

¿Por qué los estudiantes de las carreras de ingeniería deberían tomar un curso de química general?

Manuel F. Molina C.^a, José G. Carriazo^a & Olga Rodríguez-Jiménez^b

^a Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. mfmolina@unal.edu.co, jgcarriazob@unal.edu.co

^b Departamento de Psicología, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. orrodriquezj@unal.edu.co

Resumen— En presente trabajo ofrece argumentos a favor sobre la inclusión de un curso común de química (basado en la química de materiales) en todas las carreras de ingeniería. La propuesta se sustenta considerando el bajo porcentaje de carreras de ingeniería que incluyen esta asignatura, la posibilidad que ofrece la química de formar en competencias científicas y la relación que existe entre las ingenierías y la química de materiales. Se propone un curso abordado desde diferentes temáticas fundamentales de la química de materiales y con el enfoque del aprendizaje basado en problemas como metodología didáctica.

Palabras Clave— Química, ingeniería, competencias, currículo.

Recibido: 26 de julio de 2016. Revisado: 17 enero de de 2017. Aceptado: 14 de febrero de 2017.

Why should engineering students take a general chemistry course?

Abstract— In this paper, several arguments on the positive effect of the incorporation of a chemistry course (based on materials chemistry), common to all engineering undergraduate programs, have been shown. The proposal is supported considering the low percentage of engineering programs that include the chemistry as mandatory subject into the curricula, and both the potential of chemistry to teach science competences and the close association between engineering and materials chemistry. An interesting course performed from different fundamental topics of materials chemistry, and using the pedagogical approach of problem-based learning was proposed.

Keywords— Chemistry, engineering, competences, curriculum.

1. Introducción

¿Por qué los estudiantes de todas las carreras de ingeniería deberían tomar un curso de Química General? La respuesta a esta pregunta va más allá de la obligación posterior de presentar algún examen, como el ECAES (aunque éste en la actualidad no incluye cosas específicas de química) o el EXIM realizado por ACOFI (Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería). Afirmar que la química es muy importante para entender innumerables procesos, es otra respuesta insuficiente. El conocimiento químico a nivel universitario, que se diferencia de aquel que se adquiere en la secundaria, contribuye a la formación de profesionales competentes con habilidades técnicas, tecnológicas o científicas para participar en la resolución de problemas reales. El ejercicio de las diferentes

ingenierías conlleva a mantener una constante relación con la sociedad a través de diferentes servicios, materiales y productos. La vida del mundo moderno depende enormemente de la tecnología y de los nuevos materiales. El sostenimiento de la calidad de vida requiere del suministro permanente de alimentos y medicamentos, además de grandes cantidades de energía. Esto indica que, el modo de vida actual es cada vez más dependiente de la obtención de nuevos materiales con diferentes aplicaciones y con ello de procesos químicos sostenibles y ambientalmente favorables. Por ello, la formación en ingeniería debe proveer la capacidad de entender, a nivel microscópico y sub-microscópico, lo que se hace, para decidir correctamente sobre el diseño, producción y puesta en marcha de procesos a nivel macroscópico [1].

La química, en su presentación moderna, además de estudiar la constitución y transformación de la materia, brinda los elementos fundamentales para la comprensión de gran parte de la ciencia de los materiales. Permite explicar la estructura y formación de los miles de materiales con los cuales tendrá contacto casi que cualquier profesional de la ingeniería [2]. El diseño, la obtención y la caracterización de un material también incorporan principios de la física y de la ingeniería, por lo cual la química de materiales debe hacer parte de eventos interdisciplinarios necesarios para formar profesionales competentes en la toma de decisiones sobre la selección y producción de materiales. Adicionalmente, si bien la química básica ha sido relegada por cursos de cálculo o física durante la formación inicial en las carreras de ingenierías, la química de materiales ofrece mayor posibilidad de incorporar herramientas de matemáticas y de física para la comprensión de los conceptos, lo cual genera una visión integradora y un contexto de aplicación favorable de estas otras ciencias.

Por otra parte, aunque las actitudes poco positivas hacia la química pueden influenciar negativamente la decisión de tomar un curso de química general [3], éstas también conducen a que el estudiante considere poco relevante la necesidad de su inscripción a dicho curso debido a la gran cantidad de información científica que debe adquirir. Sin embargo, cuando los estudiantes valoran la relación de los contenidos con su desarrollo profesional, es posible que lleguen a entender la relevancia del curso, lo cual ocurre cuando se les involucra

Como citar este artículo: Molina C., M.F., Carriazo, J.G. and Rodríguez-Jiménez, O., ¿Por qué los estudiantes de las carreras de ingeniería deberían tomar un curso de química general?. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 4-8, Julio, 2017.

activamente [4]. Al establecer y enfatizar las relaciones entre el conocimiento científico y las aplicaciones de ingeniería, los estudiantes pueden valorar la importancia de la química en sus futuros espacios de ejecución profesional [5].

De otro lado, las competencias específicas básicas, resultado del aprendizaje de la química general, en términos de capacidades, habilidades y actitudes que se pretenden desarrollar en los estudiantes, se centran en [6]:

- 1) Conocer, entender y utilizar los principios básicos de la química.
- 2) Empezar el trabajo en el laboratorio químico, trasladando los conocimientos teóricos al laboratorio, relacionando los contenidos con el mundo real.
- 3) Manipular productos químicos con seguridad y reconocer e implantar buenas prácticas de medida y de experimentación básica.
- 4) Valorar el impacto de los procesos, en los que regularmente hay involucradas sustancias químicas, sobre el ambiente.

Adicionalmente, el proyecto Tuning [7] muestra la inclusión de 16 competencias específicas para fortalecer la formación de los estudiantes de la carrera de química, las cuales se pueden ver reflejadas parcialmente en un curso de química general para ingenierías:

1. Capacidad para aplicar el conocimiento y comprensión en química a la solución de problemas cualitativos y cuantitativos.
2. Comprender conceptos y principios fundamentales del área de la química.
3. Capacidad para interpretar y evaluar datos derivados de observaciones y mediciones relacionándolos con la teoría.
4. Capacidad para reconocer, analizar problemas y planificar estrategias para su solución.
5. Habilidad para desarrollar, utilizar y aplicar técnicas analíticas.
6. Capacidad de mantenerse actualizado en los avances propios del desarrollo de la química.
7. Capacidad de planificación, diseño y ejecución de pequeños proyectos de investigación.
8. Dominio de la terminología química, nomenclatura, convenciones y unidades.
9. Conocimiento de las principales rutas sintéticas en química.
10. Conocimiento de otras disciplinas científicas que permitan la comprensión de la química.
11. Habilidades en el seguimiento a través de la medida y observación de propiedades químicas, eventos o cambios y su recopilación y documentación de forma sistemática y fiable.
12. Dominio de las buenas prácticas de laboratorio.
13. Capacidad de actuar con curiosidad, iniciativa y emprendimiento.
14. Conocimiento, aplicación y asesoramiento sobre el marco legal en el ámbito de la química.
15. Habilidad para aplicar los conocimientos de la química en el desarrollo sostenible.
16. Comprensión de la epistemología de la ciencia.

La mayoría de las competencias anteriores (genéricas y específicas) son evidentemente útiles y complementarias para la formación de ingenieros, lo cual sustenta bastante bien la necesidad de un curso de química en el contexto de los procesos de formación de los profesionales en ingeniería.

2. Metodología

Se analizaron los planes de estudio de diez carreras de ingeniería en diez universidades colombianas, seleccionadas del *ranking* de las mejores universidades del país (QS Latin American University Rankings, 2014). Las diez carreras seleccionadas se tomaron como representativas dentro de las diferentes ingenierías. No se tuvo en cuenta la carrera de Ingeniería Química, ya que se asume que debe poseer un curso de Química General en su currículo, unido a muchos otros cursos de química, obligatorios y optativos. La Tabla 1 permite observar la inclusión de cursos de química en las carreras de ingeniería de diferentes universidades en Colombia.

3. Resultados y análisis

En la Tabla 1 aparecen los semestres y los créditos correspondientes para las asignaturas de química impartidas. Debajo del nombre de la universidad aparece el porcentaje estimado de oferta de las asignaturas de química dentro de los planes curriculares de cada universidad. Para dicha estimación, se tuvo en cuenta la cantidad de planes ofertados y en cuántos de éstos aparece la química general como asignatura. Por ejemplo, el 100% para la Universidad de los Andes, indica que el total (7) de los planes ofertados (considerados aquí) poseen asignaturas de química. De esta forma, encontramos que alrededor del 45 % de las ingenierías en promedio poseen por lo menos una materia de química dentro de sus planes curriculares. Este dato es relevante en la medida en que permite estimar que sólo cerca del 50% de los estudiantes que se presenten a una prueba de química dentro del EXIM, elaborado por ACOFI, ha tomado un curso de esta asignatura en la universidad. Como se verá más adelante, la química ofrece la posibilidad de formación en competencias importantes para los ingenieros, y siendo así muchos profesionales de este campo estarían egresando al campo laboral con poca o ninguna preparación en el componente químico.

En carreras de ingeniería como la electrónica o la industrial, se observa la ausencia total de los cursos de química, siendo que sus futuros egresados serán profesionales que deben manejar materiales y/o tomar decisiones sobre la selección de los mismos, con posible impacto sobre el ambiente. Estos profesionales, muy probablemente no tendrán un marco conceptual adecuado, desde lo químico, para comprender el manejo, la selección y el procesamiento de materiales relevantes en su ejercicio. De esta forma, queda abierta la discusión sobre la pertinencia de la química en los planes de formación para ingenieros.

Los cursos de Química General son comúnmente encontrados en los programas de ingeniería; no obstante este hecho, los organismos de acreditación, como ABET (p.4, 2013) [8], no son tan precisos al enunciar la química dentro de los planes obligatorios de ingeniería, no especifican la enseñanza de la química como un requerimiento general para todas las ingenierías. Sin embargo, ABET, describe cada programa de ingeniería con los requerimientos de química, así:

- Programas que NO requieren química: Aeroespacial, Eléctrica, Mecánica, Oceánica, Petróleos, Naval y Organizacional.
- Programas que especifican la Química General:

Arquitectura, Civil, Ambiental, Geológica, Industrial, Manufactura, Minería, Química y Construcción.

▪ Programas con otras especificaciones:

Bioingeniería. Requiere “entendimiento de biología y fisiología”, lo cual implica un prerrequisito de química.

Cerámica. Requiere “habilidad para aplicar ciencias avanzadas (como física y química) a sistemas materiales”. Esto implica prerrequisitos de química.

Materiales y Metalúrgica. Requiere “habilidad para aplicar

ciencias avanzadas (como física y química) a sistemas materiales”. Esto implica prerrequisitos de química.

Un buen número de los programas revisados no incluyen la formación en química como obligatoria. Queda bajo la responsabilidad de los programas y de los estudiantes el incluir o tomar cursos de química en el currículo; de forma similar ocurre con el laboratorio de química, como complemento práctico, lo cual tampoco se especifica.

Tabla 1

La química en los planes de estudio de 10 Ingenierías básicas en diferentes universidades colombianas.

Universidad/ Carrera	1	2	3	4	5
	Agrícola	Alimentos	Ambiental	Civil	Eléctrica
			Química 1S – 3C	Química 1S – 3C	Química 3S – 3C
1.Andes 100%	X	X	Química Ambiental 2S – 3C		
			Termo Qca Amb. 3S- 3C		
2.Nacional 66%	Q. Básica 1s – 3C	X	Química General 1S – 3C	Química Básica 1S – 3C	Q. General 1S – 3C
3.Antioquia 29%	X	X	Q. General 4S- 5C	NC	NC
			Q. ambiental 5S-4C		
4. Javeriana 25%	X	X	X	Q.Materiales	X
5. Rosario	X	X	X	X	X
	Q.General 1S-3C	Q.General 1S	Q. Fundamental 1S-3C		
	Laboratorio	Laboratorio Q. General 1S	Q. Orgánica General 2S-3C		
6. Valle 44%	Q.General 1S-1C	Q.de Alimentos 2S	Fisicoquímica Ambiental 3S- 3C	NC	NC
	Bio. Aplicada 2S-3C	Fisicoqca 5S	Química Ambiental 4S-3C		
7. Sabana 50%		X	X	X	X
8. UIS 67%	X	X	X	Q. Básica 1S-4C	NC
9. Norte 17%	X	X	X	Q. General (2S-XC)	NC
10. Eafit 50%	X	X	X	NC	X
Universidad/ Carrera	6	7	8	9	10
	Electrónica	Industrial	Mecánica	Petróleos	Sistemas
1.Andes	Química 3S – 3C	Química 1S – 3C	Química 1S – 3C	X	Química 4S – 3C
2.Nacional	NC	NC	Principios Química 3C	Q. General -1S-3C	NC
			Q. General 1S-5C		
3.Antioquia	NC	NC	Materiales I-4C-2S	X	NC
			Materiales II 4C-2S		
4. Javeriana	NC	NC	X	X	NC
5. Rosario					
6. Valle	NC	NC	Química de Materiales 3S-2C	X	NC
7. Sabana	X	General I (1S-3C)	X	X	NC
		Q.Básic 1S-4C	Q. Básica 1S-4C	Química I 1S-4C	
8. UIS	NC			Química II 2S-4C	X
9. Norte	NC	NC	NC	X	NC
10. Eafit	X	X	Fisicoquímica 4S-4C	X	X
45% Promedio					

X= la carrera NO está presente en la respectiva Universidad.

NC= la carrera es ofertada por la Universidad pero NO posee materias de química en su plan obligatorio de estudios. S= semestre, C= créditos.

Fuente: Los autores

Tabla 2.
Contenidos y actividades para un curso de química general propuesto para las carreras de ingeniería.

Bloque	Contenidos	Problemas de clase
1	Unidades y medidas. Factores de conversión y problemas de ingeniería.	Selección de un material para un auto de carreras.
2	Estructura atómica, enlace químico y estructuras cristalinas.	Elaboración manual de modelos de estructuras cristalinas. Cristales líquidos.
3	Estructura molecular, los polímeros y sus propiedades.	Obtención de poliuretano.
4	Estequiometría de reacción y de compuestos cristalinos.	Análisis de la reacción de síntesis del nylon. Síntesis de sílices porosas. Síntesis de alúminas.
5	Reacciones para análisis de materiales.	Análisis de aluminio, hierro, cobre y zinc en aleaciones.
6	Estado gaseoso y difusión molecular.	Operación y descripción de sensores de gases. Licuefacción y almacenamiento de gases. Adsorción de los gases de un ambientador sobre carbón activado.
7	Termodinámica química.	Medida de la capacidad de varios materiales como aislantes del calor. Fusión de metales, polímeros y cerámicos.
8	Energía libre y procesos.	Elaboración de una máquina térmica. Solidificación de cobre fundido y crecimiento de cristales.
9	Corrosión y superconductores.	Estudio de la corrosión del acero de una puntilla. Aplicaciones potenciales de la estructura del superconductor $YBa_2Cu_3O_7$
10	Metales: química y propiedades mecánicas.	Hilos y láminas de metales. Fractura y resistencia a la tracción de: nylon, keblar y aluminio (influencia de la estructura molecular).
11	Soluciones líquidas y sólidas.	Preparación de un fertilizante y de una aleación Cu-Ni.
12	Equilibrio químico de ácidos y bases.	pH de una muestra de vinagre comercial. Acidez de la alúmina y de la sílice.

Fuente: Los autores

Por otro lado, en España el decreto 1393 de 2007, que establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, indica que cada plan de estudios de Grado deberá contener un mínimo de 60 créditos europeos (ECTS) de formación básica, de los que, al menos 36 estarán vinculados a algunas materias determinadas para cada rama de conocimiento. Estas materias deberán concretarse en asignaturas, con un mínimo de seis créditos cada una, y que han de ser ofertadas en la primera mitad del plan de estudios. En el documento, la química es una de las seis asignaturas básicas que el citado decreto señala para la rama de Ingeniería y Arquitectura.

3.1. Contenido del curso

El curso de química será presentado como una herramienta que el futuro ingeniero puede integrar en la resolución de problemas. Por ello, la metodología sugerida para este es por medio del aprendizaje basado en problemas (ABP), el cual

permite un mayor acercamiento del estudiante al mundo real.

En la Tabla 2 aparecen los bloques de contenidos para el curso y sugerencias de actividades prácticas; vemos que las diferentes unidades están enfocadas a integrar los materiales y la visión microscópica de la materia para lograr una comprensión molecular de los materiales que utilizamos a diario. Esta propuesta no pretende reemplazar a un curso típico de Ciencia de Materiales, el cual frecuentemente se concibe con grandes fortalezas en las técnicas de caracterización de materiales (como difracción de rayos X, microscopía electrónica, análisis térmico etc.) y en la valoración de propiedades avanzadas de éstos.

Como ejemplo, podemos tomar el bloque de termodinámica química para aplicar el ABP, el cual podría involucrar la siguiente situación problemática:

Enrique, un hombre de 60 años ingresó de urgencias a la clínica debido a una trombosis cerebral. El neurólogo indica en su reporte que una posible causa fue un cambio brusco de temperatura, por debajo de los cero grados, en la habitación del individuo. Aunque éste se recupera, se recomienda revisar el aislamiento térmico de la casa, para lo cual se contrata a los estudiantes del curso como asesores. Se solicita que realicen una sugerencia, validada en datos al respecto.

3.2. El ABP como metodología

El trabajo en grupo y el enfrentarse a problemas prácticos han mejorado de forma significativa el desempeño de los estudiantes de ingeniería en los primeros cursos [9]. El enfoque hacia problemas prácticos, utilizando los conocimientos básicos de la ciencia, sin pretender llegar al nivel que lo haría un científico, contribuye enormemente a que el estudiante descubra y valore las relaciones ciencia-tecnología-sociedad (CTS)-ambiente-economía, donde además de los aspectos de la química también se involucran costos, tiempo de ejecución, calidad, usos y balances de mercado, simulando así la consultoría y el trabajo en proyectos, propios de un ingeniero en ejercicio.

4. Conclusiones

El desarrollo de un curso de química en las diversas carreras de ingeniería, basado en las temáticas señaladas y con el enfoque planteado en el presente artículo (química de materiales con resolución de problemas), generaría grandes beneficios en la formación de profesionales competentes, les proporcionaría conocimientos básicos para comprender ciertas propiedades generales de los materiales y procesos químicos, creando ciertas habilidades para tomar decisiones sobre la selección y uso de materiales en diferentes procesos y diseños. Es prioritario que las facultades de ingeniería abran la discusión sobre la incorporación de un curso de química de materiales para todas las carreras de ingeniería, en el cual se podrán desarrollar temáticas más útiles y atractivas para el campo ingenieril. En dicho curso, también se desarrollarán las competencias enunciadas por organismos internacionales, buscando conseguir múltiples habilidades (saber hacer) que contribuyan a colocar a nuestros ingenieros en un nivel de equidad conceptual con los profesionales de otros países más desarrollados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a **ACOFI** por el apoyo en la recolección de información y a la Universidad Nacional de Colombia, por el apoyo logístico en la elaboración del presente trabajo.

Referencias

- [1] Salustri, F.A., Is it time to separate applied science and engineering?, *Engineering Dimensions*, Julio-Agosto, pp. 44-45, 2005.
- [2] Rao, C.N.R., La química en la educación de materiales, *Journal of Materials Education.*, 26(1-2), pp. 181-183, 2004.
- [3] Molina, M.F., Carriazo, J.G. y Farias, D.M., Actitudes hacia la química de estudiantes de diferentes carreras universitarias en Colombia, *Química Nova*, 34(9), pp. 1672-1677, 2011.
- [4] NRC, National Research Council. *Inquiry and the National Science Education Standards*; National Academies Press: Washington, DC, 2000.
- [5] Holbrook, J., Making chemistry teaching relevant, *Chemical Education International*, 6(1), pp. 1-12, 2005.
- [6] Albéniz, J., Saavedra, P., García, R., Carrillo, I. y Reinoso, C., La química vuelve a la selección: Se considera básica. En: Martínez, J. & Pinto, G., (Eds.), *La Química como materia básica de los grados de ingeniería*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2009, pp. 39-48.
- [7] TUNING, Proyecto Tuning América Latina educación superior en América Latina: Reflexiones y perspectivas en química. Pedraza-Aboytes, G. (Ed.), Publicaciones de la Universidad de Deusto, Bilbao, España, 2013.
- [8] ABET, Engineering Accreditation Commission of U.S. Accreditation Board for Engineers and Technologists (ABET). Criteria For accrediting engineering programs. (2004–2005) [online]. Available at: http://www.abet.org/Linked_Documents-UPDATE/Criteria_and_PP/E001_05-06_EAC_Criteria_9-15-05.pdf
- [9] Al-Houlou, N., Bilgutay, N. M., Corleto, C., Demel, J. T., Felder, R., Frair, K., Froyd, J.E., Morgan, J. and Wells, D.L., First-Year integrated curricula: Design alternatives and examples, *Journal of Engineering Education*. 88, pp. 435-440, 1999.

