas en la base de datos, figura 11.

El segundo estado se da cuando ya se ha hecho un uso del sistema, lo que conlleva a que se generen más tablas en la base de datos, figura 12. Se mostrarán dos tipos de diagramas, uno para cada estado.

En el prototipo se desarrollaron módulos conforme al modelo de gestión, igualmente se desarrollaron los módulos por cada perspectiva como se observa en la figura 13 y 14.

El módulo de indicadores financieros se configuró para cada una de las variables del modelo, como se ve en la figura 15.

El cuadro de mando para su alineación se diseñó un ambiente variable donde se integran todos los elementos del modelo de gestión, figura 16.

CONCLUSIONES

Para concluir esta investigación, es importante resaltar la importancia que tiene el método de estudio de caso para obtener y analizar las evidencias de cada uno de las PyME del sector portuario. En este apartado se concluirá primero cómo las TIC transforman las estructuras organizacionales y al final las conclusiones generales de la investigación con respecto a la incidencia de las TIC en general.

Conclusiones de las estructuras organizacionales virtuales

En la medida que las PyME adopten tecnología, su estructura organizacional y funcional cambia,

virtualizando sus procesos donde se pueda gestionar las relaciones con el cliente. Medir la gestión utilizando perspectivas, permite tomar decisiones sobre invertir o no en tecnología. El uso de las TIC es fundamental para que las PyME se hagan más competitivas en el mercado del sector portuario. La incorporación de las TIC en los procesos de servicios que ofrecen las PyME del sector portuario genera cambio en la estructura funcional.

Conclusiones generales de la investigación

No hay un conocimiento general de la tecnología móvil, internet, e-commerce y e-business por falta de financiación. Los resultados de inversión en TIC para las PyME son mínimos y no se utilizan en general. Se logró generar el prototipo de Gestión de las PyME mediante el desarrollo de un ambiente virtual en web que le permite a las empresas proyectar sobre cada una de sus perspectivas organizacionales para tomar decisiones. Se deja la propuesta de un prototipo de comercialización de servicios utilizando software libre como es el caso de uso de www.prestashop.com. Se utilizó el SIMPEG para poder conocer las perspectivas a nivel de virtualidad y otras en general, proponiendo varios indicadores que permite evaluar la gestión.

Con la investigación se puede concluir que las PyME no están preparadas para asumir el uso e incorporación de las TIC, sino es mediante la capacitación y divulgación de todas las posibilidades que ofrece la tecnología. Se logró evidencias que las TIC sí influyen en la estructura organizacional obligando a las PyME a la adaptación de sus procesos y niveles de comunicación con las empresas del sector portuario, esto logra que las PyME sean más eficientes como lo plantea Raul Kats [20]; este estudio evidencia que las TIC son un aliado para que las PyME puedan ser competitivas tanto a nivel nacional como internacional.

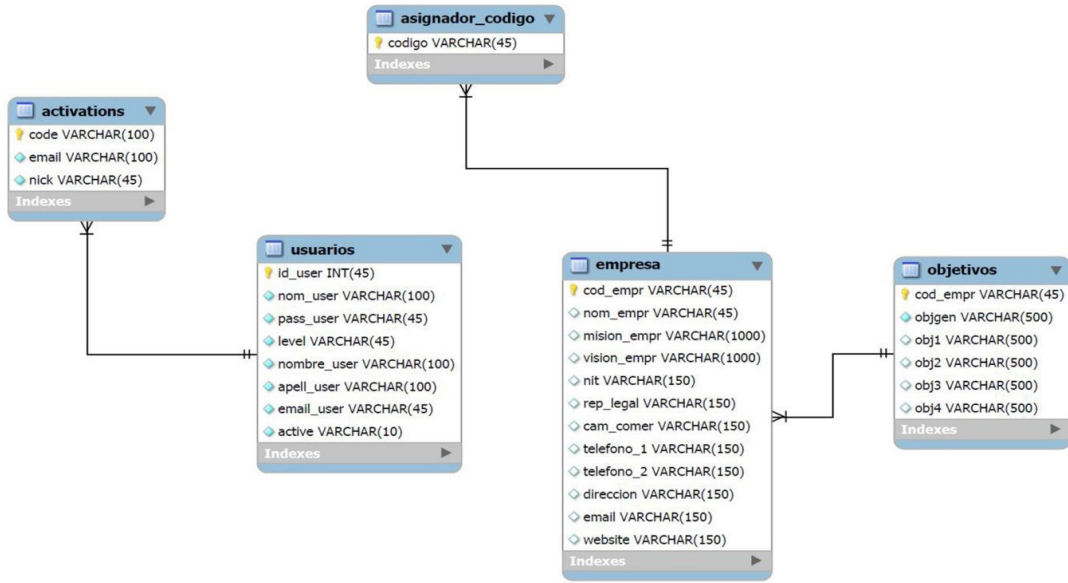


Figura 11. Diagrama base de datos, estado 1.

Fuente: elaboración propia.

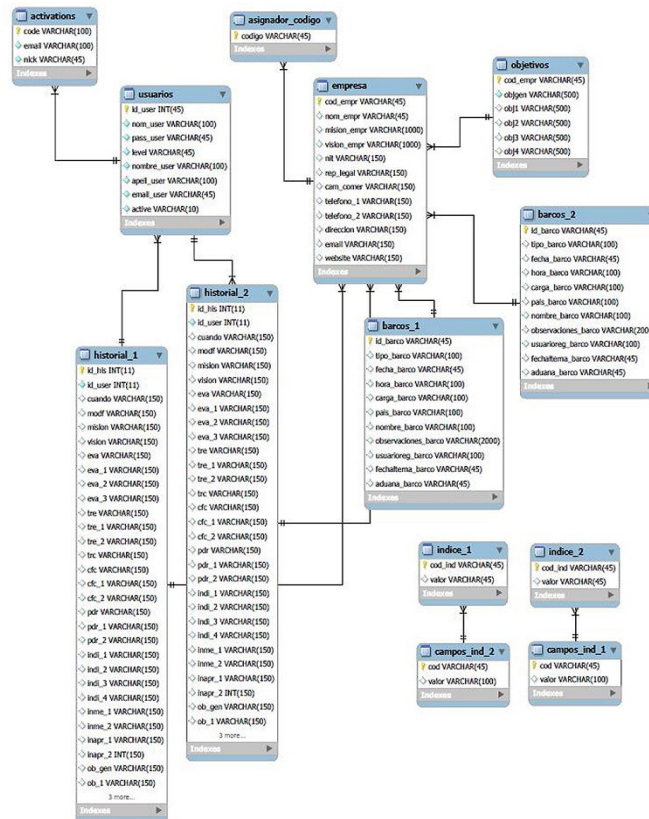


Figura 12. Diagrama base de datos, estado 2.

Fuente: elaboración propia.



Figura 13. Prototipos del sistema.

Fuente: elaboración propia.

Perspectiva Financiera		
Nombre	Descripción	Calcular
EVA <i>(ayuda)</i>	El EVA es una medida de desempeño basada en valor, que surge al comparar la rentabilidad obtenida por una compañía con el costo de los recursos gestionados para conseguirla.	Mostrar
TRE <i>(ayuda)</i>	La Tasa de Rentabilidad o de Retorno (TRE) de un activo se define como el cociente entre los intereses recibidos y el capital invertido.	Mostrar
Tasa de Reducción de costos <i>(ayuda)</i>	Referencia a la reducción de costos de la empresa según la relación de gastos entre un periodo y otro.	Mostrar
Costos frente a la competencia <i>(ayuda)</i>	Se evalúa los costos de la empresa contra los costos de la competencia	Mostrar
Periodo de recuperación <i>(ayuda)</i>	Tiempo que le toma a la empresa en recuperar la inversión	Mostrar

Figura 14. Módulo de perspectivas.

Fuente: elaboración propia.

Indicadores		
Perspectiva Financiera		
Nombre	Descripción	Puntaje
EVA	El EVA es una medida de desempeño basada en valor, que surge al comparar la rentabilidad obtenida por una compañía con el costo de los recursos gestionados para conseguirla.	9
TRE	La Tasa de Rentabilidad o de Retorno (TRE) de un activo se define como el cociente entre los intereses recibidos y el capital invertido.	37.5%
Tasa de Reducción de costos	Referencia a la reducción de costos de la empresa	8.333333333333337%
Costos frente a la competencia	Se evalúa el costo de la empresa contra los costos de la competencia	166.66666666666666%
Periodo de recuperación	Tiempo que le toma a la empresa en recuperar la inversión	4 Meses
Perspectiva Interna		
Nombre	Descripción	Puntaje
Servicio al cliente	Servicio y atención al cliente	10
Venta y posventa	Comercio del producto	10
Entrega eficiente y oportuna de productos.	Entrega en buen estado de los productos, servicio eficiente	10
Desarrollo de nuevos productos o servicios.	Implementación de nuevos productos y/o servicios	10

Figura 14. Indicadores financieros.

Fuente: elaboración propia.

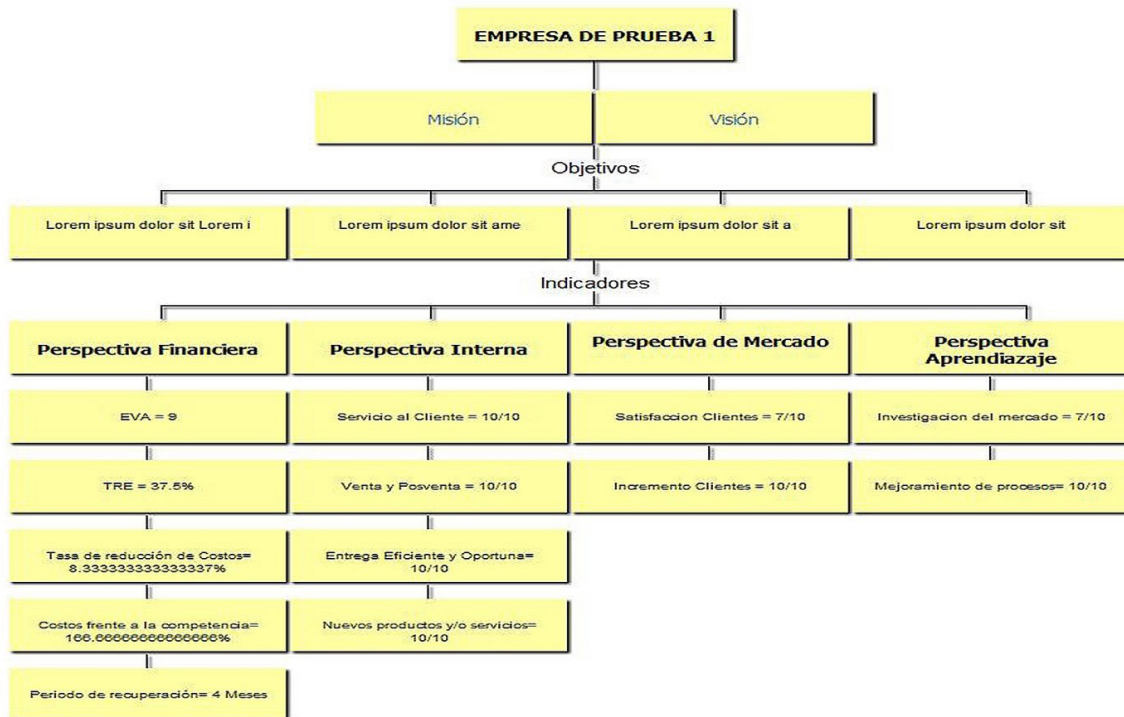


Figura 15. El cuadro de mando.

Fuente: elaboración propia.

REFERENCIAS

- [1] Abbate, J., *Inventing the Internet*. Cambridge: MIT Press. pp. 1-6, 1999.
- [2] Castells, M., *The Rise of the Network Society*. Malden: Backwell Publishers Ltd, 2ed., 2000.
- [3] Castells, M., *La Era de la Información. La Sociedad Red*. Madrid: Ed. Alianza, vol. 1, 3rd ed. 2005.
- [4] Dávila, C. *Teorías organizacionales y administración*. Ed. Mc Graw Hill, 2001.
- [5] Motta, P., *Transformación Organizacional*. Ed. Alfa Omega. 2001.
- [6] Beer, S., *Diagnosing the System for Organizations*. Ed. Jhon Wiley & Son, 1993.
- [7] Bell, D. *The coming of Postindustrial Society*. New York: Basic Books. 1976.
- [8] A. J., Cabero, *Impacto de las Nuevas Tecnologías de las TIC Educativas*. Universidad de Sevilla, 2002.
- [9] Cuesta, F. *La Empresa Virtual*. Ed. Mc Graw Hill, 1999.
- [10] Carnoy, M., *Sustaining the New Economy*. New York: Russell Sage Foundation, 2000.
- [11] Carnoy, M., *El trabajo flexible en la era de la información*. Madrid: Ed. Alianza, 2001.
- [12] Castells, M. *La Era de la Información. Economía sociedad y cultura: El poder de la Identidad*. México: Editorial: Siglo Veintiuno Editores, vol. 2, 2001.
- [13] Lefebvre, E. and Lefebvre, L., "Firm innovativeness and CEO characteristics in small adoption for entrepreneurs". *Journal of Computer Information System*, vol. 42, 2001.
- [14] Taylor, S. y Bogdan, R., *La entrevista en profundidad. Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados*. Barcelona: Paidós Ibérica (cap. 4, pp. 100-132), 1984.
- [15] Espejo, R. and Harden, R., *The Viable System Model. Interpretations and Applications of Stafford Beers VSM*. Ed. Jhon Wiley & Son. 1989.
- [16] Kaplan, R y Norton, D., *Cuadro de Mando Integral*. Barcelona: Gestión 2000. 2000.
- [17] Yin, R., *Case Study Research. Design and Methods*. Sage Publications, Thousand Oaks, 4th ed. 2009.
- [18] Diaz, L. y Ángel, M., *Sistemas de gestión integrada para las empresas ERP*. España: Universidad de Alcalá. 2014.
- [19] Beck, K., "Embracing change with extreme programming". *Computer*, 32(10), pp 70-77, 1999.
- [20] Kats, R. *El papel de las TIC en el desarrollo, Propuesta de América Latina a los retos económicos actuales*. Editorial: Fundación Telefónica, Vol 19, pp 74-88, 2009.





Plataforma de teleasistencia domiciliaria para el programa de soporte social CASSAUDEC

A remote care platform for the social support program CASSAUDEC

Andrés F. Ardila¹ Benjamín A. Huérfano² Marcia C. Pulido³ Pedro L. Cifuentes⁴

Para citar este artículo: Ardila, A., Huérfano, B., Pulido, M. y Cifuentes, P. (2016). Plataforma de teleasistencia domiciliaria para el programa de soporte social CASSAUDEC. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 41-54. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a06

Recibido: 9-febrero-2016 / Aprobado: 17-mayo-2016

Resumen

Las estrategias de formación desarrolladas para el programa de soporte social traen consigo deficiencias en la accesibilidad por parte de los enfermos crónicos (EC) como del cuidador de CASSA-UDEC (Centro de Atención Social en Salud de la Universidad de Cundinamarca), que no cuentan con tiempo para desplazarse, obstaculizando su vinculación. Para tal fin se desarrolló una plataforma de teleasistencia domiciliaria (PTD) mejorando la cobertura, calidad, accesibilidad y formación a los cuidadores y EC de CASSA-UDEC. El diseño de la plataforma brinda una interfaz de contenidos dinámicos, modulares y de fácil uso al usuario con base en constructos gerontológicos identificados. Gracias a los beneficios de la virtualidad, la plataforma facilita el autoaprendizaje de sus usuarios y da soporte a las actividades desarrolladas en el programa de soporte social, ampliando su cobertura y accesibilidad.

Palabras clave: cuidado, enfermo crónico, plataforma de teleasistencia, soporte social, TIC.

Abstract

The training strategies developed for the social support program bring deficits in accessibility to the chronic ill patients (EC) and the CASSA-UDEC's caretaker (CASSA-UDEC: Centre for Social Health Care at Universidad de Cundinamarca) they do not have time to commute, hindering their legal relationship established by the contract. For this reason, a remote care platform (PTD) was developed to support users at CASSA-UDEC improving aspects related to coverage, cost, quality, access and appropriation of information from caregivers and chronic ill patients. The design was based on gerontological constructs identifying features such as modularity, object size, usability, ergonomics, and some others, providing a friendly platform for the user with dynamic, modular

1. Ingeniero electrónico, Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: af-ardila@hotmail.com
2. Ingeniero electrónico, Universidad de Cundinamarca; master (c) en ingeniería, Electrónica y de computación, Universidad de Los Andes. Correo electrónico: andreshuerfano2@hotmail.com
3. Ingeniera de sistemas, Universidad de Cundinamarca; Especialista en Gerencia de Servicios de Salud, Universidad de Cundinamarca; master (c) en Telemedicina, Universidad Oberta de Catalunya. Correo electrónico: Catapul14@gmail.com
4. ingeniero electrónico, Universidad de Cundinamarca; especialista en Ingeniería de Software, Universidad Antonio Nariño; master en Arquitectura de Software, Universidad de la Rioja, España. Correo electrónico: pedroelectric2005@gmail.com

and high usability content. The Platform provides a space for interaction and aid, which works as a dynamic entity in the job done by CASSA-UDEC giving support in the development of activities, expanding its coverage, access; all thanks to the benefits offered in a virtual mode.

Keywords: care, chronically ill, telecare platform, social support, ICT.

INTRODUCCIÓN

Según datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la carga de morbilidad de enfermos crónicos mayores de 30 años es de 72% a nivel mundial [1]. La heterogeneidad de aspectos como expectativa de vida, violencia, pobreza e índice de mortalidad implican diferencias en el crecimiento y en la estructura por edades de la población [2], evidenciando un vuelco en la pirámide poblacional y produciendo un aumento en el número de adultos mayores, lo cual hace más prevalente la aparición de enfermedades crónicas a medida que la población envejece. Siguiendo esta tendencia se puede observar que se ha venido desarrollando un problema en salud pública, y teniendo en cuenta que las enfermedades crónicas no son actualmente el centro del sistema de salud, como lo son las enfermedades agudas, ocasionan a futuro un despliegue forzoso en la atención a los enfermos crónicos [3].

Por esta razón se ha dado inicio a redes de apoyo social, que se encargan de prestar un servicio de salud facilitando y supliendo esta necesidad, que año a año sigue aumentando. Es de resaltar que estos nodos de atención social forman una gran red de apoyo a nivel nacional, pero aún presentan deficiencias, para lo cual se han venido desarrollando herramientas y métodos que permiten contrarrestarlas. Específicamente en Girardot, Cundinamarca, se ha desarrollado un grupo social denominado CASSA-UDEC (Centro de Atención Social en Salud de la Universidad de Cundinamarca), conformado por docentes y estudiantes del Programa de Enfermería,

permitiendo un despliegue de experiencias y conocimiento científico-académico para la prestación del servicio, en el cual se muestran falencias, que han suscitado el anhelo por mejorar la situación presente y futura del programa, permitiendo llegar a una investigación profunda para contrarrestar así esta situación. Es evidente que a un mayor número de enfermos crónicos debe existir un número igual o mayor de cuidadores informales, por ello el uso de las TIC, para mejorar el servicio y la calidad de vida de las personas participantes de los programas de soporte social. Estas han venido presentando un gran auge, lo cual también ha mejorado la cobertura y calidad de dichos programas, que de manera consecuente permite que poblaciones con poca accesibilidad a los programas de soporte social puedan ser partícipes y beneficiarse de los mismos.

METODOLOGÍA

Con el propósito de llevar a cabo el desarrollo de la PTD y debido a la interdisciplinariedad con la Facultad de Ciencias de la Salud, se seleccionó una metodología tradicional y sencilla, como lo es la de cascada, que permite escalar nivel a nivel de la estructura, hasta soportar el objetivo dispuesto, permitiendo una retroalimentación continua en cada etapa.

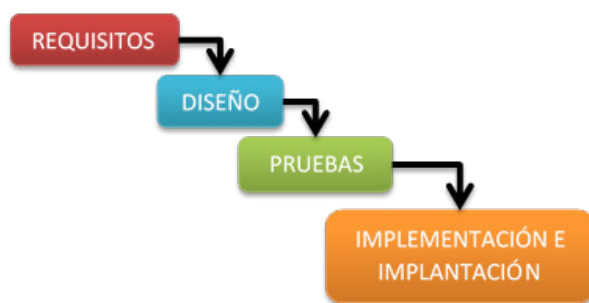


Figura 1. Metodología en cascada.

Fuente: elaboración propia.

Requisitos

Se hizo uso de diferentes herramientas para la adquisición de información, tales como encuestas, revisiones bibliográficas, constantes reuniones con

los mentores del proyecto y un estudio del estado de arte que no solo generó una visión holística del sistema si no que de manera clara permitió identificar los requerimientos que se pueden implementar en el sistema.

Análisis inicial

En la Plataforma de Teleasistencia domiciliaria (PTD), se aplicaron distintas herramientas de recolección de información, con el fin suplir las demandas de la población de estudio, en este caso, los enfermos crónicos vinculados al programa de soporte social y cuidadores de la ciudad de Girardot, programa que es llevado a cabo por el centro de atención social en salud (CASSAUDEC).

Identificación de requerimientos

Los requisitos de la población, en este caso los cuidadores y enfermos crónicos del programa de soporte social, se encuentran plasmados a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Requerimientos y características de los usuarios.

Parámetros a cumplir	<ul style="list-style-type: none"> • Interconectividad entre usuarios • Aumento de cobertura del programa • Enseñanza interactiva • Desarrollo de actividades interactivas • Programación en software libre • Modularidad por roles • Manejo de aspectos gerontológicos • Características de usabilidad altas • Reducir costos de mantenimiento
Características de los usuarios	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de edad de enfermos crónicos, 35 a 80 años • Rango de edad de cuidadores, 19 a 55 años • Nivel de escolaridad mínimo primaria • Manejo básico del ordenador • Desgaste físico y mental

Para la caracterización básica de la población objeto se identificaron aspectos tales como: conocimiento acerca del manejo de computadores, accesibilidad tecnológica y a internet, apoyo familiar, intensidad de uso; resultado de la realización de una encuesta de diecinueve preguntas desarrollada a los cuidadores y enfermos crónicos pertenecientes al programa.

Tabla 2. Caracterización de la población.

	Si	No
Acceso a la tecnología	80%	20%
Uso del computador	28%	72%
Cuenta con el servicio de internet	56%	44%
Gusto en participar de capacitaciones	100%	0%

En la tabla 2 se muestra que un 80% posee ordenadores en su domicilio, pero solamente el 28% tiene conocimiento en el manejo del mismo, por ello se identificó la necesidad de realizar cursos en el manejo de los recursos tecnológicos, tema fundamental para el buen uso de la PTD; de manera agregada se evidencia que 100% de los usuarios se encuentran dispuestos y en calidad de participar de capacitaciones con el fin de mejorar dichos aspectos [12].

Diseño

Sobre la base de la población objeto el diseño de la plataforma se realizó a partir de constructos de tipo gerontológicos, por lo cual su estructura se desarrolló teniendo en cuenta la identificación de las principales características, tales como tamaño de los objetos, ergonomía, nivel de instrucciones, usabilidad y modularidad, entre otros

Selección sistema gestor de contenidos

La creación de páginas web dinámicas y muy activas ha permitido una creciente acogida en el desarrollo de información, puesto que anteriormente el desarrollo de dichas páginas web dependía

netamente del código fuente con lenguajes de programación (JAVA, XML, PHP, HTML5, CSS, etc), los cuales proporcionaban el acceso a este medio de comunicación de forma poco eficiente, impidiendo así el surgimiento de portales web con un mayor grado de complejidad. Actualmente el surgimiento de Content Management System (CMS, por sus siglas en inglés) ha permitido el acceso a este tipo de tecnología de forma un poco más práctica, sin dejar de lado el hecho de que estos se encuentran basados directamente en los lenguajes de programación [12], en pocas palabras “Un gestor de contenidos (CMS) es un software que nos permite construir una estructura para la creación y administración de páginas web” [4]. Por lo tanto la base primordial de la PTD depende de la selección del mismo, por ello se realizó un análisis comparativo de los diferentes CMS, teniendo en características de tipo cuantitativo, cualitativo y argumentativo.

Las características usadas como parámetros de selección de los CMS a estudiar fueron: uso de lenguaje PHP, software libre y popularidad. Permitiendo la selección de tres posibles candidatos, como lo indica la tabla 3.

Este estudio tomó como punto de referencia distintos entes reguladores de Internet para la adquisición de datos fehacientes sobre los dichos CMS, tales como Google, Trends y Alexa.com [5]. En cuanto a popularidad, en seguridad se usaron Secunia y CVE [12], a nivel de usabilidad se realizó

de modo argumentativo y como parámetro final se tomó la cantidad de documentación presentada por estos [12], arrojando los resultados dispuestos en la tabla 4.

Tabla 4. Calificación principal CMS.

	Drupal	Joomla	WordPress
Popularidad	Baja	Alta	Alta
Seguridad	Alta	Media	Media
Usabilidad	Baja	Alta	Media
Documentación	Alta	Alta	Alta

De acuerdo a la calificación de popularidad, seguridad, usabilidad y documentación el CMS Joomla es el gestor que mayor calificación obtuvo, en comparación de los otros dos estudiados; por esta razón el desarrollo de la PTD está basado en Joomla.

Colores

Al pasar los años, el cuerpo envejece y sus órganos también; en este caso, el sentido de la vista se siente la disminución y la aparición de distintas patologías y contraindicaciones debido al modo de vida de la persona en cuestión, por ello se producen cambios en diferentes partes del glóbulo ocular como la córnea y el cristalino.

Ambas estructuras amarillean y como consecuencia se produce un fenómeno de opacidad de la luz,

Tabla 3. Comparación características principales CMS.

	Drupal	Joomla	Wordpress
Requerimientos	Drupal 7.12	Joomla! 2.5	WordPress 3.3
Servidor de aplicaciones	Apache	CGI	-
Costo aproximado	Gratis	Gratis	Gratis
Bases de datos	MySQL	MySQL	MySQL
Licencia código	Abierto	Abierto	Abierto
Sistema operativo	Independiente	Independiente	Independiente
Lenguaje de programación	PHP	PHP	PHP
Servidor Web	Cualquiera	Cualquiera	-

lo que conlleva dificultad a la hora de distinguir colores como el azul y el gris, y dificultad entre el rojo y el púrpura; sin embargo, se perciben de forma satisfactoria los colores de longitud de onda más larga, como lo son las tonalidades verdes (500-550 nm) y las rojas o amarillas (600-700 nm) [6]. Según la psicología del color, el uso de colores cálidos aporta al interés e implican emociones en el cerebro de tipo positivas [7], también se recalca el uso de pequeños contrastes con colores fríos, para llamar la atención del lector [12].

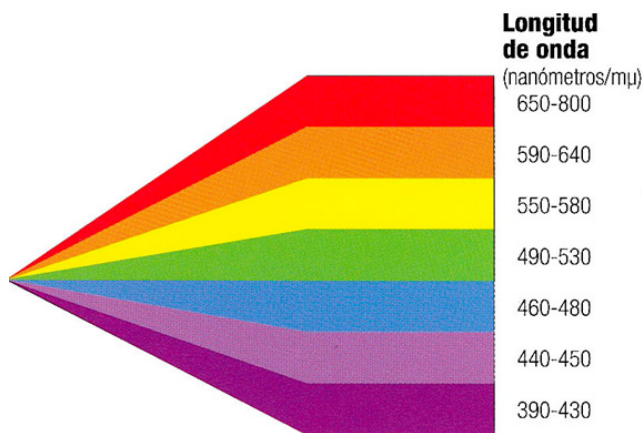


Figura 2. Espectro de la luz.

Fuente: hablandodeciencia.com

Las tonalidades verdes y amarillas predominan en la plataforma, ya que para el ojo humano son fáciles de identificar por sus contrastes, ayudando así a la navegación y selección por parte de los usuarios; estos colores cálidos son de gran ayuda en el factor de usabilidad y aumentan el interés por el uso del portal.

Módulos y componentes

En este ítem se explican los módulos y componentes que se usaron en la PTD, para cumplir con las necesidades planteadas con el fin de optimizar el programa de soporte social. Como se ha mencionado en varias ocasiones, el CMS que se seleccionó en el proyecto fue Joomla en la versión de 2.5, por la incursión de sistemas libres y mayor auge. Por lo

anterior se quiere sustentar que las herramientas utilizadas en su totalidad son de código abierto y de GPL (Licencia pública general), lo que permitirá su libre uso y abstención de pago; no obstante, la utilización de estos módulos y componentes trae consigo diferentes limitantes, debido a que los mismos desarrolladores no exponen todas las potencialidades de este en su versión libre, lo que conlleva no tener acceso a múltiples características de uso, pero lo suficiente para suplir los requerimientos básicos establecidos desde un principio para los usuarios.

Ari Quiz Lite

Módulo que permite desarrollar pruebas interactivas, estas serán llevadas a cabo para determinar las características de una población, la conformidad con algún evento o servicio, la usabilidad, el enfoque de las temáticas y la información. El propósito es obtener con ellos resultados que puedan ser usados por los usuarios administradores y ayuden a garantizar una permanencia de los usuarios finales. Las encuestas serán diseñadas por el grupo de enfermeros debido a que son ellos las profesionales en pedagogía en salud, lo que permite enfocar estas pruebas de una manera social, justificándolas de profesionalmente y diseñándolas de manera específica a las necesidades de los usuarios finales. Para este requerimiento, se buscaron diferentes módulos y componentes, de los cuales se determinó la selección de "Ari Quiz Lite", que es la versión libre de este componente.

JBolo!

El chat es otra herramienta que se requirió para prestar el servicio de teleasistencia domiciliaria. El chat deberá generar un soporte inmediato y una socialización entre los usuarios conectados en ese momento, lo que facilitaría también la interacción e intercambio de experiencia e información, ayudando a generar una retroalimentación entre los mismos usuarios. También se espera que se creen nuevos lazos de amistad que hará la enfermedad más llevadera.