M.F. Molina C., nació en El Colegio (Cundinamarca)-Colombia, es profesor asociado del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, donde se graduó de Químico en el 2000 y MSc. en Ciencias en el 2003. Estudió una Especialización en Pedagogía en la Universidad Pedagógica Nacional en el 2001. Actualmente enseña Química General para carreras de Ciencias e Ingeniería, y su respectivo laboratorio. Investiga en Enseñanza de la Química y actúa como divulgador de la Ciencia. ORCID: 0000-0001-8758-2637

J.G. Carriazo, nació en San Marcos (Sucre)-Colombia. Se graduó como Lic. en Química de la Universidad de Córdoba (Colombia), y posteriormente recibió los títulos de MSc. en Química y Dr. en Química de la Universidad Nacional de Colombia, en el área de química del estado sólido y catálisis heterogénea. Es profesor del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá desde el año 2004. Dentro de sus temas de interés en investigación científica se destacan el diseño de nuevas estructuras inorgánicas en estado sólido, la valorización y modificación de minerales, la caracterización de materiales inorgánicos y algunas áreas de la didáctica de la química. ORCID: 0000-0002-1740-5552

O. Rodríguez-Jiménez, nació en Bogotá (Cundinamarca)-Colombia, es profesora asistente del Departamento de Psicología de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, de donde se graduó como Psicóloga. Es MSc. en Educación y en Métodos en Ciencias del Comportamiento y la Salud de la Universidad Javeriana y la Universidad Autónoma de Madrid, en esta última le otorgó también el título de Dra. en Psicología y Educación en el año 2013. Actualmente imparte las asignaturas del área metodológica y profesional en educación de la carrera de Psicología de la Universidad Nacional de Colombia y asesora proyectos de evaluación educativa en instituciones como ACOFI e instituciones educativas públicas y privadas. ORCID:0000-0003-4099-5535

Prototipo didáctico para el aprendizaje de la mecánica en los laboratorios de física universitaria mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos

Yubiry González ^{a,b}, Emery Dunia ^a & Jesús Pérez ^{a,b}

^a *Postgrado en Instrumentación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. emerydunia@gmail.com, profesorjesusperez@gmail.com*

^b *Dpto. de Ciencias Básicas, Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua "Federico Brito Figueroa", Maracay, Venezuela. Yubiry.gonzalez.17@gmail.com*

Resumen— Se presenta el diseño y construcción de un prototipo didáctico con la realización de seis trabajos prácticos de laboratorio que abarcan los contenidos curriculares de mecánica en la física básica a nivel universitario. El prototipo propuesto emplea las modernas concepciones didácticas en la enseñanza de la ciencia e incorporan las tecnologías de adquisición y procesamiento de datos mediante la utilización de un sensor ultrasónico de posición y un microcontrolador PIC unido a una interfaz de comunicación USB. El diseño de las experiencias prácticas automatizadas con la utilización de técnicas de adquisición de señales y procesamiento de datos, mostró su eficacia y versatilidad para la ejecución de experiencias prácticas en los laboratorios de Física universitarios.

Palabras Clave— trabajo práctico de laboratorio, sistema de adquisición y procesamiento de datos, laboratorio de física.

Recibido: 12 de marzo de 2017. Revisado: 20 abril de 2017. Aceptado: 3 de mayo de 2017.

Teaching prototype for the learning of mechanics in university physics laboratories through a data acquisition and processing system

Abstract— The design and development of a didactic prototype is presented along with six lab practices that comprehend the curricular contents of mechanics in basic physics university level. The proposed prototype is built upon the modern didactic concepts for the teaching of science, it also incorporates technologies for acquisition and processing data through the use of an ultrasonic position sensor and a PIC microcontroller joint with a USB communication interface. The design of automated practical experiences using signal acquisition techniques and data processing proved its efficiency and versatility on executing practical experiences in university physics laboratories.

Keywords— practical laboratory work, data acquisition and processing system, laboratories.

1. Introducción

La enseñanza de la física como ciencia natural, precisa de la realización de los trabajos prácticos de laboratorio (TPL) para el aprendizaje significativo de los educando. En los planes de estudios universitarios, comunes en las primeras etapas de formación de la ingeniería, se incluyen los laboratorios de física con TPL que comprenden, entre otros, los tópicos de mecánica, hidrostática, electricidad, magnetismo, óptica y física moderna. Los TPL

referidos a la mecánica, la mayoría de las veces, emplean las técnicas de muestreo, tabulación y procesamiento de datos en forma manual y la repetición continua de medidas de una misma situación física particular [1-3]. El tiempo efectivo de “experimentación” para el estudiante se circunscribe al muestreo estadístico y la lectura visual de instrumentos de medición, soslayando la interpretación, análisis y variación de otros parámetros experimentales [4].

Esta dificultad de los TPL puede ser superada al incorporar las técnicas de automatización-control y adquisición-procesamiento de datos, mediante la tecnología de Microprocesadores [2,5-7] también conocidos como controladores de interfaz periférico o por su acrónimo anglosajón PIC (Peripheral Interface Controller); no solo para hacer más eficiente el procesamiento de datos y la ejecución de los ensayos, sino también; y sobre todo; para capacitar a los futuros ingenieros en el manejo de las actuales tecnologías de información y comunicación, además de los sistemas automatizados basados en PIC [8].

En este sentido, la incorporación de la tecnología de microcontroladores en los laboratorios de física serviría para implantar la pedagogía de Edgar Morín [9] según la cual, la educación es educación para la vida aquí y ahora. Siendo, el empleo de esas tecnologías en los laboratorios básicos de Física, un medio para la capacitación de los profesionales del siglo XXI. Adicionalmente, la ejercitación de los estudiantes en los TPL con microprocesadores incorpora la concepción constructivista del aprendizaje [10] pues la manera de adquirir el conocimiento es mediante la exploración y la manipulación activa de objetos e ideas, abstractas o concretas del mundo físico y social del cual somos protagonistas.

Por otro lado, cada vez es más frecuente el uso del computador en el laboratorio, bien como sistema de control y visualización de sensores físicos y de adquisición de datos, y también como herramienta para realizar simulaciones, construir gráficas que muestran la relación entre variables o realizar cálculos y ajustes de diferente tipo que ayudan al estudiante en el desarrollo de la experiencia [2,4-7]. Esta aplicación de los ordenadores puede ser muy útil en la enseñanza experimental de la física, de la química o de la tecnología, a nivel básico y avanzado, ya que puede servir de

Como citar este artículo: González, Y., Dunia, E. and Pérez, J., Prototipo didáctico para el aprendizaje de la mecánica en los laboratorios de física universitaria mediante un sistema de adquisición y procesamiento de datos. *Educación en Ingeniería*, 12(24), pp. 9-14, Julio, 2017.

introducción al interesante dominio de la automatización que tiene tanta importancia en la vida moderna [8].

El objetivo del presente trabajo es presentar el diseño y construcción de un prototipo didáctico con tecnología PIC, a ser implementados en los laboratorios de física general, específicamente en los tópicos referidos a la mecánica. El prototipo consta de: 1) Una maqueta o estructura de soporte para experimentación, 2) sistema sensor de posición ultrasónico y 3) control electrónico con microcontrolador PIC.

Los detalles de su construcción se muestran en la sección de metodología. El diseño de los trabajos prácticos se especifica en la sección de resultados. La evaluación del prototipo se discute en la última sección.

2. Metodología

El sistema de medición consiste en un Prototipo Experimental de adquisición de datos (Hardware) y un software en Visual Basic para el procesamiento de la información. La maqueta de experimentación pone a prueba la situación física, el sensor registra la información de posición y la envía al PIC: el microprocesador crea un archivo .tex y la envía al ordenador a través del puerto USB; el ordenador crea una base de datos por medio de un software en visual basic Microsoft® que puede ser leído y procesado por cualquier programa de graficación y cálculo, como Excel®, Origin®, Matlab®, MAPLE® (Fig. 1).

Para el diseño del prototipo se emplearon los criterios de:

- i) versatilidad: Empleo del mismo prototipo para la ejecución de todas las prácticas. Se ideó la maqueta y el sistema sensor para ser usados en todas y cada una de las prácticas propuestas sin modificación.
- ii) Robustez: Diseño compacto que permite la manipulación por los no expertos. Se presenta el prototipo armado y su configuración permite adicionarle accesorios de forma modular de acuerdo a la aplicación. Evitando el uso de calibración previa por parte de los usuarios.
- iii) Universalidad: Puede acoplarse a cualquier PC, Laptop o Tablet y permite el procesamiento de la información emanada por el sensor usando cualquier software de graficación y manejo de base de datos.

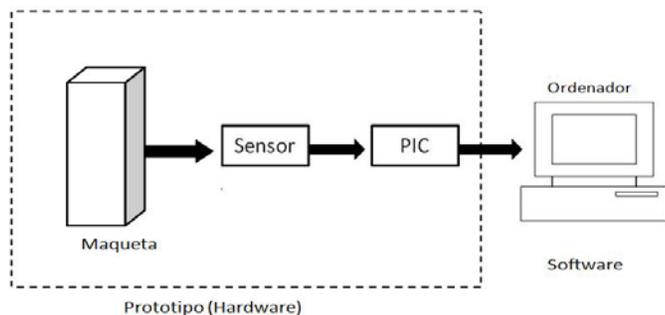


Figura 1. Configuración del sistema de Medición. El Prototipo incluye la maqueta de experimentación, el sensor de posición ultrasónico y el sistema de control electrónico, el Software consiste en un programa en visual Basic y los programas de graficación y cálculo.

Fuente: Los autores

iv) Economía: El prototipo no requiere insumos adicionales, tampoco de refacciones; se ha evitado el empleo de piezas y partes móviles que se desgasten o deterioren por su manipulación. Todo el Sistema de adquisición de datos es energizado por el ordenador, no requiriendo fuentes de voltaje adicionales.

A continuación se describen los tres elementos que conforman al prototipo: 1) maqueta soporte para experimentación, 2) sistema Sensor y 3) control electrónico.

- 1) Maqueta: Consiste en un soporte elaborado en policloruro de vinilo de 3 mm de espesor en la configuración y dimensiones que se muestran en la Fig. 2. Todas las piezas y partes están unidas mediante flejes metálicos, tuercas y tornillos, evitando el uso de pegamentos, pinturas o emulsiones que se deterioren con el tiempo. El conjunto de accesorios para los distintos TPL de la maqueta de experimentación se especifican en la Fig. 2, En la sección siguiente (Resultados) se muestran los detalles de uso y especificidades.
- 2) Sistema sensor: Consta de un sensor de ultrasonidos HC-SR04, que opera a la frecuencia de 40 KHz para estimar distancias por medio de la medición de ecos. La principal ventaja de estos tipos de sensores es que no necesitan contacto físico para poder detectar las posiciones, con una resolución de 0,3 cm, hasta 5 metros de alcance. El sensor tiene un retardo en el orden de 3,5 milisegundos, entre la recepción y emisión del eco, al recorrer la distancia máxima del riel de la maqueta (0,6 m), pero, este lapso es despreciablemente pequeño en comparación con los tiempos característicos de las situaciones experimentales propuestas (sección de resultados) del orden de los segundos o mayores.
- 3) Control Electrónico: Consiste en un Microcontrolador PIC 16F870 temporalizado con un oscilador de 20 MHz, para registrar las eco-posiciones del sistema sensor y una interfaz de comunicación con el ordenador; esta última es un circuito estándar empleando el integrado FT232RL (Fig.3). Adviértase que el Microprocesador así configurado, admite varias otras entradas de sensores, analógicas y digitales, para ulteriores aplicaciones.

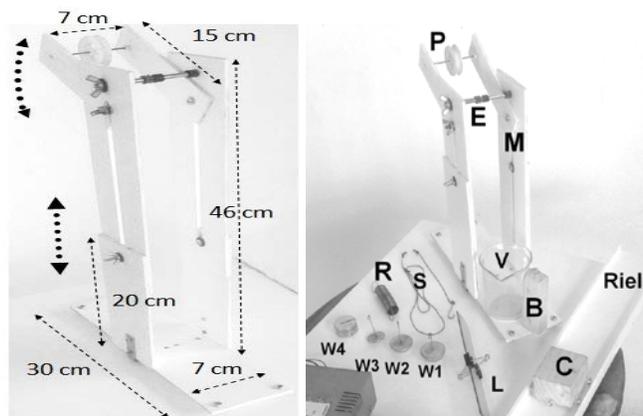


Figura 2. Maqueta de Experimentación: Dimensiones (izq) y Accesorios (der) Polea P, eje E, soporte M, resorte R, Riel de 60 cm, móvil C, Pesos W1, W2, W3 y W4; cordel S, Lamina L; Vaso V, bloque de madera B.

Fuente: Los autores

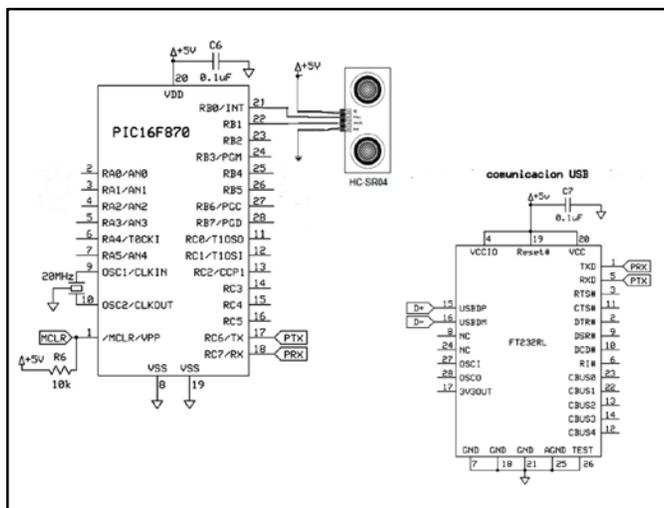


Figura 3. Control electrónico: Conexiones del PIC 16F870 (izq.) y la interface de comunicación vía puerto USB FT232RL (der), las salidas D+ y D- permiten la comunicación con el puerto USB del ordenador.

Fuente: Los autores

El software codificado en Visual Basic es una interfaz de usuario On-Off para la comunicación entre el PIC y el ordenador, permite especificar los intervalos de muestreo del sensor de posición, desde 1, 5, 10, 100, 500 y 1000 ms. Generando en cada caso una base de datos de 2 columnas de registros: posición-tiempo en un archivo de texto (dat). Posteriormente el usuario puede abrir los registros en el ordenador con cualquier programa de graficación y cálculo para efectuar en cada caso las operaciones que modelan la situación física particular.

3. Resultados

El prototipo se puede emplear en la realización de varias experiencias de trabajos prácticos de laboratorio de física a nivel universitario. Como ejemplo se muestran a continuación su uso para abarcar varios contenidos de mecánica.

3.1. Cinemática (Plano inclinado)

Este TPL, frecuente en casi cualquier laboratorio de física general, consiste en medir la aceleración de un cuerpo que cae sobre un plano inclinado, bajo la acción de la gravedad siguiendo las ideas de Galileo para ilustrar la caída libre. Básicamente, se obtiene la gráfica de posición versus tiempo variando el ángulo de inclinación del plano y la masa del móvil. En las prácticas tradicionales no automatizadas, se obtienen de forma discreta estas gráficas, repitiendo innumerables veces las medidas. Además de monótono, la práctica suele resultar larga en duración y con muchos errores de apreciación. En este caso, se propone efectuar de forma automatizada y continua la gráfica de posición-tiempo. La mayor actividad de los estudiantes, será discutir y analizar las diferentes gráficas obtenidas, según las variables involucradas (masa, ángulo, altura) y no como en las prácticas tradicionales en la repetición de la misma situación física.

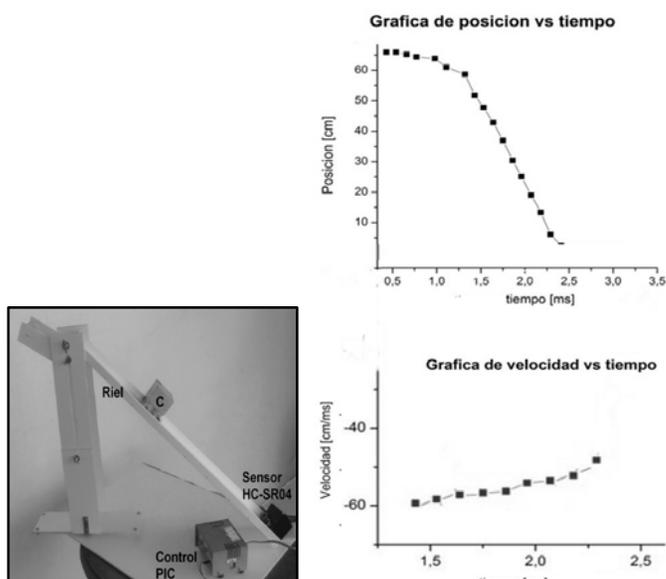


Figura 4. Diseño experimental de la práctica de cinemática en el plano inclinado (Izq). El sensor s registra la posición x del móvil C en cada instante t y el software en el ordenador genera las gráficas de variación de la posición y velocidad del móvil (der.)

Fuente: Los autores

3.2. Dinámica (Ley de Hooke)

El prototipo puede emplearse también en la ejecución del TPL sobre la Ley de Hooke, en este caso el sensor ultrasónico determina la posición final del sistema (W+L). El sensor registra la posición de equilibrio para cada masa. El estudiante varía la masa W para un mismo resorte S de constante de elasticidad k, desconocida. Y a partir de la gráfica de elongación (y-y₀) versus masa (W+L) se determina la constante k. Los estudiantes pueden cambiar el resorte y obtener varios ejemplos para su discusión y comparación. La función de la lámina acrílica (L) es reflejar el eco del sensor y determinar la elongación del resorte para cada pesa.

La experiencia permite la evaluación de la constante de elasticidad del resorte, empleado en el prototipo, que resulta del orden de $k=148.860 \text{ [N/m]} \pm 10$. El coeficiente de correlación de Pearson muestra la bondad del ajuste lineal y la precisión obtenida. La posición negativa dada por el sensor, debe interpretarse como consecuencia de haberse usado la referencia de alturas en el pivote o eje del resorte, de forma que el sensor

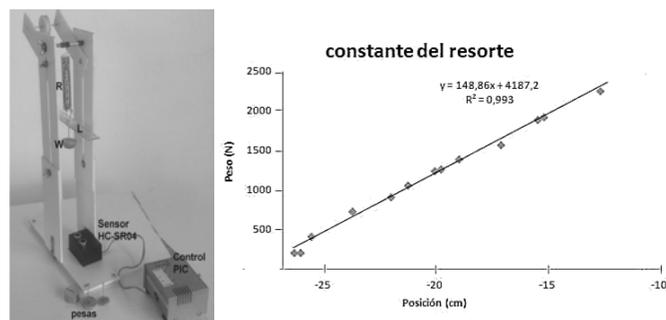


Figura 5. Diseño experimental de la práctica de Ley de Hooke (izq.), Gráfica de la constante del resorte (der).

Fuente: Los autores

HC-SR04 mide la posición relativa desde la base de la maqueta. Debe advertirse que la lámina acrílica L, de masa $21,65 \text{ g} \pm 0,01 \text{ g}$ tiene por función servir de superficie reflectante para los eco de la señal generada por el sensor y se mueve conjuntamente al último alabe del resorte R, del cual está suspendida rígidamente. Las masas empleadas como pesas en la experiencia son combinaciones de masas del orden de 110, 70, 30 y 20 gramos respectivamente.

3.3. Dinámica (Leyes de Newton)

Además de la verificación experimenta de la “ley” de Hooke, discutida en el apartado anterior, suele emplearse también en las prácticas de Laboratorio de Física Básica a nivel medio y Universitario, las prácticas que emplean diversas masas unidas a poleas y/o desplazándose sobre un plano inclinado. Una posible configuración para la realización de un Trabajo Práctico de Laboratorio es la mostrada en la Fig. 6.

Para cada pesa “W” el sensor registrará la variación temporal de x, es decir, se obtendrá la gráfica de la posición instantánea del móvil C. Considerando la polea ideal y las cuerdas inextensibles, la aceleración del móvil será la aceleración del sistema, establecido por la siguiente expresión:

$$a = g \left[\frac{M(\sin \varphi - \mu \cos \varphi) - m}{m + M} \right] \quad (1)$$

Donde m es la masa de las pesas y M la masa del móvil C. Es importante notar que el desplazamiento máximo del móvil C es del orden de 60 cm (longitud del riel) y que el ángulo puede variarse a conveniencia elevando la altura del soporte M. Adicionalmente puede variarse el coeficiente de rozamiento (μ) utilizando distintos materiales sobre la superficie del plano inclinado, como papel de lija, papel de aluminio, entre otras. El estudiante obtendrá en el ordenador las gráficas de posición versus tiempo, velocidad versus tiempo y aceleración versus tiempo, en función de las distintas variables involucradas (M, φ , μ).

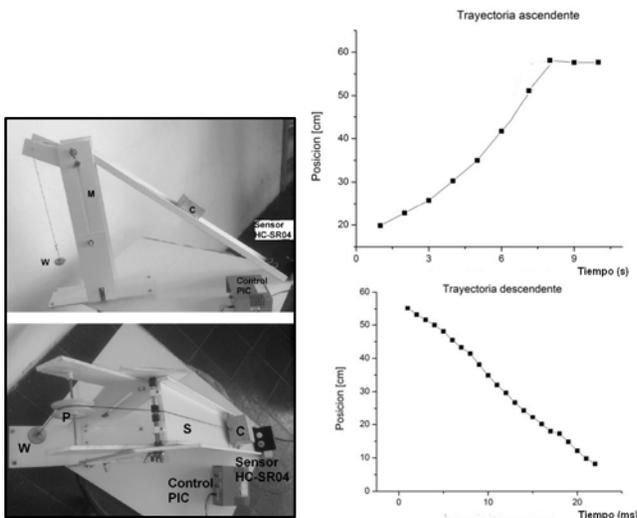


Figura 6. Diseño experimental de la práctica de Dinámica (Leyes de Newton). Las gráficas de posición generadas por el ordenador se aprecian en la figura derecha para ambas trayectorias de ascenso y descenso dependiendo del equilibrio entre la masa W y el móvil C.

Fuente: Los autores

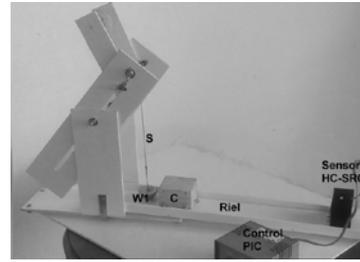


Figura 7. Diseño experimental de la práctica de Conservación de la energía y del momentum.

Fuente: Los autores

3.4. Conservación de la energía y momentum

En la Fig. 7, se muestra otra configuración del prototipo, para determinar la posición instantánea y por ende, la velocidad de un móvil C (de masa M) que desplaza sobre una superficie horizontal después que la masa W1 (lenteja del péndulo inicialmente en posición φ) le transfiere una cierta cantidad de movimiento en una colisión elástica (ideal).

El péndulo W1 (de masa m), partiendo inicialmente desde el ángulo φ impacta a la masa C que recorrerá la distancia x_0 . El sensor s registrará la posición del móvil C (de masa M) en todo instante. Luego se puede evaluar la velocidad inicial del móvil C; despreciable el roce del móvil C con la superficie; y comparar con los datos experimentales.

$$v_C = \frac{m}{M} \sqrt{2gl(1 - \cos \varphi)} \quad (2)$$

3.5. Empuje hidrostático

La configuración experimental usada para la experiencia de Dinámica (Ley de Hooke), puede emplearse para estudiar el principio de Arquímedes y la noción de peso “aparente”. Así, sumergiendo el bloque B, masa m, en un fluido de densidad r, como indica la Fig. 8; puede determinarse el empuje hidrostático. Si se conoce la constante k del resorte, el volumen de la masa m y el desplazamiento de la masa M, es posible determinar experimentalmente la densidad del fluido mediante la relación:

$$\rho = \frac{k}{gV_m} \Delta y \quad (3)$$

Donde Δy es la diferencia de posición detectada por el sensor ultrasónico y V_m es el volumen de la masa sumergida. El estudiante verificará la validez del principio de Arquímedes y probará la dependencia del empuje hidrostático para distintos fluidos, tales como, aceite, agua, glicerina, etc.

Para el bloque de madera B, de masa ($29,21 \text{ g} \pm 0,01$) sumergido en agua, la compresión del resorte debida al empuje sobre el sistema bloque B y lamina L (Fig. 8), resultó en $-1,68 \text{ cm} \pm 0,01$; empleando el mismo resorte de la experiencia 2, cuidando que el nivel del líquido estará siempre por debajo de la posición del resorte de la masa M, dentro del envase V. Luego el empuje hidrostático para fluidos de densidad del orden o mayor que el agua, y usando masas y resortes como los empleados, resulta lo suficiente como para producir compresiones en el orden de los centímetros y por ende

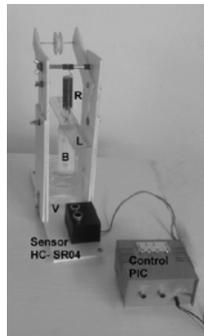


Figura 8. Diseño experimental de la práctica de empuje hidrostático. Detalles en el texto.

Fuente: Los autores

pueden ser medidas por el prototipo presentado; resultando útil como experiencia de aplicación del empuje sobre cuerpos sumergidos

3.6. Oscilaciones amortiguadas

Para estudiar las oscilaciones amortiguadas en un sistema masa-resorte vertical, sometido a la aceleración de gravedad g , basta con registrar la posición instantánea de la masa $M+m$, de acuerdo a la configuración de la Fig. 5. El sensor HC-SR04 registra la posición durante la oscilación y permite además elaborar las gráficas instantáneas de velocidad y aceleración. El resorte, de constante k se elonga desde una longitud inicial y_0 hasta la posición máxima y_{max} . El sensor s registrará la posición en función del tiempo, y la velocidad en función del tiempo de la oscilación amortiguada:

$$y = y_{max} e^{-\frac{b}{2(M+m)}t} \cos(\omega t) + \frac{g}{k}(M+m) \quad (4)$$

Donde b es la constante de amortiguamiento y la frecuencia de oscilación está dada por:

$$\omega = \sqrt{\left(\frac{b}{2M+2m}\right)^2 - \frac{k}{M+m}} \quad (5)$$

4. Conclusiones

El prototipo elaborado, mostró su eficacia como sistema automatizado para la adquisición de datos de posiciones, velocidades y aceleraciones en los trabajos prácticos de laboratorio de física para la enseñanza universitaria de los contenidos de mecánica, como se mostró en la sección de resultados.

En particular su empleo para las determinaciones de las variaciones temporales de posición, mediante el uso del sensor HC-SR04, mostró ser suficientemente sensible incluso para variaciones tan pequeñas como 0,2 cm en rango de distancias de 1 a 60 cm de longitud; como se evidenció en las experiencias de cinemática (3.1), Ley de Hooke (3.2) y Empuje Hidrostático (3.5). Se destacan las prestaciones del sensor en cuanto a su empleo en cualquier condición de iluminación y para móviles en trayectorias cortas, del orden de los centímetros, que difícilmente pueden ser alcanzadas con similar prestación por los sensores optoelectrónicos, basados en interruptores de luz infrarrojos.

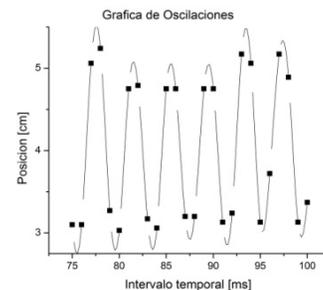
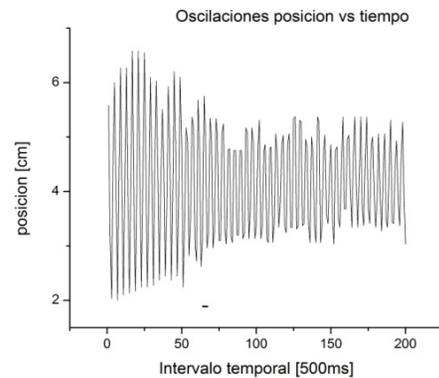


Figura 9. Gráficas del muestreo de 400 datos para el movimiento oscilatorio amortiguado en el lapso de tan solo 2 minutos. El análisis de los datos en el ordenador permite graficar las oscilaciones en periodos del orden de hasta 5 milisegundos.

Fuente: Los autores

Vale destacar que el retardo ocasionado por el tiempo de emisión-recepción del haz ultrasónico, del orden de los 3.5 milisegundos, es despreciablemente pequeño para las aplicaciones didácticas, donde los tiempos característicos de los movimientos son del orden de los segundos. Incluso para movimientos más rápidos, como es el caso del TPL sobre la dinámica de una máquina de Atwood (3.3) donde los lapsos característicos son tan breves como 0,35 segundos, el dispositivo permitió la colección de más de veinte posiciones diferentes (Fig. 6), para el cálculo de la velocidad instantánea y la aceleración media.

Por otro lado el diseño de la maqueta del prototipo, evidenció su versatilidad, robustez y economía al emplearse indistintamente como soporte portátil para la ejecución de los TPL planteados.

Destaca que el empleo y uso del microcontrolador PIC y el diseño del circuito propuesto (Fig. 2) mostró varias ventajas en su implementación: i) permitió la rápida comunicación con la interfaz de usuario al emplear como canal de comunicación el puerto USB en lugar de los puertos serial-paralelo con el ordenador, ii) su versatilidad puesto que los registros de salida del PIC son tipo texto; pudiendo ser leídos y procesados por casi cualquier software de graficación, sin requerir la programación interna del PIC para efectuar los cálculos de cada TPL particular. Muchas veces se usa la memoria interna del PIC para efectuar los cálculos y procesamiento de la información, pero ello trae como desventaja que hay que recodificar internamente el PIC para casi cualquier nuevo cálculo o información y se satura además la memoria interna del microcontrolador.

La versatilidad y uso del prototipo para la adquisición y procesamiento de gran cantidad de información en tiempos breves, quedó de manifiesto en el TPL sobre oscilaciones amortiguadas, como se observa en la Fig. 9; colectando más de cuatrocientas lecturas en solo 2 minutos para el análisis del movimiento oscilatorio.

Por último la automatización en la adquisición de datos en los TPL de Física sirve de vínculo y ejercitación al estudiante con las nuevas tecnologías de procesamiento de información y comunicación, cada vez más extendida en las áreas de las ciencias naturales y la ingeniería.

Referencias

- [1] Cruz-Ardila, J., Importancia de usar tecnología en el desarrollo de prácticas de laboratorio de física mecánica. *Revista Educación en Ingeniería*. 6(11), pp. 1-11, 2011.
 - [2] Pinto, S.S., Silva, L.S.V., Tenório-de Carvalho, C.A. y Egoavil, C.J., Pêndulo simples utilizando tecnologia embarcada de baixo custo aplicado ao Ensino da Física. *Lat. Am. J. Sci. Educ.* 22062, pp. 2-6, 2015.
 - [3] Castiblanco, O. y Vizcaíno, D., La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física. *Revista Educación en Ingeniería*. 3(5), pp. 68-74, 2008.
 - [4] Cruz, J. y Espinoza, V., Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. 35, pp. 105-127, 2012.
 - [5] Bohorque, Z.L., Martínez, S. y Gallegos, H.A., Diseño y construcción de un prototipo autónomo para la práctica experimental de laboratorios de física. *Scientia et Technica*. XVII (5), pp. 155-164, 2012.
 - [6] Núñez-Pérez, B.E., González, J., Jaramillo, J. y Vilorio, P., Cronómetro digital utilizando un microcontrolador de la familia PIC16F87X para instrumentar electrónicamente los ensayos y experimentos en laboratorios de física mecánica. *Revista Colombiana de Física*, 43(1), pp.105, 2011.
 - [7] Bermúdez, H.H., Gallego, H.A. y Bermúdez, H.F., Prototipo mecatrónico para la enseñanza y el aprendizaje del movimiento armónico simple. *Scientia et Technica*. 3(49), pp. 245-252, 2011.
 - [8] UNESCO. Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI: Visión y acción. [En línea]. [Consulta: Diciembre 15 de 2016] Disponible en: http://www.unesco.org/education/educprog/wche/declaration_spa.htm
 - [9] Morin, E., Los siete saberes para la educación del futuro. UNESCO, 1999, pp.17-42.
 - [10] Ausubel, D., *Psicología Educativa*. Trillas S.A., 1983, 16 P.
- Y. González**, recibió el título de Lic. en Física en el 2012, en la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. En el 2013 ejerce como profesora en el Instituto de Tecnología de Valencia, las cátedras de Matemática I y Proyecto socio-productivo. En el 2014 se traslada a la Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua, adscrita al Departamento de Ciencias Básicas, donde imparte actualmente la cátedra de física. Investigadora A1 adscrita al Programa de Estimulo del Investigador del Ministerio de Educación Universitaria Ciencia y Tecnología; investigadora asociado al Laboratorio de Física de la Atmósfera de la Universidad de Carabobo y a la Maestría en Instrumentación de la Universidad Central de Venezuela, donde cursa la Maestría. Ha presentado diversos trabajos de Investigación en Congresos Especializados en el área de Instrumentación Electrónica, Acústica Musical, Física Atmosférica y Didáctica de la Física.
ORCID: 0000-0002-8993-5499
- J.A. Pérez-Rodríguez**, recibió el título de Ing. Electricista en 1988, en la Universidad de Carabobo, Venezuela, MSc. en Instrumentación 2001 y de Dr. en Ciencias mención Instrumentación en 2002, en la Universidad Central de Venezuela. De 1987 al 1998 trabajó como Jefe de Proyectos de Ingeniería en la Empresa Oficina Técnica de Ingeniería JRG. En ese mismo año 1987 se inicia como profesor e investigador en la Universidad Politécnica Territorial del Estado Aragua Federico Brito Figueroa, Venezuela, hasta el presente, donde ocupa los cargos de jefe del Departamento de Extensión Universitaria, jefe del Departamento de Postgrado, subdirector administrativo de la Universidad y jefe de la División de Investigación Extensión y Postgrado, hasta el 2012 cuando se jubila y aún se mantiene como profesor e investigador. También se desempeña desde 2003 al presente como profesor en el postgrado en Instrumentación de la Universidad Central de Venezuela. Actualmente coordina el Programa Nacional de Formación en Ingeniería Eléctrica.
ORCID: 0000-0002-1578-2565
- É.R. Dunia-Amair**, recibió el título de Lic. en Física en 1969, en la Universidad Central de Venezuela (UCV), hasta 1970 trabajó en su Facultad de Ciencias; en París obtuvo en 1972 el DEA en Cristalografía y en junio de 1980 el Doctorado en Ciencias en la Universidad Pierre et Marie Curie, París VI. Vuelve de profesor-investigador a la UCV; interesado en la enseñanza-aprendizaje, es comisionado a la revisión de programas de la escuela básica y el ciclo diversificado ante el Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia. De 1986 a 1990 inicia el postgrado en Instrumentación, y en los años 1990 va a comisiones de cambio curricular para la Licenciatura en Física. En la actualidad coordina el Comité Académico del Postgrado en Instrumentación y mantiene su interés por la enseñanza de la ciencia a la que contribuyen sus estudios de Logosofía.
ORCID: 0000-0002-6643-9767

ESPC y estilos de aprendizaje en ingeniería de producción

Yineth Reyes-Quintero ^a & Vlaxxmir Robles-Marín

^a Maestría en Educación, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga Colombia. yineth.reyes@unab.edu.co

^b Escuela de Ingeniería de Producción, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia. vlaxxmir.robles@unipaz.edu.co

Resumen— Se diseñó una estrategia partiendo del estilo dominante de aprendizaje a través del estudio de situaciones problemáticas contextualizadas (ESPC), para la enseñanza del concepto calidad. Participaron 30 estudiantes de primer ingreso al programa de Ingeniería de Producción pertenecientes a la jornada nocturna del periodo 2016. Los resultados mostraron un impacto positivo en el rendimiento académico del grupo objetivo frente al grupo experimental. La diferencia de los promedios aritméticos en las notas obtenidas por los grupos fue significativa.

Palabras Clave— Estilo de aprendizaje, estrategias de enseñanza, estrategias de aprendizaje, rendimiento académico, ingeniería, calidad, ESPC

Recibido: 20 de enero de 2017. Revisado: 20 abril de de 2017. Aceptado: 10 de mayo de 2017.

Learning style and ESPC in production engineering students

Abstract— It was designed a strategic starting of dominant style of learning through the Studies of Contextualized Problem Situations (ESPC, for its acronym in Spanish), to teach the concept of quality. Participated 30 first semester students from the Production Engineering program of the night class of the 2016 period. The results show a positive impact on the academic achievement of the target group compared to the experimental group. The difference of the arithmetic mean in the scores obtained by the groups were significant.

Keywords— Learning style, teaching strategies, learning strategies academic achievement, engineering, quality, ESPC

1. Introducción

Los estilos de aprendizaje son abordados conceptualmente por un gran número de autores. Felder y Hernández los definieron como “los modos en que el individuo característicamente adquiere, retiene y recupera información” (1). Smith concuerda con la definición anterior en cuanto al modo por el cual un individuo procesa información y adicionalmente habla de lo que siente y cómo se comporta en las situaciones de aprendizaje (2) Según Cruickshank, Baimerm y Metcalf, “es un patrón de conducta y ejecución consistente por el cual obtenemos experiencias de aprender” (2). En conjunto se habla de lo referente al ser humano y su relación con el aprendizaje.

Estudios correlacionan el estilo de aprendizaje con múltiples variables. Khadija y Trali, relacionaron el estilo y las estrategias de aprendizaje. Partieron con el cuestionario VARK el análisis

del grupo perteneciente a la facultad de anatomía. Los resultados obtenidos mostraron a Trimodal como el estilo preferente de aprendizaje. (3). Partiendo con instrumentos como el cuestionario CHAEA y el Time Managent Behavior Scale (TMBS-1994), los investigadores Durán-Aponte y Pujol correlacionaron el estilo de aprendizaje el rendimiento académico y la gestión del tiempo. Se encontró relación entre los estilos Teórico y Reflexivo y las dimensiones establecimiento de objetivos y prioridades y percepción de control de tiempo (4).

Ventura analizó la producción científica de los años 2000 al 2010, en torno a la interacción de los estilos de aprendizaje con las prácticas de enseñanza. Concluyó que si existe evidencia de esta relación (5). En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional tomó las metodologías de enseñanza basadas en los estilos de aprendizaje, como una herramienta para el mejoramiento de la calidad académica y la permanencia estudiantil (6). Consecuencia de lo anterior la investigación tomó el estilo dominante de aprendizaje del grupo para diseñar una estrategia de enseñanza. Entendida esta última como, procedimientos que el docente utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizaje en el alumno. (7). Pero, ¿Qué estrategia de enseñanza trabajar?

Córchuelo propuso a través del Estudio de situaciones problemáticas contextualizadas (ESPC), trabajar la educación del ingeniero entorno al mundo cotidiano. El ESPC comprende principalmente nueve actividades: Sensibilización; Contextualización; Exploración de Conceptos; Análisis de Relaciones; Diseño, simulación y/o experimentación; Análisis de Resultados; Socialización; Valoración y Ajustes y Nuevo Discurso (8). Por otra parte, los resultados de las investigaciones de Hernández y Cardona arrojaron la existencia de una relación positiva entre las variables rendimiento académico y estilo y estrategias de aprendizaje (9). Por lo anterior se esperó un impacto de la estrategia, en el rendimiento académico de los estudiantes. Entendido este último como la medición a través de la nota obtenida en las pruebas realizadas (10)

Según Moreira es necesario comprender conceptos para comprender el mundo y desarrollarnos cognitivamente (11). El Ingeniero de Producción presenta un perfil ocupacional y profesional que, le exige un conocimiento adecuado para el manejo de la calidad en procesos relacionados con bienes y

servicios. La calidad tiene un gran número de definiciones, dependiendo del autor o la organización y su enfoque. Esto dificulta la comprensión del mismo y por consecuencia su aplicación. Para esta investigación se utilizó el estilo de aprendizaje dominante y los preconceptos del tema calidad como insumo para el diseño de una estrategia que impactó en el rendimiento académico.