Este chat facilitará la creación de conversaciones grupales, lo que ayudará a discutir un tema o socializar con todos los usuarios conectados en ese momento. Para este componente se determinó una característica importante, como lo es el seguir navegando y mantener el chat de forma paralela, algo que un chat libre no lo presenta; por ello, se utilizó la versión beta de este módulo conocido como "JBolo!", que es de uso comercial, pero en su versión beta permite para realizar pruebas sobre ella a cambio de su utilización de manera libre.

JEvents

Los eventos ayudaran a los usuarios finales estar atentos a lo que se lleve a cabo por el grupo de soporte, con el fin estar actualizados e informados. Estos eventos pueden ser de cualquier tipo ya sean conferencias, charlas, discusiones, actividades de integración, entre otros, que podrán verse cronológicamente y estará en la disponibilidad de enviar correos a los usuarios, para notificarles lo que se está llevando a cabo. Para este fin se seleccionó el módulo y componente "JEvents".

Kunena

La aplicación del foro o de preguntas frecuentes podrá ser llevada al soporte técnico de la plataforma, de contenidos, de espacios de discusión, de ayuda a la localización de lo buscado, soporte social y de atención en salud. Estos foros y preguntas facilitarán a los usuarios finales e invitados, interactuar en la plataforma y adquirir pericias en el manejo del sistema lo que implicaría facilidad de uso por parte de la población en general. Estas preguntas podrán ser respondidas por cualquier usuario que tenga la respuesta más acertada a esta, debido a que podrá integrarse una interacción e intercambio de experiencias, donde el conocimiento sea transferible y válido para cualquier tipo de persona que quiera constituir el sistema.

Ingnite Gallery

Para lograr mayor practicidad en la evidencia de las imágenes, se espera que los contenidos se distribuyan en diferentes álbumes que permitan una mayor organización, en cuanto a los contenidos y que los usuarios finales puedan ver las imágenes categorizadas específicas.

K2

Este componente que sigue al igual que el anterior no solo busca ofrecer una presentación de contenido más dinámica y estética, si no simplificar la publicación de estos de parte de los usuarios administradores, donde ya en ítems anteriormente mencionados que son las personas que integran el grupo de CASSAUDEC, los cuales en su mayoría son enfermeros de la universidad de Cundinamarca. Estos módulos facilitarían y simplificarían este trabajo de carga de contenidos, permitiendo que cualquier integrante del grupo sea capaz de realizar esta tarea sin mucho conocimiento técnico especializado.

AcyMailing

La necesidad de generar un mayor impacto en los usuarios de la PTD, obliga a generar un canal de información, ya sea nuevos contenidos, eventos próximos, anuncios destacados, etcétera; por lo cual se hace más efectivo si se envía esto a los correos, con los cuales están registrados independientemente de su gestor de correo (Hotmail, Gmail, Yahoo, msn, ...), debido a que los usuarios por lo general revisan constantemente sus cuentas de correo personal, lo que permite que aparte de tener habilitada la plataforma, se pueda interactuar de manera virtual, para informarlos continuamente.

ExtPlover

Estas últimas opciones de módulos se enfocan para la administración de la PTD, debido a que no solo

debe permitir practicidad y facilidad a los usuarios que se quieran conectar, sino también para los usuarios encargados de la administración, ya sea como gestores de contenidos o propios súper usuarios; lo anterior permite agilizar los procesos y que las personas que estén a cargo de la PTD, se les facilite el aprendizaje de estas herramientas que son dinámicas. Por ello se utilizó el módulo de “ExtPlorer”, que permite gestionar archivos y documentos desde el mismo servidor o desde un equipo personal.

JCE Editor

Para facilitar a los usuarios admiradores y creadores de contenido, el llevar a cabo tareas de creación y diseño, de artículos sencillos, multimedia y diferentes contenidos, se hace evidente tener un editor amigable, que a través de él permita crear los contenido de manera artística, estética y con un alto grado de facilidad, gracias a que su interfaz es muy cómoda y semejante a los editores de texto, que se manejan generalmente en todos los equipos personales, como Microsoft Word, OpenOffice, etcétera.

Akeeba backup

El último componente instalado para la plataforma es el “Akeeba backup”, que no por encontrarse al final es menos significativo, debido a que este es esencial para el mantenimiento de la PTD, pues permite respaldar toda la información que se encuentre sobre el servidor, a fin de evitar pérdidas al momento de presentar fallas en el sistema. Este exporta todos los archivos importantes al almacenamiento interno del servidor o del PC administrador sobre el que se esté trabajando, permitiendo realizar copias de este contenido y mantener la información a salvo de daños.

Mixlr (programa radial)

Haciendo uso de esta herramienta proporcionada por la página mixlr.com de forma gratuita, se

realiza la gestión de un programa radial sin ningún tipo de restricción o costos, en este caso se pretende hacer uso de este elemento para difundir y crear un canal de comunicación con el usuario y así poder generar un nuevo lazo entre plataforma y paciente.

Diseño de interfaz gráfica

En el desarrollo de la interfaz gráfica de la plataforma, se implementó de tal manera que presentara una interfaz de fácil uso, amigable a la vista del cuidador y su enfermo crónico, y teniendo en cuenta los siete aspectos de vital importancia Connell [8]:

- Apto para cualquier tipo de usuario.
- Maleabilidad máxima para acomodar el mayor rango de preferencias individuales.
- Sencillo e intuitivo, fácil de comprensión.
- Facilitación de información requerida para el uso del usuario, independiente de las circunstancias y sus capacidades sensoriales.
- Debe ser resistente a los errores.
- Esfuerzo físico mínimo
- Ergonómico. El entorno provee un área y requerimientos adecuados para su uso con libertad.

Para cumplimiento de estos constructos se trabajó de manera conjunta con los usuarios administradores del programa de soporte social (docentes del programa de enfermería y coordinadoras del programa de soporte social), ya que son los clientes finales. La interfaz se desarrolló a la medida de sus requerimientos sin dejar a un lado los parámetros identificados en la investigación inicial

Plantilla base

Se desarrolló una plantilla base, la cual generaría la estructura primordial de la PTD, en ella se plasmó todos los elementos anteriormente caracterizados, por las demás fases del proyecto. Dándole un aspecto mucho más amigable con el usuario,

esta contaba con una apariencia plana, por tanto se rediseño con la modificación de códigos base, los cuales incluyen cambios en su estructura base, modificación de los estilos CSS, imágenes, generación de menús, submenús, creación de artículos, indexación, categorización, reorganización de posiciones, modificación de código HTML5, XML, PHP.

Aunque el desarrollo evidenciado hasta el momento ya cuenta con mucha de las características necesarias, para su correcto funcionamiento es preciso ahondar más estos temas que generan un mayor índice de usabilidad dentro de la plataforma.

Textos

Con respecto a la agudeza visual, el tamaño de la letra debe ser legible y con un claro contraste con el fondo de pantalla, por lo que el tamaño del texto aconsejable en la aplicación para personas mayores es de 18 pixeles por carácter, lo cual permite una lectura rápida y poco tediosa. La fuente del texto debe de ser una fuente muy legible y con buen espaciado entre cada carácter, con el fin de evitar fatigas en la lectura; para este caso se implementó el tipo de letra 'Century Gothic' la cual se caracteriza por su claridad y legibilidad.



Figura 3. Plantilla base, diseño fundamental.
Fuente: elaboración propia.

Modularidad

Durante el envejecimiento también se produce un declive en la capacidad de discriminación de estímulos relevantes e irrelevantes [9]. Estas características cognitivas afectan al manejo del ratón, por ello que las personas mayores tardan más tiempo en hacer 'clic' en el computador que los demás grupos de edad. Por medio de la modularidad del portal se pretende hacer más fácil su uso y mejorar la experiencia del usuario.

Íconos

A fin de manejar un estilo mucho más simplificado los iconos presentados por la PTD, son minimalistas y de un tamaño considerable, con el objetivo de permitir a los usuarios puedan acceder con facilidad. Una presentación simple con ayuda de una breve descripción ayudan a que el usuario identifique con rapidez las diferentes zonas de la PTD, el uso de símbolos simples ayudan a identificar fácilmente módulos y plugin's.

Menú

El menú usado por al PTD tiene grandes dimensiones, contrastes cromáticos, cambios de color activos, submenús de fácil acceso, texto de gran tamaño, lo cual contribuye al posicionamiento del usuario dentro del contexto de la plataforma, al encontrarse en la parte superior y siempre visible genera una ventaja de manejo del portal. Además de contar con ser de tipo activo, lo que implica que se ajusta al usuario que ha ingresado a la plataforma, permitiéndole cambiar sus opciones y poniendo al alcance de la vista, los ítems más relevantes para el rol del usuario actual.

Diseño contenido

Debido a que el sistema está situado en un ámbito socio-académico distinto al nuestro, por tratarse de temas especializados del área de la enfermería;

específicamente hablando los que involucran la diabetes, hipertensión, artritis, cuidados y formación del cuidador. Por ello no se puede llevar a cabo una creación de contenido, de manera directa puesto que el ámbito en el cual se desenvuelven los diseñadores del sistema es totalmente distinto y no involucra ningún campo del conocimiento que permita desarrollar de manera sencilla, confiable y verídica los contenidos de tipo formativo. Por ello, este ítem se llevó a cabo de formar grupal e interdisciplinar, y acordada con los mentores del macro proyecto, a fin de agilizar este proceso en primera instancia.

Por tal motivo se dio paso a una revisión bibliográfica para incrementar el conocimiento inicial y evitar dispersión por parte del lector. Esta búsqueda se llevó a cabo en lugares reconocidos, que tuvieran gran trayectoria y que se desempeñaran específicamente en el cuidado de estas enfermedades crónicas y en el apoyo al cuidador. Cabe recalcar que no existen antecedentes, ni información en este tipo de proyectos ni contenidos, por lo cual se abordó la revisión de contenidos.

Contenidos gestionados de terceros

Se realizó revisión cuidadosa de las políticas de privacidad, de los términos y las condiciones de uso de las plataformas referenciadas en el contenido, enfocándose en la liberación de permisos para el uso libre del contenido.

Contenidos propios

Se realizaron cuadernillos dinámicos para mejorar la interacción con los usuarios, se desarrollaron videos propios del programa tradicional de soporte social donde se trabajó la edición por parte de profesionales para que el resultado sea el mejor para la comunidad objeto. Conjuntamente a este material se crearon actividades como crucigramas y diferentes evaluaciones que desarrollo el grupo de CASSAUDEC. De esta forma se completa la actividad

de diseño y creación de contenidos para prestar un mejor servicio a los usuarios.

Software adicional

Se desarrolló de manera agregada la creación de tres software, que están dispuestos en los contenidos de la PTD, los cuales son de tipo ejecutable en plataformas con sistemas operativos Windows (XP/Vista/7/8). Estas aplicaciones se basan en un lenguaje de programación orientado a objetos de plataforma .NET conocido como C Sharp (C#), haciendo uso de su versión gratuita C# express, en donde se desarrollaron aplicaciones básicas, para la resolución de problemas de los usuario de la plataforma de teleasistencia [12].

Examen de riesgo de diabetes

Se diseñó un programa el cual permite identificar el nivel de riesgo de una persona en evidenciar diabetes en futuro, el cual se basa en un estudio cualitativo llevado a cabo por la asociación americana de diabetes (Diabetes.org), en donde se exponen una encuesta que muestra por medio de simples pregunta el nivel de riesgo de una persona [10].

Pastillero

El desarrollo de este aplicativo tiene como objetivo proporcionar a las personas un medio por el cual poder tener un orden en la toma de sus medicamentos, el cual les brindará un recordatorio de dos tipos, visual y auditivo, en donde se programan los medicamentos y tiempos de toma y automáticamente se activa en el instante en que debe ser tomado el medicamento.

Historial de glucosa

Esta aplicación tiene como propósito brindar un apoyo para la toma de medidas de glucosa, la cual presenta un historial interactivo, con conectividad a base de datos (SQL), vía internet, lo cual permite

tener toda la relación de datos del usuario en cualquier instante; lo anterior se muestra de modo gráfico permitiendo así un lectura mucho más simple y la identificación de fluctuaciones en los niveles de glucosa de la persona.

Pruebas

El nivel de usabilidad por parte de usuarios sobre la plataforma es fundamental en esta fase del desarrollo de la PDT, ayuda a evidenciar el impacto sobre la población objeto. Para identificar el nivel de uso presentado por el portal se tuvo como referencia el proyecto de investigación titulado “Análisis de usabilidad de los portales en español para personas mayores” [11], donde se destaca los aspectos a tener en cuenta en un portal destinado a adultos mayores, siendo estos la población con mayor participación en los usuarios finales del portal.

Estos aspectos fueron evaluados en el momento del desarrollo final de la página, con el fin de poder crear, una plataforma lo más apta posible, para generar un ambiente propicio en el desarrollo y sostenimiento del soporte social a un grupo social tan grande, como lo es el de los cuidadores y enfermos crónicos, a nivel nacional. De esta evaluación se obtuvieron los siguientes resultados expuestos en la tabla 5.

Tabla 5. Aspectos evaluados.

No Ventanas emergentes	✓	Fuentes \geq 12Pt	✓
No Flash introductorios	✓	Iconos grandes	✓
Demasiada información	✓	Imágenes de apoyo	✓
Fondos sin contrastes	✓	Organización jerárquica	✓
Fuente San Serif	✓	Videos corta duración	✓
Uso de gramática	✓	Mantener diseño	✓
Espaciado \geq 1.5 líneas	✗	Botones de navegación	✓
Alineación texto Izq.	✓	Información de ayuda	✓

Obteniendo así una valoración de 15 sobre 16 características necesarias para el cumplimiento de sitios Web que prestan su servicio a personas con características espaciales y de tipo gerontológico, de igual manera se realizó en el diseño estructural la modificación a interlineado a 1.5 líneas, con el fin de cumplir todos estos aspectos, demostrando así que el trabajo en fases anteriores tuvo una gran adecuación, al no presentar limitantes con el cumplimiento de los requisitos.

Diseño final de la PTD

Tomando como base los anteriores apartados se da por finalizada la fase de diseño de la PTD, lo cual da como resultado un portal amigable con el usuario, de contenidos interactivos, modulares y con características de fácil uso; cumpliendo con los requerimientos y características iniciales propuestas por el cliente, en este caso para los docentes del programa de enfermería vinculadas a CASSAUDEC



Figura 4. Diseño definitivo de la PTD.

Fuente: elaboración propia.

Referencias, cablegráficas y bibliográficas

Los administradores de la PTD, como se ha mencionado en diferentes apartados son los enfermeros,

especialistas de la salud y manejo de valores socio-humanísticos y educativos, por lo cual ellos podrán generar información propia que ayude a gestionar el servicio del portal. Para este caso, debe tenerse gran cuidado de que si en algún momento alguien o algo desea usar esta información debe hacer su respectiva referencia, para no incurrir en plagio o en una violación al derecho de Copyright. Ya que el contenido propio está amparado por una normatividad de derechos de autor y de Copyright, pero depende del autor si desea que el contenido que en algún momento publica sea netamente propio, lo que cobija que no sea copiado, ni publicado bajo otro nombre, ni editado, etcétera. Hay diferentes sistemas que pueden permitir algunas, todas o ninguna de las acciones, pero esto depende del usuario gestor de contenidos, si en su consideración está compartir libremente el contenido o si en el caso contrario se recibirá lucro por el o tendrá que pedirse permiso para su uso previo.

Pero no solo debe estar al tanto de los derechos que se tiene como gestor de contenido, sino también de los derechos que tiene otros usuarios, o personas naturales cuando crean contenido para no entrar a violar los derechos que él tiene. En este caso la persona que considere que se le han violado estos derechos, podría instaurar una gran lista de mecanismos para hacerlos valerlos, perjudicando de muchas maneras a la persona que no lo tuvo en cuenta. Por lo cual cualquier información que sea fiel copia, debe verificarse que tenga al menos un modelo que permita compartir o copiar esa información, facilitando su uso. Adicionalmente debe darse mérito al autor, para generar un agradecimiento por su creación.

Términos y condiciones de uso

Esta sección legal es de vital importancia, debido a que se deben identificar todas las posibles situaciones que pueden afectar al usuario o a la PTD, que de igual forma puede causar contrapartidas legales por algunas consecuencias

negativas. Se redactan de forma que pueda absorberse a la PTD o a los usuarios administradores, de las posibles consecuencias que se generan por uso inadecuada de la información o por exceso, dependiendo del contenido transmitido y el objeto de la PTD.

También se indica breve y claramente la finalidad de la PTD, con el fin de categorizarla y que los usuarios que lean estos términos y condiciones, tengan una idea clara, para que y cómo les puede servir el uso de la PTD. Esto ayudará de igual forma a no extralimitarse en las funciones prestadas, debido a que también puede generarse confusiones que pueden provocar contrapartidas legales, si en algún momento se considera que no se está prestando el servicio indicado, esto está plasmado en los términos y condiciones para que los usuarios determinen las características de la plataforma y lo que no está permitido hacer.

Implementación

Teniendo como base de desarrollo la recopilación de información, selección de componentes y diseño de la interfaz gráfica, se procedió al montaje de la PTD, configurando el gestor de contenidos seleccionado (Joomla) en un servidor local para la realización de las correspondientes pruebas tanto técnicas como tecnológicas.

Indexación de contenidos

Se creó submenús interactivos para la indexación de los contenidos desarrollados desde el grupo de profesionales de la salud del programa de soporte social y adaptados para su implementación en la PTD.

Los menús son de tipo activo esto quiere decir que indican y cambian de color dependiendo de cómo el usuario interactúe con ellos, con la finalidad de propiciar un ambiente de comodidad y confort.

A lo largo de la plataforma se encuentran estímulos visuales que guían el uso de portal, cuenta con un diseño intuitivo que proporciona usabilidad para la población objeto (cuidadores y EC adultos mayores), principal requerimiento funcional.

Adicionalmente se desarrollaron contenidos en forma de guías y videos, que proporcionan soporte para resolver cualquier inquietud o duda en los contenidos actuales de la plataforma; sirviendo como base para el uso de la PTD.

Montaje PTD en el servidor final

Para este fin posterior a la implementación de la PTD en el nivel de pruebas y correcciones descritas en los numerales anteriores, se realizó un backup de la plataforma indexada en el servidor local, con el módulo akkeba backup, para la recopilación de toda la información editada y organizada, y así asegurar su publicación en la última versión en cuanto a diseño de la interfaz gráfica se refiere, contenidos y base de datos, para no perder la más mínima información.

Una vez se obtuvo acceso a la información presentada al servidor vía internet, se hizo uso de la herramienta kick start de akkeba backup, la cual se encarga de generar un instalador del portal, por medio de los archivos anteriormente indexados al servidor. Una vez completada la ejecución de esta herramienta el portal se encontró totalmente habilitado para su uso.

Capacitación

Se contó con dos diferentes poblaciones inmersas en el mismo medio, la población objeto de estudio (cuidadores y EC) y otra indirecta, los administradores del grupo CASSAUDEC, los cuales también contaron con la capacitación pertinente para el uso del portal.

Población directa

Para el desarrollo de las capacitaciones de la población de cuidadores y EC, se desarrollaron de manera presencial con los usuarios del programa CASSAUDEC, a las cuales asistieron la totalidad de los integrantes, en dichas capacitaciones se les brindó la asesoría para el uso de la internet y redes sociales, con el fin de mejorar su calidad de vida y la expectativa de éxito de la implementación de la PTD, dicha capacitación se realizó en dos sesiones de distintos días con el objetivo de consolidar los conocimientos adquiridos en la primera sesión.

Asimismo, en la plataforma se encuentra material multimedia y documentos como videos tutoriales y guías que suministran información sobre el uso de la PTD para los usuarios, este soporte se localiza en la sección de ayuda.

Población indirecta

Para el grupo de docentes del programa de enfermería vinculadas a CASSAUDEC, que coordinan este servicio, se realizaron capacitaciones de forma presencial y virtual (Skype), cuyo objetivo principal fue el manejo y sustento de la PTD, desde su rol como administrador del sistema, donde se pueden realizar acciones como crear, modificar, publicar y eliminar contenidos.

De igual manera, se cuentan con el acceso a zona de ayuda, solo visible para ellos donde pueden observar video tutoriales y guías, facilitando la gestión que tendrán de ahora en adelante para lograr sostener la plataforma de teleasistencia domiciliaria.

CONCLUSIONES

Se obtuvo una base sólida de información en programas de soporte social apoyado en TIC, gracias a la realización de una minuciosa revisión bibliográfica, además se identificó las tecnologías más influyentes en la actualidad en esta temática.

Gracias a los beneficios de las TIC la plataforma brinda un ambiente de apoyo e interacción, que trabaja como dinamizador en el trabajo que se realiza en el programa de CASSAUDEC, fortaleciendo las actividades realizadas, ampliando el nivel de cobertura y accesibilidad por parte de los usuarios.

La PTD proyecta resultados positivos a nivel de aceptación por parte de los usuarios, debido a que el diseño fue realizado a la medida, posee un alto nivel de usabilidad, aporte significativo en el avance para el desarrollo de plataformas enfocadas al soporte social, en comparación con los datos obtenidos de las aplicaciones identificadas.

Este proyecto es innovador en la región, puesto que no existen en los centros de servicios de salud, herramientas y aplicaciones que apoyen el bienestar de los cuidadores y de los enfermos crónicos en Diabetes Mellitus e Hipertensión.

Este proyecto ha sido posible gracias al trabajo interdisciplinario de la facultad de Ingeniería —sede Fusagasugá— y la facultad de enfermería—sede Girardot— de la Universidad de Cundinamarca. La solución a una problemática de la región evidencia la labor social de la Institución dentro del departamento de Cundinamarca.

Este modelo se puede acondicionar a las necesidades de los usuarios de otros municipios o departamentos de la nación, en la medida que es flexible la inclusión de nuevos contenidos, recursos y elementos mediadores que permiten el aprendizaje y fortalecen la calidad de vida de los pacientes crónicos y de sus cuidadores.

Es posible actualizar la versión del gestor de contenidos para tener mejores módulos, componentes y plugins. El contenido en la plataforma es dinámico y se va agregando dependiendo de las necesidades de los usuarios.

La plataforma permite que se desarrollen nuevas aplicaciones y funcionalidades para beneficiar a los cuidadores y enfermos crónicos.

REFERENCIAS

- [1] Organización Panamericana de la Salud, "Noticiero Mensual del Programa de Enfermedades Crónicas de la OPS/OMS 2008". Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud Enfermedades crónicas: Prevención y control en las Américas, 2008.
- [2] S. Schkolnik, "Tendencias demográficas en América latina: Desafíos para la equidad en el ámbito de la salud". Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE)- División de Población de la CEPAL, 2000. [En línea]. Disponible en: www.eclac.cl/publicaciones/xml/6/6776/lcg21004.pdf Recuperado el 13 noviembre 2013.
- [3] A. F. Ardila Rodríguez y B. A. Huérfano Zapata, "Aproximación del estado del arte en la aplicación de las TIC al soporte social. Aproximación del estado del arte en la aplicación de Tecnologías de la información y las comunicaciones como apoyo para el desarrollo del soporte social al enfermo crónico y su cuidador.". SIU-deC 2013., 2013.
- [4] Especialista, "Joomla vs Wordpress vs Drupal: Comparativa entre CMS". 2011, 4 de septiembre [En línea]. Disponible en: webspecialista.com/blog/joomla-vs-wordpress-vs-drupal-comparativa-entre-gestores-de-contenido Recuperado el 23 de octubre de 2013.
- [5] Alexa, The web Information Company, "Internet opens the doors. [Estadísticas online]. An Amazon.com Company.". www.alexa.com [En línea]. Disponible en: www.alexa.com/siteinfo. Recuperado el 13 septiembre de 2013.
- [6] V. Correa, E. Lina, G. Zioneth, J. Oscar, P. Luisa Fernanda, R. Andrea, R. Sandra y C. Edgar, "Percepción visual del rango de color: diferencias entre género y edad". Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, vol. 15, n° 1, pp. 7-14, 2007.
- [7] E. Heller, Psicología del Color, Barcelona: Gustavo Gili, SL, 2008.
- [8] B. R. Connell, M. Jones, R. Mace, J. Mueller, A. Mullick, E. Ostrof y G. Vanderheiden, "Principles of universal design". Raleigh, NC: North Carolina State University, 1997, enero. [En línea]. Disponible en: http://www.design.ncsu.edu/cud/about_ud/udprincipleshtmlformat.html.
- [9] G. Sánchez, Y. Isis, M. Perez y V. T, "El funcionamiento cognitivo en la vejez: atención y percepción en el adulto mayor". Cubana Med Gen Integr, vol. 24, n° 2, 2008.
- [10] American Diabetes Association, "diabetes.org". 2009. [En línea]. Disponible en: www.diabetes.org/assets/pdfs/at-risk/risk-test-paper-spanish.pdf.
- [11] J. García Gómez, "Análisis de usabilidad de los portales en español para personas mayores". No Solo Usabilidad, n° 7, 2008.
- [12] A. Ardila., B. Huérfano., Pulido M. Cifuentes P., "Desarrollo e implantación de una plataforma de Teleasistencia para el sustento y apoyo del programa de soporte social CASSAUDEC" in Congreso de TeleSalud 2014, Monterrey, México. Cenetec, 2014.





Modelo metodológico para programación de tareas en sistemas de servicios: un enfoque de ingeniería de software

Methodologic model to scheduling on service systems: a software engineering approach

Eduyn Ramiro López-Santana¹ Sandro Javier Bolaños Castro² Germán Andrés Méndez Giraldo³

Para citar este artículo: López-Santana, E., Bolaños, S. y Méndez, G. (2016). Modelo metodológico para programación de tareas en sistemas de servicios: un enfoque de ingeniería de software. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 55-66. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a07

Recibido: 12-noviembre-2015 / **Aprobado:** 21-junio-2016

Resumen

Se presenta una estructura de Ingeniería de Software (IS) para un proyecto de investigación relacionada con la construcción de un prototipo de Sistema Experto (SE) para la programación de tareas en sistemas de servicios (PTSS), empleando metodologías y procesos del desarrollo de software. Se utiliza la metodología de desarrollo de software adaptable para el desarrollo de la arquitectura de software, partiendo de la descripción como un metaproceso de software que caracterizará el proceso de la investigación. Se emplean diagramas de UML (Unified Modeling Language) para proporcionar un modelado visual que describe la metodología del trabajo de investigación, que permite establecer los actores, elementos e interacciones en el proceso de investigación.

Palabras clave: desarrollo de software adaptativo, ingeniería de software, investigación, programación de tareas, sistemas de servicios.

Abstract

This paper presents an approach of software engineering to a research proposal to make an Expert System to scheduling on service systems using methodologies and processes of software development. We use the adaptive software development as methodology for the software architecture based on the description as a software metaprocess that characterizes the research process. We make UML's diagrams (Unified Modeling Language) to provide a visual modeling that describes the research methodology in order to identify the actors, elements and interactions in the research process.

Keywords: adaptive software development, research, scheduling, service systems, software engineering.

1. Ingeniero industrial y Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; magíster en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes; estudios de Doctorado en Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; docente asistente, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: erlopezs@udistrital.edu.co
2. Ingeniero de sistemas y magister en Teleinformática, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; PhD. en Informática, Universidad Pontificia de Salamanca; docente asociado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: sbolanos@udistrital.edu.co
3. Ingeniero industrial y especialista en Informática Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; magister en Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes; Ph.D. en Ciencias Técnicas, Universidad Central de las Villas. Docente Titular, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: gmendez@udistrital.edu.co

INTRODUCCIÓN

En un proceso de investigación es necesario definir la manera en que se abordará el problema de interés, los actores que intervienen, los elementos que lo constituyen y las interrelaciones que se generan entre ellos. Todas estas y su comportamiento emergente, permiten llegar a la solución del problema en una investigación exitosa. Sin embargo, este proceso es abordado desde diferentes posturas metodológicas, dependiendo del enfoque, las variables y los fines de la investigación [1]–[4]. Las nuevas tecnologías han incidido de manera significativa en los procesos de investigación, aportando nuevas metodologías y nuevas formas de investigación. Una de estas, es la Ingeniería de Software (IS), vista como un enfoque de modelado genérico que analiza conceptos mediante lenguajes específicos y que emplea los principios de un sistema modular, en especial de procesos, metodologías, patrones, diagramas UML, entre otros, para modelar la investigación como un metaproceso de software [5]–[7].

En este trabajo se va a presentar una estructura de IS para la construcción de un modelo metodológico aplicado a un proyecto de investigación relacionada con la construcción de un prototipo de Sistema Experto (SE) para la PTSS. La PTSS [8]–[12] consiste en determinar en qué orden se deben ejecutar un conjunto de tareas para cumplir con la prestación de un servicio y qué recursos se deben asignar para la ejecución de dichas tareas, buscando satisfacer una medida de desempeño definida; por ejemplo, el tiempo de servicio o de respuesta.

Este artículo está organizado de la siguiente manera: para empezar se presentan los antecedentes relacionados la PTSS; en la siguiente sección se muestra la definición sistema y vocabulario empleado para la construcción del metaproceso; acto seguido se expone la construcción del modelo metodológico; después se muestra el desarrollo de los diagramas de casos de uso, actividades, estados y clases que soportan el metaproceso y se

describen sus interrelaciones. Finalmente se presentan las conclusiones y trabajos futuros de esta investigación.

PROGRAMACIÓN DE TAREAS (PT) EN SISTEMAS DE SERVICIOS (SS)

La PT la define Pinedo [11] como un proceso de toma de decisiones para la asignación de recursos en la ejecución de tareas en un horizonte de tiempo definido buscando optimizar uno o varios criterios de desempeño. Otros autores, comprende la PT como las actividades de control de entrada-salida, análisis de carga, secuenciación y despacho de órdenes de trabajo [13], [12], [9], [10].

En un ambiente de manufactura la PT juega un rol crucial desde que las órdenes son liberadas para ser fabricadas, y por tanto se deben sincronizar todos los recursos necesarios para entregarlas en las fechas establecidas, hasta la ordenación de actividades en una estación de trabajo teniendo en cuenta las decisiones de largo, mediano y corto plazo [14], [8], [10]. En los sistemas de servicios la PT también juega un rol crucial y se puede evidenciar en una gran variedad de problemas, por ejemplo, la asignación de puertas a los aviones o la reserva de sitios de trabajos, equipos u otras instalaciones, mantenimiento, sistemas de salud [15]–[20], [14].