2. Metodología

Para el primer semestre del año 2016, se inscribieron un total de 80 estudiantes al programa ingeniería de producción. De esta población, se abordaron 30 discentes que contaban con mayoría de edad y firmaron autorización para la participación en el ejercicio. El total de la población se encontró inscrita para la jornada nocturna, distribuidos así: género femenino 27% y género masculino 73%. La institución ofertó dos cursos de primer ingreso para la jornada nocturna, por lo cual se trabajó con un grupo experimental y un grupo de control. El primero estuvo compuesto por seis mujeres y diez hombres para un total de dieciséis personas. El segundo grupo estuvo compuesto por dos mujeres y doce hombres para un total de catorce personas.

Para determinar el estilo dominante del grupo se utilizó el instrumento Index of Learning Styles (ILS). Está constituido por 44 preguntas desarrolladas por Felder y Soloman en 1993. El objetivo principal de la prueba, es conocer las preferencias entorno al estilo de aprendizaje según el modelo de Felder y Silverman.

El modelo bipolar de Felder y Silverman (12) consta de 4 dimensiones y 5 categorías por dimensión:

- Dimensión de Procesamiento: Los perfiles de esta dimensión son Muy Activo, Activo, Neutral, Reflexivo y Muy Reflexivo.
- Dimensión de Percepción: Los perfiles de esta dimensión son Muy sensitivo, Sensitivo, Neutral, Intuitivo y Muy Intuitivo.
- Dimensión de Recepción: Los perfiles de esta dimensión son Muy Visual, Visual, Neutral, Verbal y Muy Verbal.
- Dimensión de Progreso: Los perfiles de esta dimensión son Muy Secuencial, Secuencial, Neutral, Global y Muy Global.

Felder y Soloman propusieron una serie de actividades dependiendo del estilo, que ayudan a mejorar el aprendizaje (13). Barriga y Hernández indicaron que las estrategias tanto de aprendizaje como de enseñanza, deben considerarse como complementarias y no excluyentes una de la otra (14). Entorno a estos exponentes se realiza la recopilación de sus teorías ver. Anexo 1. Esta presenta desde una óptica constructivista las estrategias que se sugieren utilizar de acuerdo al estilo de aprendizaje dominante del grupo.

Los resultados se obtienen por dimensión en tres tendencias: Fuerte, Moderado y Equilibrado. La tendencia Fuerte y Moderado se inclinan hacia el lado positivo o negativo de la escala según la tabulación de las respuestas. Esta inclinación se asocia a cuatro perfiles por dimensión. En la Tabla 1 se puede observar los rangos para cada perfil.

Tabla 1
Tendencias y Perfiles según modelo de Felder para el análisis de los datos recopilados con el instrumento ILS.

Tendencia	Fuerte	Mod	Equilibrado	Mod	Fuerte
Dimensión	11 Y 9	7 Y 5	3 Y 1	-1 Y -3	-5 Y -11
D1 (Procesamiento)	muy activo	activo	neutral	reflexivo	muy reflexivo
D2 (Percepción)	muy sensitivo	sensitivo	neutral	intuitivo	muy intuitivo
D3 (Recepción)	muy visual	visual	neutral	verbal	muy verbal
D4 (Progreso)	muy secuencial	secuencial	neutral	global	muy global

Fuente: Autores.

La Tabla 1 está compuesta por 6 columnas y 6 filas. Se enuncia por cada tendencia (Fuerte, Moderado o Equilibrado) cual es el perfil del discente (Activo/Reflexivo, Sensitivo/Intuitivo, Visual/Verbal y Secuencial/Global) según el rango numérico (-11 y 11) obtenido por este, en cada dimensión.

Los preconceptos del tema calidad se abordaron a través de un test compuesto por once preguntas. Se tomó el concepto de calidad dado por la organización internacional de normalización (ISO). "Grado en el que un conjunto de características (rasgo diferenciador) inherentes a un objeto (entidad, ítem, cualquier cosa que pueda percibirse o concebirse) cumple con los requisitos (necesidad o expectativa establecida generalmente implícita u obligatoria)" (15)

Después del diagnóstico del estilo de aprendizaje y el concepto calidad, se diseñó la estrategia entorno al ESPC. Esta se aplicó al grupo experimental. El grupo control recibió la clase con la estrategia usada normalmente por el docente. Al final de la implementación se procedió a la aplicación nuevamente del test sobre el concepto calidad. Se comparó el promedio aritmético de las notas obtenidas en la pre y pos prueba para los dos grupos. Los análisis estadísticos incluyendo los de fiabilidad, se realizaron a través del programa IBM SPSS Statistics 21.

3. Resultados

Los resultados del proceso se abordarán en tres secciones: Diagnóstico del estilo dominante de aprendizaje, Diagnóstico de los conocimientos del concepto calidad y el impacto de la estrategia. En la Tabla 2 se observan los puntajes obtenidos al realizar los análisis descriptivos para los datos recopilados en el diagnóstico del estilo de aprendizaje. Las medidas de tendencia central son congruentes entre sí, arrojando como tendencia equilibrado para las cuatro dimensiones. El coeficiente de variación para la dimensión 1 evidencia la estabilidad de estos datos, para las dimensiones 2, 3 y 4 los valores son muy variables dados los coeficientes obtenidos.

Tabla 2
Análisis descriptivos para los datos recolectados.

	D1	D2	D3	D4
Media	2,7	2,7	2,6	2,7
Mediana	3	3	3	3
Moda	3	3	3	3
Desviación Estándar	0,5	0,6	0,8	0,7
Coefficiente de Variación	19,4	21,7	31,3	25,2

Fuente: Autores

Tabla 3.
Análisis descriptivos para los datos recolectados.

Tendencia	Fuerte		Moderado		Equilibrado		Moderado		Fuerte		
	Dimensión	Perfil	%	Perfil	%	Perfil	%	Perfil	%	Perfil	%
1	Muy Activo		0	Activo	33,3	Neutral	63,3	Reflexivo	3,3	Muy Reflexivo	0
2	Muy Sensitivo		10	Sensitivo	13,3	Neutral	76,7	Intuitivo	0	Muy Intuitivo	0
3	Muy Visual		6,7	Visual	36,7	Neutral	43,3	Verbal	13,3	Muy Verbal	0
4	Muy Secuencial		6,7	Secuencial	23,3	Neutral	66,7	Global	3,3	Muy Global	0

Fuente: Autores.

Al organizar el conjunto de datos obtenidos por el ILS, teniendo en cuenta la Tabla 1, se genera una matriz compuesta por 11 columnas y 7 filas como se puede observar en la Tabla 3. La primera columna enuncia las dimensiones, en las columnas 2, 4, 6, 8 y 10 se presentan los perfiles por cada dimensión. Las columnas 3, 5, 7, 9 y 11 indican el porcentaje de discentes que pertenecen a cada perfil. Al observar esta tabla se encontró un gran número de estudiantes con tendencia Equilibrado y perfil Neutral. A este resultado le sigue la tendencia Moderado hacia el lado positivo de la escala, comprendiendo los perfiles Activo y Visual como los más representativos. La tendencia fuerte hacia el lado negativo de la escala no es representativa para ninguna dimensión.

Al analizar las dimensiones se encontró que: La dimensión de procesamiento presentó el 63,3% de los estudiantes tienden a procesar la información de forma neutral, un 33,3% lo hace de manera activa y solo el 3,3% es reflexivo; al momento de percibir la información, un 76,7% de la población lo hace de forma neutral, un 13,3% lo hace de forma sensitiva y un 10% la percibe muy sensitivamente; el 43,3 % receptiona la información externa de forma neutral, el 36,7% lo hace de manera visual, el 13,3 % verbal y solo un 6,7 % es muy visual. Siendo esta la dimensión más variada; Al momento de conocer el progreso del estudiante hacia el entendimiento, el 66,7 % de los estudiantes es neutral, el 23,3% es secuencial y el 3,3 % es global. El diagnóstico indicó que, la mayor concentración de la población abordada se encontró en la tendencia equilibrado perfil neutral. Sin embargo no se desconoció la tendencia hacia los lados positivos y negativos de la escala en el diseño de la estrategia.

Los resultados del test de preconceptos presentó un Kuder Richardson (16) de 0,720. La validez del instrumento se abordó con el juicio de expertos. El alfa de Cronbach para el juicio fue de 0,756. En ambos casos se analizaron once elementos. El grupo experimental obtuvo un promedio aritmético de dos punto cinco sobre cinco para la pre prueba. El grupo control obtuvo un promedio de dos punto siete sobre cinco. La diferencia entre grupos para la prueba diagnóstico fue de cero punto dos. Lo que permitió inferir que, los estudiantes no contaban con conocimientos claros sobre el tema calidad. Dado que a nivel cuantitativo para aprobar el test se debió obtener una nota igual o mayor de tres, fue correcto afirmar que ninguno de los dos grupos aprobó la prueba.

La pregunta con menor número de aciertos fue la relacionada con la definición dada por ISO al termino calidad. Las preguntas con mayores aciertos fueron: la relacionada en establecer como las organizaciones conocen lo que sus clientes necesitan; y la

relacionada con limitación del termino calidad a producto.

La estrategia partió desde las propias necesidades de los estudiantes. Se enfocó hacia la calidad del servicio ofrecido en la institución y como el ingeniero de producción puede mejorar esté. Se estudió la importancia de la institución y su impacto en la región; las relaciones entre necesidades del cliente, producto/servicio y satisfacción del cliente; y se delimitó la situación problema según los recursos disponibles. Se diseñó un folleto informativo, una actividad lúdica y un taller con la comunidad estudiantil. Se generó una cartilla comunicando la experiencia.

Al culminar la estrategia se procedió a la aplicación del pos test. Se siguieron los parámetros definidos para la aplicación de instrumentos y se aplicó el mismo día para los dos grupos. El alfa de Cronbach para los datos obtenidos en el pos prueba fue de 0,719. El grupo experimental presentó un promedio aritmético de tres punto ocho sobre cinco, en las notas del pos test. Por su parte el grupo control obtuvo un promedio aritmético de dos punto cero sobre cinco.

Las notas obtenidas por los grupos en el pre y pos test se relacionan en la Tabla 4. En ella se observó que, para el post Test las notas tuvieron una variación considerable entre los grupos. El grupo experimental obtuvo un promedio aritmético de tres punto ocho y el grupo control tuvo un promedio aritmético de dos punto cero. La diferencia entre los grupos fue mayor a un punto.

Para correlacionar los datos se trabajó previamente la normalidad de los mismos. El grupo experimental presentó estadístico en la prueba de Kolmogorov-Smirnov de 0,222 y el grupo de control 0,308 respectivamente. Estos valores permitieron indicar normalidad para un nivel de significación inferior a 0,034 y 0,001. La distribución fue normal dado que los datos fueron mayores de 0,05 para todos los casos. (17).

Se realizó el análisis correlacional y de medias para establecer el impacto de la estrategia en el grupo. En el primero se obtuvo valores superiores a 0,5. Esto indicó una correlación positiva intensa entre las variables. Cuando se analizó la media, el grupo experimental representado por el número uno, presentó una valoración mayor a la del grupo control. Los resultados se muestran en las Tablas 5 y 6 respectivamente.

Dado que el valor medio de las notas obtenido por el grupo experimental fue significativamente mayor que el valor obtenido por el grupo control ($p < 0,01$), se pudo afirmar que la estrategia tuvo un impacto positivo en el rendimiento académico.

Tabla 4

Nota pre y pos prueba grupo experimental y control

ID		337	771	912	553	365	957	897	114	115	165	964	293	757	134	512	748
IN		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NOTA	PRE	3,6	3,6	2,1	0,0	2,1	2,1	3,6	5,0	2,1	3,6	2,9	2,9	2,1	2,9	2,1	0,0
PRUEBA	POS	3,6	4,3	2,9	3,6	3,6	2,9	3,6	3,6	4,3	5,0	3,6	4,3	4,3	4,3	4,3	2,9

ID		920	9219	377	219	120	60	445	89	103	224	940	659	99	964
IN		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NOTA	PRE	3,6	2,1	1,4	2,1	3,6	2,1	2,1	4,3	2,1	2,1	5,0	2,1	0,0	4,3
PRUEBA	POS	0,0	2,1	0,0	2,9	2,1	2,1	2,1	2,1	3,6	2,1	4,3	2,9	0,0	2,1

Fuente: Autores

Tabla 5

Resultados análisis correlacional.

		Correlaciones	
		Pos prueba	Inter
Pos prueba	Correlación de Pearson	1	,685**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	30	30
Inter	Correlación de Pearson	,685**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	30	30

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: IBM SPSS Statistics 21

Tabla 6

Resultados de las Medias para los grupos.

		Estadísticos de grupo				
		si 1 / no 0	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
posprueba	1	16	3,8188	,61125	,15281	
	0	14	2,0286	1,28687	,34393	

Fuente: IBM SPSS Statistics 21.

4. Conclusiones

El estilo dominante de aprendizaje según el inventario de estilos de aprendizaje (ILS) se encontró en la tendencia equilibrado perfil neutral.

La estrategia diseñada entorno al estilo dominante de aprendizaje tuvo un impacto positivo en el rendimiento académico del grupo abordado. Por tanto se recomienda caracterizar a los estudiantes del programa.

En futuras investigaciones se recomienda analizar el comportamiento de los estudiantes frente al docente del área.

La construcción de una herramienta que mida el desempeño docente en educación superior es importante. En Colombia, al momento de concluir esta investigación no se registró un instrumento definido para tal fin.

Referencias

[1] Bertel, P., Torres, P. y Díaz-Granados, F., Estilos y estrategias de aprendizaje en estudiantes de fonología. México, 2010.

[2] Gonzales-Clavero, M.V., Estilos de aprendizaje: Su influencia para aprender a aprender, 2011.

[3] Khadija, Z. and Trali, G., Learning styles-understanding for learning strategies. 2015.

[4] Durán-Aponte, E. y Pujol, L., Estilo de aprendizaje, gestión del tiempo y rendimiento académico en estudiantes universitarios. 2012.

[5] Estilos de Aprendizaje y prácticas de enseñanza en la universidad. Un binomio que sustenta la calidad educativa. Ventura, Ana. México: s.n.,

Vol. 33. 2011.

[6] Ministerio de Educación Nacional de la Republica de Colombia. Guía de Implementación del Modelo de Gestión de Permanencia y Graduación Estudiantil en Instituciones de Educación Superior. Bogotá - Colombia: Imprenta Nacional De Colombia, 2015.

[7] Barriga, Frida y Hernández, Gerardo. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. México: Mac Graw Hill, pág. 180. 2010.

[8] Corchuelo, Miguel. Savia. Un Giro en la Educación en Ingeniería. Popayán: Universidad del Cauca, 2007.

[9] Hernández, A. y Cardona, A., Estilos y estrategias de aprendizaje en el rendimiento académico de los alumnos del área de inglés de la licenciatura en lenguas modernas de la universidad de la salle. Bogotá: s.n., 2008.

[10] El Rendimiento Académico, concepto, investigación y desarrollo. Edel-Navarro, R. s.l.: REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, 2003.

[11] ¿Por qué conceptos? ¿Por qué aprendizaje significativo? ¿Por qué actividades colaborativas? ¿Por qué mapas conceptuales? Moreira, Marco. S.l.: Currículum: Revista de Teoría, investigación y práctica educativa, 2010.

[12] Learning and Teaching Styles in Engineering Education. Felder, Richard y Silverman, Linda. Engineering Education, págs. 674-681. 1988.

[13] Felder, R. y Soloman, B., Richard Felder's Home Page. Learning Styles and Strategies. [En línea] [Citado el: 1 de 08 de 2016.] www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSdir/Styles.htm.

[14] Barriga, F. y Hernández, G., Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo. México: Mac Graw Hill, 2010.

[15] Organización Internacional de Estandarización. ISO 9000:2015 Sistemas de Gestión de Calidad Fundamentos y Vocabulario. Ginebra: s.n., 2015.

[16] Celina, O y Campo – Arias, A. Revista Colombiana de psiquiatría. Págs. 572-580. 2005.

[17] García Bellido, R, Gonzáles Such, J y Jornet Meliá, J. InnovaMide. Pruebas no Paramétricas. [En línea] 2010. https://www.google.com.co/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0802A.pdf&ved=0ahUKEwjTmcSxotbQAhWGLyYKHbEWBnYQFghKMAw&usq=AFQjCNHn.

Y.M. Reyes-Quintero, recibió el título de Ing. de Producción en el año 2010 por parte del Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia. MSc. en Sistemas Integrados de Gestión- HSEQ, de la Universidad Camilo José Cela, Madrid, España, para el año 2014. MSc. en Educación de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia para el año 2017. Certificada como auditora interna para las normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001 por Bureau Veritas. Laboró desde el 2010 al 2012, como Auxiliar HSE para el proyecto Ecodiesel en la planta de Biodiesel de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, Barrancabermeja, Colombia. Ingresó como docente al Instituto Universitario de la Paz en el año 2013. Durante el año 2015 ocupó el cargo de asistente de vicerrectoría y actualmente continua laborando para la escuela de Ingeniería de Producción como delegada del proceso de acreditación y gestión de calidad. ORCID: 0000-0003-3843-7753

V. Robles-Marín, obtuvo el título de Economista e Ing. Industrial de la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, en los años 2003 y 2011 respectivamente. Esp. en Educación Matemática para el año 2012 con la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Con la Universidad EAFIT obtuvo el título de Esp. en Mantenimiento Industrial para el año 2016. Medellín, Colombia. Ingreso al Instituto Universitario de la Paz

como docente para el año 2011 en donde actualmente ejerce.
 ORCID: 0000-0002-0335-7932

Anexos

Estrategias de Enseñanza –Aprendizaje basadas en los Modelos de Felder & Soloman y Barriga & Hernández.

D	ESTILO	MODELO DE FELDER	ACTIVIDADES PROPUESTAS POR FELDER	ESTRATEGIAS
D1 Dimensión de Procesamiento.	ACTIVOS	Tienen tendencia a retener y entender mejor la información si realizan alguna actividad con ella. "Let's try it out and see how it works"	Discusión, Explicar a otros compañeros, Trabajar en grupos, Resolución de Problemas	Exposiciones, ABP (aprendizaje basado en problemas), ABAC (Aprendizaje basado en el análisis y discusión de casos), AMP (Aprendizaje basado en Proyectos), Juego de Roles, Lluvias de Ideas
	REFLEXIVOS	Prefieren pensar acerca de la información primero "Let's think it through first"	Análisis de Lecturas, Escribir cortos resúmenes, notas de clases con tus propias palabras	Analogías, Establecimiento de relaciones conceptuales, Juego de Roles.
D2 Dimensión de Percepción	SENSORIALES	Prefieren hechos de aprendizaje, les gusta resolver problemas con métodos bien establecidos, son más prácticos y cuidadosos	Conectar la información con la realidad, Los conceptos aplicados a la práctica, Lluvias de ideas.	Exposiciones, ABP (aprendizaje basado en problemas), ABAC (Aprendizaje basado en el análisis y discusión de casos), AMP (Aprendizaje basado en Proyectos), Juego de Roles, Lluvias de Ideas
	INTUITIVOS	A menudo prefieren descubrir posibilidades y relacionarlas, les gusta la innovación.	Lecturas	Juego de Roles, Lluvias de Ideas, Análisis de Textos
D3 Dimensión de Recepción	VISUALES	Recuerdan mejor lo que ellos ven, pinturas, diagramas, diagramas de flujos, líneas de tiempo, films y demostraciones.	Diagramas, fotografías, diagramas de flujos, bocetos, esquemas y otras representaciones visuales del material del curso.	Organizadores Gráficos en general, Videos, Diapositivas, Salidas de Campo

D4 Dimensión de Progreso	VERBALES	Obtienen más de las palabras escritas y explicaciones habladas	Escribir resúmenes, Realizar anotaciones con sus propias palabras del material de curso, trabajo en grupo	Videos, ABAC, Lluvias de Ideas, Juego de Roles, Analogías, Exposiciones
	SECUENCIALES	Entienden mejor paso a paso, siguiendo cada uno con la secuencia lógica del anterior.	interpreta y halla la secuencia lógica de la lectura o el material de clase	Diagramas en general, Videos, Diapositivas, Análisis de Textos
	GLOBALES	Tienden absorber el material casi al azar, pueden ser capaces de resolver problemas complejos o poner las cosas de forma novedosa una vez comprendido el todo, pero pueden tener dificultades explicando como hicieron esto.	Genere una imagen o cuadro global de tema antes de conocer los detalles, y trate de relacionarlo con temas que ya conoce.	Organizadores Gráficos en general, Diagramas, Arboles de problemas,

Fuente: Autores.

Una experiencia en el uso de metaversos para la enseñanza de la física mecánica en estudiantes de ingeniería

Jorge Augusto Jaramillo-Mujica ^a, Leonel Felipe Morales-Avella ^a & Diana Marcela Coy-Mondragón ^b

^a Ingeniería en Multimedia de la Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. jorge.jaramillo@unimilitar.edu.co, u1201081@unimilitar.edu.co

^b Departamento de Física de la Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. diana.coy@unimilitar.edu.co

Recibido para revisar Marzo 2 de 2017, aceptado Mayo 9 de 2017, versión final Mayo 24 de 2017

Resumen— Una de las tendencias en la aplicación de tecnologías emergentes en educación, son los mundos virtuales que llevados a contextos en Internet están prometiéndole interesantes avances, de manera que se ha propuesto la idea de diseñar e implementar un entorno inmersivo 3D o metaverso, para incentivar el aprendizaje en Física Mecánica de estudiantes de ingeniería. Los resultados estadísticos en la pérdida de asignaturas en el área de las Ciencias Básicas en la Universidad Militar Nueva Granada, han oscilado entre el 40% y el 60%, encendiendo las alarmas en los directivos de la Universidad. En este trabajo se describen las fases de desarrollo, conceptualización e implementación de los escenarios en la plataforma OpenSim, articulados desde un aula virtual en Moodle, presentando al final los resultados luego de haberse desarrollado un piloto a dos grupos de estudiantes de segundo semestre de la Facultad de Ingeniería, quienes estuvieron interactuando y participando de las actividades propuestas.

Palabras Clave — Metaverso, escenarios 3D, física mecánica, OpenSim.

An experience using metaverses for teaching mechanical physics to engineering students

Abstract— One of the trends in the application of emerging technologies in education are virtual worlds, that brought to the internet are promising interesting advances, so the idea of designing and implementing an immersive 3D environment or metaverse has been proposed to encourage learning in Physics Mechanics of engineering students. The statistical results in subject's failure in the Basic Sciences area at the Universidad Militar Nueva Granada, have fluctuated from 40% to 60%, igniting the alarms in the University executives. This paper describes the stages of development, conceptualization and implementation of the scenarios in the OpenSim platform, articulated from a virtual classroom in Moodle, the results presented at the end were obtained by a test applied over two groups of students; they were taking their first year of engineering degree and participated in the proposed activities.

Keywords— Opensim, Virtual Environments, metaverse, physics.

1. Introducción

En el proceso de formación de Ingenieros, las áreas de las ciencias básicas conforman un pilar fundamental, ya que permiten el desarrollo de habilidades y competencias disciplinares a través de la observación, inferencia, comprobación, comparación, afianzamiento, entre otras y así lograr el acceso al conocimiento [1]. Lo anterior ha motivado a las instituciones educativas y sus docentes, la puesta en escena de diferentes metodologías de enseñanza y aprendizaje, las que se han visto afectadas de diversas maneras, a cuenta de los

avances en las tecnologías de la información al punto de la utilización de diversas herramientas digitales [2], tratándose de desarrollar aprendizajes más efectivos para encontrar cuál apoya mejor los procesos educativos y así aportando de manera significativa la base de conocimiento de los modelos pedagógicos más adecuados [3,4].

Una situación preocupante en la Universidad Militar Nueva Granada, ha sido que el área de ciencias básicas en las carreras profesionales para la formación de ingenieros, ha tenido altos porcentajes de pérdida, encontrándose entre el 40% y el 60%. En la Fig. 1, se presentan los datos estadísticos obtenidos del sistema de información académico "Open Reports", para el programa de ingeniería en multimedia, en donde se puede observar que la asignatura de Física Mecánica ha llegado a tener hasta el 70% de estudiantes que la han reprobado. Esta situación ha encendido las alarmas en los directivos de la universidad, quienes están intentando buscar las posibles causas de este bajo rendimiento. Se han estado tomando algunas medidas buscando mejorar la situación, como el diseño de actividades en el aula virtual y el aumento en docencia directa en algunas asignaturas.

En las reuniones de decanos se ha propuesto romper los mitos en el proceso de enseñanza, usando la motivación como estrategia educativa, utilizar objetos virtuales de aprendizaje y diseñar proyectos de investigación orientados a la construcción de materiales didácticos. Es por esta razón que el presente proyecto ha buscado abordar esta problemática y así aportar algunos de estos recursos en beneficio de los procesos educativos.

En el 2008, la Academia Nacional de Ingeniería (NAE) identificó la realidad virtual como uno de los 14 grandes desafíos para el siglo XXI, siendo una prioridad tecnológica digna de ser desarrollada [5]. A esto se le puede sumar la metodología de estudio "aprender haciendo" propuesta por Schank, quién la incorporó en un modelo para la enseñanza y el aprendizaje llamado GBS (Goal Based Scenarios) para afrontar los problemas relacionados con los entornos de aprendizaje tradicionales, y en donde los estudiantes persiguen una meta practicando las habilidades necesarias para lograrla [6]. Es así como el "aprender haciendo" aplicado en ambientes tecnológicos basados en mundos virtuales, permiten y facilitan su aplicación, especialmente en contextos del e-learning [7].

Como citar este artículo: Jaramillo-Mujica, J.A., Morales-Avella, L.F. and Coy-Mondragón, D.M., Una experiencia en el uso de metaversos para la enseñanza de la Física Mecánica en estudiantes de ingeniería. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 20-30, Julio, 2017.

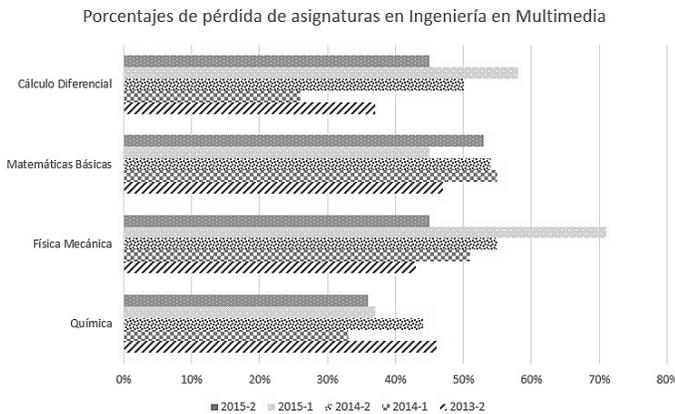


Figura 1. Asignaturas que más pierden los estudiantes del programa de Ingeniería en Multimedia de la Universidad Militar Nueva Granada.
Fuente: Los autores.

A través de estos mundos virtuales soportados en internet, conocidos también como metaversos, es posible recrear escenarios reales o imaginarios en un computador, en donde los usuarios pueden interactuar a través de personajes virtuales llamados “avatares”, dando la sensación de estar inmerso. Todo esto es posible gracias a la generación de imágenes en tiempo real, desplegadas en el área de visualización del usuario, en el mismo instante de interactuar y moverse en el escenario diseñado. Gilbert ha identificado cinco características esenciales que estos entornos deben tener [5]: Poseer una interfaz gráfica 3D con audio integrado, soportar la interacción de múltiples usuarios en forma remota, ser persistente manteniéndose funcional y operable constantemente aunque sus usuarios no estén conectados, ser inmersiva generando la sensación de realismo creando un sentido de presencia y por último, poder enfatizar en las actividades, objetivos y herramientas de creación de contenidos para personalizar en contexto y la experiencia. Castronova a parte de la interactividad y la persistencia, agrega otra característica relacionada con la corporeidad, donde los usuarios se representan por avatares con una altura, peso y características físicas en un espacio sometido a determinadas leyes físicas [8].

Con estos espacios se ha buscado proponer su aplicación a contextos educativos prácticamente desde su aparición, a partir de escenarios para aprendizajes alternativos a las tecnologías educativas [9,10]. Además, permiten crear cualquier tipo de contenido para e-learning, visitas virtuales, simulaciones o cualquier escenario que se pueda imaginar ya sea para reproducción local o distribuida [11].

Una de las plataformas que ha liderado el desarrollo de este tipo de escenarios ha sido SecondLife, creada en 2003 por Linden Lab®. A raíz de sus exigentes requerimientos en hardware y ancho de banda, implicó el abandono de muchos usuarios, razón por la cual decidió liberar el código fuente de su visor bajo licenciamiento GPL en el 2007. En este mismo año nace OpenSim como un servidor de aplicaciones 3D, gracias al trabajo de ingeniería de reversa por desarrolladores independientes. Con este lanzamiento, se pone a disposición de toda la comunidad académica del mundo, una alternativa de código abierto para el desarrollo de contenidos y actividades, sin tener que pagar por sus servicios. Esto ha ayudado a impulsar en las universidades, el desarrollo de innumerables

proyectos de investigación, facilitando todos los niveles de personalización deseados y permitiendo a los estudiantes a través de su interfaz tridimensional, encontrar espacios más entretenidos que aquellas plataformas de aprendizaje LMS (Learning Management Systems) [9,11,7].

Actualmente se pueden encontrar una gran variedad de entornos virtuales 3D, donde muchos de estos escenarios buscan acercar al estudiante hacia el conocimiento en formas lúdicas [3]. Es así como en diversos estudios relacionados con el uso de metaversos aplicados a educación, se han centrado en temas como la teoría del electromagnetismo, programación de algoritmos, arqueología, patrimonio cultural y ayuda humanitaria, entre otras, y han basado su estrategia de motivación que va más allá que aquellos materiales de estudio convencionales puestos a disposición en plataformas LMS. Pero, ¿Qué es lo que hace interesante y atractivo a estos escenarios virtuales, comparados con entornos 2D web? [12].

Las siguientes son algunas de las características que estas plataformas ofrecen para dar la sensación de inmersión. Cargadores de escenas 3D, que permiten leer desde archivos especiales, los escenarios tridimensionales o los componentes que la forman, como sonidos, personajes, imágenes, entre otras. Las diversas formas de navegación permiten al usuario moverse en un escenario a través de los avatares para poder interactuar con los entornos 3D, con acciones como caminar, volar, teletransportarse, editar terrenos, crear contenidos, manipular objetos virtuales, volar en forma libre y caminar [12]. Además, el manejo de colisiones hace más real el desplazamiento del avatar en el universo creado. La animación de los objetos virtuales integrados, permiten dar vida y mayor realismo a las propuestas, y al poder integrar sonido espacial, aumenta considerablemente esta sensación. Con las simulaciones físicas, se aumenta considerablemente el realismo de la interacción, logrando efectos de gravedad y fricción. También la posibilidad de integración de algoritmos desde la inteligencia artificial, permite aumentar las posibilidades de construir contextos simulados con múltiples aplicaciones [10].

Todas estas características mencionadas, han motivado en este proyecto diseñar e implementar un conjunto de escenarios inmersivos con diferentes actividades centradas en los temas del currículo de Física Mecánica, con el fin de observar y documentar el comportamiento y reacciones de los estudiantes de Ingeniería al utilizar esta tecnología y así lograr identificar la utilidad pedagógica en la aplicación de este tipo de tecnologías a procesos de enseñanza.

Algunas de las características de interacción diseñadas se han centrado en la propuesta de varios escenarios interconectados a través de caminos, simulando la estructura de un mapa conceptual de la asignatura de Física Mecánica. El concepto de exploración y acceso a las actividades, está soportado bajo algunas mecánicas de juego básicas, para promover el logro de los retos, avance de niveles y adquisición de puntajes requeridos para la exploración.

2. Estado del arte

La aplicación del concepto de los metaversos en el ámbito educativo, ha generado el desarrollo de diversos proyectos tanto a nivel nacional como internacional. Por ejemplo, eXtension® es una red educativa para el Sistema de extensión cooperativa

de *Land Grant Universities* en los Estados Unidos [13].

El campus de la Universidad de Rutgers posee 34 regiones, que incluye un área principal de bienvenida, tiendas, espacios de exhibición de arte y muchas reproducciones de las edificaciones del campus universitario. Incluso ofrecen una administración del mundo virtual para crear los propios entornos virtuales para enseñar, explorar, y agregar cualquier cosa al curso [14].

El campus virtual de la Universidad de Tulane es usado en cursos libres de economía con juegos de libre comercio y desafíos de monopolio y otras simulaciones y juegos de rol para clases de economía [15].

El Centro de Simulaciones y Ambientes Virtuales de la Universidad de Cincinnati desarrolla aplicaciones de tecnología de inmersión para la investigación, colaboración científica y educación superior. Ayudan en la investigación a resolver problemas del mundo real en espacios virtuales seguros, alentando a los profesores y administradores a re-imaginar la experiencia universitaria con la realidad virtual y aumentada, y además se asocian con la industria para desarrollar visualizaciones de datos de forma innovadora, simulaciones de entrenamiento y experiencias de usuario [16].

La Universidad de Nueva Inglaterra está implementando un mundo virtual basado en OpenSim para estudiantes de farmacia y trabajo social, con el proyecto SPICE, para la contextualización de la experiencia de la interacción en el trabajo social en Farmacia [17].

A nivel nacional, la institución universitaria CESMAG de la ciudad de Pasto, desarrolló un entorno virtual 3D para apoyar procesos de aprendizaje en el curso de “Teoría general de sistemas” del programa de Ingeniería de Sistemas, en donde buscaron identificar los impactos y evidenciaron resultados significativos en cuanto a la apropiación de conocimientos por parte de los estudiantes [3].

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el grupo de investigación GICOGE implementó un metaverso denominado “SUA”, buscando apoyar procesos de aprendizaje en las asignaturas de programación básica y programación orientada a objetos de la Facultad de Ingeniería, logrando identificar resultados de participación notablemente mayores en un curso con respecto a otro con condiciones diferentes [18].

Otro caso ha sido el proyecto de la corporación Uniminuto de Bogotá quienes realizaron un prototipo de campus virtual, denominado Innova-T3D en donde crearon actividades para el aprendizaje de la unidad temática de Netiqueta, correspondiente al curso de Gestión Básica de la Información. Se observó que los niveles de participación y motivación en el grupo experimental fueron más altos que en un grupo de control [19].

3. Metodología de investigación

La puesta en marcha del presente proyecto, implicó el planteamiento de dos fases en la metodología de investigación. Se determinó en la primera, la realización de un análisis con carácter exploratorio, con el cual se buscó aumentar el nivel de familiarización con fenómenos relativamente desconocidos, analizando el comportamiento y reacciones de los estudiantes ante la aplicación de una tecnología relativamente nueva, por el uso de metaversos a procesos educativos en la Universidad Militar Nueva

Granada y con un enfoque gamificado. La gamificación o ludificación es un término que describe la aplicación de dinámicas del juego a cosas que en principio no lo son [20], como la obtención de puntos, medallas, insignias, pasar niveles, cumplir retos, entre otros. En una segunda fase, se ha planteado un trabajo relacional o explicativo, buscando analizar las variables de los niveles de motivación en los aprendizajes de los temas de la materia en cuestión y el porcentaje de pérdida de Física Mecánica.

El desarrollo de la prueba piloto fue aplicado a dos grupos de 30 estudiantes de segundo semestre de la Facultad de Ingeniería. Además, con el interés de obtener resultados en el estudio con la participación de los estudiantes y que hubiese un nivel inicial de motivación, se acordó que el trabajo realizado por ellos, tuviera una participación de un 20% en la nota formal de la asignatura.

4. Metodología para la construcción del metaverso

El diseño y puesta en marcha del mundo virtual, ha implicado la estructuración de una serie de fases, las cuales se mencionan a continuación.

4.1. Fase 0: Condiciones iniciales

Las condiciones iniciales para el modelo virtual del metaverso, han permitido mantener una idea clara de lo que se buscaba con el proyecto, y orientaron los lineamientos de diseño instruccional y el proceso de modelamiento de los diversos escenarios. Las siguientes condiciones fueron las que se tuvieron en cuenta:

- No pretender replicar los laboratorios físicos de la universidad.
- No ser un repositorio de extensos documentos o lecturas.
- No utilizar las mismas herramientas que se puedan articular en una plataforma LMS, como talleres, foros, encuestas, entre otras.
- Plantear un modelo virtual atractivo y moderno que despierte interés en los estudiantes, buscando un ingreso frecuente.
- Aplicar el mapa conceptual de la asignatura como una estructura de navegación.

Tomando como base lo anterior, se propuso realizar un modelo de laboratorios semejante a una red de conceptos, en la cual el estudiante pudiese viajar al interior de los mismos a partir de lineamientos gamificados, como la recolección de puntos para abrir compuertas y tener acceso a los diversos escenarios. El primero de ellos, fue el de ayuda o tutorial en el cual los estudiantes debían conocer las acciones y comandos desde el teclado y el ratón que pueden aplicar para navegar más eficientemente [12].

4.2. Fase 1: Identificación de los temas de estudio

La primera fase del proyecto implicó el desarrollo de un mapa conceptual de la asignatura, en donde se identificaron los temas principales de la materia y la relación entre ellos como se muestra en la Fig. 2. Se identificaron 8 escenarios en: “metrología”, “vectores”, “cinemática”, “movimiento relativo”, “dinámica”, “trabajo y energía”, “momento lineal y colisiones” y finalmente “centro de masa”.

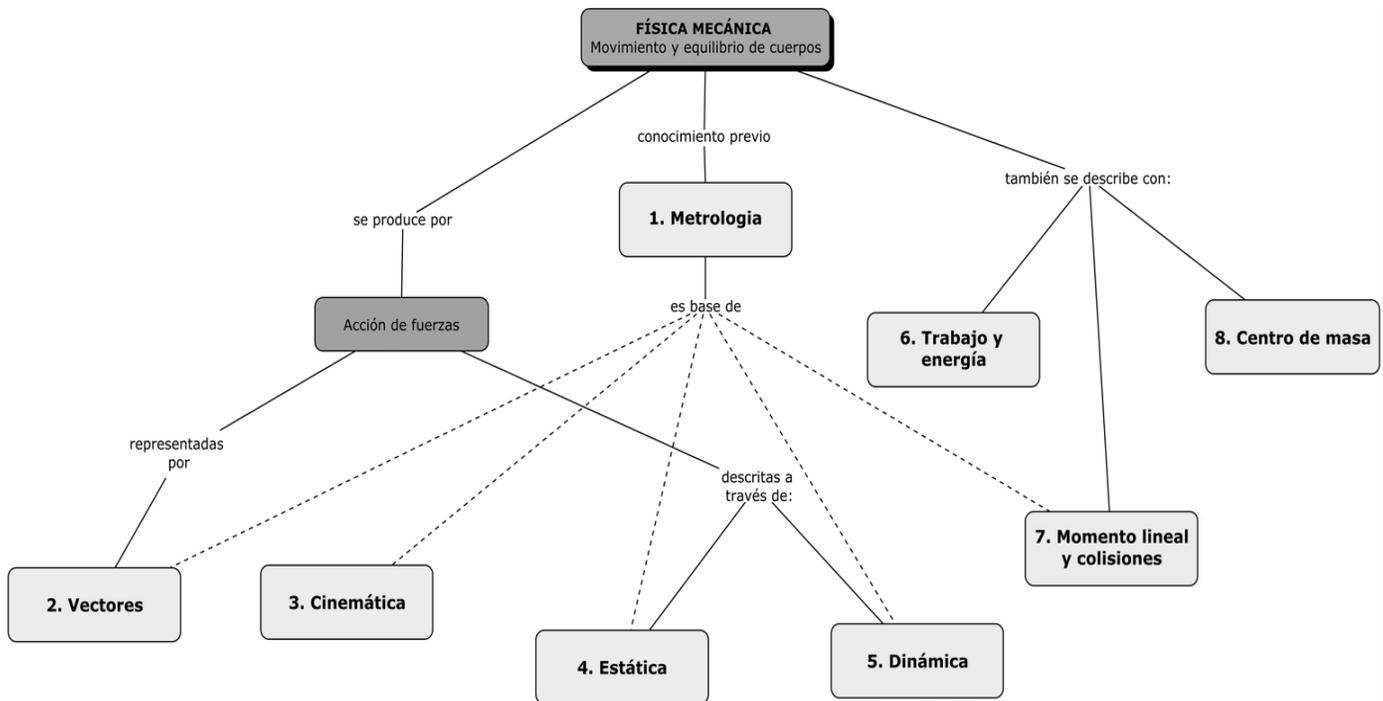


Figura 2. Mapa de conceptos de la asignatura.
Fuente: Los autores.