Un servicio se puede definir como el conjunto de actividades realizadas por recursos (máquinas y personas) para satisfacer las necesidades o deseos de personas, mediante una función que transforma el estado inicial de alguno de los recursos del cliente [21]–[27]. Existen varias diferencias de los SS respecto a los sistemas de manufactura [28], [21], [22], [26], [27], como: los servicios son intangibles y raramente almacenables; la demanda no puede posponerse (no hay posibilidad de espera o diferir a periodos futuros); la utilización de equipos para la prestación de servicios suele ser menos importante que el empleo de personas; en los servicios no se transfiere la propiedad del producto, mientras

que en manufactura sí se transfiere; la demanda es difícil de prever, por lo que está sujeta a variabilidad y condiciones dinámicas que implica reprogramación y ajustes; y, son necesarios recursos adicionales al proceso para completar un servicio, por ejemplo transporte disponible para entregar un servicio o para el manejo de los equipos necesarios para el mismo.

Por otro lado, es muy frecuente ver en los SS (aunque también en algunos sistemas de manufactura) la dependencia de la experticia y conocimiento de las personas, donde las organizaciones suelen delegar las actividades de planeación y programación (proceso de toma de decisiones) en sistemas de alta complejidad a personal con experiencia, confiando en su intuición y conocimiento. Sin embargo, esto se ve limitado cuando se tiene gran cantidad de información y relaciones que hacen complejo el entendimiento del sistema. Además, a menudo se necesita un tiempo largo para generar (casi siempre de forma manual) un plan y programa factible. Por tanto, es necesario que el SS utilice de una manera ordenada y sistemática el conocimiento individual de su personal experimentado para resolver de manera colectiva un problema complejo como lo es la PT.

En la literatura se evidencian problemas relacionados con la PT relacionados con talento humano y la utilización de conocimiento representado en la experticia del personal como los presentados en la tabla 1. En los cuales se han empleado técnicas

de programación matemática, técnicas heurísticas y metaheurísticas, y algunas de inteligencia artificial, aunque con menos desarrollo respecto a los sistemas de manufactura, y trabajos que emplean modelos basados en inteligencia individual y colectiva para ayudar a resolver el problema de PT, generando impactos significativos en las medidas de desempeño de los sistemas o en el funcionamiento de los procedimientos diseñados para resolver el problema.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y VOCABULARIO

Problema de investigación

Dadas las características de los sistemas de servicios mencionadas en la sección anterior y que los métodos tradicionales que se han planteado para resolver el problema de PT en manufactura no responden a todas estas, surge la necesidad de establecer métodos y herramientas para la función de PTSS motivada por cuatro aspectos fundamentales:

1. la necesidad de tratar sistemas complejos como lo constituyen los propios del sector de servicios por sus características ya mencionadas,
2. la necesidad de desarrollar métodos de PT robustos y reactivos, es decir que puedan nueva información al sistema y responder de manera eficiente a estos cambios (característica dinámica de los SS),

Tabla 1. Aplicaciones de PTSS.

Problema	Autores
Programación de horarios de trabajo	[29], [30]
Reserva y asignación de salas, y programación de itinerarios.	[17], [31], [32]
programación de operaciones de mantenimiento	[33]–[36]
Inteligencia artificial para PT en sistemas restringidos	[37]
Sistemas Cooperativos entre máquina-hombre para PT en manufactura	[38]
Análisis de aspectos humanos, tecnológicos y organizacionales en la PT	[39]
Métodos para la PT en un ambiente dinámico basados en inteligencia social y colectiva	[40]–[42]

Fuente: elaboración propia.

3. integrar estos métodos de PT con el conocimiento del sistema a través del desarrollo de modelos basados en inteligencia que permitan utilizar la experticia individual de los actores en el sistema y resolver el problema de manera colectiva, y
4. la necesidad de incorporar múltiples criterios de decisión para el proceso de toma de decisiones en la PTSS.

Este problema plantea dos elementos distintivos (figura 1): el análisis de los sistemas de servicios enmarcado en la ciencia de los servicios definido por el problema de uso de conocimiento en sistemas de servicios como los presentados por [23], [43], [44] y la programación de tareas (Problema de PT), que es un problema de optimización combinatoria enmarcado dentro de los problemas NP-hard [8], [10], [11]. Con estos dos elementos se pretende estudiar el problema de PTSS mediante métodos basados en modelación matemática, gestión del conocimiento e inteligencia (Integración de Enfoques).

Definición de vocabulario

A continuación se expone la notación que se empleará para definir un SS basados en [22] quienes proponen una notación (R, S, I, F) , donde R es el conjunto de recursos que son relevantes para recibir el servicio (tanto por el cliente como por el

proveedor), S es el conjunto de estados al que un recurso perteneciente a R puede entrar, I es una función que describe el estado inicial del sistema servicio, y F una función que describe el estado final del SS. Con esta aproximación se intenta establecer una definición formal de un SS como una meta-proceso para facilitar el tratamiento de la información.

De esta forma, se podría realizar la abstracción de un SS simple con dos recursos: un cliente (C) y un proveedor (P), entonces el conjunto $R = \{C\}$, quien es el que recibe el servicio. El conjunto de estados $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ de todos los posibles estados en los que puede estar y entrar el recurso C . El conjunto de estados iniciales $I = \{\emptyset\}$ significando que el cliente no se ha atendido, y el conjunto de estados finales $F = \{\text{Satisfecho}, \text{No Satisfecho}\}$ con respecto a una medida de desempeño d . Esta medida puede ser, por ejemplo, el tiempo de respuesta medida en la duración del servicio más el tiempo de espera. La variable d puede tener varias dimensiones, es decir, varias medidas de desempeño. Para la PT existen varias medidas de desempeño trabajadas en la literatura, algunas de estas se pueden ver en la tabla 2. De esta manera se extendió esta notación, involucrando un parámetro (α, d) referente al método de PTSS. La tabla 3 presenta un compendio de posibles técnicas para la PT. La notación se describe en (1), en la cual se tiene un $SS = (R, S, I)$ al cual se le aplica un

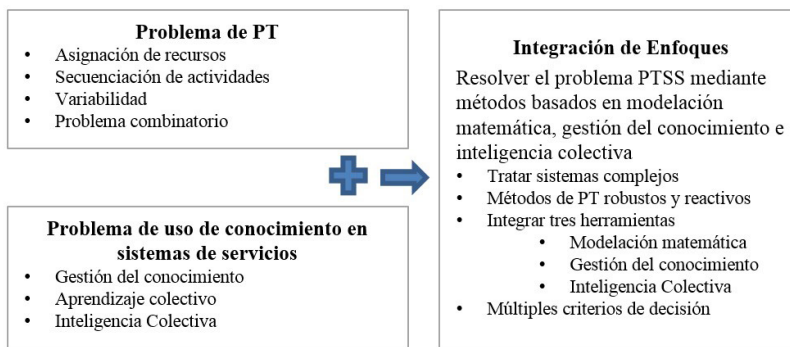


Figura 1. Estructura del problema de PTSS.

método de PT α buscando satisfacer una medida (o medidas) de desempeño d . para pasar a un estado final $SS = (R, S, F)$.

$$(R, S, I) \xrightarrow{(\alpha, d)} (R, S, F) \quad (1)$$

Con esta definición, se puede establecer una hipótesis de investigación como: la implementación de un procedimiento $\alpha = \{SE\}$ que permite mejorar d para que el estado de SS cambie de $I = \{\emptyset\} \rightarrow F = \{\text{"Satisfecho"}\}$. La propuesta de investigación consiste en probar diferentes métodos α y diferentes medidas de desempeño d , como los dados en (2) y (3).

$$\alpha = \{\text{Técnicas tradicionales, Sistema Basado en Reglas, Sistema Experto}\} \quad (2)$$

$$d = \{\text{Tiempo de respuesta, Costo del servicio,}\} \quad (3)$$

Tabla 2. Medidas de desempeño en PT.

Medida	Autores
Minimizar costos	[38], [12], [9], [11], [10]
Minimizar retrasos en los trabajos	[38], [12], [9], [11]
Minimizar tiempo de terminación	[38], [12], [9], [11]
Maximizar capacidad	[38], [10]
Maximizar satisfacción cliente	[38], [12], [9], [11]
Maximizar moral del operario	[38], [10]
Maximizar Throughput	[38], [12], [9], [11]
Minimizar el Trabajo en proceso	[38], [12], [9], [11]

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Técnicas de solución de problemas en PT

Técnica	Ejemplos
Programación Matemática	Programación Lineal, Entera, Dinámica.
Heurísticas	Reglas de atención: Tiempo de procesamiento mínimo, Tiempo de holgura de procesamiento mínimo, Regla de Johnson, etc.
Metaheurísticas	Búsqueda Local y en vecindarios, Recocido simulado, Algoritmos Genéticos, Búsqueda de enjambres
Simulación	Simulación de Eventos discretos, Simulación por agentes
Inteligencia Artificial	Sistemas Basados en Reglas, Sistemas Expertos, Lógica Difusa, Redes neuronales, Colonia de hormigas

Fuente: elaboración propia.

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO METODOLÓGICO

A continuación se expone la construcción de un modelo metodológico para la PTSS basado en IS a partir del análisis de procesos o actividades concernientes al proceso de investigación. La IS se puede emplear como soporte metodológico y descriptivo. El modelamiento se realizará mediante artefactos de software en un ambiente centrado en procesos buscando demostrar su funcionalidad en la representación [45].

En la figura 2 se presenta la construcción de este modelo metodológico de cuatro fases. En la primera fase se debe definir el problema de investigación

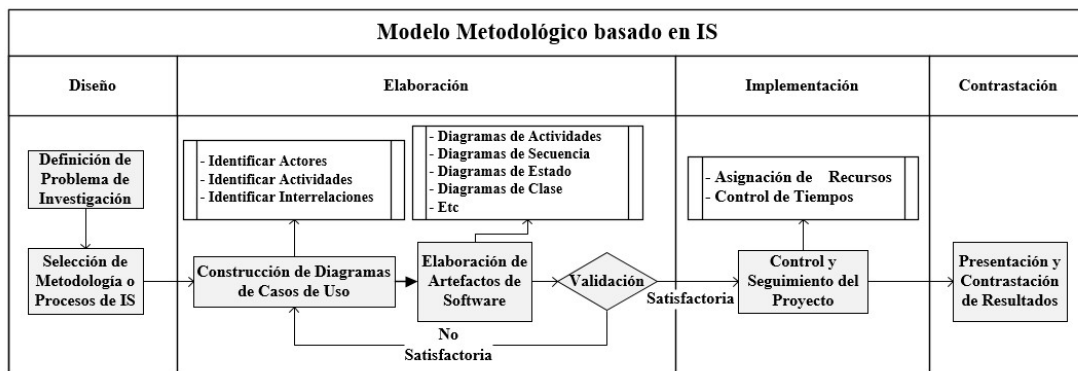


Figura 2. Construcción del modelo metodológico.

y seleccionar la metodología o proceso de desarrollo de software que más se ajuste al problema. Dentro de estas se pueden seleccionar, *Cascada*, *RUP*, *spiral*, *big bang*, *ASD*, entre otras [46]–[48], [7].

Por otro lado, en la fase de Elaboración se hará uso de una herramienta que permite definir un ambiente centrado en procesos denominado *Coloso*. Esta plataforma se compone por varios lenguajes como *archimate* en su capa de arquitectura, *UML* en la capa de diseño y *Java* en la capa de implementación [49]. En esta fase se debe representar las interacciones entre los elementos y actores del proceso de investigación, siendo un proceso iterativo sobre la metodología o el proceso seleccionado en la fase inicial de diseño.

Una vez validada la arquitectura, se tiene la fase de implementación, en la cual se realiza un control y seguimiento del proyecto mediante el manejo de recursos y tiempo. Finalmente, se tiene la fase de contrastación donde se deben presentar y contrastar los resultados. Estas dos etapas, no se presentarán en el desarrollo de este documento debido a que corresponden a momentos posteriores a la consecución de resultados del proyecto de investigación específico.

DESARROLLO Y RESULTADOS

En esta sección se mostrará el resultado de esta propuesta para las fases de diseño y elaboración de la figura 2, en el desarrollo de la propuesta de investigación como una arquitectura de IS. La figura 3 (a) muestra la estructura para el diseño del prototipo de sistema experto basada como un metaproceto en la herramienta de desarrollo *Coloso*, [49].

Como estrategia de modelado para el manejo del ciclo del software se utiliza el paradigma de los procesos ágiles que ofrecen flexibilidad y colaboración, además de un desarrollo de software iterativo e incremental [50] en contraste con los procesos de cascada [46] que son lineales y se basan en metodologías de planificación e implementación.

Para el proceso de gestión se abordará la estrategia mediante una metodología de desarrollo de software adaptativo (ASD, Adaptive Software Development) en las figuras 3 y 4. La metodología ADS fue planteada por Jim Highsmith y Sam Bayer a comienzos de 1990 [51]. Se basa en el principio de adaptación continua a circunstancias cambiantes dentro de un paradigma de especular-colaborar-aprender [52], [53]. Se seleccionó UML como plataforma estándar en los flujos de trabajo para las fases de iniciación del proyecto, plan adaptativo del ciclo, ingeniería de componentes y revisión de calidad [54]. La fase de QA Final y Entrega del proceso no se presenta, ya que corresponde a una fase de implementación para el control seguimiento del proyecto.

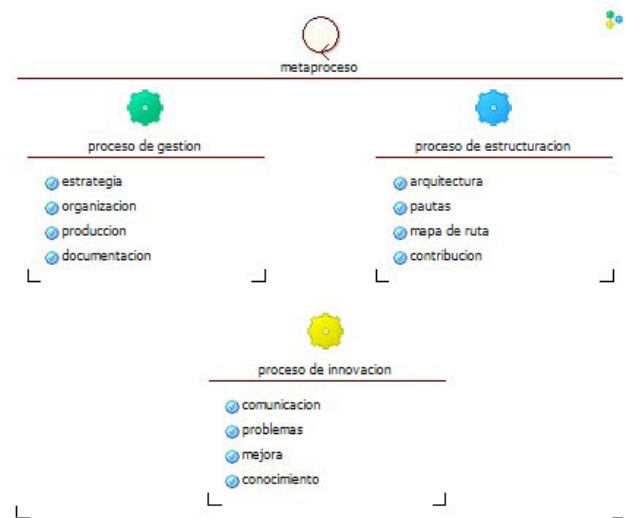


Figura 3. Modelo de software metaproceto.

Fuente: [49].

Iniciación del proyecto

Para la fase de iniciación del proyecto se plantea el desarrollo de la investigación titulado como “Tesis”, en el cual se tienen tres actores (tesista, director y jurado) que tiene influencia sobre las actividades de formulación, desarrollo y contrastación como lo muestra la figura 5.

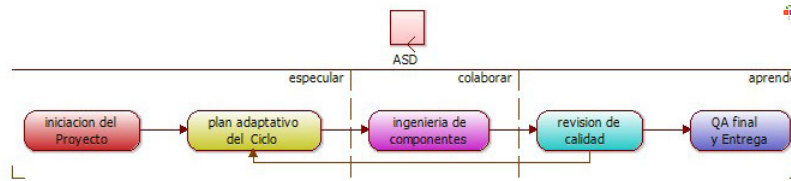


Figura 4. Modelo ASD para estrategia, vista de gestión.

Fuente: [49].

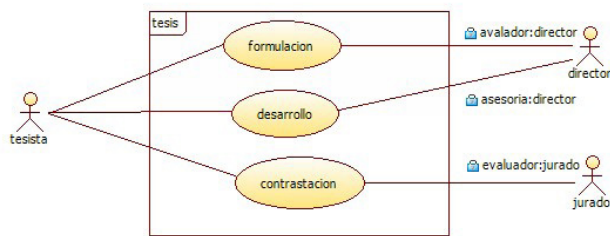
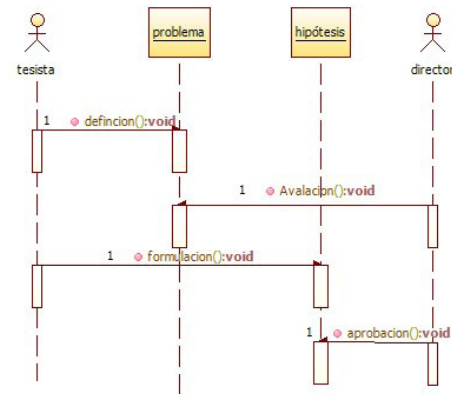


Figura 5. Diagrama de casos de uso: problema, fase de iniciación del proyecto.

Fuente: [49].



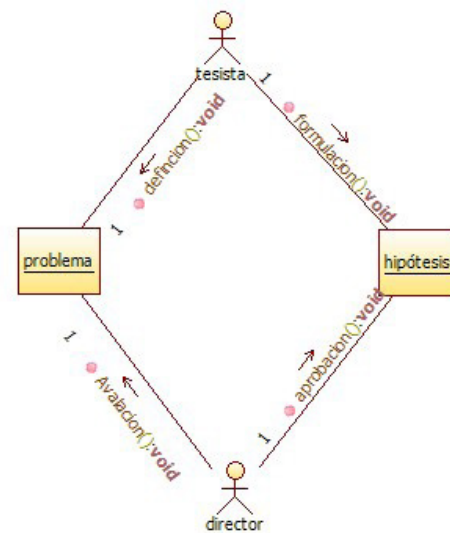
(a)

Plan adaptativo del ciclo

En la figura 6 (a) se desarrolla la actividad de formulación, en la cual interviene el tesisista en el planteamiento del problema y la hipótesis de investigación que se buscara contrastar. Mientras que el director tiene el rol de aprobación de estas. La figura 6 (b) presenta la misma estructura vista como un diagrama de comunicación.

Ingeniería de componentes y de revisión de calidad

En la figura 7 se muestra el diagrama de la actividad de desarrollo, la cual detalla en particular las fases de construcción del sistema experto para el objeto de estudio. En este diagrama se muestra la interacción entre el Director en su rol de revisor para posteriormente darle el aval; y el tesisista para el desarrollo de todas las actividades enmarcadas en el prototipo y la revisión de calidad.



(b)

Figura 6. Formulación, Fase de Plan adaptativo del ciclo. (a) Diagrama de workflow, (b) Diagrama de Comunicaciones.

Fuente: [49]

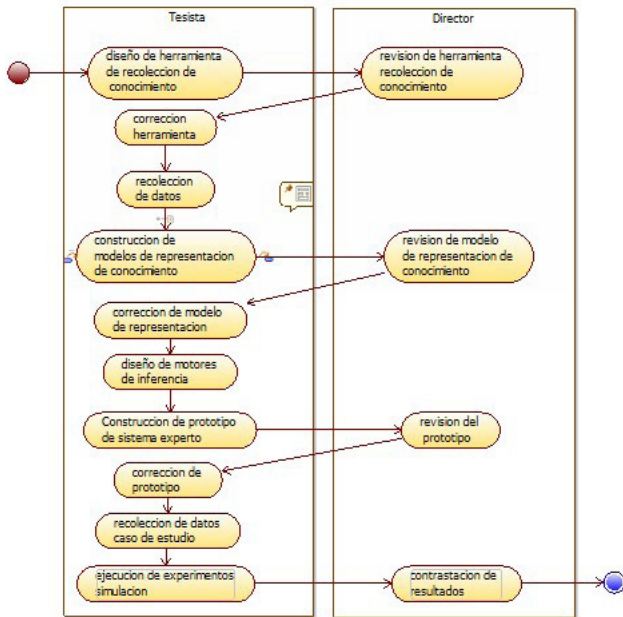


Figura 7. Diagrama de actividades: Desarrollo, fase de ingeniería de componentes.
Fuente: [49].

En esta fase de ingeniería de componentes se plantea la actividad en donde se contrastan (figura 8) los resultados obtenidos con la realidad y se discuten con el actor jurado para su comprobación. Esta actividad tiene un insumo que se realiza mediante la comprobación de la hipótesis de investigación basada en un diagrama de estados (figura 9) y una clase (figura 10).

La hipótesis x e y debe plantearse de acuerdo a las estructuras establecidas en la sección 3.2, de acuerdo a los métodos a y las medidas de desempeño d , en este caso se planteó una estructura general que se puede modificar con algún patrón de desarrollo de software, como el denominado “fabrica” que permite generar múltiples escenarios [55]–[57].



Figura 8. Diagrama de secuencia: Contrastación, Fase de revisión de calidad.
Fuente: [49].

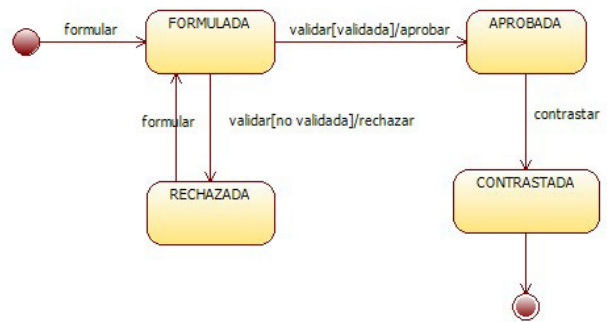
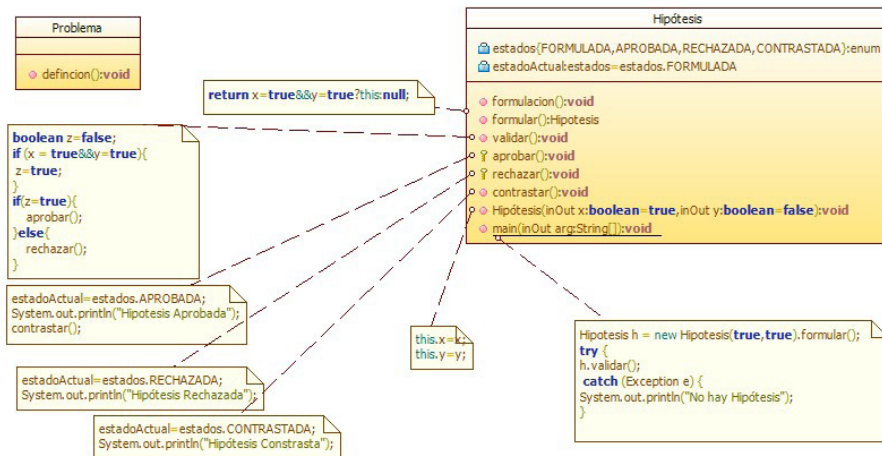


Figura 9. Diagrama de estados: Hipótesis, Fase de ingeniería de componentes.
Fuente: [49].



Fuente: [49]. **Figura 10.** Clase: Hipótesis, fase de ingeniería de componentes.
Fuente: [49].

CONCLUSIONES

Con este trabajo se muestra como la IS permite representar la metodología de investigación mediante el uso de diagramas de lenguajes formales y objetos, que representan los procesos y como los actores influyen en ellos dentro de una fase de estrategia de desarrollo. Cada una de las diferentes interacciones entre los actores y elementos de la investigación se logró establecer, en las tres actividades definidas: formulación, desarrollo y contrastación.

De esta manera, se puede establecer que la IS es un enfoque que permite abstraer y representar, mediante un lenguaje formal, la metodología de un proceso de investigación y poder emplear como un instrumento para la planeación y el control del proyecto de investigación mediante la posible incorporación del consumo de recursos y control de cumplimiento de actividades y resultados. Esta puede ser una fase posterior para trabajos futuros con esta propuesta de modelado de un proceso de investigación. Se utilizó la estrategia de modelado para el manejo del ciclo del software dentro del paradigma de los procesos ágiles que ofrecen flexibilidad y colaboración, además de un desarrollo de software iterativo e incremental [50], utilizando la metodología ASD [51] para el desarrollo de los módulos específicos de programación de tareas, así como trabajo futuro se puede emplear un enfoque de modelos de dominio específico como lo plantean [58].

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parcialmente soportado por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) bajo el proyecto No. 2-602-468-14. Los autores desean agradecer a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias para la mejora de este artículo.

REFERENCIAS

- [1] M. T. y Tamayo, *Metodología formal de la investigación científica*. México: Editorial Limusa, 1980.
- [2] M. Bunge, *La investigación científica: su estrategia y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo XXI, 2000.
- [3] E. A. R. Moguel, *Metodología de la Investigación*. Tabasco: Univ. J. Autónoma de Tabasco, 2005.
- [4] R. H. Sampieri, C. F. Collado, and P. B. Lucio, *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill/Interamericana, 2006.
- [5] S. Bolaños and S. Lopez, "LMPS como propuesta alterna a BPMN para el modelado de proceso de software". *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, no. 34, pp. 157–170, 2012.
- [6] C. Ghezzi, D. Mandrioli, and M. Jazayeri, *Fundamentals of software engineering*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 1991.
- [7] I. Sommerville, *Software Engineering*, 9th ed. USA: Pearson Education, 2011.
- [8] J. Blazewicz, K. H. Ecker, E. Pesch, G. Schmidt, and J. Weglarz, *Handbook on Scheduling: From Theory to Applications*. New York: Springer, 2007.
- [9] J. H. Heizer and B. Render, *Principles of operations management*. Boston: Pearson Education, 2010.
- [10] G. Méndez-Giraldo, *Programación de tareas-Scheduling*. Bogotá, D. C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2011.
- [11] M. L. Pinedo, *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems*. New York: Springer, 2012.
- [12] R. G. Schroeder, S. M. Goldstein, and M. J. Rungtusanatham, *Operations management: contemporary concepts and cases*. Boston: McGraw-Hill Irwin, 2008.
- [13] S. O. Duffuaa and K. S. Al-Sultan, "Mathematical programming approaches for the management

- of maintenance planning and scheduling". *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 163–176, Sep. 1997.
- [14] M. L. Pinedo, "Manufacturing Models". in *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, New York: Springer, 2009, pp. 19–35.
- [15] S. Anily, C. A. Glass, and R. Hassin, "The scheduling of maintenance service". *Discrete Applied Mathematics*, vol. 82, no. 1–3, pp. 27–42, Mar. 1998.
- [16] H. Date and T. Matsuo, "Effects of at-home nursing service scheduling in multiagent systems". *New Challenges in Applied Intelligence Technologies*, vol. 134, N. T. Nguyen and R. Katarzyniak, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 245–254.
- [17] M. L. Pinedo, "Interval Scheduling, Reservations, and Timetabling". *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, Springer New York, 2009, pp. 207–230.
- [18] M. L. Pinedo, "Planning and Scheduling in Health Care". *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, Springer New York, 2009, pp. 291–316.
- [19] R. M'Hallah and A. Alkhabbaz, "Scheduling of nurses: A case study of a Kuwaiti health care unit". *Operations Research for Health Care*, vol. 2, no. 1–2, pp. 1–19, Mar. 2013.
- [20] K.-C. Huang, T.-C. Huang, M.-J. Tsai, and H.-Y. Chang, "Moldable Job Scheduling for HPC as a Service". *Future Information Technology*, J. J. (Jong H. Park, I. Stojmenovic, M. Choi, and F. Xhafa, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2014, pp. 43–48.
- [21] S. L. Vargo and R. F. Lusch, "Service-dominant logic: Continuing the evolution". *Journal of the Academy of Marketing Science*, vol. 36, no. 1, pp. 1–10, Mar. 2008.
- [22] M. Böttcher and K.-P. Fähnrich, "Service Systems Modeling: Concepts, Formalized Meta-Model and Technical Concretion". *The Science of Service Systems*, H. Demirkan, J. C. Spohrer, and V. Krishna, Eds. Springer US, 2011, pp. 131–149.
- [23] H. Demirkan, J. C. Spohrer, and V. Krishna, "Introduction of the Science of Service Systems". *The Science of Service Systems*, H. Demirkan, J. C. Spohrer, and V. Krishna, Eds. Boston, MA: Springer US, 2011, pp. 1–11.
- [24] S. I. Gass and M. C. Fu, Eds., "Service Systems". *Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, Springer US, 2013, pp. 1392–1392.
- [25] A. Polyvyanyy and M. Weske, "Flexible Service Systems". *The Science of Service Systems*, H. Demirkan, J. C. Spohrer, and V. Krishna, Eds. Springer US, 2011, pp. 73–90.
- [26] J. C. Spohrer, H. Demirkan, and V. Krishna, "Service and Science". *The Science of Service Systems*, pp. 325–358, Jan. 2011.
- [27] S. Bhatnagar, H. Prasad, and L. Prashanth, "Service Systems". in *Stochastic Recursive Algorithms for Optimization*, Springer London, 2013, pp. 225–241.
- [28] M. L. Pinedo, "Service Models". *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, Springer New York, 2009, pp. 37–49.
- [29] D. Barrera, N. Velasco, and C. A. Amaya, "A network-based approach to the multi-activity combined timetabling and crew scheduling problem: Workforce scheduling for public health policy implementation". *Computers and Industrial Engineering*, vol. 63, no. 4, pp. 802–812, Dec. 2012.
- [30] J. Zhibin and H. Qixiang, "A Service-based Method to Generate Shuttle Bus Timetable in Accordance with Rail Transit Timetable". *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 96, pp. 1890–1897, Nov. 2013.
- [31] M. L. Pinedo, "Scheduling and Timetabling in Sports and Entertainment". *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, Springer New York, 2009, pp. 231–254.
- [32] M. L. Pinedo, *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, 2nd ed. Springer, 2009.
- [33] A. A. Kovacs, S. N. Parragh, K. F. Doerner, and R. F. Hartl, "Adaptive large neighborhood

- search for service technician routing and scheduling problems". *Journal of Scheduling*, vol. 15, no. 5, pp. 579–600, Oct. 2012.
- [34] P. Do Van, A. Barros, C. Bérenguer, K. Bouvard, and F. Brissaud, "Dynamic grouping maintenance with time limited opportunities". *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 120, pp. 51–59, 2013.
- [35] A. Goel and F. Meisel, "Workforce routing and scheduling for electricity network maintenance with downtime minimization". *European Journal of Operational Research*, vol. 231, no. 1, pp. 210–228, Nov. 2013.
- [36] E. Remy, F. Corset, S. Despréaux, L. Doyen, and O. Gaudoin, "An example of integrated approach to technical and economic optimization of maintenance". *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 116, pp. 8–19, Aug. 2013.
- [37] H. Atabakhsh, "A survey of constraint based scheduling systems using an artificial intelligence approach". *Artificial Intelligence in Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 58–73, Apr. 1991.
- [38] G. Méndez-Giraldo, *Sistemas Cooperativos Asistidos para la Programación de la Producción en la Industria Manufacturera Colombiana*, 1st ed. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico, 2001.
- [39] M. Berglund and J. Karlton, "Human, technological and organizational aspects influencing the production scheduling process". *International Journal of Production Economics*, vol. 110, no. 1–2, pp. 160–174, Oct. 2007.
- [40] A. Madureira, I. Pereira, and N. Sousa, "Collective intelligence on dynamic manufacturing scheduling optimization". *Proceedings 2010 IEEE 5th International Conference on Bio-Inspired Computing: Theories and Applications, BIC-TA 2010*, 2010, pp. 1693–1697.
- [41] I. Pereira and A. Madureira, "Self-Optimization module for Scheduling using Case-based Reasoning". *Applied Soft Computing*, vol. 13, no. 3, pp. 1419–1432, Mar. 2013.
- [42] A. Madureira, I. Pereira, P. Pereira, and A. Abraham, "Negotiation mechanism for self-organized scheduling system with collective intelligence". *Neurocomputing*, vol. 132, pp. 97–110, May 2014.
- [43] D. Ing, "Service Systems in Changing Paradigms; An Inquiry Through the Systems Science". *The Science of Service Systems*, H. Demirkan, J. C. Spohrer, and V. Krishna, Eds. Springer US, 2011, pp. 267–296.
- [44] D. McFarlane, "An Engineering Perspective on Service Science". *The Science of Service Systems*, H. Demirkan, J. C. Spohrer, and V. Krishna, Eds. Springer US, 2011, pp. 257–266.
- [45] S. J. Bolaños Castro, V. H. Medina García, and J. S. Carrión, "Marco conceptual para el metaproceto de desarrollo de software". *Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011)*, 2011.
- [46] W. W. Royce, "Managing the development of large software systems". *proceedings of IEEE WESCON*, 1970, vol. 26.
- [47] B. W. Boehm, "A Spiral Model of Software Development and Enhancement". *Computer*, vol. 21, no. 5, pp. 61–72, May 1988.
- [48] R. Pressman, *Ingeniería de Software*, 7th ed. MCGRAW-HILL, 2010.
- [49] B. C. Sandro Javier, G. C. Rubén, S. M. Oscar, P. E. Jordán, M. G. Victor Hugo, S. J. Bolaños, R. G. Crespo, O. Sanjuan Martinez, J. P. Espada, and V. H. Medina García, "COLOSO A Development Environment Centered Process and Intent". 2012, pp. 1–6.
- [50] A. Patel, A. Seyfi, M. Taghavi, C. Wills, L. Na, R. Latih, and S. Misra, "A comparative study of agile, component-based, aspect-oriented and mashup software development methods". *Technicki vjesnik / Technical Gazette*, vol. 19, no. 1, pp. 175–189, 2012.
- [51] James A. Highsmith, *Adaptive Software Development: A Collaborative Approach to Managing Complex Systems*. Dorset House Publishing Company, 2000.

- [52] M. Alnoukari, Z. Alzoabi, and S. Hanna, "Applying adaptive software development (ASD) agile modeling on predictive data mining applications: ASD-DM methodology". *2008 International Symposium on Information Technology*, 2008, vol. 2, pp. 1–6.
- [53] S. Singh and I. Chana, "Introducing Agility in Cloud Based Software Development through ASD". *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, vol. 6, no. 5, pp. 191–202, Oct. 2013.
- [54] P. Dan and P. Neil, *UML 2.0 in a Nutshell*. 2005.
- [55] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, and J. Vlissides, *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Pearson Education, 1994.
- [56] S. J. Bolaños Castro, R. González Crespo, and V. H. Medina García, "Antipatterns: a compendium of bad practices in software development processes". *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, vol. 1, no. 4, pp. 41–46, 2011.
- [57] S. J. Bolaños Castro, R. Gonzalez Crespo, and V. H. Medina Garcia, "Patterns of Software Development Process". *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, vol. 1, no. 4, p. 33, 2011.
- [58] C. E. Montenegro Marín, J. M. Cueva Lovelle, O. Sanjuán Martínez, and P. A. Gaona Garcia, "Desarrollo de un lenguaje de dominio específico para sistemas de gestión de aprendizaje y su herramienta de implementación 'KiwiDSM' mediante ingeniería dirigida por modelos". *Ingeniería*, vol. 15, no. 2. pp. 67–81, 2010.





Módulo de potencia para un picosatélite experimental tipo Cubesat

Power module for an experimental picosatellite Cubesat type

Javier Castro Avellaneda¹ Alfredo Grajales Henríquez² Jorge Enrique Salamanca Céspedes³

Para citar este artículo: Castro, J, Grajales, A, Salamanca, J. (2016). Módulo de potencia para un picosatélite experimental tipo cubesat. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 67-77. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a09

Recibido: 9-abril-2015 / **Aprobado:** 13-junio-2016

Resumen

Se describe el Módulo de Potencia para un picosatélite siguiendo el estándar CubeSat [1,2,3,13]. El proyecto del Módulo de Potencia se desarrolla en cuatro fases: estudio, diseño, implementación y pruebas. En la fase de estudio se revisa el marco teórico y los diseños preliminares hechos en la Universidad Distrital [4,5] y de otros satélites tipo CubeSat desarrollados en el mundo, también investiga tecnologías y componentes existentes en el mercado y su asequibilidad. La fase de diseño implica el análisis del sistema y la utilización de un programa de diseño computacional para generar el hardware necesario. El objetivo final es obtener un Módulo de Potencia funcional que trabaje en las condiciones del entorno espacial en el que el picosatélite cumplirá su misión, que en el caso del picosatélite experimental "CubeSat UD Colombia 1" está enfocada a una aplicación en telemedicina, con una carga útil representada en el sistema de telecomunicaciones.

Palabras clave: baterías, convertidores DC-DC, electrónica de potencia, estándar CubeSat, gestión de energía, Módulo de Potencia, paneles solares, picosatélite experimental CubeSat UD Colombia 1.

Abstract

This article describes a power module for picosatellite following CubeSat standard requirements [1,2,3,13]. The Power Module project is developed in four phases: study, design, implementation and testing. In the study phase of the theoretical framework and preliminary designs made in the Universidad Distrital [4,5] and other CubeSat developed in the world is reviewed, also investigates existing technologies and components in the market and its affordability. The design phase involves analysis of the system and using a computer program designed to generate the necessary hardware. The ultimate goal is to obtain a functional power module and work in space environment conditions in which the picosatellite keep his focus on an application in telemedicine, with a payload that would become the telecommunications system mission.

Keywords: Power Module, Picosatellite Experimental CubeSat UD Colombia 1 Standard CubeSat, DC-DC converters, Solar Panels, Batteries, Power Management, Power Electronic.

1. Estudiante Ingeniería Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: jcastroa@correo.udistrital.edu.co
2. Estudiante Ingeniería Electrónica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: agrajalesh@correo.udistrital.edu.co
3. Profesor Tiempo Completo Planta, Universidad Distrital Francisco José de Caldas Correo electrónico: jesalamancac@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El Módulo de Potencia debe asegurar el constante suministro de energía eléctrica para el correcto funcionamiento de los distintos subsistemas en el picosatélite. Hace uso como en la mayoría de satélites cercanos a La Tierra de la principal fuente disponible e “inagotable” de energía en el espacio exterior, la radiación solar, siendo la energía solar convertida en otras formas de energía como la energía eléctrica.

Para disponer de energía eléctrica a partir de la radiación solar, se implementa unos módulos llamados paneles solares, los cuales transforman la energía solar en energía eléctrica a través de unos elementos básicos llamados celdas fotovoltaicas. La energía eléctrica obtenida por los paneles solares es entregada al Módulo de Potencia, el cual acondiciona, transfiere y distribuye potencia eléctrica a los distintos subsistemas (también llamados usuarios) del picosatélite, de acuerdo a sus necesidades de consumo.

Los picosatélites generalmente se diseñan para evitar la falta de energía durante eclipses (esto ocurre al obstruir la tierra, la radiación solar hacia el satélite), por lo que se requiere contar con un sistema de almacenamiento de energía para tal escenario. Un arreglo de baterías sirve como soporte, como complemento a los requerimientos de consumo del picosatélite y así asegurar la continuidad del servicio eléctrico.

Como no todos los subsistemas en un picosatélite trabajan todo el tiempo, ni al mismo tiempo, por eso hay que gestionar y administrar la energía para optimizarla dentro de los límites de tolerancia y niveles posibles para alargar la vida útil del satélite, mediante sistemas automáticos o por microcontrolador.

Adicionalmente el Módulo de Potencia debe asegurar correctos niveles de voltaje y corriente para por los diferentes módulos del satélite hasta en los escenarios de operación más críticos y en las

condiciones más adversas. Asimismo, generalmente estos subsistemas trabajan con potencia DC y lo que se hace es implementar reguladores convertidores DC-DC, ya sea reductores, elevadores o inversores, por lo que viene a constituirse en la unidad básica del Módulo de Potencia.

Teniendo en cuenta que el espacio exterior es el medio en que trabaja el satélite, el Módulo de Potencia debe prevenir fallos y tomar decisiones si ocurren eventos críticos y por lo tanto la tecnología utilizada debe tener características especiales, diferentes a los elementos utilizados en la Tierra, así, hay que investigar las tecnologías disponibles en el mercado.

En conclusión, este proyecto desarrolla un módulo funcional de suministro de potencia para el picosatélite experimental CubeSat UD Colombia 1 que funcione en las condiciones del espacio exterior. La figura 1 muestra los elementos clave o periféricos vinculados al Módulo de Potencia (EPS: Electric Power System).

AMBIENTE ESPACIAL

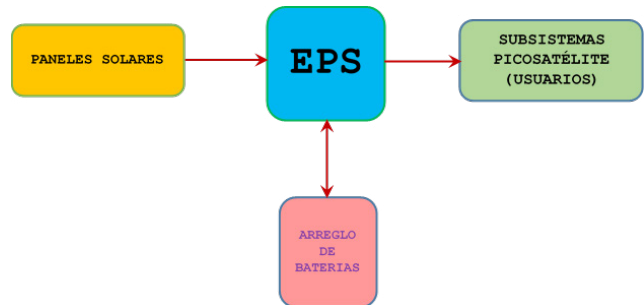


Figura 1. Configuración Básica del Módulo de Potencia.

A continuación se describe brevemente las características del ambiente espacial [6].

Órbita

El satélite será lanzado en una “Órbita Terrestre Baja” (LEO: *Low Earth Orbit*) siguiendo una trayectoria Polar a una velocidad cercana a los 27000

Km/h, con un periodo orbital de entre 90 minutos y 110 minutos, y que representa de entre 13 y 16 órbitas por día. La altura del picosatélite se encuentra entre los 600 Km y los 800 km (para comparar muy cerca por debajo de esa altura se encuentra la Estación Espacial Internacional cuya altitud es de aproximadamente 400 Km), figura 2.

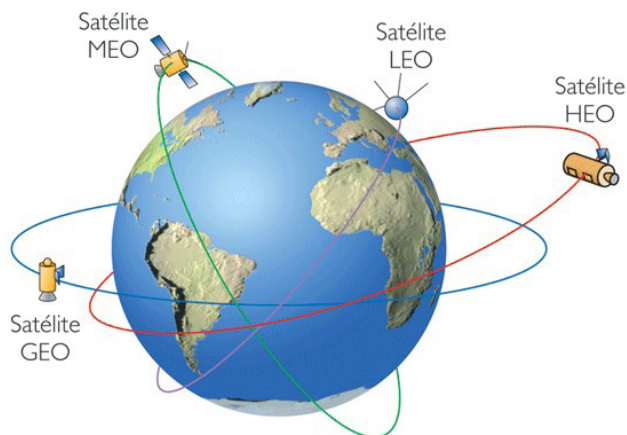


Figura 2. Tipos de órbita terrestre [14].

Como resultado de una órbita baja terrestre cercana a la superficie de la Tierra se presenta una atmósfera más 'densa', por lo que se estima que la altura del picosatélite decaiga lentamente por el rozamiento hasta desintegrarse en la atmósfera; su vida útil se halla entre los ocho meses y los cuatro años, pero el decaimiento depende de otros factores como el diseño interno del picosatélite, la inclinación de la órbita, la excentricidad de esta y de si por ejemplo el picosatélite lleva propulsores.

Esa órbita baja permite que la potencia necesaria para transmisión y recepción de información sea menor en comparación con las órbitas superiores, algo acorde al tamaño, peso y enfoque académico del picosatélite.

Radiación

En el espacio existen básicamente dos tipos de radiación que afectan al satélite: la radiación electromagnética y la radiación de partículas. La mayor

parte de esta radiación proviene directamente del sol, pero la radiación cósmica y la radiación de partículas desde el campo magnético de la Tierra también son significativas. La radiación de partículas del campo magnético es básicamente radiación de partículas del sol que han sido capturadas en el campo magnético de la tierra, y se mueve alrededor de la Tierra en cinturones anchos. Debido a que esta radiación se halla contenida (en su mayoría) en estas bandas, es de poca importancia fuera de ellas.

En órbita LEO, el picosatélite se encuentra por debajo de estos cinturones, que comienzan en alrededor de 1000 km de altitud (Cinturón de Vall Allen). Ambos tipos de radiación, de partículas y electromagnética, degradan con el tiempo la electrónica. Por esa razón los dispositivos electrónicos usados a bordo tienen unas características y rangos especiales de funcionamiento y han de ser probados en tierra para asegurarse de que son lo suficientemente resistentes para soportar la radiación.

La radiación también puede causar errores en dispositivos lógicos. Esto ocurre cuando una partícula de alta energía golpea el dispositivo y puede suceder una de dos cosas: el primer escenario es cuando las partículas chocan a través del material del dispositivo e ioniza una trayectoria de partículas en su camino, esta trayectoria actuará entonces como un corto circuito entre las partes o capas de la PCB. El segundo escenario es cuando una partícula de alta energía golpea un átomo con suficiente energía para dividirlo, y las partes individuales entonces traza una trayectoria de partículas ionizadas en todo el material. Este fenómeno se conoce como *Single Event Upset (SEU)*, como se muestra en la figura 3, y puede cambiar los datos almacenados digitalmente o causar la apertura o cierre de una compuerta lógica en el momento equivocado. Si el impacto en el dispositivo es de una naturaleza más grave, la partícula de alta energía directamente puede causar daños en dispositivos o hardware, esto se conoce como un *Single Event Latch-up (SEL)*. El software puede ser programado

para detectar y corregir errores digitales (SEU), pero eventos tipo SEL debe ser detectados y corregidos en hardware.

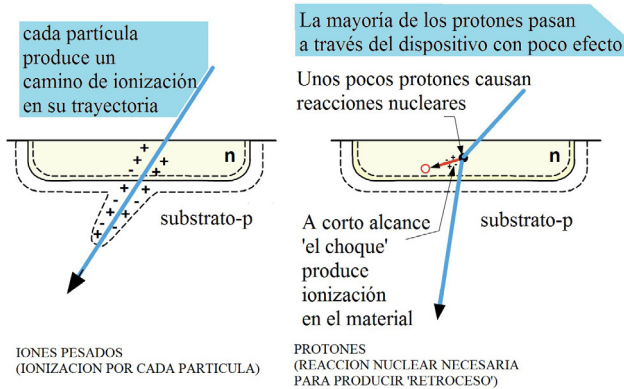


Figura 3. Eventos de partículas de alta energía que afectan los circuitos en el espacio – SEU [15].

Temperatura y presión

A una altitud de 600 kilómetros hay muy poca atmósfera y se puede considerar un “vacío”. Esto implica que los componentes que consisten en materiales volátiles sufrirán de evaporación (desgasificación) y por lo tanto todos los componentes utilizados en el Módulo de Potencia deben ser probados a fondo por su capacidad para soportar el vacío.

Puesto que el Módulo de Potencia estará en un vacío, todo el transporte de calor va a ser por conducción de calor internamente en el satélite o por radiación de ese calor, pero no habrá convección. El rango de temperatura que el satélite debe ser capaz de soportar durante el lanzamiento es de -40°C a 80°C y estas son las temperaturas a las que el satélite está expuesto cuando está dentro del vehículo lanzador (cohete). Las temperaturas en órbita dependerán principalmente del diseño térmico del satélite y como no se ha realizado para esta misión, se dependerá de los cálculos de otras universidades que han construido satélites CubeSat. El TIT de Tokio calcula que las temperaturas en órbita deben

varía de -40°C a 80°C y la SSEL de Montana estima que el intervalo de temperatura es de -120°C a 100°C externamente. Aunque hay diferencias en los cálculos de las dos universidades se puede concluir que el picosatélite debe ser capaz de sobrevivir en un ambiente térmico muy hostil, con temperaturas exteriores que cambian bruscamente, sometiendo al picosatélite a ‘estrés’ térmico.

Aceleración y vibraciones

Siempre y cuando el picosatélite está en órbita, no habrá vibraciones inducidas externamente, y la aceleración será menor que en la Tierra. Pero durante el lanzamiento, sin embargo, habrá tanto fuertes vibraciones y como una potente aceleración.

El picosatélite, y por ende el Módulo de Potencia, tienen que ser capaces de soportar una aceleración de 15 g. Esto en sí no debe tener ningún efecto directo en la mayoría de los componentes electrónicos, pero deben tenerse en cuenta en el diseño global, por ejemplo, evitar componentes altos y pesados que podrían romperse durante la aceleración.

El diseño general también tiene que soportar la vibración causada durante el lanzamiento y estas pruebas de vibración del picosatélite se hacen antes de ser incorporado al vehículo lanzador (cohete). Una vez más, la mayoría de los componentes por sí mismos son capaces de resistir las vibraciones, pero la utilización de componentes mecánicos, tales como potenciómetros, relés u otros, se debe evitar siempre que sea posible.

El efecto del entorno sobre la fuente de alimentación

Como se ha descrito anteriormente, hay unos pocos criterios que deben ser considerados cuando se construye un Módulo de Potencia. Las dos consideraciones más importantes son: la radiación y la temperatura. En cuanto a la temperatura implica

que los componentes utilizados en el Módulo de Potencia deben ser como mínimo de grado industrial para ser capaces de soportar las temperaturas extremas en el espacio. El efecto de la radiación SEU se corrige por software, el efecto por la radiación SEL depende de que los componentes deberán ser capaces de soportar el desgaste dentro del tiempo de vida del picosatélite. Un método redundante en hardware debe ser desarrollado para soportar el SEL.

ANÁLISIS, REQUERIMIENTOS DEL MÓDULO DE POTENCIA

Se define las funciones a cumplir por el Módulo de Potencia, la disponibilidad energética y el consumo estimado de los diferentes subsistemas (usuarios) del picosatélite [7].

Entre las funciones que como mínimo debe cumplir el Módulo de Potencia están: la de proporcionar (en la medida de lo posible) un continuo servicio eléctrico durante la vida útil del picosatélite, tanto en el consumo promedio como en el consumo pico, unos buses regulados de voltaje DC estables con mínima variación a la salida controlando voltajes transitorios, capacidad para prevenir y actuar ante eventos o fallos que se puedan producirse como el aumento en la temperatura, cortocircuitos o sobrevoltajes mediante la implementación de un sistema de protección a los usuarios, capacidad de

gestión de energía para optimizar su uso de forma automática o por microcontrolador, adquisición de información (sensores) para su uso en la telemetría del picosatélite para conocer el estado del Módulo de Potencia o para tomar decisiones. Los elementos clave del Módulo de Potencia con base en las funciones anteriormente definidas, se aprecian en la figura 4.

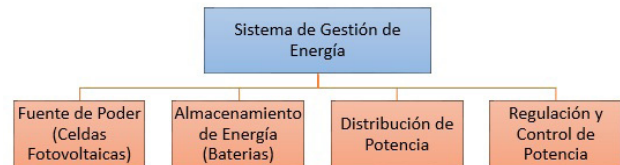


Figura 4. Elementos de un Módulo de Potencia [16].

Requerimientos de consumo de potencia

El cálculo de los requerimientos de consumo de potencia eléctrica para los diferentes subsistemas del picosatélite se encuentran actualizados en la tabla 1 para el Módulo de Potencia, se muestran los valores de consumo pico para cada usuario, tanto en potencia como en energía, y el consumo total si todos los usuarios estuviesen funcionando al mismo tiempo, que sería el peor caso. Los valores de consumo están sobredimensionados a valores críticos para compensar el peor escenario posible. Como se aprecia en la tabla 1 no todos los usuarios funcionan todo el tiempo.

Tabla 1. Presupuesto de energía (consumo pico) subsistemas picosatélite

Subsistema picosatélite (usuario)	Voltaje [V]	Corriente [mA]	Potencia [mW]	Tiempo de operación por orbita (97min), [min]	Energía [mWh]
OBC	5	40	200	97	323,33
COMM Recepción	5	70	350	58	338,33
COMM Beacon	5	500	2500	29	1208,33
COMM Trasmisión	5	500	2500	10	416,67
MCU's y sensores	3,3	50	165	97	266,75
ATT	5	200	1000	49	816,67
EPS Calentadores	5	150	750	30	375,00
Energía consumida por orbita					3745,08

Para determinar los alcances máximos del Módulo de Potencia se ha determinado unos valores próximos máximos o picos de consumo del Módulo de Comunicaciones (COMM), el Módulo de Computador a Bordo (OBC), el Módulo de Actitud (ATT) y el propio Módulo de Potencia (EPS), y en general los microcontroladores y sensores localizados en el picosatélite que conforman el segmento espacial del picosatélite sobre la base de información suministrada por estos módulos o por estimativos de módulos en otros picosatélites en el mundo.

Paneles solares, disponibilidad energética

El grupo de trabajo del Módulo de Paneles Solares [8] proporciona el prototipo para el arreglo de celdas fotovoltaicas más conveniente para su utilización en los paneles solares del picosatélite experimental CubeSat UD Colombia 1, con base en un estudio de celdas disponibles en el mercado [9]. El resultado de este trabajo son paneles solares no desplegables y que se hallan montados en las caras de un picosatélite tipo CubeSat de tamaño 1U.

El modelo utilizado por ellos para el diseño de los paneles solares se basa en fuentes de corriente, ya que tiene similitudes en la forma como las celdas fotovoltaicas convierten la energía solar en energía eléctrica. El voltaje proporcionado en cada celda fotovoltaica tiende a ser estable en la salida, con variaciones en la corriente de celda que es proporcional a la energía recibida por esta. El esquemático de circuito de cada Panel Solar se muestra en la figura 5. La energía disponible por el Módulo de Paneles Solares se puede apreciar en la tabla 2.

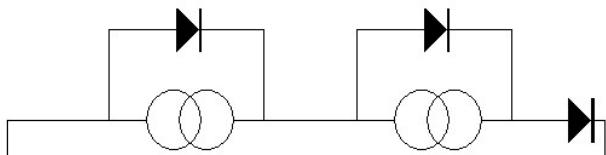


Figura 5. Configuración del panel solar en cada cara en el picosatélite CubeSat UD Colombia 1.

Tabla 2. Potencia disponible por cara del picosatelite.

Cara del picosatélite	Voc	Isc	Potencia máxima [W]	Potencia promedio en el sol [W]
Superior	4,76	0,51	2,02	0.306
Inferior	4,43	0,51	2,02	0.306
Frontal	4,43	0,22	0,89	0.138
Lado 1	4,43	0,51	2,02	0.306
Lado 2	4,43	0,51	2	0.306
Lado 3	4,43	0,51	2,02	0.306
TOTAL			3,498	1.668

Fuente: [8].

COMPONENTES DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE EL PICOSATÉLITE

Para un satélite en el espacio, la principal fuente de energía proviene de la radiación solar y en menor medida del albedo terrestre y la radiación infrarroja desde la tierra [10].

La radiación solar es la principal irradiación a tener en cuenta, la cual puede ser transformada en energía eléctrica a través de procesos de conversión directa utilizando celdas solares. El flujo de energía solar es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el Sol la tierra y esta distancia varia aproximadamente entre 1335W/m² y 1414W/m² en el transcurso del año. En la condición AM0 (masa de aire cero), el valor recomendado por la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) es:

$$I_{Sol} = 1366 \text{ W/m}^2$$

La irradiación por Albedo de la tierra es la fracción de luz que se refleja de una superficie. La irradiación Albedo de la Tierra puede variar desde 0.03 a 0.8. El promedio de la irradiación Albedo de la Tierra es de 0.34. Entonces el valor promedio de la radiación por albedo de la tierra es:

$$I_{Alb} = I_{Sol} * 0,34 I_{Alb} = 465 \text{ W/m}^2$$

Debido a la tecnología propia de las celdas solares multijuntura, el espectro de luz infrarroja (de 700nm a 1000nm) puede ser tenida en cuenta

como aporte a la irradiación total que recibe el picosatélite. El valor promedio de esta radiación es:

$$I_{IR} = 237 \text{ W/m}^2$$

Si se considera una órbita sincronizada con el sol a 650 kilómetros de altura, con el satélite en eclipse de alrededor del 33% del tiempo, la potencia real entregada se multiplica por un factor de 2/3.

REGULADORES EN EL MÓDULO DE POTENCIA: CONVERTIDORES DC-DC

El convertidor DC-DC es el principal elemento que integra el Módulo de Potencia del picosatélite, es el que permite acondicionar la energía proveniente de los paneles solares, proporcionar un nivel adecuado para la carga de un arreglo de baterías y suministrar los buses regulados a los usuarios. La figura 6 muestra cómo el Convertor DC-DC se relaciona con los periféricos.

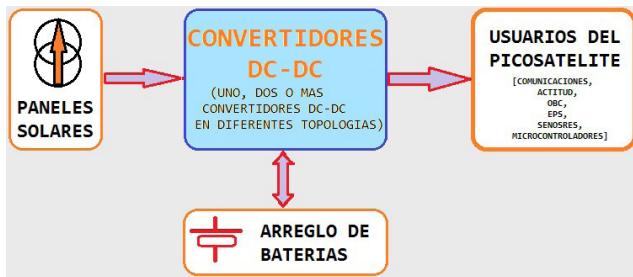


Figura 6. Convertor DC-DC como elemento principal de los circuitos del Módulo de Potencia.

La configuración en torno al convertor DC-DC en lo que se denomina la topología es la forma como se disponen los circuitos, las etapas, los bloques funcionales, los periféricos en el Módulo de Potencia que van a permitir cumplir con los requerimientos del estándar CubeSat, y de la Misión en el ambiente del entorno espacial. El análisis de requerimientos parte de lo general a lo particular, es decir desde analizar por ejemplo el tipo de órbita hasta seleccionar los componentes necesarios, sobre la base de una disponibilidad energética, un

consumo estimado y un sistema de almacenamiento de energía.

Conceptos como robustez, complejidad, respaldo, desempeño, eficiencia, fiabilidad, funcionalidad, protección, entre otros, han de ser tenidos en cuenta. Evaluar estos aspectos permite calcular costos, recursos, tamaño, riesgos, tiempos de construcción del módulo.

El resultado en resumen de dicho análisis es la topología mostrada en la figura 7, en donde se aprecia la inclusión de dos bloques de convertidores DC-DC en un camino directo desde los paneles hasta la salida, uno para acondicionar la energía proveniente de los paneles solares y el otro para generar los buses de usuario regulados, dejando al banco de baterías como una fuente de energía secundaria.

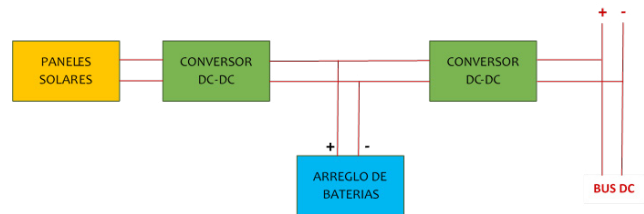


Figura 7. Configuración topología final convertidores DC-DC [17].

BATERÍAS

Es necesario el uso de baterías para proveer de energía eléctrica al picosatélite durante el eclipse y cuando hay una demanda pico de potencia eléctrica en el consumo. Las baterías sirven de respaldo en caso de falla en las celdas solares, y simultáneamente como almacenamiento redundante de energía. Debido a las condiciones orbitales, ellas operaran en un amplio rango de temperaturas en el espacio. El peso y el tamaño de las baterías deben ser lo más reducido posible.

Las baterías seleccionadas son baterías de Litio Ion Polímero (Li-Ion Pol), apropiadas especialmente

entre otras ventajas por su alta densidad de energía en un tamaño flexible reducido y bajo peso que es ideal para un picosatélite CubeSat. Entre otras características a resaltar de este tipo de tecnología de baterías son sus altos ciclos de trabajo y la alta tasa de descarga.

Existen dos desventajas al utilizar este tipo de baterías de Li-Ion-Pol en el espacio exterior que son:

- Es importante un control para el inicio de la carga y la terminación de la carga para este tipo de baterías.
- Aún más crítico es el control de la temperatura, sobre todo con los bruscos cambios que se pueden producir en el espacio, las baterías de Li-Ion Pol son muy sensibles a esto, en especial a las bajas temperaturas que pueden producir la cristalización del material del que están hechas. A muy altas temperaturas pueden producir que se desgasifiquen y degraden la batería llegando a explotar.

CALENTADOR BATERÍAS

El picosatélite deberá soportar temperaturas extremas en el exterior que pueden ir desde los -40°C a los 85°C como producto de la radiación solar y la radiación infrarroja directamente, y por los momentos de eclipse. Todos cambios térmicos bruscos. Esto repercute en la temperatura interna del picosatélite, que requiere antes que nada un nivel de aislamiento externo adecuado. Pero aun así con un buen aislamiento, al interior del picosatélite las temperaturas podrían variar en márgenes no deseables que puede afectar componentes críticos. A la selección de componentes electrónicos que soporten márgenes de temperatura amplios se debe diseñar un sistema de calefacción interna para protegerlos. El elemento más crítico son las baterías de Li-Ion que son muy sensibles a los extremos de temperatura, en especial las temperaturas bajas.