Tabla 1
Principales temas de la asignatura.

Corte evaluativo	Unidad	Temas a estudiar
Primer nivel	1	Metrología
	2	Vectores
	3	Cinemática
Segundo nivel	4	Movimiento Relativo
	5	Dinámica
Tercer nivel	6	Trabajo y Energía
	7	Momento Lineal y Colisiones
	8	Centro de masa

Fuente: Los autores.

En la Tabla 1, se observa la distribución de los temas organizados en 3 niveles de acuerdo a los cortes evaluativos establecidos por la universidad.

4.3. Fase 2: Diseño de las actividades y gamificación

En esta fase se buscó identificar un concepto de la realidad asociado a cada tema, para poderlo abstraer y así modelar una propuesta gráficamente viable, buscando que el diseño de las actividades para cada uno de los temas, reforzaran la comprensión en la solución de problemas de Física Mecánica y poner en práctica la aplicación de los conceptos esenciales de la materia.

Antes de iniciar con la construcción y programación del metaverso, se realizó el diseño instruccional de lo que cada entorno debería contener, a partir de un formato de guion en el cuál se identificó el tipo de escenario, los medios de apoyo en imágenes, audio, video, ejercicios de aplicación, restricciones de acceso y componentes de gamificación, como las condiciones de obtención de insignias que recompensa la

finalización de todas las actividades del metaverso, las cuales representan puntos extras, reflejados en la nota obtenida y en la tabla de posiciones del aula virtual.

Se caracterizaron entonces cada uno de los escenarios a utilizar, presentando a continuación, una breve descripción de cada uno de ellos.

Metrología: Se propuso un laboratorio con un ambiente futurista, en el cual el estudiante pudiese interactuar con diferentes objetos distribuidos en el escenario, los cuales presentan conceptos fundamentales necesarios para comprender la ciencia de la medición.

Vectores: Se propuso un laberinto que permitiera evidenciar una de las tantas aplicaciones vectoriales en la vida cotidiana. Allí el estudiante debía recorrerlo para poder llegar al siguiente nivel, y para evitar perderse en el recorrido, debía resolver una serie de preguntas que lo ubicaban espacialmente y así llegar a la salida en la ruta más corta.

Cinemática: En un escenario desértico de una pista de carreras de camionetas, el estudiante debía aplicar el conocimiento en las clases de movimientos para poder atravesar toda la pista superando diversos obstáculos. En las rectas, subidas y bajadas, los estudiantes debían asociar la aplicación de movimientos rectilíneos y para llegar a la meta, en un último tramo donde no había carretera, se tenía que aplicar conceptos de movimiento parabólico.

Movimiento relativo: Para este escenario se propuso una galería de imágenes, donde cada una representaba un concepto relacionado con el tema. Allí el estudiante debía asociar cada imagen con su respectiva definición, buscando reforzar el aprendizaje basado en la observación e identificación de imágenes para entender cada mensaje transmitido, debido a que

los estudiantes tienden a ser más audiovisuales.

Dinámica: Se desarrolla aquí una pista de obstáculos en un parque con superficies lisas y de rozamiento, en donde se debe arrastrar un baúl de 40 kg. Para lograr llegar a la meta, hay que conocer y comprender las leyes de Newton, puesto que, para trasladar la caja, se tenían que aplicar fuerzas diferentes y así tener que interpretar los tipos de fuerzas que actúan en un sistema.

Trabajo y energía: El escenario pensado para este tema se relaciona con una montaña rusa, ya que su funcionamiento se basa en el principio de la conservación de la energía. Aquí el estudiante se ubica al interior de una esfera y para llegar al final del trayecto, debe recorrer la montaña aplicando los conocimientos de las clases de energía mecánica, el principio de conservación de energía y el teorema de trabajo y energía. La montaña rusa está inmersa en el espacio, buscando generar una sensación de adrenalina, evitando ser lanzado hacia la nada.

Colisiones: Se propuso aquí un escenario simulando una biblioteca estilo café literario con cuentos didácticos de física, buscando fomentar la lectura divulgativa en Mecánica. Al terminar de leer el cuento escogido, los estudiantes deben

completar una frase que hace parte de la lectura y así activar el indicador de respuesta correcta. Además, se proyecta un video de una clase que explica con ejemplos el tema, para lograr una mejor comprensión y mostrar a los estudiantes que hay otras formas para su aprendizaje.

Centro de masa: Por último, se desarrolló en un espacio con compuertas, en donde aparecen sistemas homogéneos y no homogéneos a los cuales se les debe calcular el centro de masa. Al acertar la respuesta, se abrirá una compuerta en el sistema y el estudiante podrá atravesarlo volando. Se planteó este escenario con el objetivo de que los estudiantes no solo aprendan a calcular el centro de masa, sino que además perciban gráficamente el lugar donde se supone debe estar concentrada toda la masa en los sistemas y cómo es su velocidad dependiendo de los cuerpos implícitos en éstos.

El resultado de esta fase se observa en el diagrama de la Fig. 3, en donde se presenta el flujo de acceso a cada uno de los escenarios con las respectivas características de cada entorno, el objetivo y la recompensa obtenida.

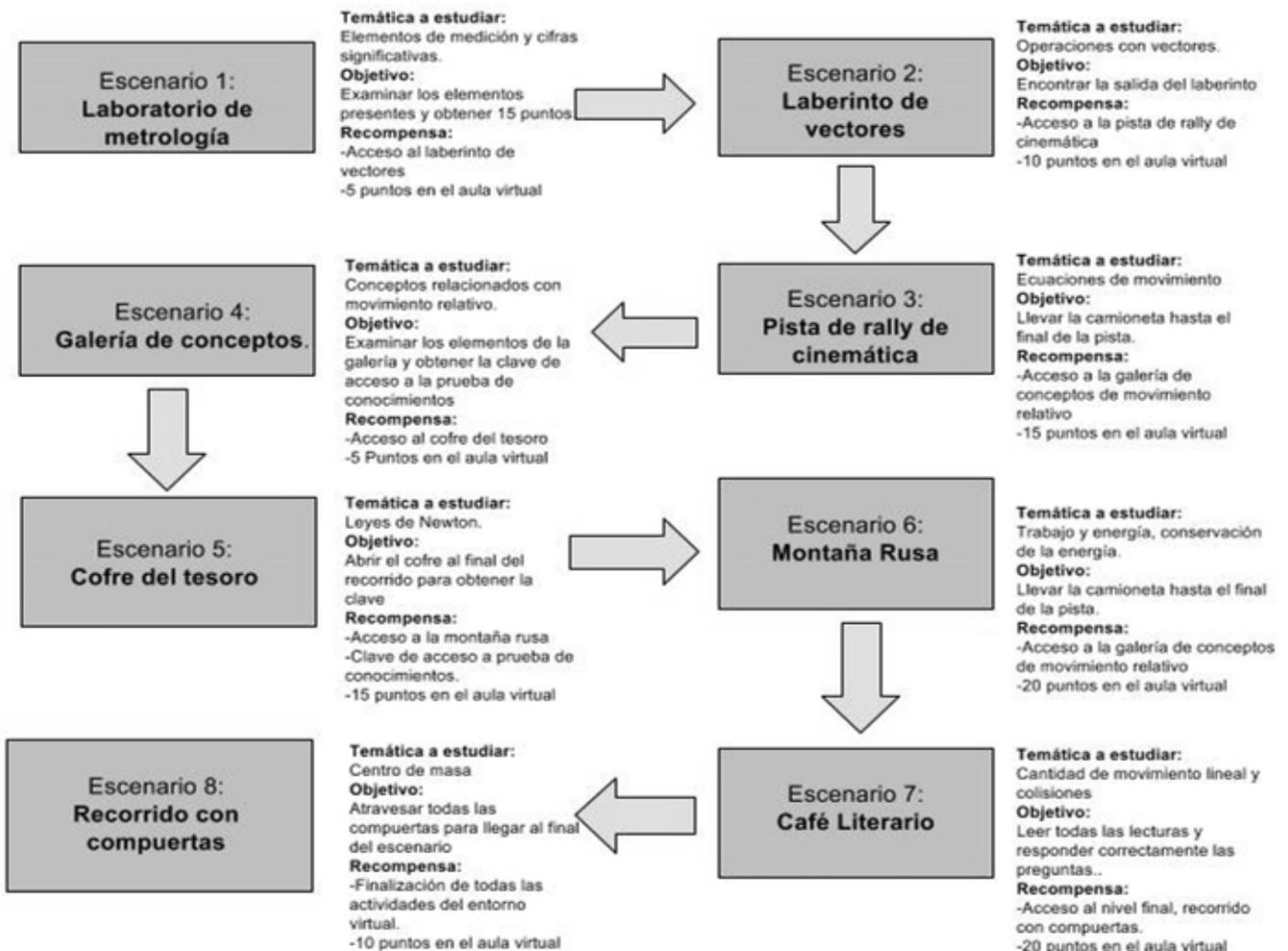


Figura 3. Conceptos para escenarios del metaverso.
Fuente: Los autores.

4.4. Fase 3: Instalación y alojamiento en servidor

En esta fase se realiza la instalación de la plataforma virtual OpenSim en un servidor dispuesto por la universidad, con las características técnicas particulares apropiadas para su almacenamiento y ejecución. La versión utilizada fue “diva distro”, debido a que ésta ofrece un módulo para el registro de cuentas en línea, además que su configuración es rápida e intuitiva.

Las características técnicas del servidor utilizado se muestran en la Tabla 2, junto con algunos datos de rendimiento con el aplicativo.

En la Fig. 4 se puede observar que los valores correspondientes a los cuadros por segundo en el metaverso (SimFPS) y en las físicas aplicadas (PhyFPS) son buenos, considerando que los valores de 30 y 60 FPS son los más utilizados en el renderizado de videojuegos y aplicaciones 3D, siendo 60 FPS el valor que mayor fluidez presenta en pantalla [21,22].

4.5. Fase 4: Proceso de modelado y texturizado

Se procede a generar un terreno plano virtual en donde se ubicarían los diferentes escenarios, creando una “región virtual” de 1000x1000 metros. Luego se crearon progresivamente cada una de las islas que se ajustaban al modelo gráfico del mapa conceptual de la asignatura.

En cada isla se construyó el escenario propuesto, teniendo que colocar los objetos tridimensionales requeridos, los cuales fueron creados con un bajo nivel de polígonos mostrado en la Fig. 5, con el fin de proporcionar un funcionamiento óptimo una vez fueran cargados al servidor. Los objetos que requirieron un mayor nivel de detalle, se construyeron en Blender, software de modelado y animación, mientras que aquellos objetos que presentaran un bajo nivel de estructura y detalle, fueron diseñados directamente en las herramientas de modelado que ofrece el visor “Firestorm”.

Tabla 2
Características del servidor.

Tipo de servidor	Físico
Sistema Operativo	Linux Ubuntu
Memoria RAM	4 Gb
Disco Duro	50 Gb
Procesador	8 Núcleos
Servicios	Apache
	MySQL
	Php
IP	Pública

Fuente: Los autores.

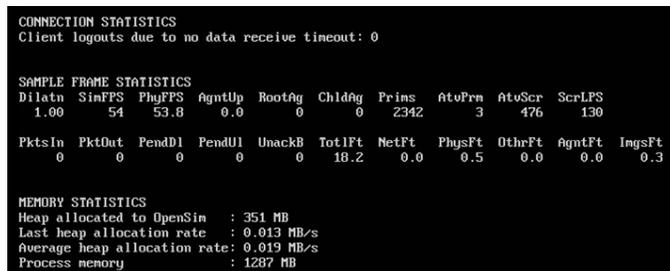


Figura 4. Estadísticas de ejecución del metaverso en el servidor.

Fuente: Los autores.

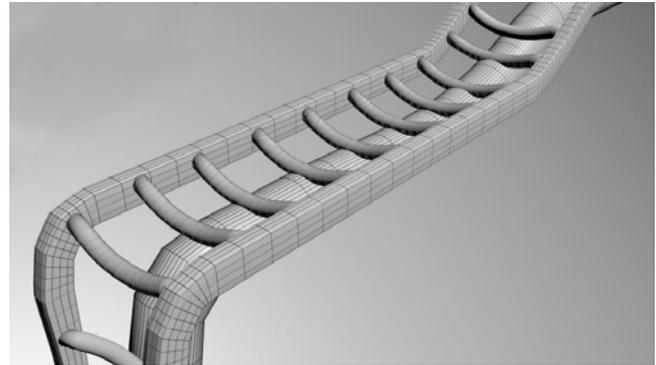


Figura 5. Visualización de polígonos de un modelo presente en el entorno.
Fuente: Los autores.

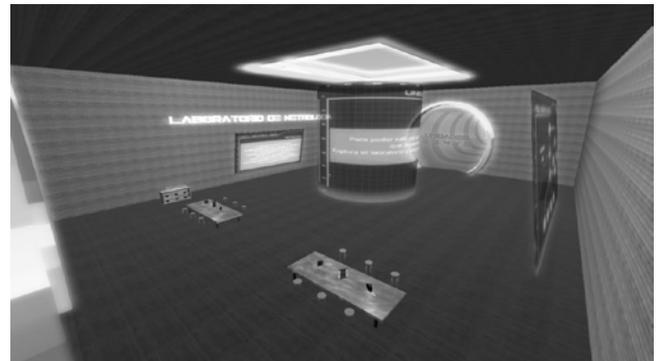


Figura 6. Escenario del metaverso para Metrología.
Fuente: Los autores.

Para el proceso de texturizado en la mayoría de los objetos poligonales, se utilizaron los componentes que ofrece la plataforma opensim, buscando que el renderizado en tiempo real, fuese el menos denso posible, pero para aquellos objetos con información puntual como los carteles de instrucciones, se diseñaron por medio de la herramienta de creación de gráficos vectoriales Inkscape.

En las siguientes imágenes, se muestran cada uno de los escenarios modelados, comenzando por el de metrología en la Fig.6.

El escenario construido para el tema de vectores se muestra en la Fig. 7.

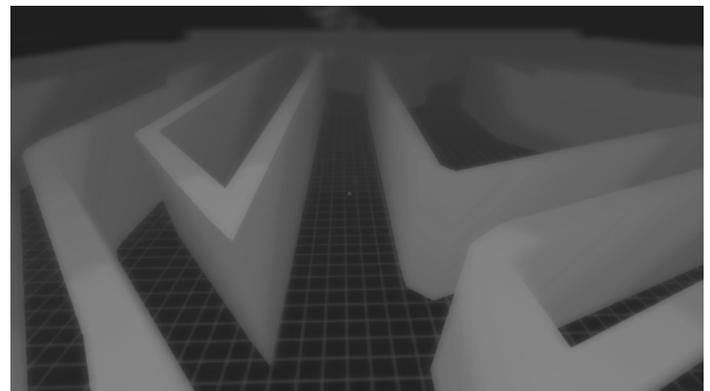


Figura 7. Escenario del metaverso para Vectores.

Fuente: Los autores.



Figura 8. Escenario del metaverso para Cinemática.
Fuente: Los autores.

entre los usuarios y elementos en el entorno. Se tuvieron en cuenta las buenas prácticas de programación en este lenguaje, tales como la elaboración de códigos con pocas instrucciones específicas en lugar de scripts muy largos con gran cantidad de instrucciones, debido que a nivel general resultan más estables y efectivos.

Como el lenguaje LSL no permite la programación orientada a objetos (POO), se optó por un enfoque basado en funciones y máquinas de estado en la elaboración del código. Además, se tuvo en cuenta una característica muy importante que ofrece este lenguaje, que consiste en la comunicación entre scripts. Elementos como las camionetas, baúles, inclusive los “roller-ball” de la montaña rusa hacen uso de esta característica.



Figura 9. Escenario del metaverso para Movimiento Relativo.
Fuente: Los autores.

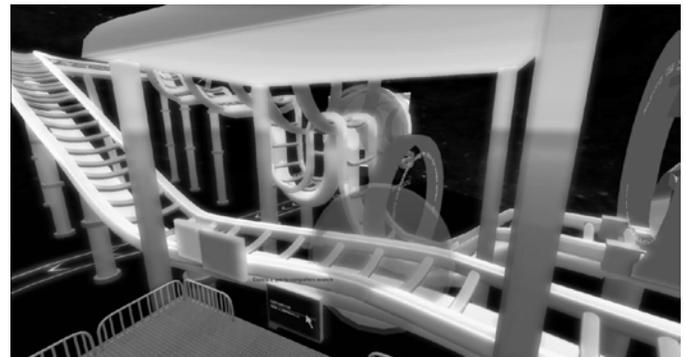


Figura 11. Escenario del metaverso para Trabajo y Energía.
Fuente: Los autores.

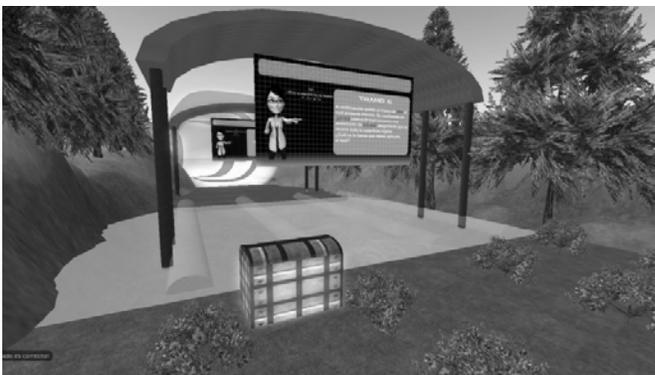


Figura 10. Escenario del metaverso para Dinámica.
Fuente: Los autores.

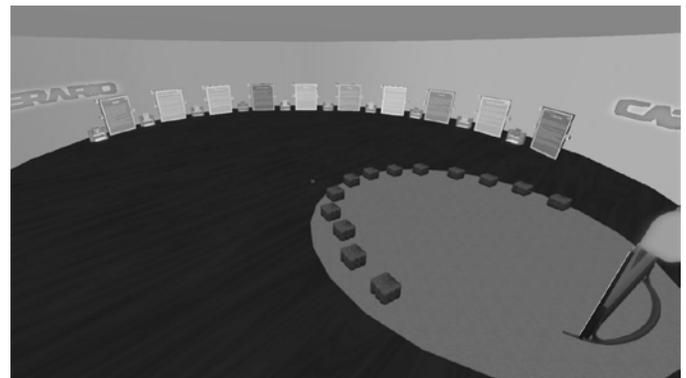


Figura 12. Escenario del metaverso para Colisiones.
Fuente: Los autores.

El modelo del escenario de cinemática se presenta en la Fig. 8. El escenario para movimiento relativo se muestra en la Fig. 9. Escenario para dinámica se muestra en la Fig. 10. En la Fig. 11 se presenta el escenario para el tema de trabajo y energía. En la Fig. 12 presenta el escenario para el tema de colisiones. Escenario para el centro de masa se presenta en la Fig. 13.

4.6. Desarrollo de scripts en lenguaje LSL

Los *scripts* (pequeños fragmentos de código en lenguaje de programación LSL - Linden Scripting Language asociados a los objetos presentes en el entorno), permitieron la interacción

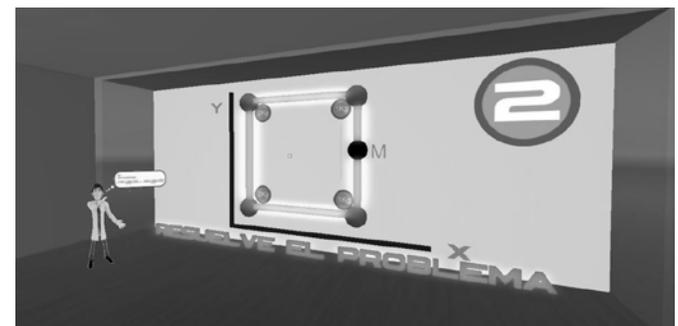


Figura 13. Escenario del metaverso para Centro de Masa.
Fuente: Los autores.