Existen dos formas de manejar la parte de control termal: una es mediante un sistema de calefacción pasiva y la otra mediante un control de calefacción activa. La primera tiene que ver como el calor es transferido y disipado por la estructura, de igual forma, depende de un buen diseño estructural y del aislamiento y conducción exterior-interior al picosatélite. El segundo es añadiendo un control térmico activo y consiste en usar elementos activos como resistencias que eleven la temperatura [11,12].

DISEÑO DEFINITIVO MÓDULO DE POTENCIA

El Módulo de Potencia final tiene cuatro etapas: una primera etapa que acondiciona la energía eléctrica proveniente de los paneles solares y establece un nivel adecuado de voltaje para cargar las baterías. La segunda etapa es el sistema de carga de baterías y el circuito de selección entre la energía proveniente de paneles solares o de las baterías. La tercera etapa es la generación de buses del sistema, que para el picosatélite experimental CubeSat UD Colombia 1, se determinó buses necesarios de 5.0V y de 3.3V; el bus de 5.0 Voltios proporciona potencia a los módulos del picosatélite, el bus de 3.3V se usa para alimentar sensores y microcontroladores en el picosatélite. La cuarta etapa es un sistema de habilitación de usuarios y protección de estos contra eventos de sobreconsumo en corriente o sobre voltajes, así como de sobre temperatura. Paralelamente a estas cuatro etapas esta un sistema de calefacción activo montado sobre las baterías y un microcontrolador para hacer la gestión de energía. El Módulo de Potencia Final se puede apreciar en la figura 8, en la que se puede apreciar los circuitos integrados utilizados.

Se utiliza un software de diseño computacional electrónico para el diseño esquemático y de la tarjeta de circuito impreso (PCB) del circuito. En la figura 9 se evidencia una vista en 3D del resultado de la PCB con los componentes ensamblados y en la figura 10 las imágenes del Módulo de Potencia implementado sobre la cual se realizan las pruebas eléctricas.

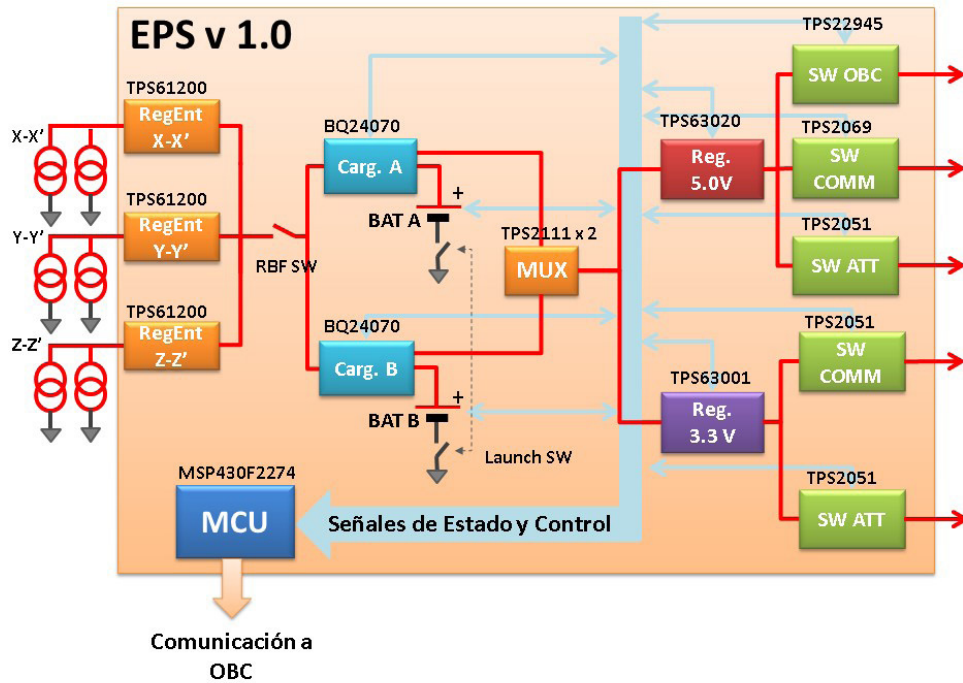


Figura 8. Módulo de Potencia Final.

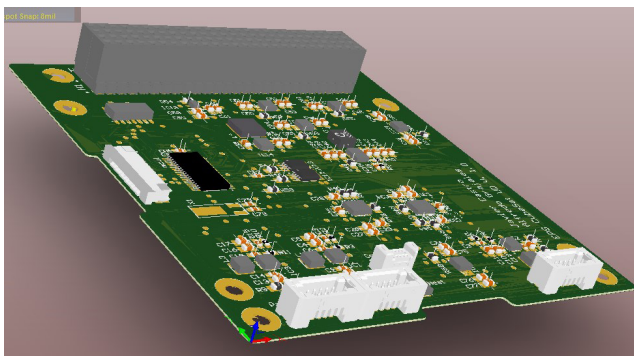


Figura 9. Vista en 3D del Módulo de Potencia Versión 1 diseñado con Altium Designer.

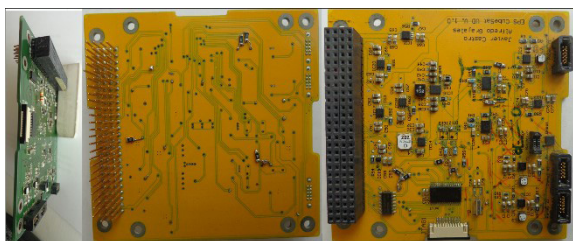


Figura. 10 EPS v1.

RESULTADOS

A continuación, en las tablas 3, 4 y 5 se muestra algunos resultados obtenidos de las pruebas hechas a al Módulo de Potencia en su versión 1 (prototipo).

Tabla 3. Voltaje de salida bus 3.3v: BUS general de usuarios y sensores EPS.

Bus 3.3V	Valor	Descripción
VBUS3.3	3.333v	Bus general presente en el conector PC-104
VSYS	3.325v	Voltaje de alimentación para la EPS (SENSORES)

Tabla 4. Voltaje de salida en usuarios sin carga.

Usuario	Voltaje de salida medido sin carga (V)
V_OBC_5.0V	4.99
V_COM_5.0V	4.98
V_ATT_5.0V	4.99

Tabla 5. Voltaje de salida versus Corriente de salida: usuario Módulo de Comunicaciones.

Carga (Ω)	Voltaje_ COM_5.0V (V)	Corriente_ COM_5.0V (mA)	Potencia (mW)
100	4.99	49	244.51
46.1	4.98	108	537.84
9.5	4.95	519	2569.05
5.4	4.90	900	4410.00
4.8	4.88	1006	4909.28

CONCLUSIONES

El Módulo de Potencia se interconecta con otros módulos por un solo conector similar al PC104, esto evita cables dispersos por todo el picosatélite. Las pruebas eléctricas hechas a esta primera versión del Módulo de Potencia muestran un aceptable desempeño del Módulo de Potencia cumpliendo con los requerimientos del estándar CubeSat y de la misión.

Partiendo de una disponibilidad energética y un consumo pico y promedio de usuarios, se requiere un sistema de baterías para suplir de potencia eléctrica cuando el picosatélite está en eclipse o los paneles no son capaces de entregar toda la potencia que requieren los usuarios.

Cada etapa del Módulo de Potencia cumple con las funciones diseñadas que son el acondicionamiento de la energía, la carga de baterías, la generación de buses de usuario y la distribución a los usuarios. Un sistema de protección a usuarios es necesario para protegerlos de transientes en el voltaje y contra corto circuitos e incremento en la temperatura interior.

En esta primera versión del Módulo de Potencia se implementa un sistema de gestión de energía automático en cada etapa del Módulo de Potencia y centralizada en control en el Módulo del OBC en su propio microcontrolador.

El protocolo de comunicaciones I2C permite leer información de sensores colocados en las baterías y comunicarse con el OBC por SPI.

Una vez lanzado el picosatélite al espacio desde el vehículo espacial (cohete), se energiza primero la EPS, y esta a su vez hace una secuencia de energización de los diferentes módulos empezando por el Módulo de OBC.

Se requiere unas técnicas especiales de diseño pues se maneja potencia eléctrica enfocado a la disipación de calor, el aislamiento de interferencias electromagnéticas, el manejo de señales de información *versus* señales de potencia, sistemas de seguridad para evitar daños y alargar la vida útil del Módulo de Potencia.

Como se ha descrito anteriormente, hay unos pocos criterios que deben ser considerados cuando se construye una fuente de alimentación. Las dos consideraciones más importantes son: la radiación y la temperatura. En cuanto a la temperatura implica que los componentes utilizados en la fuente de alimentación deben ser como mínimo de grado industrial para ser capaces de soportar las temperaturas extremas en el espacio. Teniendo en cuenta que el efecto de la radiación SEU es la más grave amenaza, la fuente de alimentación y los componentes deberán ser capaces de soportar el desgaste dentro del tiempo de vida del satélite. Esto implica que un método redundante debe ser desarrollado para soportar el SEU.

REFERENCIAS

- [1] CubeSat Design Specification (CDS) REV 13. California Polytechnic State University–San Luis Obispo, [On line] CA 93407, http://www.cubesat.org/images/developers/cds_rev13_final2.pdf
- [2] Monroy Gómez, R., *Experiencias de las Universidades en el Desarrollo de Pequeños Satélites*. México, D.F., octubre de 2013. Trabajo de Grado (Ingeniero en Telecomunicaciones). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.

- [3] Serrano Arellano, A., *Requerimientos para desarrollar y poner en órbita satélites CubeSat dentro de un entorno universitario*. México, D.F., febrero de 2015. Trabajo de Grado (Ingeniero en Telecomunicaciones). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.
- [4] Chaves Garcia, Augusto E., *Sistema de Potencia Fotovoltaica para Equipos Remotos: Diseño del Módulo de Potencia Picosatélite Experimental CubeSAT UD*. Bogotá, 2008, 137 h. Trabajo de grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. Proyecto Curricular de Ingeniería Electrónica.
- [5] Rodríguez Fonseca, A. y Rojas Durán, J., *Análisis con Metodología Rup (Rational Unified Process) e Implementación de un Diseño de una Etapa de Potencia para Picosatélite de Tipo CubeSat*. Bogotá, 2011. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. Coordinación de Ingeniería Electrónica.
- [6] Jeppesen, T. y Thomsen, M. *Mid-curriculum / Special Course at Eltek, DTU: Design of a Power Supply System for DTUsat*. 2002. Technical University of Denmark.
- [7] Larson, Wiley J., Wertz James R. *Space Mission Analysis and Design*. El Segundo CA: Microcosm Press and Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [8] Aguilar Pirachicán C. y Amaya Camargo A., *Estudio del Sistema de Celdas Fotovoltaicas para la Implementación de los Paneles Solares del CubeSat Colombia 1*. Bogotá, 2011. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ingeniería. Coordinación de Ingeniería Electrónica.
- [9] Salamanca Céspedes, J. *Celdas fotovoltaicas de alta eficiencia y sistema de paneles solares del Cubesat Colombia 1*. Redes de ingeniería, 3(2), 41-50, 2013. [En línea] <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/REDES/article/view/6381/7901>
- [10] Puerto Leguizamón, Gustavo A. y González Llorente Jesús D. *Estimación de la Cantidad de Potencia Suministrada por las Celdas Fotovoltaicas de un CubeSat: Proyecto Análisis para Optimizar el Sistema de energía de un CubeSat 3u, código USA-2011-0077*. Bogotá, 2013. Investigación financiada por la Universidad Sergio Arboleda. Desarrollo Tecnológico del Grupo de Investigación Esinusa. Fondo de Investigación e Innovación de la Universidad Sergio Arboleda (FIIUSA).
- [11] Piqueras Carreño, Javier. *Diseño del Módulo de Cálculo de Potencia Eléctrica para su aplicación en una CDF*. Madrid, 2013/2014. Universidad Politécnica De Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio. Ciencias y Tecnologías Aeroespaciales.
- [12] Friedel, J. y Mckibbon, S. *Thermal Analysis of the CubeSat CP3 Satellite*. San Luis Obispo, CA, Julio de 2011. California Polytechnic State University. Aerospace Engineering Department.
- [13] Cube Sat., [En línea] <http://www.cubesat.org>
- [14] Tecnologías de la Comunicación, S.f., [En línea], <http://omegazenittecnologia.blogspot.com.co/2011/07/tecnologias-de-la-comunicacion.html>
- [15] Sammy Kayali, *Space Radiation Effects on Microelectronics*, S.f., [En línea], http://parts.jpl.nasa.gov/docs/Radcrs_Final.pdf
- [16] Salamanca, J., Castro, J. Grajales, A., *Diseño e implementación de un módulo de gestión de energía para un pico-satélite tipo CUBESAT*. Revista Tecnura, 16, 55-67, 2012. [En línea], <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/view/6813>
- [17] Power Supply Unit for the AAU-Cubesat, 01GR509, December 20, 2001.





Sistema de visión artificial para la identificación del estado de madurez de frutas (granadilla)

Artificial vision system for the identification of ripeness of passion fruit (granadilla)

Diego escobar Figueroa¹ Edgar Roa Guerrero²

Para citar este artículo: Figueroa, D. y Roa, E. (2016). Sistema de visión artificial para la identificación del estado de madurez de frutas (granadilla). *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 78-86. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a08

Recibido: 9-febrero-2016 / Aprobado: 20-junio-2016

Resumen

El manejo adecuado de frutas se ha convertido en una de las actividades económicas más importantes en la agricultura colombiana [1]. A la fecha, la identificación del estado de maduración de frutas se realiza manualmente [2], presentando variabilidad por la subjetividad producida debido a la fatiga ocular del experto. El propósito de esta investigación fue desarrollar una herramienta computacional para la identificación del estado de maduración de granadillas a partir del reconocimiento de imágenes. El área en píxeles de las imágenes perteneciente a la fruta fue extraída mediante la técnica de Otsu usando librerías de OpenCv en Python. Finalmente, la tarea de clasificación se realizó a través del análisis de agrupamiento, en el cual fueron asignados 110 puntos RGB pertenecientes a cada estado de maduración de la granadilla. Los resultados obtenidos muestran 92,6% de aciertos en la identificación del estado de maduración, a partir de un conjunto de 90 imágenes obtenidas de 90 frutas en

diferentes estados de maduración, en comparación con el análisis manual acorde a lo establecido por la Norma técnica colombiana NTC 4101.

Palabras clave: agricultura colombiana, aplicación de visión artificial, frutas, procesamiento de imágenes, Python, segmentación Otsu.

Abstract

The proper handling of fruits has become one of the most important economic activities in the Colombian agriculture [1]. Actually, the identification of the ripeness of fruit is made manually [2], which induces variability due to subjectivity by expert eye strain. The purpose of this research was to develop a computational tool for identifying the state of ripeness of passion fruit (granadilla) through images recognition. The area in pixels of the fruit images was extracted by a technique called Otsu, using OpenCv libraries in Python. Finally, the task of classification was conducted through cluster analysis, here were assigned 110 points RGB belonging to each state of maturity

1. Estudiante del programa de ingeniería electrónica de la Universidad de Cundinamarca en Colombia. Correo electrónico: daescobar@mail.unicundi.edu.co
2. Ingeniero Electrónico de la Universidad Francisco de Paula Santander en Colombia; MsC en automatización y control industrial del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín; docente de tiempo completo y director del semillero de investigación en procesamiento de señales y visión artificial (Kinestasis) de la Universidad de Cundinamarca en Colombia. Correo electrónico: eeduardoroa@mail.unicundi.edu.co

of passion fruit. The results showed 92, 6% of accuracy for identifying the state of ripeness, from a set of 90 images obtained from 90 fruits in different stages of maturity, which was compared with traditional analysis (conducted by experts) according to the provisions of the Colombian Technical Standard NTC 4101.

Keywords: application of artificial vision, colombian agriculture, fruit, image processing, Otsu segmentation, Python.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país con enorme potencial en la producción de frutas exóticas, en parte, debido a su posición geográfica y a su diversidad climática que le permite producir frutas de diferentes especies durante todo el año, desde el nivel del mar hasta los 2800 metros de altitud, lo cual le otorga la posibilidad de ser un productor con gran potencial y poder competitivo en los mercados internacionales [3], contribuyendo a la sostenibilidad del país, pues para el año 2012, Colombia exportó más de 48,6 millones de dólares en frutas exóticas como la Uchuva, la Gulupa, la Granadilla y la Pitahaya [4].

El estado de maduración es un factor determinante para obtener frutas de alta calidad y cubrir las necesidades, no solo del mercado local sino también la demanda de los mercados internacionales. El análisis manual por parte del técnico experto es el único procedimiento que brinda una perspectiva del estado de maduración de la fruta sin destruirla, en este se evalúan aspectos como color, tamaño, forma, textura o presencia de daños [5]. Asimismo, son utilizados otros métodos invasivos como penetrómetro, el cual determina la resistencia a la penetración o tenderómetro que mide la resistencia al corte de las frutas [6]; sin embargo, la aplicación de estas técnicas solo son desarrolladas de forma controlada en laboratorios para evaluar diferentes técnicas de producción, dado el grado de dificultad en la determinación del estado de maduración de las frutas.

Por esta razón, las técnicas de procesamiento digital de imágenes surgen como una solución prometedora para soportar los análisis en la identificación del estado de maduración de frutas tipo exportación en la industria agroalimentaria, debido a su velocidad y precisión contribuyen en la disminución de los errores subjetivos producidos por el experto luego de análisis extensos, también se ha utilizado con éxito en el análisis de las características de alimentos tales como carnes, queso y pizza entre otros como se evidencia en [7]. A continuación, se describe la metodología empleada en este trabajo de investigación, para determinar el estado de maduración de las granadillas mediante técnicas de procesamiento de imágenes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología propuesta para la identificación del estado de madurez de las granadillas se muestra en la figura 1. Se halla compuesta por una etapa de adquisición de la imagen; posteriormente sigue una etapa de pre-procesamiento, la cual tiene como objetivo disminuir las variaciones bruscas entre píxeles; sigue la etapa de segmentación, la cual consiste en extraer los objetos de interés en este caso las frutas del fondo; finalmente, la etapa de clasificación o reconocimiento, que evalúa cada uno de los objetos para clasificarlos de acuerdo al color o la forma como se evidencia en [8].

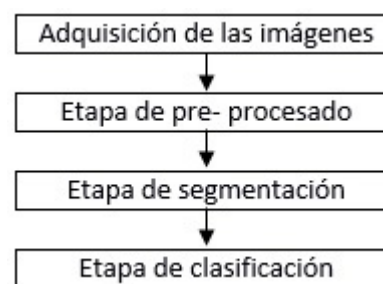


Figura 1. Diagrama de bloques para el sistema de visión artificial de este trabajo.

Previo a realizar cualquier prueba o implementación, se llevó a cabo la selección del entorno de

desarrollo para la realización de los algoritmos con la librería de código abierto OpenCv, el entorno que se eligió fue Python, que es un lenguaje de programación interpretado de alto nivel con licencia libre y multiplataforma. Se elige la librería OpenCv de código abierto ya que está orientada a aplicaciones de procesamiento de imágenes, debido a su interacción con diferentes sistemas operativos con distribuciones diversas, en este caso sobre el sistema operativo Gnu Linux.

Adquisición de las imágenes

Para la adquisición de las imágenes se utilizó un Módulo Picamera de Raspberry pi con una resolución de 5 mega píxeles para diferenciar las frutas en la escena, el cual tiene compatibilidad con la plataforma de procesamiento tanto en el hardware (conexión), como en el software (controladores y programas). Con la ayuda de estas herramientas de hardware y software se obtuvieron 90 imágenes de frutas en diferentes estados de maduración en el espacio del color RGB (Red, Green, Blue). Se empleó iluminación direccional, que es utilizada a menudo en la fase de adquisición de imágenes digitales y que consiste en colocar la cámara apuntando al objeto e iluminándolo en la misma dirección de la cámara, con un bajo ángulo de incidencia como se muestra en la figura 2. De este modo la cámara recibe la mayor parte de la luz reflejada por el objeto, además se seleccionó iluminación Led (diodos emisores de luz) con fondo negro opaco.

Pre procesamiento de imágenes

Posterior a la captura de las imágenes se debe efectuar el pre-procesamiento con el propósito de eliminar o disminuir el ruido presente por la falta de calidad y poca iluminación, así como disminuir las variaciones bruscas de color en los píxeles vecinos. Durante este trabajo se realizaron pruebas con el filtro de convolución el cual minimiza el efecto de objetos indeseados según las características de la imagen [9], este filtro identifica la media de los

píxeles en la imagen definidos por la ventana rectangular de tamaño $N \times M$ de acuerdo a la ecuación (1):

$$\mu = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=1}^{i=n1+n2} V(n1, n2) \quad (2)$$

Donde $n1$ y $n2$ son todos los píxeles definidos por la ventana $N \times M$.

La convolución se calcula multiplicando cada uno de los píxeles de la ventana definida por el kernel de convolución, se identifica el promedio y se reemplaza el píxel central de la ventana con el nuevo valor medio, como se muestra en la figura 3.

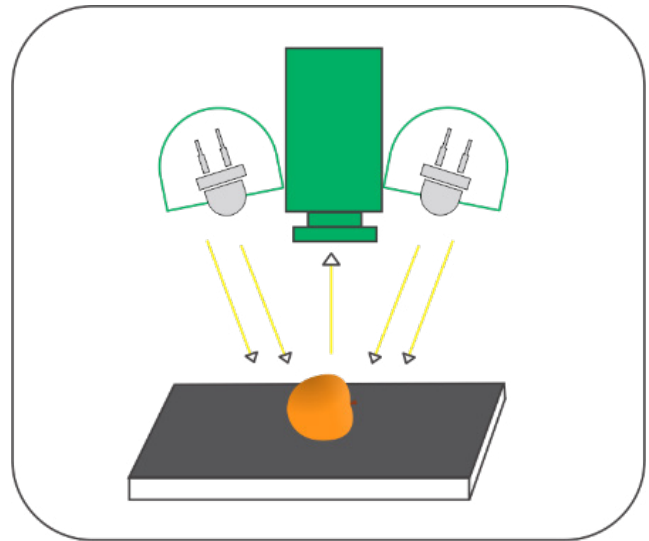


Figura 2. Esquema de iluminación direccional utilizado.

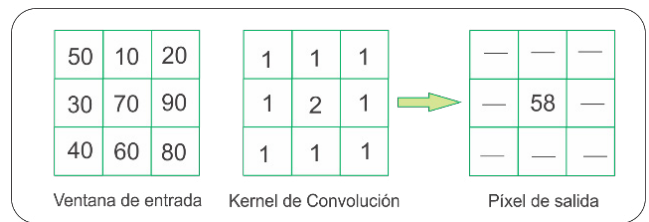


Figura 3. Ventanas del filtro de convolución.

Proceso de segmentación de imágenes

Para la clasificación del estado de maduración de las granadillas fueron probadas las técnicas de segmentación de Otsu [12] y análisis del histograma [13]. Se optó por utilizar la umbralización por el método de Otsu, el cual permite encontrar un nivel de umbral en imágenes con un fondo diferente, el cual se basa en los pesos, la media y la varianza para cada clase, mediante las ecuaciones (2), (3), (4) y (5) respectivamente.

$$W_0 = \frac{\sum_{q=0}^{K-1} P_q}{\sum_{q=0}^{L-1} P_q} \quad \mu_0 = \frac{\sum_{q=0}^{K-1} P_q r(q)}{\sum_{q=0}^{K-1} P_q} \quad (2) \quad (3)$$

$$\mu_0^2 = \frac{\sum_{q=0}^{K-1} P_q (r(q) - \mu_0)^2}{\sum_{q=0}^{K-1} P_q} \quad \sigma_1^2 = W_0 \mu_0^2 + W_1 \mu_1^2 \quad (4) \quad (5)$$

Donde W_0 son los pesos de cada clase, μ_0 la media de cada clase, $p(q)$ es la cantidad de píxeles pertenecientes a un nivel, $r(q)$ son los niveles de gris en la imagen y σ_1^2 la varianza

El método describe un procedimiento no paramétrico el cual selecciona el umbral óptimo como la menor variación entre clases, obteniendo como resultado una imagen binarizada en la cual se encuentran los objetos de interés con color diferente al fondo, objetos de color blanco y fondo de color negro [12]. Las ventajas de este método de segmentación basada en umbral óptimo, es que posee una buena respuesta frente a la mayoría en situaciones del mundo real como imágenes con presencia de ruido, con histogramas planos, mal iluminadas, etc., además de no precisar de supervisión humana u otra información acerca de la imagen.

Caracterización y clasificación de granadillas: aplicación del agrupamiento K-medias

Posterior a la extracción de las regiones pertenecientes a las granadillas en la imagen original RGB,

se procedió a clasificarlas mediante la aplicación de técnicas de agrupamiento K-medias, debido a que su representación gráfica y estadística posee significados relevantes [10]. El método consiste en determinar la distancia euclidiana del valor en el espacio RGB de cada píxel de la imagen segmentada, con respecto a cada centroide de las clases. Finalmente, se asigna cada píxel a la clase correspondiente cuya distancia euclidiana es la mínima [11].

Con el propósito de clasificar las frutas se identifican las características de las granadillas en estado de maduración verde, verde purpura y madura en las imágenes a través de la toma de puntos (componentes de color BGR) que pertenecen a cada clase para diferentes imágenes. Cada una de las clases está conformada por 110 puntos BGR, donde las granadillas maduras pertenecen a la clase 1, las granadillas verdes pertenecen a la clase 2 y las granadillas verde purpura pertenecen a la clase 3.

Validación de los resultados

Con el fin de evaluar la metodología propuesta en la herramienta computacional para la identificación del estado de maduración de granadillas, el algoritmo implementado se aplicó a 90 imágenes que pertenecen a 90 granadillas en los diferentes estados de maduración.

En primer lugar, se obtuvieron tres bases de datos con 110 puntos en el espacio del color BGR para cada clase, seguidamente para su validación se tomaron 77 puntos para entrenamiento equivalentes al 70% de los datos y 33 puntos para validación del algoritmo equivalentes al 30% de los datos obtenidos. En segundo lugar, se validó la herramienta con respecto a la evaluación manual por parte del técnico experto para 90 granadillas, de las cuales 30 pertenecen a cada una de las clases, a través de la matriz de confusión, con el fin de obtener un porcentaje de exactitud y precisión de la herramienta computacional para clasificar las granadillas.

Por otra parte, la herramienta computacional también fue validada mediante un análisis de correlación con las medidas obtenidas por el técnico experto, con el fin de determinar el grado de concordancia que presentó la herramienta computacional con respecto a la evaluación visual por parte del técnico experto.

RESULTADOS

Con el propósito de desarrollar la herramienta computacional para la identificación del estado de maduración de granadillas, fueron analizadas 90 imágenes en diferentes estados de maduración con parámetros controlados. La primera etapa probada de la metodología propuesta fue el proceso de filtrado, para ello se utilizó el filtro de convolución, el cual brinda homogeneidad en todos los píxeles además de disminuir posibles ruidos como se evidencia en la figura 4.

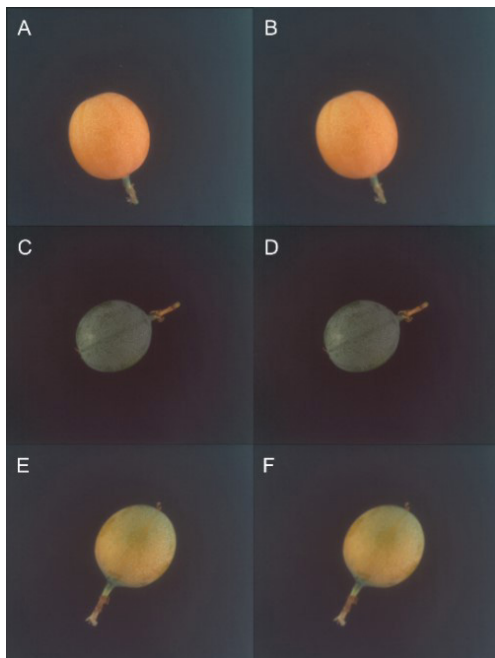


Figura 4. Proceso de Filtrado. A) granadilla madura, B) granadilla madura con filtro de convolución, C) granadilla verde, D) granadilla verde con filtro de convolución, E) granadilla verde púrpura, F) granadilla verde púrpura con filtro de convolución.

La segunda etapa probada fue el proceso de segmentación como se evidencia en la figura 5. El método de segmentación por umbral Otsu, presentó resultados favorables en la extracción de los objetos con respecto del fondo en las imágenes.

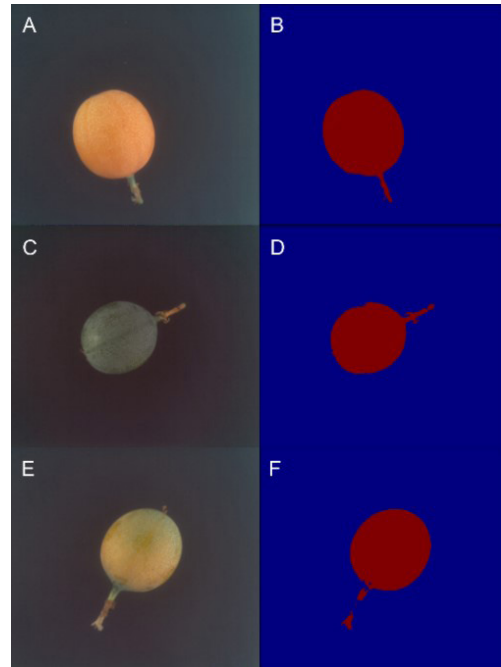


Figura 5. Proceso de Segmentación. A, C y E Imagen original Granadillas, B) granadilla madura segmentada, D) granadilla verde segmentada, F) granadilla verde púrpura segmentada.

Posteriormente, para la etapa de caracterización y clasificación de las granadillas se aplicó el método de análisis de agrupamiento K-medias, para separar las granadillas por su estado de maduración, a continuación, en la figura 6 se muestran los puntos en el espacio del color BGR pertenecientes a las granadillas en los estados de maduración.

El análisis de agrupamiento se realizó con el fin de separar las granadillas verdes de las maduras y verde púrpura. La figura 6 muestra 330 puntos de los cuales 110 pertenecen a granadillas maduras representadas por rombos amarillos, 110 pertenecen a granadillas verdes representados por asteriscos verdes y 110 que pertenecen a granadillas verde púrpura representados

por estrellas púrpura, evidenciando que las granadillas son fácilmente separables mediante las componentes de color BGR. Asimismo, en la figura 7 se presentan los resultados de la clasificación de las granadillas, en ella se evidencian las áreas pertenecientes a las granadillas en estado de maduración maduro con un porcentaje de puntos mayor al 75% en color amarillo, las áreas pertenecientes a las granadillas en estado de maduración verde con un porcentaje mayor al 75% en color verde y las áreas pertenecientes a las granadillas en estado de maduración verde púrpura aquellas que presentan los dos colores con porcentajes inferiores al 75%.

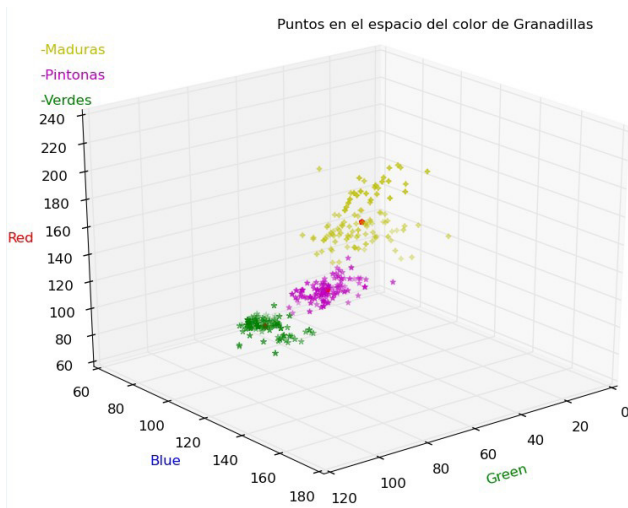


Figura 6. Separación de los puntos que representan granadillas maduras (rombos amarillos), pintonas (estrellas púrpura) y verdes (asteriscos verdes).

La validación de la herramienta se realizó mediante tres pruebas: inicialmente se validó el algoritmo mediante la clasificación K-medias, mediante el cual se realizó la estimación del error a través de la técnica de "Bootstrapping", esta técnica permite evaluar la capacidad que tiene el algoritmo de identificar los estados de maduración de

las granadillas a partir de la información del color BGR, seleccionando el 70% de los datos aleatoriamente para el entrenamiento y el 30% para prueba, esta prueba fue realizada 10 veces y se determinó que en promedio la herramienta identifica el 92.6% de los puntos correctamente, como se evidencia a continuación en la tabla 1.

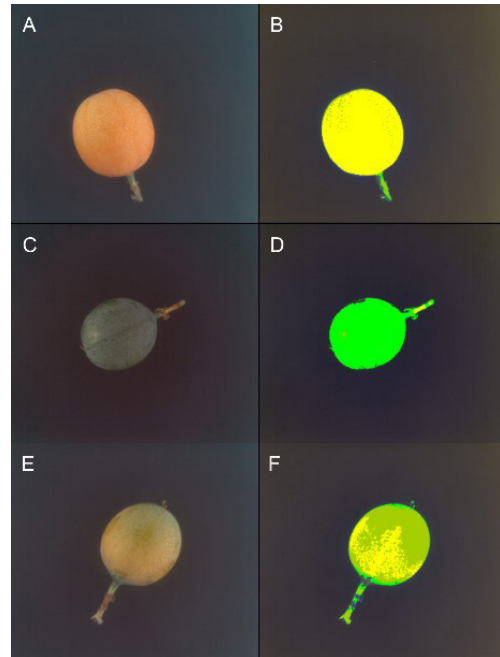


Figura 7. A, C y E: granadillas maduras, verdes y pintonas respectivamente (izquierda). B, D y F clasificación de granadillas utilizando la clustering.

Posteriormente, se compararon las medidas obtenidas por el técnico experto y la herramienta computacional, a través de la matriz de confusión como se muestra en la tabla 2 definida como una herramienta de visualización para determinar los porcentajes de error en las mediciones. Dos parámetros importantes son la exactitud y precisión en la clasificación, los cuales son definidos como el grado de concordancia entre la clase asignada

Tabla 1. Validación del algoritmo

	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5	Test6	Test7	Test8	Test9	Test10
% acierto	93.9%	94.9%	92.9%	93.9%	86.8%	90.9%	91.9%	93.9%	97.9%	88.9%
promedio	92.6%									

por la herramienta computacional, con respecto a la clase asignada por el técnico experto a cada granadilla para este caso, obtenidos mediante las ecuaciones 6 y 7 respectivamente.

Tabla 2. Matriz de confusión.

	Herramienta computacional	
Técnico experto	Clase referencia	Clase de no referencia
Clase referencia	Vp	Fn
Clase de no referencia	Fp	Vn

$$Exactitud = \frac{V_p + V_n}{V_p + V_n + F_p + F_n} \quad (6)$$

$$Precisión = \frac{V_p}{V_p + V_n} \quad (7)$$

Dónde:

Vp son los verdaderos positivos; Vn son los verdaderos negativos; Fp son los falsos positivos
Fn son los falsos negativos.

Para la clasificación se usaron 90 imágenes que pertenecen a 30 granadillas por cada clase verdes, maduras y verde purpura, en la que se obtiene un 93% de acierto con relación al técnico experto de manera manual, de igual forma, la precisión para determinar las granadillas maduras fue del 96,6% con un error en la clasificación, para granadillas verde purpura fue de 86,6% con cuatro errores y para granadillas verdes fue de 96,6% con un error, lo que evidencia que el porcentaje de error es significativamente bajo como se ve en la tabla 3.

Técnico experto	Herramienta computacional		
	Maduras	Verde purpura	Verdes
Maduras	29	4	0
Verde purpura	1	26	1
Verdes	0	0	29
Precisión	96,6%	86,6%	96,6%
Exactitud	93%		

Tabla 3. Resultados correlación técnico experto y herramienta computacional.

Finalmente, se realizó la validación mediante los diagramas de correlación, que representan la diferencia entre los métodos implementados con respecto al método manual, no se encontró variabilidad significativa entre la medida manual y el algoritmo implementado, en la figura 8 se puede observar claramente que la medida de la herramienta (línea roja) presentó valores muy similares a los de un técnico experto (barras azules).

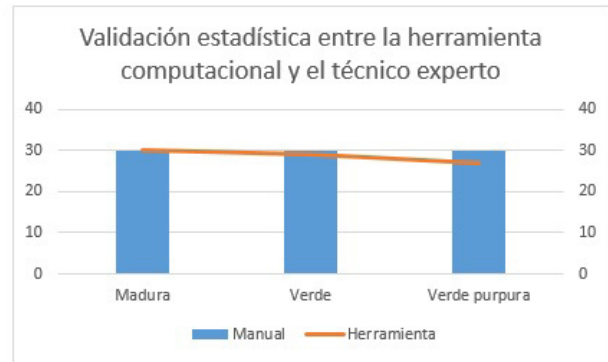


Figura 8. Correlación estadística de la herramienta computacional frente al técnico experto.

DISCUSIÓN

La detección del estado de maduración de frutas es una actividad de vital importancia en los procesos de exportación debido a que deben cumplir con los parámetros de calidad exigidos. Actualmente la evaluación convencional es subjetiva y se ve afectada por la experiencia del técnico experto, por el cansancio físico y la fatiga ocular. Mediante la herramienta computacional propuesta en este manuscrito se obtuvo 92.6% de probabilidad para clasificar correctamente las granadillas, mediante el algoritmo a partir de los datos de validación.

En cuanto a la metodología de segmentación propuesta, se pudieron obtener regiones bien definidas a partir de las imágenes, logrando clasificar de forma correcta las granadillas con un 93% de acierto, a pesar de las variaciones de intensidad entre píxeles debido a la luz ambiente.

Asimismo, la herramienta computacional desarrollada aquí contribuye a la identificación objetiva del estado de maduración de las granadillas, convirtiéndose en una alternativa para los productores en Colombia. Además, se pretende desarrollar un sistema portable para la identificación del estado de maduración de forma no destructiva directamente en las plantaciones, así como detección de enfermedades tanto en la granadilla como para otro tipo de frutas.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la herramienta computacional permitió determinar el estado de maduración de las granadillas, con un alto porcentaje de acierto 93% como se evidenció en las pruebas con respecto al técnico experto y además, podría ser adaptada para clasificar otros tipos de frutas o vegetales.

Durante el proceso de filtrado y segmentación de las imágenes se presentaron problemas con las condiciones de iluminación de la escena, disminuyendo la calidad de la imagen, este proceso es de vital importancia y se propone trabajar con parámetros controlados de iluminación de tal manera que no afecte la clasificación.

La técnica de Clustering K-medias permitió hacer la validación mediante imágenes con granadillas maduras, verdes y verde purpura a través de la mínima distancia, con un porcentaje del 92,6% en la clasificación de granadillas por medio de sus componentes en color BRG.

Los resultados fueron validados con respecto a la prueba manual por parte del técnico experto, la prueba evidenció alta correlación entre la clasificación de las granadillas indicando el buen desempeño del algoritmo con un 93% de aciertos. Sin embargo, es necesaria la validación con un mayor número de granadillas para su uso en campo.

La herramienta computacional presenta ventajas con respecto al análisis manual por basarse en

datos reales de color, no presenta cansancio y presenta alta repetitividad en sus resultados, mientras que la técnica manual por el técnico experto es subjetiva debido a diferentes juicios de una persona a otra y propensa a errores debido a estrés visual y cansancio del técnico experto, dando como resultado decisiones imprecisas y subjetivas.

REFERENCIAS

- [1] Centro de investigación económica y social, Fedesarrollo. *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia*, 2013 [En línea] http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2012/08/Pol%C3%ADticas-para-el-desarrollo-de-la-agricultura-en-Colombia-Libro-SAC_Web.pdf
- [2] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Manual de manejo cosecha y pos-cosecha de granadilla. *Corpoica*, 62-68, 2008.
- [3] Ministerio de agricultura y desarrollo rural, *Plan frutícola nacional de Colombia*, 5 de junio de 2006 [En línea] http://www.frutasyhortalizas.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_18_DIAGNOSTICO%20FRUTICOLA%20NACIONAL.pdf
- [4] Legiscomex.com, Inteligencia de mercados/Exportación de frutas exóticas colombianas *Uchuvas y gulupa, las frutas más vendidas en mercados internacionales*, 15 de mayo de 2013 [En línea] <http://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio-frutas-exoticas-colombia-completo.pdf>
- [5] Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., & Blasco, J. Advances in Machine Vision Applications for Automatic Inspection and Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. *Food Bioprocess Technol*, 487-504, 2010.
- [6] Kneea, M., Hatfielda, S., & Smitha, S. Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruit intended for long-term storage. *Journal of Horticultural Science*, 403-411, 1989.
- [7] Tadhg, B., & Da-Wen, S. Inspection and grading of agricultural and food products by computer

- vision systems—a review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193-213, 2002.
- [8] Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. *Digital image processing*, 2008.
- [9] García Mateos, G. *Procesamiento audiovisual*, 5 de junio de 2006 [En línea] <http://alereimondo.no-ip.org/OpenCV/uploads/41/tema3.pdf>
- [10] Xu, R., & Wunsch, D. Clustering Algorithms in Biomedical Research: A review. *IEEE Reviews In Biomedical Engineering*, 120-154, 2010.
- [11] Solem, J. *Programming computer vision with python*. Unite states of America: O'Reilly median, inc., 2013.
- [12] Otsu, N., A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 62-66, 1979.
- [13] OpenCv. *Procesamiento de imágenes OpenCv*, 5 de junio de 2006 [En línea] <http://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/histograms.html>





Evaluación de un prototipo de seguimiento solar fotovoltaico en regiones tropicales

Evaluation of a solar PV tracking prototype on tropic regions

Cristian Manuel Agudelo Restrepo¹ Oscar Daniel Díaz Castillo² Yimy Edison García Vera³

Para citar este artículo: Agudelo, C., Díaz O. y García, Y. (2016). Evaluación de un prototipo de seguimiento solar fotovoltaico en regiones tropicales. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 87-93. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a10

Recibido: 9-febrero-2016 / **Aprobado:** 24-junio-2016

Resumen

El cambio climático es actualmente una gran preocupación para la sociedad humana, en particular debido a nuestra alta dependencia a los combustibles fósiles. Una cantidad considerable de esfuerzo investigativo se centra en los sistemas solares fotovoltaicos (PV). En dichos sistemas, la eficiencia en la conversión de energía es un tema de investigación activa y múltiples enfoques se están desarrollando para resolver este problema. Uno de estos enfoques son los sistemas de seguimiento solar, donde los paneles se mueven con respecto al sol con el fin de captar la máxima radiación solar directa. En este trabajo se propone un sistema de seguimiento solar fotovoltaico de un eje empleando como mecanismo de acción un servomotor y luego se realiza la comparación de su eficiencia energética con respecto a una instalación fotovoltaica fija. El sistema fue probado en la ciudad de Fusagasugá, Colombia, que se encuentra en una región tropical.

Palabras clave: energía solar fotovoltaica, energías renovables, región tropical, seguidor de un eje, seguidor solar.

Abstract

Nowadays climate change is a big concern for human society, due to our high dependence on fossil fuels. A great amount of research effort is focused in solar photovoltaic (PV) systems, particularly on the improvement of the conversion efficiency. One technique commonly used is the tracking systems, where the solar PV moves with the sun in order to capture the maximum direct solar radiation. This paper presents a solar PV single-axis tracking system prototype, and a comparison regarding its energy conversion efficiency with a fixed solar PV installation. The system was tested in Fusagasugá, Colombia, which is located in the tropics region.

Keywords: renewable energy, single-axis tracker, solar pv, solar tracker, tropic region.

1. Universidad de Cundinamarca; estudiante de Ingeniería electrónica, Universidad de Cundinamarca; investigador del semillero Kinestasis. Correo electrónico: cmagudelo@mail.unicundi.edu.co
2. Universidad de Cundinamarca, Ingeniería Electrónica; Universidad Nacional de Colombia; Sistemas Electrónicos Avanzados, Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea; docente tiempo completo Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: odanieldiaz@mail.unicundi.edu.co ; odiaz@ieeee.org
3. Universidad de Cundinamarca, Ingeniería Eléctrica; Universidad Nacional De Colombia; master en energías renovables, Universidad San Pablo CEU; docente tiempo completo, Universidad de Cundinamarca. Correo electrónico: ygarcia@mail.unicundi.edu.co; ygarcia3@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos (PV) se utilizan para convertir la luz solar en electricidad, son seguros, fiables y pueden sustituir la energía de fuentes no renovables que contaminan el medio ambiente. Lo ideal es que los módulos fotovoltaicos estén diseñados para ofrecer la mayor cantidad de energía a un costo mínimo; sin embargo, para obtener una salida de potencia alta, el generador fotovoltaico necesita capturar la máxima cantidad posible de radiación, por tanto, este sistema debe estar apuntando hacia el punto de mayor radiación solar. El rendimiento de los sistemas fotovoltaicos se ve afectado por el ángulo de orientación e inclinación, en tanto que estos parámetros determinan la cantidad de radiación solar recibida por la superficie de un módulo fotovoltaico en una región particular.

Los seguidores solares son sistemas automatizados diseñados para que sigan las trayectorias solares con el fin de aumentar la potencia de salida del generador. Dichos sistemas de seguimiento se pueden utilizar para varias aplicaciones, tales como celdas solares, sistemas de iluminación día solar y arreglos solares térmicos [1, 2].

Existe diversidad de trabajos relacionados con los sistemas de seguimiento solar en todo el mundo. Un documento interesante es el de Alexandru [2] el cual propuso un diseño y una simulación de un sistema de seguimiento en un eje para módulos fotovoltaicos. En el estudio de este prototipo virtual de seguimiento se integra el dispositivo mecánico y el sistema de control, en un concepto mecatrónico. Deepthi *et al* [3] propuso la comparación del sistema de seguimiento solar en un solo eje y de doble eje con un sistema solar fijo. En este trabajo, el sistema de seguimiento solar de doble eje obtuvo un mejor rendimiento que los sistemas de seguimiento solar de un solo eje durante los días nublados, pero estos eran más costosos. Otros autores como Mejía *et al* [4] presentan un algoritmo de

optimización para el seguimiento solar que mejoró la eficiencia del panel hasta en un 35%. Ghazali *et al* [5] estudió la eficiencia de tres módulos solares de silicio: poli-cristalino, mono-cristalino y silicio amorfo, se probó mediante la aplicación de un sistema de seguimiento solar de un solo eje bajo el clima húmedo tropical de Malasia. Huang *et al* [6] propuso un sistema de energía solar fotovoltaico que mejora la eficiencia mediante el uso de un eje único de seguimiento de tres posiciones. Este sistema obtuvo un aumento del 37% de la generación total de energía en comparación con la instalación fotovoltaica fija. Por otro lado, Stamatescu *et al* [7] presentó un algoritmo de seguimiento solar para el control del movimiento de los paneles fotovoltaicos; este algoritmo fue implementado y la plataforma experimental utilizó una estrategia de control triple posicional.

Tudorache *et al* [8] presentó un sistema de seguimiento solar fotovoltaico utilizando un motor de corriente continua controlado por una unidad de accionamiento inteligente que recibe las señales de entrada de los sensores de intensidad de luz. Los datos registrados demostraron que el panel de seguimiento solar producía alrededor de un 57,55% más de energía que el sistema de instalación fijo.

Los sistemas de seguimiento solar generan una mayor eficiencia en comparación con los sistemas de panel fijo, los cuales no tienen ningún tipo de movimiento para seguir las trayectorias solares.

Con respecto a los sistemas de seguimiento solar, hay dos clasificaciones principales de acuerdo a los ejes de rotación:

- *Eje de rotación único*: utiliza únicamente un grado de libertad, con lo cual el panel se mueve en una sola dirección. Estos sistemas utilizan una configuración mecánica simple con un solo motor. También, se utiliza un sencillo mecanismo de control para conducir el sistema de seguimiento; sin embargo, el seguimiento

del sol no se puede hacer con precisión en las regiones donde existen cambios estacionales. Estos sistemas son comúnmente utilizados en condiciones climáticas tropicales, donde el movimiento del sol se puede simplificar a una dimensión.

- *Eje de rotación dual:* usa dos grados de libertad con el fin de realizar el seguimiento de las trayectorias solares con mayor exactitud en el transcurso del día. La eficiencia de este sistema es mejor en comparación con el sistema de seguimiento en un solo eje; sin embargo, tales sistemas necesitan una configuración mecánica compleja con dos motores y requieren un sistema de control de dos dimensiones complejas.

En comparación con la configuración de un solo eje, los sistemas de doble eje tienen la gran desventaja de que son más costosos. Esta configuración de doble eje se adapta mejor en países con cambios estacionales, donde los movimientos del sol son más complejos. Una visión sobre las configuraciones de un solo eje y de doble eje se muestra en la figura 1.

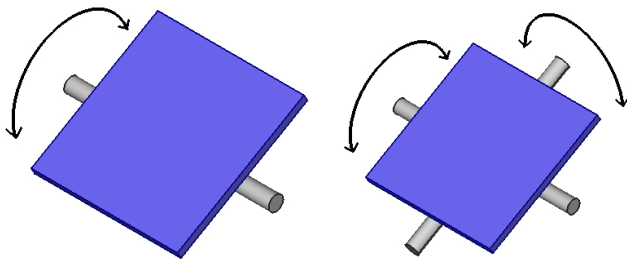


Figura 1. Configuraciones de un eje (izquierda) y de doble eje (derecha).

El prototipo diseñado se implementó con una configuración de un solo eje, probando el sistema en la ciudad de Fusagasugá, ubicada a una latitud de $4^{\circ}20'14''$ norte y a una longitud de $74^{\circ}21'52''$ oeste. Esta región tiene un clima de tipo tropical seco y, por lo tanto, posee condiciones climáticas favorables para la energía solar. La radiación media medida en la región es $4,82 \text{ kWh/m}^2$ por día [9,10], proporcionando una cantidad considerable de radiación solar.

MÉTODOS

El prototipo propuesto consta de dos partes. La primera parte es un sistema mecánico con un eje metálico, el cual permite la rotación del panel fotovoltaico, este va unido a un servomotor el cual se soporta sobre una estructura realizada en madera de balsa y MDF. Esta estructura es de 56 cm de largo, 24 cm de ancho y 26 cm de alto. El panel fotovoltaico tiene una superficie de 572 cm^2 y puede moverse en ángulos de -80° a $+80^{\circ}$ con respecto al eje vertical. El circuito de medición de potencia junto con el sistema de adquisición de datos (DAQ) se une a la estructura. El DAQ proporciona datos de medición a un PC con una aplicación desarrollada en LabVIEW para almacenar los datos y luego exportarlos a una hoja de cálculo para su posterior análisis. Un diagrama de bloques del prototipo se muestra en la figura 2.

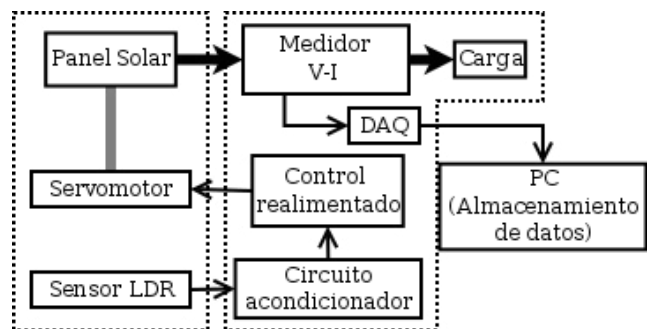


Figura 2. Diagrama de bloques del prototipo de seguimiento.

La estructura de base junto con el eje, el panel solar y el servomotor se muestra en las figuras 3 y 4. Además, una secuencia detallada del proceso de construcción del prototipo se muestra en la figura 5.

Los paneles fotovoltaicos que se utilizaron para el experimento fueron fabricados por la empresa INTI, sus características técnicas se resumen en la tabla 1. Se usaron dos paneles idénticos para el montaje experimental: uno de ellos se instaló en el sistema de seguimiento de un solo eje y el otro se

creó en una estructura de ángulo fijo configurable, también realizada en madera.

La segunda parte del seguidor solar fotovoltaico es el censado de la luz, para lo cual se realizó un arreglo a partir de fotorresistencias (LDR), con la cual se detectaba el punto de máxima iluminación solar en un eje. Este sensor se compone de una serie de cinco LDR en una estructura de arco de madera, como se muestra en la figura 6. Esta estructura es de 40 cm de largo, 20 cm de ancho y 27 cm de altura.

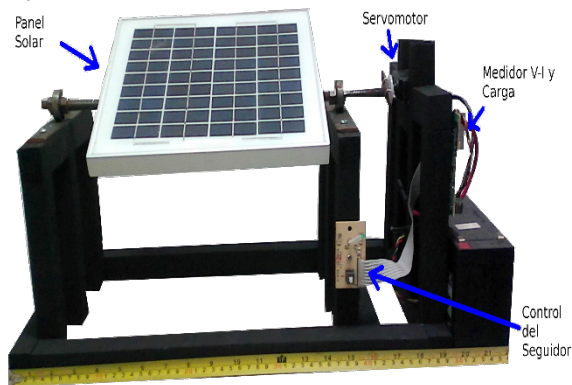


Figura 3. Detalles del sistema de seguimiento (vista frontal).

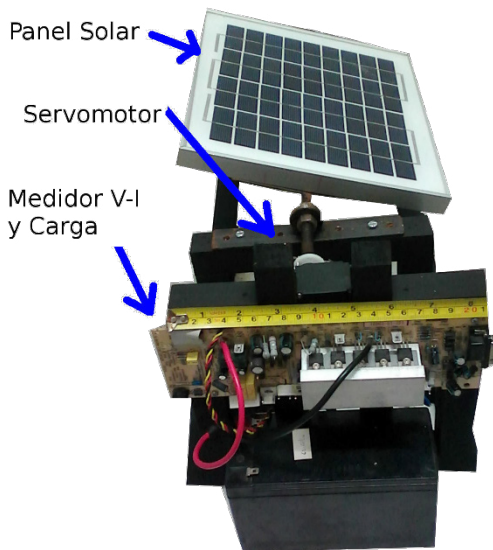


Figura 4. Detalles del sistema de seguimiento (vista lateral).



Figura 5. Detalles del proceso de construcción.

Tabla 1. Características del panel solar empleado.

Fabricante	INTI
Modelo	IPS 5
Tipo de celda	Poli-cristalino
Potencia máxima	5 W \pm 3%
Voltaje en máxima potencia	18.36 V
Corriente máxima	0.27A
Voltaje en circuito abierto	22 V
Corriente en corto circuito	0.29 A
Eficiencia de la celda	15.72 %
Dimensiones	260 mm x 220 mm x 18 mm
Temperatura de operación	-40 °C a 85 °C

Un circuito acondicionador convierte las señales del sensor en ángulos de seguimiento. Antes de tomar las mediciones, el sistema fue calibrado para devolver el ángulo de máxima radiación. Otras configuraciones con dos sensores se han utilizado en estudios previos [11], pero estos son más simples y menos precisos.

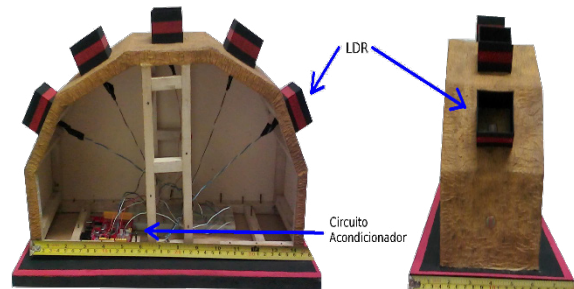


Figura 6. Detalles del arreglo de sensores LDR.

Se utilizó un sistema de control de realimentación sencilla para accionar el servomotor y este sistema

de control se ha configurado para establecer el vector normal del panel solar PV en el mismo ángulo de máximo brillo solar.

METODOLOGÍA

Con el fin de comparar el rendimiento de un sistema de seguimiento de un solo eje con respecto a una configuración de montaje fijo, se utilizaron dos paneles fotovoltaicos idénticos y se instalan en las siguientes maneras: un panel se montó con un ángulo de inclinación fijo de 15 grados hacia el este; y el segundo panel se montó en el sistema de seguimiento solar. Ambos paneles fotovoltaicos fueron alineados convenientemente, repasando la dirección este-oeste.

El dispositivo DAQ fue programado para efectuar mediciones en intervalos de diez minutos, con las muestras de corriente y tensión tomadas de ambos paneles fotovoltaicos. El voltaje medido es VOC en circuito abierto, que se mide cuando la celda solar no tiene carga. La corriente medida de cortocircuito ISC, se mide cuando la celda solar tiene una carga baja resistencia. Tanto el VOC como el ISC se pueden utilizar para calcular la potencia teórica PT de la celda, mediante el cálculo de $PT = VOC \cdot ISC$.

Las medidas se tomaron desde las 8:00 hasta las 18:00. Además, dado que la mayor diferencia en términos de poder se produce después de las 12:00, este rango de tiempo especial de 12:00 a 17:00 se considera para el análisis detallado. El sistema propuesto se puso a prueba en condiciones climáticas similares: Días soleados con pocas nubes. Este era el clima predominante durante el período en que los experimentos se llevaron a cabo.

RESULTADOS

Los primeros resultados se muestran en la figura 7; esta es la comparación de la potencia medida PT, tanto para la configuración fija como para el sistema implementado. Además, una comparación resumida se muestra en la tabla 2.

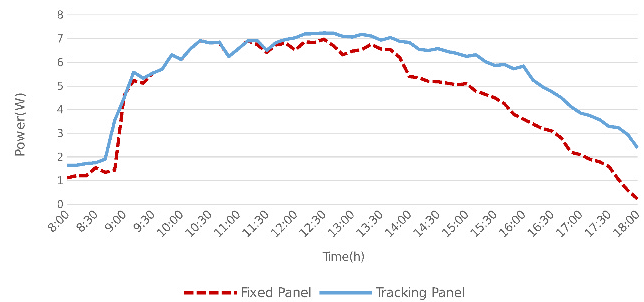


Figura 7. Comparación de potencia (PT).

Tabla 2. Comparación de los valores medidos

Variable	Panel fijo	Panel con seguidor
Voc	19.8 V	20.4 V
Isc	225.1 mA	272.1 mA
PT	4.5 W	5.6 W
Ganancia de potencia	---	24.5 %

La cifra de comparación de potencia también muestra que no hay diferencia significativa entre las configuraciones durante el periodo de la mañana (antes de las 12:00); sin embargo, después del mediodía la comparación de energía presenta diferencias más grandes. Lo anterior puede explicarse por el ángulo de inclinación del panel fijo; este tenía un ángulo de inclinación que favoreció la producción de energía en la mañana (más cerca al este), pero presentaba desventaja en la tarde.

Una comparación de voltaje VOC se muestra en la figura 8. Lo anterior demuestra que ambas configuraciones presentan una tensión relativamente constante (alrededor de 20 V) durante condiciones de luz diurna. Esto se puede explicar con la física fotovoltaica y el efecto fotoeléctrico; en el cual, la salida de tensión depende de la energía del fotón o frecuencia.

Una comparación de la ISC se muestra en la figura 9. Puesto que el VOC es casi constante, la curva de corriente es bastante similar a la figura 7, la cual muestra la curva de potencia.

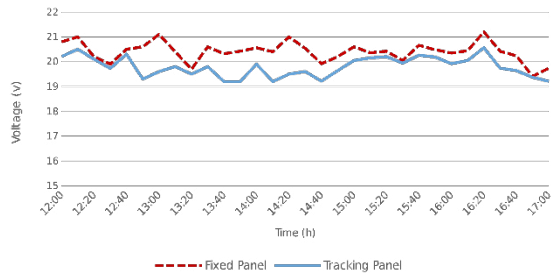


Figura 8. Comparación de voltaje (VOC).