5. Resultados y discusión

De manera complementaria al proyecto, se dispuso un aula virtual en Moodle para que los estudiantes mostraran las evidencias del desarrollo de las actividades propuestas en el metaverso, a través de una captura de pantalla en determinados puntos claves del escenario.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos. En la Fig. 14 se evidencia el número de estudiantes que terminaron las actividades correspondientes en cada escenario. Como se observa, para el primer nivel, fue relativamente bajo, sin embargo, se incrementó notablemente el índice de finalización en los escenarios 4 y 5, correspondientes a la galería de conceptos y el cofre del tesoro.

Con el objetivo de incrementar el acceso y finalización de las actividades del entorno 3D, se acordó con el docente de la asignatura, que algunas preguntas planteadas en el aula virtual, serían tenidas en cuenta en el examen parcial del segundo corte evaluativo. Se propuso la idea de incluir contraseñas de acceso a las pruebas de conocimiento en el aula virtual, las cuales debían ser obtenidas al finalizar los retos planteados. Como consecuencia, se puede evidenciar que el número de estudiantes que finalizaron las actividades en el metaverso, se incrementó en un 30% aproximadamente.

Para el tercer corte se mantuvo el acuerdo planteado con el docente, sin embargo, no se generó una conexión directa entre el entorno 3D y el aula virtual por medio de contraseñas; lo cual afectó la culminación de las actividades, observando que en el escenario 6 el número de estudiantes que finalizó esta actividad fue similar a los registrados en el primer nivel.

Ya en el escenario 7 se presentó un incremento debido a las características propias de la actividad, permitiendo inferir que los estudiantes prefieren desarrollar actividades de menor complejidad matemática, posiblemente por la rapidez y facilidad que representa el desarrollo de éstas.

Para el último escenario, la culminación de la actividad se vio afectada debido a que el tema propuesto no se alcanzó a desarrollar en su totalidad en la clase presencial, además la finalización del semestre académico influyó notablemente en el interés de los estudiantes.

Número de estudiantes que finalizaron las actividades del entorno 3d

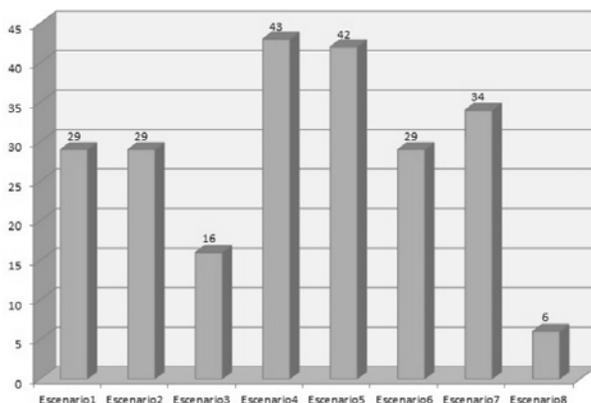


Figura 14. Número de estudiantes que finalizaron las actividades del metaverso. Fuente: Los autores.

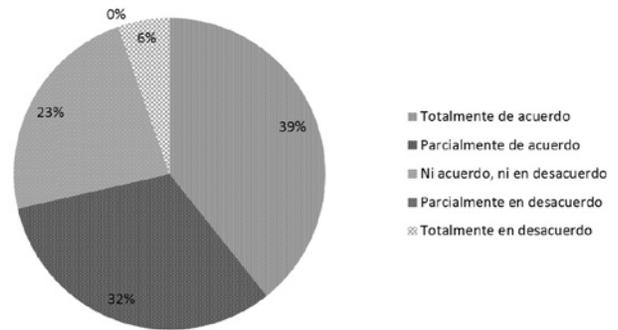


Figura 15. Porcentajes de motivación en la realización de las actividades del metaverso. Fuente: Los autores.

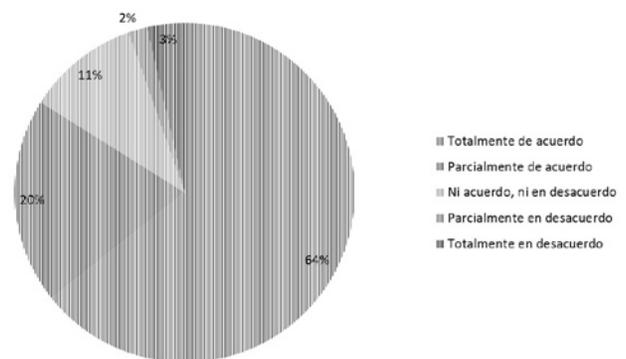


Figura 16. Porcentaje de aceptación en el uso de puntajes en las actividades. Fuente: Los autores.

Buscando evidenciar el impacto de la aplicación de mundos virtuales en el aprendizaje de los estudiantes, se aplicó una encuesta, para determinar el nivel de interacción, aceptación, problemas y otros factores asociados al uso del metaverso.

La Fig. 15 permite observar las respuestas de los estudiantes ante la pregunta de que si ellos consideran que los escenarios del espacio 3D puestos a disposición, motivaron la realización de los ejercicios planteados. La mayoría de ellos, el 71%, manifestaron estar de acuerdo, lo cual indica que la dinámica en el uso de esta tecnología influyó positivamente en la motivación para el desarrollo de las actividades.

En el siguiente cuestionamiento se plantea al estudiante que si cree que el método de acumulación de puntajes en las actividades, ayudó a motivar la realización de más actividades. La Fig. 16 deja ver el resultado.

Se observa claramente que la acumulación de puntajes, así como la obtención de logros influyó significativamente en el desarrollo de las actividades. Inclusive se presentaron casos en los que estudiantes manifestaron dudas acerca de cómo subir de posición en las tablas de posición del aula virtual, es decir que se sintieron motivados a ser los mejores, generándose competencia entre ellos.

Uno de los interrogantes clave aplicado en las encuestas fue acerca del impacto que este recurso generó en el aprendizaje de la asignatura. Esta es una forma de evaluar el desempeño y

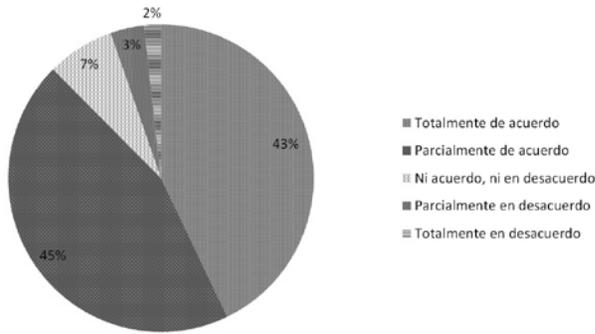


Figura 17. Porcentajes de reconocimiento de que las actividades reforzaron el aprendizaje de la asignatura.
Fuente: Los autores.

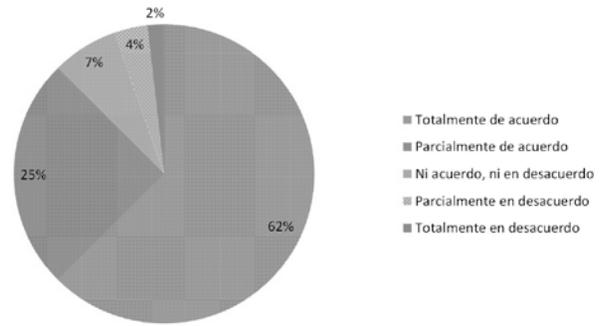


Figura 20. Nivel de satisfacción generado en los usuarios con la implementación del sistema de insignias.
Fuente: Los autores.

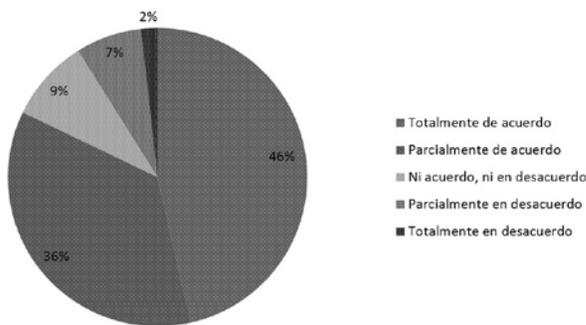


Figura 18. Porcentajes de incremento en la motivación para el aprendizaje de Física Mecánica con el uso de recursos digitales.
Fuente: Los autores.

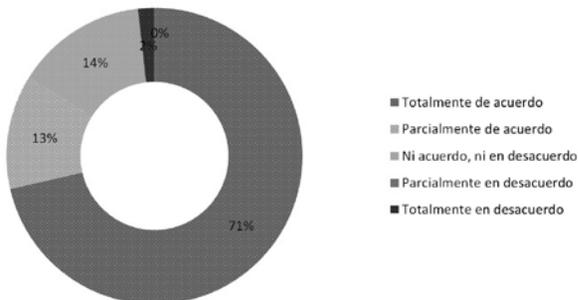


Figura 19. Nivel de aceptación a recompensar en cierto porcentaje de la nota en la asignatura.
Fuente: Los autores.

efectividad en la aplicación de este tipo de tecnologías para potenciar el aprendizaje. Como se muestra en la Fig. 17, el 86% de los estudiantes, manifestaron estar de acuerdo en que los temas estudiados fueron reforzados de alguna manera con el uso de los recursos puestos a disposición.

En la Fig. 18 se puede observar que el 82% de los estudiantes manifestaron estar de acuerdo en que el grado de motivación para aprender Física Mecánica, fue incrementado con el uso de estos recursos digitales.

Una de las condiciones que tuvo la aplicación de la prueba piloto, fue el acuerdo realizado con el docente a cargo de la

asignatura, quien facilitó un 20% a las actividades relacionadas con este proyecto en la nota de cada corte evaluativo.

De acuerdo con la Fig. 19, se puede observar que el uso de los recursos se vio fuertemente ligado a este factor, ya que la gran mayoría de los participantes estuvieron totalmente de acuerdo en que se otorgara un porcentaje de calificación a estas actividades. A pesar de que fueron complementarias a la asignatura, muchos de los estudiantes manifestaron haber utilizado los recursos debido a que sintieron curiosidad, además de querer complementar sus conocimientos de una manera alternativa.

Por otra parte, se quiso evaluar el efecto generado debido a la implementación de mecánicas de juego en el metaverso y el aula virtual, cuestionando la satisfacción en la obtención de insignias, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la Fig. 20.

Se puede observar que la motivación en el desarrollo de las actividades se vio potenciada por la implementación de un sistema de insignias en el aula virtual. Razón por la cual se puede suponer que este tipo de mecánicas aplicadas en contextos educativos influyen positivamente en el aprendizaje de los estudiantes. Un 62% estuvo totalmente de acuerdo con este planteamiento, al cual le podríamos sumar un 25% adicional que estuvieron parcialmente de acuerdo.

Finalmente se indagó a los usuarios acerca de si recomendarían el uso de este tipo de estrategias tecnológicas para apoyar procesos de aprendizaje a nuevos estudiantes como apoyo a las clases presenciales. Se observa en la Fig. 21, que un porcentaje bastante alto 91%, estuvo de acuerdo, lo cual sugiere que en términos generales la aplicación de estas tecnologías fue satisfactoria.

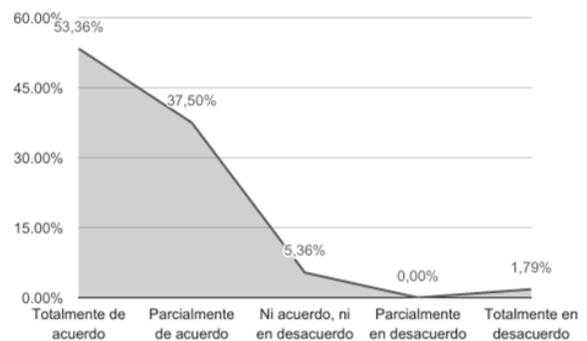


Figura 21. Porcentajes de posible recomendación al uso de los recursos por parte de usuarios.
Fuente: Los autores.

6. Conclusiones

La aplicación de conceptos de gamificación a escenarios virtuales orientados al aprendizaje, conlleva a los diseñadores y docentes plantear de manera diferente las actividades, evitando el ofrecer recompensas sin ningún objetivo. Se deben medir y validar en forma permanente, las mecánicas de juego aplicadas e intentar detectar cuáles de ellas producen mejores resultados y reforzarlas. El uso de avatares que guíen y presenten los contenidos en estos escenarios es muy importante, ya que, a través de ellos, el docente puede expresarse de manera más cercana para intentar motivar al estudiante.

Los resultados obtenidos durante el primer corte evaluativo en la aplicación del piloto, hace considerar que se debe tener presente en el diseño de productos o recursos destinados a usuarios promedio, aspectos relacionados con la previsión. En este caso particular, la gran mayoría de los estudiantes hacen uso de tecnología diariamente, sin embargo, esto no aseguró que ellos comprendieran el manejo y configuración de las herramientas necesarias para la ejecución de este tipo de entornos, presentándose inconvenientes al inicio de la prueba piloto, en muchos de los estudiantes que deseaban acceder al entorno 3D pero no pudieron lograrlo por su cuenta.

El haber incluido escenarios virtuales como apoyo de aprendizaje en la asignatura de Física Mecánica, motivó a los estudiantes a enfrentarse a la solución de situaciones acorde al contenido programático de la materia, los cuales fueron diseñados con el objetivo que los estudiantes estuvieran inmersos en entornos en los que les facilitara asociar su aplicación con el mundo real, por medio de la interacción entre el avatar y el medio, permitiéndoles repasar y reforzar los conocimientos vistos en clase.

Es necesario resaltar la novedad en la implementación de los entornos 3D para Ciencias Básicas en la Universidad Militar Nueva Granada, donde con un pequeño tamaño muestral de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, se accede por primera vez a esta tecnología y a pesar del corto tiempo que se tuvo para familiarizarse con entornos 3D, se realizaron las actividades y presentaron las evidencias en la finalización de cada una de ellas. Los resultados permiten evidenciar que los estudiantes están abiertos a utilizar otras estrategias de aprendizaje apoyadas con tecnología, y así incentivar el desarrollo de metaversos en diferentes áreas del conocimiento.

Así también los estudiantes esperan que las instrucciones de las actividades que se planteen, sean más claras y detalladas, que no hubiese errores de cálculos en las operaciones y que fueran totalmente validados por el profesor directamente desde el entorno, ya que es factible cometer errores en el momento de las implementaciones.

Contar con videos explicativos de los ejercicios o más ayudas visuales para poder desarrollar con mayor atención las actividades, esperando de igual manera un mayor acompañamiento y retroalimentación del docente, ya que en el entorno virtual en ocasiones es difícil evidenciar los propios errores.

Finalmente, que hubiese una comunicación más directa entre el entorno 3D y el aula virtual, para que la entrega de las evidencias en las actividades se realice automáticamente y no hayan pasos adicionales.

Se espera poder mejorar el modelo propuesto, para así afinar los detalles que generaron inconformidad en los estudiantes durante la aplicación de este piloto y así seguir recolectando datos para evaluar la efectividad de este proyecto a mediano y largo plazo.

Agradecimientos

Este artículo es resultado del proyecto de investigación: “Diseño y puesta en marcha de un escenario virtual inmersivo orientado a procesos educativos y soportado en la navegación conceptual de un contenido de estudio” con código INV-ING-2126, financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá – Colombia.

Referencias

- [1] Cabrera-Medina, J.M., Sánchez-Medina, I.I. y Rojas-Rojas, F., Uso de objetos virtuales de aprendizaje OVAs como estrategia de enseñanza - aprendizaje inclusivo y complementario a los cursos teóricos - prácticos. Una experiencia con estudiantes del curso física de ondas, Revista Educación en Ingeniería., 11(22), pp. 4-12, 2016.
- [2] Jiménez-García, F.N., Márquez-Narváez, C., Agudelo-Calle, J.D.J. y Beleño-Montagut, L., Una experiencia didáctica en el diseño e implementación de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la física, Revista Educación en Ingeniería 11(22), pp. 13-20, 2016.
- [3] Jiménez-Toledo, J.A., Muñoz-Botina, J.M. y Muñoz-del Castillo, A., Modelo virtual inmersivo 3D como estrategia didáctica en la educación, 2013.
- [4] Diosa-Ochoa, Y., Enseñanza-Aprendizaje de la cinemática lineal en su representación gráfica bajo un enfoque constructivista: Ensayo en el grado décimo de la Institución Educativa Pbro. Juan J. Escobar, 2012.
- [5] Dionisio, J.D., Burns, W. y Gilbert, R., 3D Virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities, ACM Computing Surveys, 45(3), 2013. DOI: 10.1145/2480741.2480751
- [6] Schank, R.C., Berman, T.R. and Macpherson, K.A., Learning by doing. Instructional Design Theories and Models, 2, pp. 161-181, 1999.
- [7] Criado, M.A.P. y Thous-Tuset, M. Del C., Mundos virtuales y avatares como nuevas formas educativas, Historia y Comunicación Social, 18, pp. 469-479, 2013. DOI: 10.5209/rev_HICS.2013.v18.44262
- [8] Castronova, E., Virtual worlds: A first-hand account of market and society on the cyberian frontier, CESifo Working Paper Series, Vol. 2, 2001.
- [9] Checa-García, F., El uso de metaversos en el mundo educativo: Gestionando conocimiento en Second Life, REDU - Revista de Docencia Universitaria, 8(2), pp. 147-159, 2011.
- [10] Ramos-Nava, M. del C., Larios-Delgado, J., Cervantes-Cabrera, D. y Leriche-Vázquez, R., Creación de ambientes virtuales inmersos con software libre. Revista Digital Universitaria [en línea], 8(6), 2007. [Consultada: 11 de junio de 2007]. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num6/art47/int47.htm>
- [11] Admin OpenSim, Análisis 02: OpenSim en la educación, 27 de abril de 2011. [Online]. Available at: <http://o3dsoft.com/blog/es/2011/04/analisis-02-opensim-en-la-educacion/>.
- [12] Allison, C. et al., Growing the use of virtual worlds in education: An opensim perspective, EiED 2012 Proc. 2nd Eur. Immersive Educ. Summit, pp. 1-13, 2012.
- [13] eXtension. [Online]. Available at: <https://extension.org/2011/09/07/virtual-world-news/>. [10-Feb-2017].
- [14] Rutgers continuing Studies virtual worlds. [Online]. [Date of reference: 10-Feb-2017]. Available at: <https://onlinelearning.rutgers.edu/virtualworlds>.
- [15] Tulane SCS Metaverse. [Online]. [Date of reference: 10-Feb-2017]. Available at: <http://scsmetaverse.wp.tulane.edu>.
- [16] U. of Cincinnati, Center for Simulations & Virtual Environments