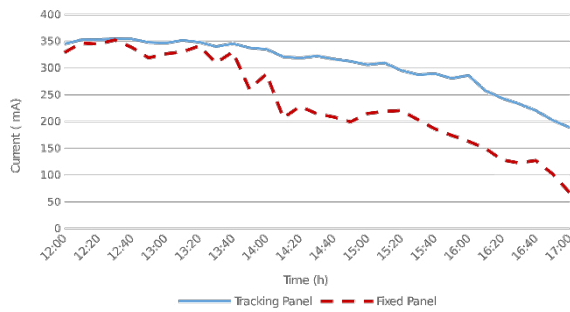


Figura 9. Comparación de corriente (ISC).

DISCUSIÓN

El prototipo implementado cuenta con un sistema de seguimiento solar accionado por un servomotor el cual brindó las condiciones óptimas de fuerza y velocidad requeridas para el funcionamiento del mismo, este servomotor fue controlado a partir de la variable de iluminación haciendo uso de sensores foto resistivos.

Para el presente artículo no se tuvo en cuenta el autoconsumo del sistema pero se considera que al escalar el proyecto, el consumo del mismo será muy pequeño en comparación con la ganancia obtenida implementando este tipo de seguimiento, esto se logra realizando un acople correcto de engranajes para aumentar la fuerza del motor, considerando que la velocidad de seguimiento es muy pequeña. Otro factor que no se tuvo en cuenta fue las pérdidas por calentamiento en la celda, para lo cual se ha pensado en emplear paneles híbridos (Fotovoltaico-Colector), con los cuales se aprovecharía los calentamientos del sistema.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta el diseño de un prototipo de energía solar fotovoltaica de seguimiento en un solo eje y se presentaron sus resultados experimentales. Los resultados mostraron una mejora importante en la conversión de energía: alrededor del 25% más de potencia con respecto a una configuración de panel fijo. Cabe mencionar que otros autores en estudios previos han obtenido ganancias mayores empleando otros tipos de tecnologías (mono-cristalino y el silicio amorfo) que los usados en este estudio.

El montaje experimental mide los voltajes y las corrientes durante las pruebas y la potencia se calculó a partir de estos resultados. La tensión en el PV solar es aproximadamente constante en condiciones de luz diurna, esto es consistente con la física PV. Por lo tanto, la medición de corriente es suficiente para obtener la eficiencia de conversión de energía de las celdas empleadas. Mejoras de precisión en el sensor de corriente se puede hacer para obtener datos más precisos.

Esta configuración de seguimiento en un solo eje se puede utilizar en paneles fotovoltaicos a mayor escala, para regiones tropicales como Fusagasugá y, en general, para la mayoría de las ciudades y regiones colombianas. El trabajo futuro incluirá el uso de diferentes tecnologías fotovoltaicas, como por ejemplo el uso de paneles de mono-cristalino y de paneles de silicio amorfo; además, se desea implementar un MPPT para realizar la comparación del método de seguimiento empleado en el proyecto actual. Dado que el uso del seguidor en un solo eje ha dado buenos resultados para regiones tropicales hasta el momento, no existe un plan para compararlo con un seguidor de doble eje en un futuro previsible, pero si se tiene planeado tener en cuenta los autoconsumos y las pérdidas por temperatura.

REFERENCIAS

- [1] Ahmad, S., Shafie, S. and Kadir, M.Z.A.A., *Power feasibility of a low power consumption solar*

- tracker. Procedia Environmental Sciences*, 17, pp. 494-502, 2013. The 3rd International Conference on Sustainable Future for Human Security, 2012, 3-5 November 2012, Clock Tower Centennial Hall, Kyoto University, Japan.
- [2] Alexandru, C., Design and optimization of a monoaxial tracking system for photovoltaic modules. *Journal of Solar Energy*, p. 6, 2013. doi:10.1155/2013/586302.
- [3] Deepthi, S., Ponni, A., Ranjitha, R. and Dhana-bal, R., *Comparison of efficiencies of single-axis tracking system and dual-axis tracking system with fixed mount. International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 2, pp. 425–430, 2013.
- [4] Mejía, A.E., Londoño, M.H. and Osorio, J.C., Diseño e implementación de un seguidor solar para la optimización de un sistema fotovoltaico. *Scientia et Technica*, 1(44), pp. 245–250, 2010.
- [5] Ghazali M, A. and Abdul Rahman, A.M., The performance of three different solar panels for solar electricity applying solar tracking device under the Malaysian climate condition. *Energy and Environment Research*, 2(1), p. 235, 2012.
- [6] Huang, B.J., Huang, Y.C., Chen, G.Y., Hsu, P.C. and Li, K., *Improving solar PV system efficiency using one-axis 3-position sun tracking. Energy Procedia*, 33, pp. 280–287, 2013. PV Asia Pacific Conference, 2012.
- [7] Stamatescu, L., Făgărașan, L., Stamatescu, G., Arghira, N. and Iliescu, S.S., *Design and implementation of a solar-tracking algorithm. Procedia Engineering*, 69, pp. 500–507, 2014. 24th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, 2013.
- [8] Tudorache, T., Oancea, C.D. and Kreindler, L., Performance evaluation of a solar tracking PV panel. *University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin, Series C: Electrical Engineering*, 74(1), pp. 3–10, 2012.
- [9] Nasa surface meteorology and solar energy. [En línea] <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- [10] Swera solar and wind energy resource assessment. [En línea] <http://maps.nrel.gov/swera/>
- [11] Tudorache, T. and Kreindler, L., Design of a solar tracker system for PV power plants. *Acta Polytechnica Hungarica*, 7(1), pp. 23–39, 2010.





Difusión de la infraestructura de datos espaciales en Panamá

Dissemination of spatial data infrastructure in Panamá

Sandra Yanet Velazco F.¹ Ernesto Bal Calderon² Luis Joyanes Aguilar³ Alexandra Abuchar Porras⁴

Para citar este artículo: Velazco, S.Y., Bal, E., Joyanes, L. y Abuchar, A. (2016). Difusión de la infraestructura de datos espaciales en Panamá. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 94-103. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a01

Recibido: 23-junio-2015 / **Aprobado:** 3-diciembre-2015

Resumen

Las Infraestructuras de Datos Espaciales desplegadas en la actualidad permiten la difusión de información de una manera sencilla y accesible para cualquier tipo de organización pública, privada o ciudadanos en general. Los medios por los cuales los mensajes llegan de un individuo a otro son llamados canales de comunicación [1]. Las teorías de la difusión de la innovación pueden proporcionar un marco muy útil para el estudio y desarrollo de IDE nacionales y Regionales. Así, el modelo de difusión de la innovación de Rogers destaca la importancia de la comunicación interpersonal y el papel de las redes sociales, por medio de procesos de divulgación de la información hacia diferentes sociedades, considerando que los medios masivos no son los únicos canales de difusión de las innovaciones [2]. Sin embargo, esta comunicación necesita de un liderazgo dentro del grupo para manejar los procesos comunicativos, a fin

de que el nuevo producto ofertado sea reconocido y aceptado por los interesados a quienes va dirigido.

Palabras clave: difusión, IDE, IG, Infraestructura Panameña de Datos Espaciales (IPDE), innovación, liderazgo.

Abstract

Spatial Data Infrastructure deployed today, allow the dissemination of information that comes to an individual in a simple and accessible way for any organization whether it be public, private or citizens. The means by which messages arrive from one individual to another are called communication channels. Theories of diffusion of innovation can provide a very useful for the study and development of national and regional IDE framework. The diffusion model of innovation of Rogers, emphasizes the importance of interpersonal end communication and the role of

1. Ingeniera Civil, Universidad Francisco de Paula Santander; especialista en SIG, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; doctora en Informática, programa SIG, Universidad Pontificia de Salamanca; profesional especializado Decanatura Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Contacto: sandra_velazcof@yahoo.com.
2. Licenciada en Tecnología de Programación y Análisis de Sistemas, Universidad Tecnológica de Panamá; máster en Sistemas de Información Geográfica, Universidad Pontificia de Salamanca, Campus de Madrid; especialista en Sistema de Información Geográfica, Ministerio de Economía y Finanzas, Dirección de Programación de Inversiones, Panamá. Contacto: ebal@mef.gob.pa; ernesto.bal@gmail.com.
3. Licenciado en Ciencias Físicas con Grado y Especialidad de Electrónica, Universidad Complutense; doctor en Ingeniería en Informática, Universidad de Oviedo; doctor en Sociología, Universidad Pontificia de Salamanca; doctor Honoris Causa por la Universidad Privada Antenor Orrrego de Trujillo; director Instituto Europeo de Tecnología y Negocios, España. Contacto: joyanes@gmail.com.
4. Ingeniera de Sistemas, Universidad Antonio Nariño; especialista en Multimedia, Universidad Cooperativa de Colombia; magíster en Informática aplicada a la Educación, Universidad Cooperativa de Colombia; docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas; coordinadora Comité de Acreditación Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Contacto: alexandraabuchar@yahoo.com.mex.

social networks, through processes of disclosure to different societies, considering also that the media does not are the only channels of diffusion of innovations, most however, this communication need of leadership within the group to manage communication processes for the new product offered is recognized and accepted by the stakeholders to whom it is addressed.

Keywords: dissemination, GI, innovation, leadership, Panamanian Spatial Data Infrastructure (IPDE), SDI.

INTRODUCCIÓN

Desde inicios del nuevo milenio, con la iniciativa de promover con carácter prioritario el establecimiento de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) a nivel nacional, se establecieron y coordinaron políticas y normas técnicas que fomentaran y sustentaran el desarrollo de la Infraestructura Regional de Datos Geoespaciales de las Américas. Panamá no escapa a la iniciativa IDE, por ello, a lo largo de estos años varios han sido los actores responsables que han dado impulso a lo que hoy en día se ha logrado. En este orden de ideas, dar a conocer qué es una IDE, su uso, su importancia, su necesidad [...], es esencial para su crecimiento, mejora y comprensión del entorno y sus potencialidades. Si bien es necesario reconocer que cada país, o entidad generadora de información geoespacial, tiene su forma de trabajo y cultura en particular, también es importante ser conscientes de las metas y objetivos en común que engloban el desarrollo de la IDE Regional, que articula la información geoespacial de la región de las Américas.

De otro lado, el tiempo para hacer realidad el desarrollo de una IDE puede parecer largo; sin embargo, si nos apoyamos en modelos científicos en las áreas de la innovación y la adopción de tecnologías de la información (como el Modelo de Difusión de la Innovación de Roger, el cual es principal marco teórico sobre el proceso de adopción de una

innovación desde el punto de vista del usuario [3]), nos servirá para organizar las estrategias individuales y colectivas de desarrollo IDE. Así, conocer cada uno de los elementos de la difusión, el proceso de decisión de la innovación, las categorías de adaptadores y comprender la curva de adopción, proporcionará las herramientas necesarias para beneficiarnos de este desarrollo (innovación).

MODELO DE DIFUSIÓN DE LA INNOVACIÓN DE ROGERS

Everett Rogers define la difusión como el proceso mediante el cual una innovación es comunicada en el tiempo y difundida a través de determinados canales, entre los miembros de un sistema social [1]. Esta difusión constituye un tipo especial de comunicación, pues sus mensajes están encargados de difundir nuevas ideas [4].

Elementos de la difusión

Los principales elementos de la difusión de las nuevas ideas o innovaciones son cuatro:

- la innovación,
- los canales de comunicación,
- el tiempo y
- el sistema social.

El modelo de Rogers es considerado como un modelo de adopción, más que como un modelo propiamente de difusión, porque describe la conducta de adopción y el alcance es la decisión de adopción de los adoptadores potenciales [3].

Atributos de las innovaciones

Las características de una innovación, tal como es percibida por los que integran un sistema social, determinan su tasa de adopción [2]. Los cinco atributos de las innovaciones que se deben considerar en la adopción son:

- *Ventajas relativas*: lo que estamos proponiendo es mejor que lo que estamos reemplazando, el grado de la innovación se considera mejor que la práctica.
- *Posibilidad de observación*: si se pueden ver los resultados de la aplicación de la innovación; hasta qué punto proporciona resultados tangibles o visibles.
- *Compatibilidad*: si es compatible con experiencias previas y necesidades de los usuarios potenciales.
- *Complejidad*: es fácil de aplicar, comprender, mantener y si es fácil de entender su aplicabilidad.
- *Posibilidad de ensayo*: hasta qué punto puede probarse-experimentarse, antes de que adquiera el compromiso de adaptarla.
- *Para ser adoptada con mayor rapidez una innovación deberá contar con una baja complejidad*: mientras debe poseer un nivel alto de percepción de ventaja relativa, posibilidad de observación, compatibilidad y posibilidad de ensayo.

Proceso de decisión de la innovación

El proceso de decisión de la innovación se aplica tanto en individuos como en organizaciones. En el modelo de difusión de Rogers se divide en cinco fases, para los dos casos, como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Procesos de Innovación del modelo de Rogers.

Individual		En una organización	
Conocimiento	Iniciación	Iniciación	Priorizar la agenda
Convencimiento			Contrastar
Decisión		Reducir / Reestructurar	
Implementación	Implementación	Implementación	Explicar
Confirmación			Rutina

Fuente: [1] [4].

Las cinco fases que contempla el modelo de adopción individual (individuo) son: la fase de conocimiento, se adquiere conocimiento sobre la innovación y es receptivo a ella. En la fase del convencimiento, se informa y evalúan las características de la innovación, tomando parte favorable o desfavorable. En la fase de decisión, ante una evaluación previa y, si fuera posible una prueba de la innovación, se puede dar la decisión de adopción o rechazo. La fase de implementación, se pone en práctica la innovación. A diferencia de las fases anteriores, el individuo, adoptador, modifica su manera de actuar, al ser una ejecución de la decisión de adoptar. La última fase se denomina confirmación, el adoptador trata de confirmar la decisión una vez revisado y evaluado los resultados de la decisión tomada.

Por otro lado, el proceso de innovación de una organización se recorre en cinco fases agrupadas en dos etapas:

- Iniciación (priorizar la agenda y contrastar)
- Implementación (redefinir/reestructurar, explicar y rutina)

La primera fase (puede llevar varios años) ocurre cuando se percibe la necesidad de una solución innovadora para resolver una situación dentro de la organización, es llamada priorizar la agenda, en la cual se identifica y prioriza las necesidades y situaciones. En la fase siguiente la innovación se enfrenta a la situación a resolver, denominada contrastar. Esta fase es experimental, cuanto mejor pueda una organización contrastar la innovación con la situación y analizar cómo encaja en la organización, mayor será la probabilidad de adoptar la innovación, marcando la frontera entre la iniciación y la implementación.

En una tercera fase, de redefinir/reestructurar, la organización y la innovación se adaptan entre sí, y van perdiendo su carácter ajeno. La innovación se reinventa para adaptarse a la organización, así la organización adecúa sus estructuras para que la innovación se ajuste.

En la fase cuarta, denominada explicar, los miembros de la organización son informados del funcionamiento y utilidad de la innovación. Aquí se aclara la razón de ser de la nueva idea. Y finalmente en una quinta fase, de rutina, los miembros de la organización adoptan la innovación incluyéndola diariamente en su vida laboral [3].

Categoría de adaptadores

Rogers igualmente plantea que algunas personas u organizaciones son más abiertas que otras a la adopción de una innovación, reaccionando de manera muy distinta y asumiendo diferentes posiciones y actitudes respecto a ella. Estas se clasifican en cinco categorías [1]:

- **Innovadores:** son personas promotoras del cambio, asumen el riesgo de ingresar y difundir la innovación. Los innovadores representan aproximadamente el 2,5% de los consumidores. Son personas que están al día en tecnología, entusiastas y decididos. La comunicación es un elemento clave para impulsarlos a la acción.
- **Adoptantes tempranos:** o adoptadores iniciales, personas que les gusta experimentar con nuevas iniciativas de forma prudente. Los adoptadores tempranos representan alrededor del 13,5% de los consumidores. Tienden a ser personas muy educadas y respetables.
- **Mayoría temprana:** o mayoría inicial, gente racional, mucho más cuidadosa pero acepta el cambio más rápidamente. La mayoría temprana representan el 34% aproximadamente, no están dispuestas a correr riesgos, analizan y reflexionan cuidadosamente antes de tomar una decisión.
- **Mayoría tardía:** representan el 34%, mostrándose más escépticos, utilizan nuevas ideas o productos solamente cuando la mayoría la está utilizando. Resistentes al cambio, difíciles de persuadir de adoptar una innovación sin una actividad intensa y una influencia significativa.
- **Rezagados:** representan un 16% de la

población aproximadamente. Tradicionales, críticos sobre nuevas cosas, evitan los cambios y van generalmente en contra de la innovación y la aceptarán solamente si la nueva idea tiene el consumo principal o incluso ya se ha transformado en una tradición.

Curva de adopción de innovación

El proceso de adopción a lo largo del tiempo sigue una gráfica de distribución normal o campana de Gauss, y el número acumulado de adoptadores sigue una curva en forma de S (figura 1).

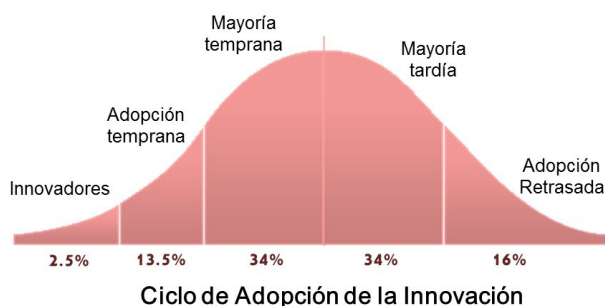


Figura 1. Curva de adopción de Rogers.

Fuente: [15].

Matemáticamente la curva S es simplemente el resultado de una distribución normal acumulada. La curva es ampliamente usada para explicar también la aceptación de cambios organizacionales (figura 2).

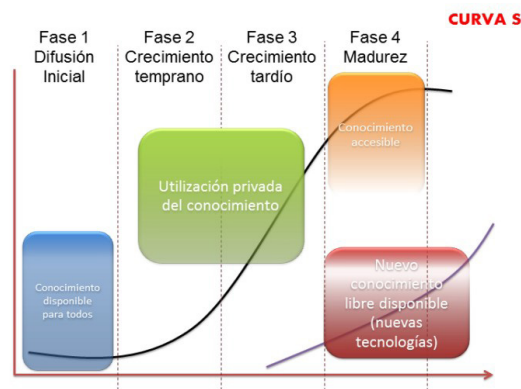


Figura 2. Curva de adopción de Rogers.

Fuente: [15].

El proceso de difusión sigue una curva en forma de S, como se ha visto. y en ella se representa la velocidad de adopción y el número de adoptantes. Al principio, la innovación se difunde lentamente, pero a medida que la innovación se va adoptando por un número cada vez mayor de actores, comienza a difundirse de manera más rápida. Luego, el número de adoptantes disminuye al llegar a un punto de saturación y comienza a estabilizarse [5].

Esta curva de adopción de innovación nos hace comprender que es mejor tratar de convencer primero a los innovadores y adoptadores iniciales, que de plano convencer a la mayoría en general. Igualmente, las categorías y porcentajes pueden ser utilizados como primer bosquejo para estimar el grupo objetivo para los propósitos de comunicación de una innovación.

Canales de comunicación y los sistemas sociales

Los canales de comunicación constituyen uno de los cuatro elementos de la teoría de la difusión. En la difusión, hay dos categorías principales de canales de comunicación. Uno se caracteriza por su naturaleza, como en los medios de comunicación y canales interpersonales. El otro se caracteriza por su fuente de origen, como en el orden y canales internos. En general, los medios de comunicación como periódicos, la radio y la televisión son más eficaces en la toma de potenciales adoptantes, sean conscientes de una innovación. La teoría constata que a través de los canales informales se difunde una innovación más rápidamente.

Rogers no considera como únicos canales de difusión de las innovaciones a los medios masivos; él destaca la importancia de la comunicación interpersonal y el papel de las redes sociales. Sin embargo, esta comunicación necesita de un liderazgo dentro del grupo para manejar los procesos comunicativos. Es importante resaltar que a través de los medios de comunicación masiva se reitera

la información sobre la innovación y aumentan las posibilidades de que se adopte la innovación [2].

El sistema social es el cuarto elemento de la teoría de la difusión, entendido como las normas, la estructura y los intermediarios en la difusión. El modelo de Rogers está pensado inicialmente para la toma de decisiones en una estructura centralizada, en donde existe un control de decisiones sobre la innovación que ha de ser adoptada desde el nivel más alto y donde se produce un nivel bajo de adaptación al usuario. El papel de los intermediarios consiste en persuadir y convencer de la adopción de la idea nueva o innovación y realizar los cambios necesarios en ella para que se adapte a los usuarios y al sistema. Rogers da mucha importancia a la opinión de los líderes, pues estos poseen el estatus suficiente para dar credibilidad al resto de los usuarios, y a los agentes de cambio, que trabajan activamente para extender la innovación, crean demanda, persuaden, y soportan la toma de decisiones [6].

Una de las características importantes para que ocurra la difusión de innovaciones es que los individuos sean homofílicos, es decir, que sean similares en ciertos atributos, como educación, lenguaje, códigos culturales, entre otras, lo cual ocurre generalmente cuando estos individuos pertenecen al mismo grupo o tienen intereses similares. En cambio, cuando los individuos poseen atributos diferentes se denominan heterofílicos [4], siendo uno de los problemas más importantes de la difusión de innovaciones, en donde los participantes (o usuarios potenciales) son por naturaleza heterofílicos, es decir, poseen atributos diferentes. El agente de cambio, por ejemplo, está mejor capacitado técnicamente para entender y adoptar la innovación, pero puede tener problemas de comunicación porque no hablan el mismo lenguaje.

Cuando se habla el mismo lenguaje la comunicación ocurre con mayor facilidad y las nuevas ideas tienden a tener un efecto mayor en términos de

adquisición de conocimientos, formación de actitudes y cambio. La naturaleza de la difusión requiere la existencia de algún nivel de heterofilia entre los participantes del proceso de comunicación, para que exista un intercambio de comunicación con respecto a la innovación, pero requiere también cierto nivel de homofilia, que facilite dicha comunicación.

LA DIFUSIÓN Y EL DESARROLLO DE UNA IDE EN PANAMÁ

Cuando hablamos de difusión nos referimos al proceso por el cual una idea nueva, es decir una innovación, es comunicada o transmitida a través de ciertos canales (ya sea medios masivos o interpersonales) en el tiempo entre los miembros (integrantes) de un sistema social, como puede ser el caso de las instituciones que pertenecen al comité interinstitucional de la Infraestructura Panameña de Datos Espaciales (IPDE).

En los últimos años los investigadores han aplicado las teorías de innovación difusión al estudio de la planificación e implementación de Sistemas de Información Geográfica, actualmente las IDE son la idea nueva que se ha querido comunicar, al igual que la plataforma GEORED y el sistema social, que en este caso compromete a las instituciones que pertenecen al comité interinstitucional de la IPDE.

IDE como innovación

Una IDE es un sistema de sistemas integrado por un conjunto de recursos muy heterogéneos (datos, software, hardware, metadatos, servicios, estándares, personal, organización, marco legal, acuerdos, políticas, usuarios...), gestionado por una comunidad de actores, para compartir Información Geoespacial (IG) en la web de la manera eficaz y lo más sencilla posible [7].

Una integración de diferentes componentes de tipo técnico, tecnológico y organizativo, que

interactúan con el fin de optimizar los procesos de planeación, generación, administración, distribución y acceso a la IG requerida para la toma de decisiones. Las cuales se encuentran inmersas en un contexto social, político y económico en el que se demandan soluciones oportunas a las necesidades de información.

La IDE es percibida como una iniciativa de datos geoespaciales y del resultado del uso de la tecnología. En lugares que se encuentran aún como iniciativas o en sus primeras etapas de desarrollo, como la IPDE, podríamos considerarla actualmente como una idea nueva, un concepto nuevo, es decir una innovación. Sin embargo, poco o nada en absoluto se ha hecho en cuanto a la clasificación de una IDE como una innovación [02] y se reconoce que la introducción de la IDE consiste en la interacción de las personas, tecnología y la estructura organizativa [8].

Casos de estudio

Hemos seleccionado dos iniciativas dentro del desarrollo de una IDE en Panamá, una de ellas es la IPDE y la otra es la plataforma GEORED. El artículo 1 del decreto No. 51 del 14 de febrero de 2013, crea y define la IPDE, la cual busca fomentar políticas, estándares, organizaciones, recursos humanos y tecnológicos para facilitar la producción, uso, acceso e intercambio de datos espaciales y al mismo tiempo garantizar la interoperabilidad entre las distintas instituciones que integran el Comité Técnico Interinstitucional.

De otro lado, la plataforma GEORED es una de las herramientas de colaboración dentro de la IPDE, que ha sido el punto de partida para la integración y publicación de la información geográfica generada por las instituciones del Estado en formatos estándares y abiertos. Esta plataforma basada en ArcGIS Online, busca conectar a cada institución de manera integral en un contexto geográfico, asociándola a capas de información vectorial e imágenes que facilitarán su análisis para la toma de decisiones.

La estandarización en un proceso inherente a la interoperabilidad y puede considerarse condición *sine qua non* para la implementación de sistemas que interactúen. Y la interoperabilidad puede definirse como la capacidad de intercambiar y usar información entre diferentes actores y utilizar los datos sin gran esfuerzo [9].

Participación en la IPDE

Desde el año 2011 se iniciaron las capacitaciones de inducción. En esa ocasión once entidades aceptaron el llamado. Las capacitaciones de inducción tienen como objetivo dar al participante el conocimiento necesario sobre la IDE y conocer los objetivos y avances de cada uno de los componentes que conforma el comité interinstitucional de IPDE, se ha propiciado la participación de las entidades miembro en la IPDE, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Participación en la IPDE.

Año	Inducciones	Participantes	Entidades
2011	1	23	15
2012	4	75	16
2013	2	23	24
2014	2	30	16
2015	1	26	39
Total	10	177	39

Fuente: [10].

Al mes de abril de 2015 se cuentan un total de 39 instituciones participantes, 10 inducciones realizadas y 177 personas que han sido capacitadas. En lo que se refiere a la puesta de información geográfica en un portal web que se encuentra accesible al público, solo tres entidades participantes de la IPDE lo han hecho: el Ministerio de Ambiente de Panamá-ANAM, Contraloría General de la República de Panamá-CGR y el Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá-MEF.

Si bien las capacitaciones de inducción pueden ser consideradas como un canal de comunicación

interpersonal, las cuales son más eficaces en la formación y cambio de actitudes hacia la IDE, también pueden influir de manera directa en la decisión de adoptar esta iniciativa. Sin embargo, la capacidad de innovación de cada institución se ha visto rezagada, en parte, por la apertura que han tenido sus adoptadores.

La utilización de las conocidas herramientas de social media como Facebook y Twitter son considerados medios de comunicación masivo, y en algunos casos suelen ser más eficaces en la creación de conciencia para dar a conocer la IDE, pero por el momento no ha sido exitosa debido a los pocos seguidores que tiene (70 likes y 81 seguidores) (tabla 3).

Tabla 3. Social Media IPDE.

Social Media IPDE	Descripción
Facebook	70 likes
Twitter	244 tweets 105 siguiendo 81 seguidores

Fuente: [16].

Adopción de la GEORED

Con el propósito de conocer la disposición para adoptar o rechazar la plataforma GEORED, desde sus inicios en septiembre del 2012, se aplicó una encuesta en el año 2015, a las entidades que forman parte del Comité Interinstitucional IPDE [10]. Dicha encuesta nos mostró que (tabla 4):

- De las 39 entidades participantes del comité veinticuatro fueron encuestadas.
- De estas veinticuatro entidades se han capacitado diecisiete en la plataforma GEORED.
- De estas diecisiete entidades solo nueve han publicado (privada: AAC, AMP, ARAP, ATP, ETE-SA, IGNTG, UP. Pública: CGR, MEF), solo tres cuentan con publicación pública.

- De estas nueve entidades su personal contaba con conocimientos en SIG y con herramientas de escritorio SIG.
- De las diecisiete entidades capacitadas en la plataforma GEORED ocho no han publicado. De estas solo una no cuenta con herramientas de escritorio SIG.
- De las veinticuatro entidades siete no han sido capacitadas en la plataforma GEORED. Con respecto al conocimiento y destrezas en SIG, solo cuatro entidades (MINSA, MOP, MUPA, SENAFRONT) tienen conocimiento y destreza y tres no (MIN Seguridad SIEC, Órgano Judicial, Registro Público).

Tabla 4. Datos de la encuesta.

Descripción	%
% de Instituciones Encuestadas	61.54
% de Instituciones Capacitadas en GEORED	70.83
% de Publicación en la GEORED al Público	12.50
% de Entidades capacitadas que no han publicado (interna o externa)	47.06

Fuente: [10].

Al igual que las capacitaciones de inducción en la IPDE, las capacitaciones en la plataforma GEORED se consideran como un canal de comunicación interpersonal, que son más eficaces en la formación y cambio de actitudes hacia la adopción de la plataforma GEORED e influyen en la decisión de adoptar dicha iniciativa.

Desde el 2011 al primer cuatrimestre del 2015 se han realizado un total de catorce capacitaciones, de las cuales tres han sido de la plataforma GEORED (tabla 5).

De las capacitaciones en la Plataforma GEORED, en el año 2013 se ofrecieron dos en las que hicieron parte catorce entidades y un total de 41 participantes. En el 2014 solamente se dio una capacitación en la que asistieron quince funcionarios de nueve entidades (tabla 6).

Tabla 5. Capacitaciones realizadas.

Año	GEORED	OTRAS
2011	0	2
2012	0	0
2013	2	2
2014	1	6
2015	0	1
Total	3	11

Fuente: [10]

Tabla 6. Estilos a utilizar en el documento.

Año	GEORED	Participantes	Entidades
2012	0	0	0
2013	2	41	14
2014	1	15	9
2015	0	0	0
Total	3	56	23

Fuente: [10].

Con respecto a la capacidad de adopción de la innovación de las instituciones, esta se ha visto menguada por las escasas capacitaciones realizadas en la plataforma GEORED, lo cual podemos apreciar en las pocas publicaciones de datos geográficos públicos que solo se han dado en tres entidades: CGR, AIG y MEF.

La utilización de las conocidas herramientas de social media, como Facebook y Twitter, son consideradas medios de comunicación masivo que suelen ser más eficaces en la creación de conciencia para dar a conocer la plataforma GEORED; pero por el momento, aunque refleja una mayor aceptación que la IDE, ha tenido poca acogida.

Tabla 7: Social Media GEORED (al 6 de mayo 2015).

Social Media GEORED	Descripción
Facebook	165 likes
Twitter	706 tweets 314 siguiendo 505 seguidores

Fuente: [16]

Dificultades de difusión y conocimiento de una IDE en Panamá

Algunas de las dificultades o problemáticas encontradas a lo largo de estos años (2011-2015) en el desarrollo de una IDE en Panamá han sido [11]:

- Poca participación activa en los componentes dentro de la IPDE.
- Poca comprensión de la necesidad e importancia de una IDE.
- Pocos resultados de éxitos en proyectos comunes.
- Poco conocimiento de cada una de las necesidades de las entidades participantes en el contexto de una IDE nacional.
- Falta de un modelo conceptual.
- Falta de un programa de capacitaciones orientadas al desarrollo de una IDE.
- La participación en los componentes es de un 54%. En donde se tiene menor participación es en el Componente de Información Geoespacial (33%), seguido del Componente de Estándares (45%) y los Componentes de Fortalecimiento Institucional y Tecnología (50%). El componente de Legal (90%) es el que tiene una mayor participación [12] [13].

Tabla 8: Participación en los componentes.

Componente	%
Información Geoespacial	33
Estándares	45
Fortalecimiento Institucional	50
Tecnología	50
Marco Legal y Políticas	90
Promedio	54

Fuente: [9]

El 21.43% de las capacitaciones se hallan orientadas a la publicación de información geográfica y el 47.06% de las instituciones no cuentan con herramientas de escritorio SIG [14].

CONCLUSIONES

El resultado de la adopción, tanto en la participación de la IPDE con en la Plataforma GEORED, es consecuencia de la forma como se ha llevado y dirigido la difusión. El desarrollo de la IPDE (con cuatro años) se encuentra en etapa de innovadores y la plataforma GEORED (con tres años) está entrando en la etapa temprana de adopción (12.50%). Tal es el caso del desarrollo de la Infraestructura de Datos Espaciales de Asia y el Pacífico (APSDI), que con siete años aún se encontraba en etapa temprana de adopción, de acuerdo a la curva de difusión.

Los resultados en proyectos comunes no han tenido mucho éxito debido a la poca formación en IDE y a la falta de cambio de actitud hacia la adopción de la plataforma GEORED. Por tanto, es necesario dar a conocer las ventajas y beneficios de la IDE a fin de que las entidades tomen conciencia, para esto será necesario desarrollar eventos de sensibilización en los distintos niveles de toma de decisión, orientándolos sobre el impacto de la IPDE y la plataforma GEORED en cada institución.

La realización de un diagnóstico permitirá el conocimiento de las necesidades de cada una de las entidades participantes. Definir un modelo conceptual que permita visualizar a dónde se desea llegar es imperativo para el desarrollo de una IDE. Comprender la naturaleza de la innovación es crucial para el éxito de la captación y su uso progresivo por los miembros hará que cada vez más otras entidades vayan adoptándola.

Existen factores que se deben tener en cuenta y que influyen en la tasa de adopción de una IDE o la plataforma GEORED, tales como: las ventajas relativas, posibilidad de observación, compatibilidad, la complejidad y la capacidad de prueba. Al igual que contar con líderes de opinión que influyan en sus entidades, esto hará que estén en la categoría de adoptadores tempranos.

De acuerdo con Rogers, este es un proceso largo, que en un principio cuenta con pocos adoptantes y de los cuales muchos no son persistentes, aun así, a medida que pasa el tiempo y el proceso evoluciona, la mayoría adopta la innovación. Tales innovaciones deben verse como un método de influencia social, como gran causante de conciencia de los grandes adelantos tecnológicos de la actualidad y que pueden ser generadores de toma de decisiones y mejoradores de vida.

REFERENCIAS

- [1] Rogers, Everett M., *Diffusion of Innovations*. New York, Free Press, 5th ed., 2003.
- [2] Rajabifard, Abbas, *Diffusion of Regional Spatial Data Infrastructures: with particular reference to Asia and the Pacific*. Department of Geomatics. Faculty of Engineering. The University of Melbourne, 2002 [en línea]. Consultado el 27 de diciembre de 2014, disponible en: http://csdila.ie.unimelb.edu.au/publication/theses/Rajabifard_PhD_Thesis.pdf
- [3] Morlán Santa Catalina, Iñaki, "Modelos de innovación y de adopción de tecnologías de la información", En *Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria*. Donostia, San Sebastián, 2010 [en línea]. Consultado el 11 de enero de 2015, disponible en: <http://www.ehu.eus/i.morlan/tesis/memoria/TesisIM04.pdf>
- [4] García Urrea, Silvia C., *Teoría de la Difusión de Innovaciones (Rogers)*. Venezuela, Material didáctico, 2008.
- [5] Silvio, José, "El liderazgo en la gestión de la calidad de la educación a distancia". *Revista Electrónica: Tecnología y Comunicación Educativas*, vol. 42-43. S.f. [en línea]. Consultado el 23 de enero de 2015, disponible en: <http://investigacion.ilce.edu.mx/stx.asp?id=2298>
- [6] Pérez Pulido, Margarita y Terrón Torrado, María, "La teoría de la difusión de la innovación y su aplicación al estudio de la adopción de recursos electrónicos, Universidad de Extremadura". *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 27, núm. 3. Pág 308-329, 2004.
- [7]. Bernabé Poveda, Miguel A, López Vázquez, Carlos M., *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)*. Universidad Politécnica de Madrid, UPM Press, 1a. ed, 2012.
- [8] Nebert, Douglas D., *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook*. Technical Group Chair, GSDI, 2001.
- [9] Velazco-Flórez, Sandra Yanet. Joyanes-Aguilar, Luis, "Herramienta GIS y servicios web en la geolocalización como instrumento en la adecuada gestión del territorio: Geoportal IDE Chínacota". *Revista Respuestas*, vol. 18, No. 1. Pág. 50-67, 2013.
- [10] Infraestructura Panameña de Datos Espaciales, *Encuesta No.1. Componente de Tecnología*, abril de 2015 [en línea]. Consultado el 22 de abril de 2015, disponible en: www.ipde.gob.pa
- [11] Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia", Informe Anual, Proyecto Infraestructura Panameña de Datos Espaciales, 2011.
- [12] Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia", *Informe Anual, Proyecto Infraestructura Panameña de Datos Espaciales*, 2012.
- [13] Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia", *Informe Anual, Proyecto Infraestructura Panameña de Datos Espaciales*, 2013.
- [14] Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia", *Informe Anual, Proyecto Infraestructura Panameña de Datos Espaciales*, 2014.
- [15] Pxsglobal, S.f. [en línea]. Consultado el 20 de abril de 2015, disponible en: <http://www.pxs-global.net/>
- [16] Seguimiento fb: ipde_panama y twitter: @ipde_panama





Metodología de representación de software orientada al desarrollo ágil de aplicaciones: Un enfoque arquitectural

Software representation methodology for agile application development: An architectural approach

Alejandro Paolo Daza Corredor¹ John Freddy Parra Peña² Lilia Marcela Espinosa Rodríguez³

Para citar este artículo: Daza A.P., Parra J.F. y Espinosa L.M. (2016). Metodología de representación de software orientada al desarrollo ágil de aplicaciones: Un enfoque arquitectural. *Revista Redes de Ingeniería*. 7(1), 104-111. Doi: 10.14483/udistrital.jour.redes.2016.1.a03

Recibido: 19-Mayo-2015 / **Aprobado:** 9-noviembre-2015

Resumen

La generación de aplicaciones web representa la ejecución de tareas repetitivas, este proceso involucra la determinación de estructuras de información, la generación de diferentes tipos de componentes y finalmente tareas de despliegue y puesta a punto de las aplicaciones. En muchas aplicaciones de este tipo los componentes generados son coincidentes entre aplicación y aplicación. Las tendencias actuales de la ingeniería de software como MDE, MDD o MDA pretenden automatizar la generación de aplicaciones sobre la base de la estructuración de un modelo que permita aplicar transformaciones con la consecución de la aplicación. Este documento pretende plasmar una base arquitectural que facilite la generación de estas aplicaciones apoyándose en la arquitectura dirigida por modelos, pero sin desconocer la existencia y actualidad de modelos arquitecturales preexistentes a las tendencias mencionadas en este resumen.

Palabras clave: arquitectura, MDA, pizarra, SOA, Web, XML.

Abstract

The generation of Web applications represents the execution of repetitive tasks, this process involves determining information structures, the generation of different types of components and finally deployment tasks and tuning applications. In many applications of this type are coincident components generated from application to application. Current trends in software engineering as MDE, MDA or MDD pretend to automate the generation of applications based on structuring a model to apply transformations to the achievement of the application. This document intends to translate an architectural foundation that facilitates the generation of these applications relying on model-driven architecture but without ignoring the existence and relevance of existing trends mentioned in this summary architectural models.

Keywords: architecture, Blackboard, MDA, SOA, Web, XML.

1. Ingeniero de Sistemas, Especialista en ingeniería de software, Estudiante del Máster en Dirección e Ingeniería de Sitios Web de la Universidad Internacional de la Rioja. apdaza@gmail.com
2. Ingeniero de Sistemas. Especialista en proyectos informáticos. Estudiante del Máster en Dirección e Ingeniería de Sitios Web de la Universidad Internacional de la Rioja. newkrux@gmail.com
3. Ingeniera de Sistemas, Especialista en ingeniería de software, Estudiante del Máster en Dirección e Ingeniería de Sitios Web de la Universidad Internacional de la Rioja. marcespinosa@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La metodología de representación de software orientada al desarrollo ágil de aplicaciones basada en MDA usando tecnologías XML, pretende acortar los tiempos usados en el desarrollo de aplicaciones web. Gran parte del tiempo usado en el desarrollo de este tipo de aplicaciones es usado en tareas repetitivas; dicho proceso involucra la determinación de estructuras de información para la aplicación, la generación de componentes comunes a este tipo de aplicaciones, como componentes de validación y autenticación, componentes de gestión de recursos, componentes de generación de interfaces, componentes validadores, componentes de gestión de persistencia y otros más; y finalmente tareas de despliegue y puesta a punto de las aplicaciones.

Las tendencias actuales de la ingeniería de software, como la ingeniería dirigida por modelos (MDE), el desarrollo dirigido por modelos (MDD) o la arquitectura dirigida por modelos (MDA), pretenden gestionar de alguna manera las tareas de generación de este tipo de aplicaciones con la finalidad de automatizar la creación de las mismas, con base en la estructuración de un modelo que permita aplicar transformaciones y lograr la consecución de la aplicación.

En el TFM se pretende que, sobre la base de un modelo establecido mediante una representación XML, se genere el módulo completo a desarrollar de tal manera que este requiera una intervención mínima de los equipos de desarrollo para su puesta en producción, estableciendo, siguiendo el modelo, incluso los documentos de pruebas unitarias a los que se debería someter el módulo.

El alcance que se pretende en este documento es plasmar la base arquitectural que facilite la generación de estas aplicaciones, apoyándose en la arquitectura dirigida por modelos y teniendo en cuenta tecnologías XML, que permitan expresar dichos modelos.

MÉTODOS

Con base en los objetivos propuestos para el TFM es requerido determinar la base arquitectural que soporte la generación automática de software en ambiente web; a fin de determinar la misma se usa la investigación proyectiva, la cual consiste en la elaboración de una propuesta, un plan, un programa o un modelo, como solución a un problema o necesidad de tipo práctico en un área particular del conocimiento, con base en una experiencia previa, en este caso en el desarrollo de software en ambiente web.

La experiencia previa usada como base para el desarrollo de esta propuesta se encuentra dada por la participación y dirección de aplicaciones en ambiente web durante aproximadamente quince años, en los cuales se han elaborado aplicaciones en diferentes lenguajes y plataformas, donde siempre se han evidenciado las características comunes que se describen en la problemática de este documento en la tabla 1.

Aproximación dirigida por modelos al desarrollo de aplicaciones

Según Sendall y Kozaczynski, una de las formas de combatir con la complejidad del software es mediante el uso de abstracciones, la descomposición y la separación de intereses [1]. La arquitectura dirigida por modelos (MDA), la ingeniería dirigida por modelos (MDE) y el desarrollo dirigido por modelos (MDD) son aproximaciones que permiten lograr este objetivo, ya que se centran en la consecución de un modelo que luego pueda ser transformado en una aplicación; estas aproximaciones dirigidas por modelos potencian el reúso de componentes de software [2], lo cual es un objetivo base de cualquier empresa de software. Para lograr este objetivo es esencial proponer una metodología que potencie el reúso basado en un alto nivel de abstracción, es aquí donde se requiere una aproximación dirigida por modelos y conceptos, como

Tabla 1. Problemática detectada para cada fase de los proyectos.

Etapa	Descripción
Establecimiento de arquitectura tecnológica	En cada uno de los proyectos web que se han desarrollado siempre se ha establecido manualmente una arquitectura sobre aplicaciones y componentes de software básicos, los que generalmente coinciden para cada proyecto con algunas particularidades
Inicio del proceso de desarrollo	La lectura, comprensión y refinamiento de los documentos de requerimientos para cada componente de software
Proceso de desarrollo	La generación de componentes que, aunque han sido desarrollados con anterioridad, se desarrollan nuevamente por desconocimiento de su existencia o por el alto costo de adaptación de los mismos
	La creación de las estructuras de información necesarias según el modelo de información requerido para el proyecto
	La generación de interfaces de usuario de forma manual, cuando el proceso puede ser automatizado
Procesos de prueba	El afinamiento de interfaces de módulos para la integración de los componentes desarrollados
	La generación de pruebas unitarias para cada componente desarrollado
	La generación de pruebas de integración de los módulos
Procesos de documentación	La generación de documentación técnica del código implementado
	La generación de los diccionarios de datos para las estructuras de información
	La generación de otros tipos de documentos de los componentes usados
Procesos de despliegue	La adaptación en pro de la aceptación del software desarrollado
	Problemas con el manejo de versiones de los componentes desarrollados
	Problemas con el manejo de versiones de los componentes base sobre los que se despliega el software

la arquitectura dirigida por modelos MDA, así, las líneas de producción de software y los lenguajes de dominio específico cobran importancia.

Una de las promesas de MDA es facilitar la creación de modelos con el objetivo de lograr flexibilidad a largo plazo [3] en términos de: obsolescencia tecnológica, portabilidad, productividad, calidad, integración, mantenimiento, pruebas y retorno de inversión. El proceso de MDA parte de la creación de un modelo independiente de la plataforma que luego pueda convertirse en uno apropiado para una plataforma específica; en este proceso es común que el sistema sea expresado por medio de varios modelos organizados mediante diferentes capas de abstracción.

Existen muchas propuestas de uso de UML como herramienta para la creación de tales modelos, pero UML en sí no es suficiente cuando se piensa en arquitecturas [4], ya que en parte este se encuentra atado a un paradigma en particular (orientación a objetos) y la complejidad y heterogeneidad tecnológica existente no se puede modelar solo con la orientación a objetos. Algunos de los problemas de UML para expresar arquitecturas de software son: carece de la capacidad de especificar los requerimientos de interacción entre actores, no permite expresar relaciones secuenciales, paralelas o iterativas entre casos de uso, dificulta la descomposición de sistemas distribuidos, no permite expresar correspondencia a nivel de mapeo entre elementos de diferentes vistas, y otros más.

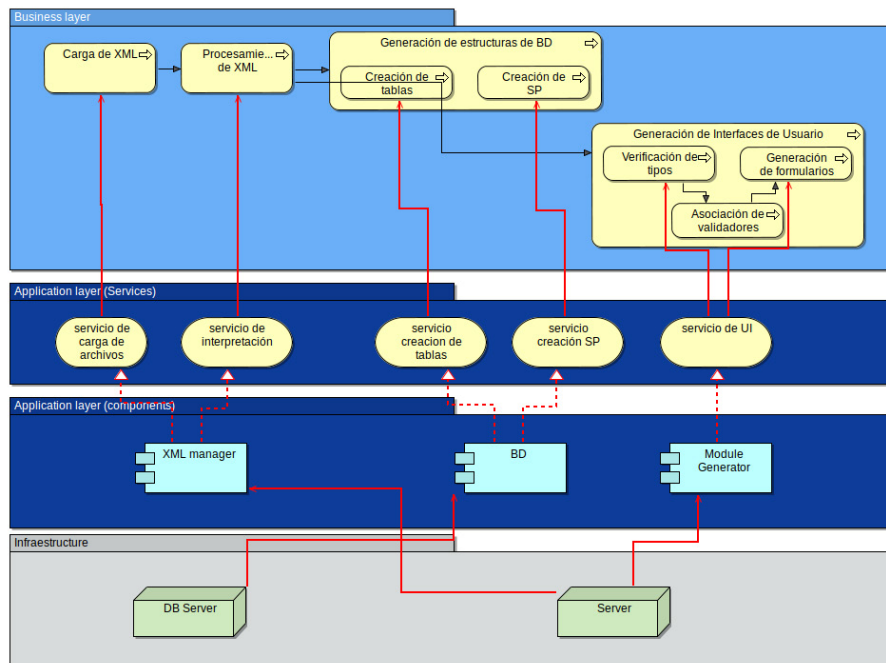


Figura 1. Propuesta arquitectural por capas y orientada a servicios para la generación inicial de módulos de software.

Por lo expuesto en el párrafo anterior, se hace necesario contemplar el estudio de elementos más allá del uso de UML, que permita representar el software desde un contexto más abstracto que el modelado orientado a objetos, para poder expresar una arquitectura que permita procesar el nivel de abstracción requerido en la generación automática de software.

No se pretende en este artículo ni en el TFM la generación de un nuevo lenguaje de modelado, ya que existen diferentes propuestas que se pueden usar con este fin, por ejemplo el framework de modelado de Eclipse (EMF) [5] o la propuesta que hacen Chu, Chang y Lu [6] [7] del uso de un dialecto XML basado en UML. La intención de este documento es presentar el modelo arquitectural que sirve de base para el TFM.

Propuestas previas realizadas

El desarrollo de la presente propuesta no es el estadio inicial de la búsqueda de una solución a esta problemática. Con anterioridad se han desarrollado

aproximaciones de solución enfocándolas principalmente al proceso de desarrollo de componentes, en los cuales se ha definido una metodología de representación de componentes que cumplen con cierta estandarización de su estructura. La propuesta fue probada en unos pocos proyectos de software, pues al estar pensada solo para representar un cierto tipo de componentes, en cuanto a su estructura de información usando dialectos XML, no se orientó para otras etapas del proyecto, como la especificación de requerimientos, adaptación de módulos desarrollados previamente, documentación, pruebas y despliegue, los cuales debían seguirse haciendo con un proceso de desarrollo tradicional. Esta propuesta se representa en la figura 1.

Propuesta arquitectural

La propuesta arquitectural presentada en este documento crea una mixtura de dos estilos arquitecturales, con la finalidad de soportar el proceso de desarrollo automático de aplicaciones web, con base en un modelo independiente de la plataforma,

un estilo arquitectural centrado en datos y un estilo arquitectural orientado a servicios.

Estilos arquitectónicos centrados en datos

Los estilos arquitectónicos centrados en datos enfatizan en la integralidad de los mismos y se definen como apropiados para sistemas que se basan en el acceso y actualización de datos en grandes estructuras de información. Uno de estos estilos arquitectónicos es el estilo de pizarra.

La arquitectura de pizarra define dos componentes principales, la estructura de datos que representa el estado actual de la información y la colección de componentes que operan sobre la información. Este estilo arquitectónico tiene aplicaciones en sistemas que requieren la interpretación de procesos o en sistemas que involucran el acceso compartido a datos, con agentes débilmente acoplados o en sistemas organizados como colecciones de herramientas en torno a un repositorio común [8].

Estilo arquitectónico orientado a servicios

El estilo arquitectónico orientado a servicios se fundamenta en la expansión de los Web Services basados en XML y el protocolo SOAP. El centro de esta arquitectura está definida por componentes independientes que se comunican mediante mensajes y redefine los estilos arquitectónicos orientados a objetos y componentes.

La orientación a servicios utiliza estándares Web para los formatos de datos y los protocolos de aplicación. Esto permite un mayor grado para la interoperabilidad, ya que es posible implementar tratamiento de XML y SOAP en casi cualquier lenguaje y plataforma [8].

Elección arquitectónica

Dadas las ventajas de ambos estilos arquitecturales se plantea una mixtura de estilos que permitan

aprovechar las ventajas de cada uno de ellos haciendo uso de dialectos XML, para representar software desde sus requerimientos hasta despliegue, que permita solventar la problemática actual descrita en el documento.

Arquitecturalmente se plantea el uso de un estilo arquitectural de pizarra, ya que toda la interoperabilidad estaría centrada en el manejo de la información generada en los procesos de especificación del modelo de software y trabajaría sobre un repositorio central de componentes pre-establecidos y agentes generadores de transformaciones de los modelos independientes de plataforma especificados.

Al hacer referencia a la pizarra se habla de componentes independientes que usan la información de las pizarras, aquí se plantea el uso de la orientación a servicios para comunicar dichos componentes de forma escalable e integrable y se cruzan directamente con los dialectos XML que permiten representar el software.

Al realizar la implementación de estos dos estilos arquitectónicos y los estándares seleccionados se permite que, independientemente de las necesidades particulares de cada proyecto de software, se automatice su proceso de desarrollo sobre la base del conocimiento que se pueda manejar en la pizarra y la integración que permite la orientación a servicios. Este modelo arquitectural permite la evolución, escalabilidad, extensibilidad y otras características deseadas y requeridas en los proyectos de software, soportando las ventajas que nos ofrece la aproximación dirigida por modelos en la construcción de software.

En la generación del estilo arquitectural de pizarra se generan los repositorios de componentes pre-existentes, que permiten la generación de transformaciones sobre los modelos establecidos, también se manejarían componentes de repositorios de modelos asociados a proyectos; es en este componente donde cobra vital importancia el manejo de la

pizarra, ya que solo interesa el manejo del estado actual de la representación del software y los agentes relacionados con la pizarra solo trabajan con este estado para generar la transformación. En la figura 2 se ve reflejado este planteamiento.

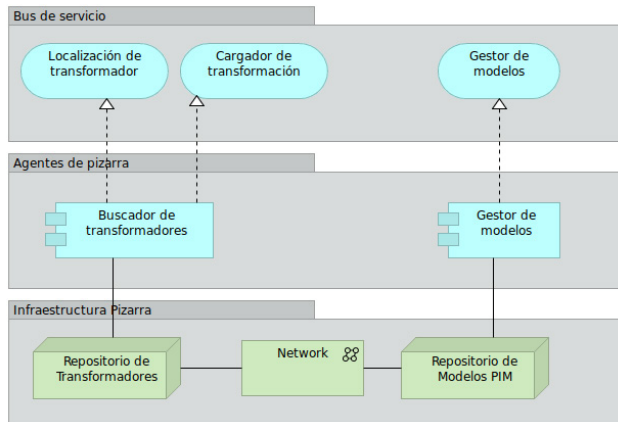


Figura 2. Punto de vista introductorio para la pizarra.

La responsabilidad de SOA debe ser permitir la integración de todos los servicios que se monten sobre los agentes que se integren con la pizarra, y permitir la independencia tecnológica sobre los componentes que intervengan en el proceso de generación de software.

Para la validación del modelo arquitectural se generaron prototipos de los componentes de “Buscador de transformadores” y “Gestor de modelos”, de igual forma, se aplicaron a los siguientes modelos como se puede ver en la tabla 2.

Las dos transformaciones se integraron en un proyecto en el que no se presentaron errores para la integración de las mismas.

CONCLUSIONES

Las transformaciones creadas en el framework sobre el que se desarrollaron las pruebas se orientaron a la generación de código en PHP, que serían equivalentes a las que se desarrollarían para cualquier elección de lenguajes de programación o

plataformas tecnológicas. Esta característica es soportada por el modelo arquitectural propuesto, dada su escalabilidad funcional soportada en las pizarras y la orientación a servicios, así como la facilidad de la generación de transformaciones que se pueden hacer con las tecnologías XML.

Tabla 2. Modelos de prueba de transformación.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<component type="entidad" name="compromiso">
  <location folder="aplicacion" host="local"/>
  <attributes>
    <variable name="id" type="int"/>
    <variable name="responsable" type="responsable"/>
    <variable name="fecha_limite" type="date"/>
    <variable name="descripcion" type="text"/>
  </attributes>
</component>
```

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<component type="datos" name="data">
  <location folder="datos" host="local"/>
  <attributes>
    <variable name="host" type="text"/>
    <variable name="user" type="text"/>
    <variable name="password" type="text"/>
    <variable name="db" type="text"/>
  </attributes>
```

```
<methods>
  ...
  <method name="consultar">
    <param name="cadena" type="text"/>
    <body>
      <assign var="result">
        <call name="query" type="native">
          <param value="cadena"/>
        </call>
      </assign>
      <return var="result"/>
    </body>
  </method>
  ...
</methods>
</component>
```

Tabla 3. Código resultante de la transformación.

```

Class CCompromiso {
    var $id = null;
    var $responsable = null;
    var $fecha_limite = null;
    var $descripcion = null;

    function setId($val) {
        $this->id=$val;
    }
    function setResponsable($val){
        $this->responsable = $val;
    }
    function setFechaLimite($val) {
        $this->fecha_limite=$val;
    }
    function setDescripcion($val) {
        $this->descripcion=$val;
    }
    function getId() {
        return $this->id;
    }
    function getFechaLimite() {
        return $this->fecha_limite;
    }
    function getResponsable(){
        return $this->responsable;
    }
    function getDescripcion() {
        return $this->descripcion;
    }
}

Class CData {

    var $host = null;
    var $usuario = null;
    var $password = null;
    var $database = null;
    var $log = null;

    ...
    function ejecutarConsulta($sql) {
        $result = mysql_query($sql);
        return $result;
    }
    ...
}

```

REFERENCIAS

- [1] S. Sendall, W. Kozaczynski. *Model Transformation – the Heart and Soul of Model-Driven Software Development*. INFOSCIENCE, S.f. [en línea]. Consultado el 10 de noviembre del 2014, disponible en: http://infoscience.epfl.ch/record/52559/files/IC_TECH_REPORT_200352.pdf.
- [2] J.B. Quintero, R. Anaya. “MDA y el papel de los modelos en el proceso de desarrollo de software”, *Revista EIA A, ISSN 1794-1237 8*, 131-146, 2007.
- [3] F. Truyen. *The Fast Guide to Model Driven Architecture The Basics of Model Driven Architecture (MDA)*. Cephas Consulting Corp, S.f. [en línea]. Consultado el 20 de noviembre de 2014, disponible en: http://www.omg.org/mda/mda_files/Cephas_MDA_Fast_Guide.pdf
- [4] C. Reynoso, N. Kicillof. *Lenguajes de Descripción de Arquitectura (ADL)*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. [en línea]. Consultado el 10 de noviembre de 2014, disponible en: <http://carlosreynoso.com.ar/archivos/arquitectura/ADL.PDF>
- [5] C. Vicente, D. Alonso. *Herramientas Eclipse para el Desarrollo de Software Dirigido por Modelos. División de Sistemas e Ingeniería Electrónica (DSIE), Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena*. [en línea]. Consultado el 20 de noviembre de 2014, disponible en: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/1216/1/hed.pdf>.
- [6] W. C Chu, C. Chang, W. C. Lu. *Model-based Object-oriented Requirement Engineering and its Support to Software Documents Integration*, S.f. [en línea]. Consultado el 20 de septiembre del 2014, disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/>
- [7] WC. Chu. *Improving Software Evolution and Maintenance by Using Design Patterns and an XML-based Unified Model*. Feng Chia University, e-Thesis, 2003.
- [8] C. Reynoso. *Estilos y patrones en arquitectura de software*, Buenos Aires: Universidad de Buenos

- Aires, S.f. [en línea]. Consultado el 20 de noviembre del 2014, disponible en: <http://carlosreynoso.com.ar/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=155>
- [9] J. Siegel. *Using OMG's Model Driven Architecture (MDA) to Integrate Web Services. Object Management Group White Paper*, 2002 [en línea]. Consultado el, disponible en: http://secure.omg.org/mda/mda_files/MDA-WS-integrate-WP.pdf
- [10] S. Sendall, & W. Kozaczynski. *Model transformation: The heart and soul of model-driven software development*, 2003 [en línea]. Consultado el 10 de noviembre del 2014, disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/>
- [11] M. Sánchez, A. Feroso, & L. Joyanes. *From the platform independent model (pim) to the final code model (fcm) according to the model driven architecture (mda), 2003–2006*, 2005 [en línea]. Consultado el 10 de noviembre del 2014, disponible en: [http://www.researchgate.net/publication/220969458_From_the_platform_independent_model_\(PIM\)_to_the_final_code_model_\(FCM\)_according_to_the_model_driven_architecture_\(MDA\)](http://www.researchgate.net/publication/220969458_From_the_platform_independent_model_(PIM)_to_the_final_code_model_(FCM)_according_to_the_model_driven_architecture_(MDA))
- [12] L. Quin. XML Essentials. Retrieved April, 13–15, 2010 [en línea]. Consultado el 8 de noviembre del 2014, disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:XML+Essentials#5>
- [13] J. Poole. *Model-driven architecture: Vision, standards and emerging technologies. on Metamodeling and Adaptive Object Models* (April), 1–15, 2001 [en línea]. Consultado el 8 de noviembre del 2014, disponible en: http://www.adaptiveobjectmodel.com/ECOOP2001/submissions/Model-Driven_Architecture.pdf
- [14] R. Picek, & V. Strahonja. *Model Driven Development-future or failure of software development*. IIS, 2007 [en línea]. Consultado el 11 de noviembre del 2014, disponible en: http://old.foi.hr/CMS_home/znan_strucni_rad/konferencije/IIS/2007/papers/T12_01.pdf
- [15] R. Marvie. *A transformation composition framework for model driven engineering*, (November), 2004 [en línea]. Consultado el 7 de noviembre del 2014, disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.111.2065>