- Research. [Online]. [Date of reference: 10-Feb-2017]. Available at: <http://ucsim.uc.edu/blog/>.
- [17] University of New England, SPICE Social work Pharmacy Interaction Contextualization Experience. [Online]. [Date of reference: 10-Feb-2017]. Available at: <https://daneelariantho.wordpress.com/2011/10/16/spice/>. [10-Feb-2017].
- [18] Coronado, P.C., SUA: Metaverso especializado para el aprendizaje, en experiencias educativas y prácticas pedagógicas en la Universidad Distrital, 2013, pp. 123-132.
- [19] Quinche, J.C. y González, F.L., Entornos virtuales 3D, alternativa pedagógica para el fomento del aprendizaje colaborativo y gestión del conocimiento en UNIMINUTO, Formación Universitaria, 4(2), pp. 45-54, 2011. DOI: 10.4067/S0718-50062011000200006
- [20] Reig, D. y Vílchez, L.F., Los jóvenes en la era de la hiperconectividad: tendencias, claves y miradas, Fundación Telefónica. 2013.
- [21] Gregory, J., Game engine architecture. Wellesley, Massachusetts: Taylor and Francis Group, LLC, 2009.
- [22] Bithell, M., Understanding the importance of frame rate - IGN. [Online]. [Date of reference: 28-Feb-2017]. Available at: <http://www.ign.com/articles/2014/11/05/understanding-frame-rate-and-its-importance>.
- J.A. Jaramillo-Mujica**, recibe el título de Ing. de Sistemas de la Universidad Autónoma de Colombia en 1995, el de Esp. en Gerencia de Tecnología de la Universidad EAN en 1998. MSc. en Desarrollo de Aplicaciones Multimedia para WEB de la UOC España en 2004 y el título de MSc. en Educación de la Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, en 2015. Es experto universitario en la implementación de proyectos e-learning de UTN Argentina y cursó el diplomado en ambientes virtuales de aprendizaje con la FUCN Colombia y el diplomado en uso y apropiación de las TIC en la UMNG. Fue director del Departamento de Producción Multimedia de educación a distancia en la Militar y asesor del Centro de Altos Estudios del DANE – CANDANE en temas de virtualización. Ha venido desempeñándose como docente investigador en el programa de Ingeniería en Multimedia en la Universidad Militar Nueva Granada, en la cual coordina la cátedra electiva de Multimedia Educativa y el semillero de investigación con el mismo nombre. Tiene más de 20 años de experiencia en docencia y en el diseño e implementación de la metodología educación a distancia en instituciones como el Centro de Estudios Aeronáuticos de la Aeronáutica Civil Colombiana y la Universidad Militar Nueva Granada. ORCID: 0000-0003-0054-3796
- L.F. Morales-Avella**, recibe el título de Ing. en Multimedia de la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá, Colombia en 2015. Ha sido parte del semillero de Investigación en Multimedia Educativa desde el año 2013, en donde desarrolló su opción de grado. Ha participado en eventos institucionales, regionales y nacionales de investigación, entre éstos el “V Concurso de Investigación Formativa” organizado por la Universidad Militar Nueva Granada, donde presentó el mejor trabajo en su categoría. Actualmente se encuentra desempeñándose como Joven Investigador asociado a un proyecto de investigación financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. ORCID: 0000-0001-5784-5168
- D.M. Coy-Mondragón**, recibe el título de Físico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en 2010 y el de MSc. en Ciencias - Física de la Universidad Nacional de Colombia en 2015. Desde el 2012 ha dedicado a la docencia universitaria en las diferentes áreas de la física para los programas de Ingeniería en la Universidad Pedagógica y Tecnológica Colombia y en la Universidad Militar Nueva Granada, Colombia. Actualmente se desempeña como asistente de investigación de un proyecto de investigación financiado por la Universidad Militar Nueva Granada enfocado en la implementación de un modelo educativo apoyado con la implementación de metaversos, aulas virtuales y objetos de aprendizaje para la asignatura de Física Mecánica. ORCID: 0000-0003-2071-066X

Implementación de Invention System Kits como metodología de enseñanza y aprendizaje en ingeniería industrial. Caso de estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Ivonne Angélica Castiblanco-Jiménez ^a, Joan Paola Cruz-González ^a, Carlos Rodrigo Ruiz-Cruz ^a, Liliana del Carmen Pedraza-Vega ^b & Diana Catalina Londoño-Restrepo ^a

^a Decanatura de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia. ivonne.castiblanco@escuelaing.edu.co, joan.cruz@escuelaing.edu.co, carlosr.ruiz@escuelaing.edu.co, diana.londono@escuelaing.edu.co

^b Vicerrectoría Académica, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia. liliana.pedraza@escuelaing.edu.co

Resumen— Este documento muestra los resultados de un proyecto de investigación cuyo objetivo es explorar nuevas metodologías de enseñanza a través del uso de Invention System Kits, que permitan identificar métodos de aprendizaje en los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. En particular, se pretende utilizar herramientas de aprendizaje activo como Lego Mindstorms EV3 para potenciar competencias tecnológicas en los estudiantes.

Palabras Clave—Ingeniería, metodologías de enseñanza y aprendizaje, invention system kits, lego mindstorms.

Recibido: 18 de enero de 2017. Revisado: 23 de mayo de 2017. Aceptado: 30 de mayo de 2017

Invention System Kits Implementation as teaching and learning methodology in industrial engineering. Case study: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

Abstract— This paper shows the results of a research project whose objective is to explore new teaching methodologies through the use of Invention System Kits, that allow to identify learning methods for Industrial Engineering students from Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Particularly, the intention is to use active learning tools such as Lego Mindstorms EV3 to enhance technological competencies in the students.

Keywords— Engineering, Teaching and learning methodologies, invention system kits, lego mindstorms.

1. Introducción

El uso de materiales didácticos como *Invention Systems Kits* ha demostrado ser altamente efectivo como complemento a los procesos de enseñanza y aprendizaje en diversas áreas del conocimiento. Por esta razón se decide implementar como proyecto estas herramientas en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en el programa de Ingeniería Industrial, con el objetivo de que los estudiantes adquieran y mejoren conocimientos, capacidades y aptitudes en el campo de la ingeniería.

Haciendo uso de los *Invention System Kits*, específicamente *Lego Mindstorms EV3*, es posible generar sistemas para imitar

los procesos de ingeniería utilizados en la industria, a través del desarrollo del proyecto se espera que los estudiantes mejoren sus habilidades tecnológicas, además de hacer uso de sus competencias como resolución de problemas, trabajo en equipo y comunicación que no se refuerzan fácilmente con otros métodos.

La metodología plantea replicar, modificar y crear diferentes productos industriales como lo son un seleccionador, un brazo robótico, una fábrica de ensamble de trompos, un sistema de suministro y una ensambladora de aviones; con el fin de generar maneras de pensar que aporten al conocimiento científico, además de identificar, analizar y definir elementos significativos de un problema de manera que se resuelva efectivamente y con un buen criterio.

En primera instancia se muestran los antecedentes encontrados en el campo de investigación de este proyecto y una revisión bibliográfica sobre métodos, modelos o estilos de tanto de enseñanza como de aprendizaje. La siguiente sección muestra la metodología utilizada en el proyecto para posteriormente mostrar los resultados encontrados y las conclusiones y estudios futuros resultantes de su ejecución.

2. Antecedentes

En los últimos años, el uso de nuevas herramientas y metodologías de enseñanza se ha hecho extensivo incluyendo el uso de *Invention System Kits*, ya sea en educación elemental, secundaria o superior. Varios estudios y propuestas se han realizado en torno a este tema. Somyürek [1], muestra cómo mediante el uso de sistemas *Lego Mindstorms*, los estudiantes logran de una manera dinámica y divertida un aprendizaje activo, auténtico y colaborativo, además de generar múltiples perspectivas para el análisis y solución de problemas; todo como resultado de un entrenamiento en el manejo de estos kits y a la solución de problemas con ayuda de estos.

Como citar este artículo: Castiblanco-Jiménez, I.A., Cruz-González, J.P., Ruiz-Cruz, C.R., Pedraza-Vega, L. del C. and Londoño-Restrepo, D.C., Implementación de Invention System Kits como metodología de enseñanza y aprendizaje en ingeniería industrial. Caso de estudio: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. *Educación en Ingeniería*, 12(24), pp. 31-37, Julio, 2017.

Según Scaradozzi et al. [2], el Departamento de Ingeniería de la Información de la Universidad Politécnica de Marche en Italia, con la ayuda del Instituto Comprensivo Largo Cocconi, desarrolló un nuevo programa de educación dirigido a las escuelas primarias de Italia, el cual consiste en el uso de los sistemas *Lego WeDo* y *Lego NXT* como complemento de los conceptos científicos y matemáticos normalmente impartidos; esto con el fin de mejorar las habilidades de aprendizaje, resolución de problemas, el trabajo en equipo y motivar el interés de los estudiantes por la tecnología e ingeniería.

Estudios y propuestas similares se han desarrollado dirigidos a estudiantes de secundaria. Tocháček et al. [3] miembros del Departamento de Información, Tecnología y Educación de la Facultad de Educación de la Universidad Charles de Praga en República Checa, con el objetivo de que la educación secundaria sea más que la transferencia de conocimientos y *know-how* de profesores a estudiantes, desarrollaron un programa para que estos últimos generen nuevos conocimientos y habilidades de su propio trabajo y experiencias mediante proyectos de robótica desarrollados con los sistemas *Lego Mindstorms NXT* y *Lego WeDo*.

Por otra parte, en India y Malasia, Balaji et al. [4], bajo la premisa de lo importante que es la ingeniería para el crecimiento y desarrollo de un país, propusieron el uso de los diferentes *Invention System Kits* de *Lego* para motivar a los jóvenes a realizar su pregrado en ingeniería, dándoles además habilidades, conocimientos y confianza, necesarios para un excelente desempeño laboral en la industria. El uso de *Invention System Kits* en la enseñanza de ingeniería es amplio, pues se emplean en diferentes ramas y con diferentes propósitos, tanto pedagógico, como para simular sistemas reales y proponer soluciones a problemas presentes en dichos sistemas.

Müller et al. [5], miembros de la Universidad Técnica de Berlín, Alemania, exploraron la ludificación de los métodos de enseñanza para la dirección de una fábrica mediante el sistema *Lego Mindstorms*. Para el estudio, los estudiantes trabajaban en grupos con una metodología enfocada a la resolución de problemas, en donde el éxito dependía directamente de la estrategia diseñada mediante el modelo *Lego* y su funcionalidad, llegando a concluir que los *Invention System Kits* dan oportunidades para que los estudiantes amplíen sus deseos por explorar. Asimismo, al ser herramientas lúdicas y dinámicas, facilitan el aprendizaje, especialmente cuando los estudiantes tienen un aprendizaje independiente y autodidacta; además de desarrollar competencias sociales, personales y técnicas, los estudiantes mejoran sus habilidades en la planeación y control de sistemas de producción.

En el Departamento de Ciencia Computacional e Inteligencia Artificial de la Universidad de Granada en España, Cuéllar et al. [6], pusieron en práctica técnicas de inteligencia artificial para la resolución de problemas usando los sistemas *Lego Mindstorms* con estudiantes de tercer año de pregrado en ingeniería computacional. Esta experiencia permitió a los estudiantes mejorar su creatividad, capacidad de abstracción, asimilación de teorías y aplicación de éstas en problemas reales; asimismo, el interés de los estudiantes por la inteligencia artificial incrementó.

Mediante el uso de *Invention System Kits*, concretamente *Lego Mindstorms*, Nee et al. [7], procedentes de diversas universidades de Malasia desarrollaron un robot a escala para la

inspección de tuberías, capaz de detectar grietas, las cuales están representadas por cintas de color; esto con el fin de usar esta tecnología para la enseñanza y el desarrollo de experimentos a nivel de pregrado. Mediante lo anterior se evidencia cómo el uso de este tipo de herramientas ha sido altamente efectivo, siendo una motivación para continuar generando investigación en este campo.

3. Marco teórico

Mucho se ha hablado en literatura sobre métodos, modelos y estilos de aprendizaje, abordados desde puntos de vista tanto pedagógicos como psicológicos. Según Altin et al. [8], los métodos de aprendizaje desarrollados por cada individuo en un contexto educativo son los siguientes: aprendizaje por descubrimiento, aprendizaje colaborativo, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje obligatorio y aprendizaje basado en la competencia. Estos tipos de aprendizaje son mencionados, explicados y validados por otros autores, por ejemplo, Schunk [9] presenta el aprendizaje por descubrimiento y el aprendizaje por colaboración, el primero busca generar conocimiento a través de las nuevas experiencias que se están desarrollando, el segundo afirma que el aprendizaje ocurre cuando los estudiantes trabajan juntos, desarrollando la habilidad de trabajar en equipo.

De igual forma, Pimienta [10] propone algunos de los tipos de aprendizaje planteados por Altin et al. [8] como el aprendizaje por proyectos, que busca que el estudiante se sumerja de manera práctica en una situación o problemática real que requiera de una solución o comprobación; el aprendizaje basado en problemas, que busca que se investigue, proponga y argumente una solución a uno o varios problemas, creando escenarios de posible solución y analizando las posibles consecuencias; y el aprendizaje cooperativo, que propone un aprendizaje mediante equipos de trabajo estructurados y orientados a resolver una tarea específica a través de la colaboración. También presenta el mismo concepto de aprendizaje por colaboración propuesto por Schunk [9].

Kolb [11], también en [12,13], propone un modelo de aprendizaje basado en experiencias, en donde se identifican dos dimensiones principales, la percepción y el procesamiento. En sus estudios encontró que existen dos tipos de percepciones, desde una experiencia directa mediante la acción o desde una experiencia abstracta mediante la teoría. Kolb exploró dos extremos opuestos al hablar de procesamiento, mediante la práctica y experimentación, o mediante la reflexión. De esta forma, propone que el aprendizaje óptimo es el que se desarrolla de manera cíclica en estas cuatro fases: experiencia concreta (actuar), observación reflexiva (reflexionar), conceptualización abstracta (teorizar) y experimentación activa (experimentar). Partiendo de esto, Salas [12] comenta que el aprendizaje es la creación del conocimiento a través de la transformación de una experiencia; es decir que requiere de algún tipo de percepción y de procesamiento.

Al igual que existen diversos estilos de aprendizaje, existen estilos de enseñanza relacionados. Felder et al. [14], también mencionados en [12], proponen estilos de enseñanza y aprendizaje enfocados específicamente al área de la ingeniería, en donde se clasifican y relacionan estos estilos a partir de cinco dimensiones (Ver Tabla 1), se concluye que cada estilo de aprendizaje tiene un estilo de enseñanza asociado.

Tabla 1
Dimensiones de los estilos de aprendizaje y enseñanza

Estilo de aprendizaje del estudiante		Estilo de enseñanza que le corresponde	
Percepción	Sensitiva	Contenido	Concreto
	Intuitiva		Abstracto
Input	Visual	Presentación	Visual
	Verbal		Verbal
Organización	Inductiva	Organización	Inductiva
	Deductiva		Deductiva
Procesamiento	Activo	Participación del estudiante	Activa
	Reflexivo		Pasiva
Comprensión	Secuencial	Perspectiva	Secuencial
	Global		Global

Fuente: Adaptado de [14].

Percepción/Contenido. El estilo sensitivo/concreto es práctico, orientado hacia los hechos y procedimientos, mientras el intuitivo/abstracto es conceptual, orientado hacia las teorías y significados. El proyecto se centra en un enfoque concreto, mediante los hechos evidenciados a través de la experimentación con los sistemas creados con los *Invention System Kits*.

Input/Presentación. En el estilo visual la información se brinda mediante representaciones visuales, en el verbal la información se da de forma escrita y hablada. En el presente estudio la información se presenta a través de los dos estilos, ya que son altamente complementarios y de fácil acoplamiento; de forma visual mediante la ejemplificación a través de la herramienta y esquemas, o de forma escrita o hablada con guías e instrucciones claras.

Organización. El estilo inductivo se refiere a la inferencia de principios o generalidades a partir de hechos y observaciones; el deductivo a la deducción de consecuencias y aplicaciones a partir de fundamentos o generalidades. El uso de *Invention System Kits* permite evidenciar tanto el estilo inductivo como el deductivo, pues se infieren principios a partir de la observación y experimentación, además de la aplicación y análisis de teorías para la creación y adecuación de sistemas.

Procesamiento/Participación del estudiante. En el estilo activo los estudiantes tienden a retener y comprender nueva información si hacen algo con ella (discutiéndola, aplicándola o explicándola a otro), lo que genera alta participación; en el reflexivo/pasivo los estudiantes tienden a retener y comprender nueva información pensando y reflexionando sobre ella, lo que genera poca participación. En el proyecto los estudiantes demuestran una participación activa, pues son ellos quienes entran en contacto con la herramienta para aplicar, adquirir y generar conocimiento en la creación de nuevos sistemas.

Comprensión/Perspectiva. Para el estilo secuencial el conocimiento se aprende o se expone en pequeños pasos incrementales siempre lógicamente relacionados y secuenciados; para el global, el conocimiento se adquiere o se expone a grandes saltos y casi al azar hasta lograr visualizar la totalidad de los conceptos o problemas. Para este estudio se busca principalmente un estilo secuencial, mediante la aplicación de la metodología propuesta.

Por otra parte, Ertmer et al. [15] y Urbina [16] mencionan modelos de enseñanza y aprendizaje basados en el conductismo y el constructivismo. En el conductismo el docente juega un papel crucial, compartiendo y dando todo su conocimiento al

estudiante para que éste demuestre respuestas apropiadas a ciertos estímulos, como casos o problemas; el estudiante es receptor de conocimiento con el fin de lograr un objetivo de aprendizaje en donde muestre el producto de su aprendizaje, el cual es evaluable, medible y cuantificable. Por otra parte, en el constructivismo el estudiante enriquece sus conocimientos y crea significados mediante la experimentación activa acompañados por el docente, quien tiene el rol de guía; el objetivo de aprendizaje es de carácter abierto y flexible y se evalúa de forma continua y permanente. A pesar de que ambos modelos parecen opuestos, poseen fronteras borrosas y tienden a estar relacionados y ser complementarios, pues las desventajas de uno son las ventajas del otro.

4. Metodología

Para la ejecución de este proyecto se seleccionó un grupo de estudiantes de Ingeniería Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, quienes entraron en contacto por primera vez con los *Invention System Kits Lego Mindstorms EV3* usados para este proyecto. Por esta razón, la primera fase del desarrollo de este caso de estudio fue enfocada a la familiarización de los estudiantes con la herramienta. Posteriormente, se buscó aplicar este conocimiento sobre el manejo de la herramienta en el desarrollo de proyectos relacionados a sistemas de producción y manufactura, los cuales son de interés e importancia en los procesos de formación de un ingeniero industrial. Al seleccionar los proyectos a realizar se evaluaron las áreas potenciales de aplicación de estas metodologías con base en el plan de estudios de pregrado de Ingeniería Industrial, buscando lograr el mayor impacto en su aprendizaje.

Para explorar nuevas metodologías de enseñanza a través del uso de *Invention System Kits* e identificar el nivel de aprendizaje alcanzado por cada estudiante, se propusieron tres niveles en relación con la complejidad del proyecto (Ver Tabla 2). El primero corresponde a la construcción y programación mediante la réplica de sistemas anteriormente diseñados con esta herramienta; el segundo, implica la modificación y combinación de sistemas replicados para lograr sistemas más complejos y robustos; el tercero, corresponde a la construcción y automatización de sistemas completamente nuevos.

De igual forma, para el desarrollo de este proyecto, con el objetivo de explorar el uso de nuevas metodologías de enseñanza, y con base en la teoría propuesta por [8] sobre los tipos de aprendizaje, se realizó uso de dos fuentes de información. La primera proveniente del autoconocimiento del estudiante. Para esto se tuvo en cuenta las opiniones de los propios estudiantes quienes realizaron una bitácora y un cuestionario. En la bitácora

Tabla 2
Niveles de aprendizaje propuestos para el caso de estudio

Nivel	Descripción
1. Réplica	Construcción y programación de sistemas anteriormente propuestos.
2. Adecuación	Modificación y combinación de sistemas y programas replicados.
3. Creación	Diseño, creación y automatización de sistemas completamente nuevos.

Fuente: Los autores.

consignaban su opinión y descubrimientos del proceso que estaban llevando a cabo y en el cuestionario, siguiendo lo propuesto por [1], se indagaba de manera más precisa la percepción que tuvieron los estudiantes durante el desarrollo de las diferentes actividades que se les fueron asignadas y los retos que tuvieron en su ejecución. La segunda, proveniente de la observación del profesor, para lo cual los docentes líderes del proyecto con su experiencia en el área de la educación y la ingeniería, evaluaban el aprendizaje de los estudiantes a la luz de la mejora de sus competencias tecnológicas en el ambiente lúdico que se generaba.

Con el fin de tener registro de los progresos y sistemas creados para la implementación de estas nuevas metodologías en el currículo de Ingeniería Industrial, se construyeron protocolos orientados a mejorar el desarrollo de las capacidades tecnológicas de los estudiantes utilizando Invention System Kits, los cuales fueron diseñados y probados por docentes y estudiantes involucrados en este proyecto.

5. Resultados

Durante la ejecución del proyecto y la aplicación de la metodología se construyeron diversos sistemas, cada uno con características diferentes, que permitieron explorar los niveles mencionados y generar hallazgos importantes que se explican a continuación.

5.1. Nivel 1. Réplica

Se construyó un *sorter* que es un sistema de clasificación de productos por colores. También se construyó un brazo robótico con características y programación similares, esto contemplado dentro del primer nivel de dificultad. También como réplica, se elaboró una fábrica de *spinners* como se muestra en la Fig. 1, para lo cual fue necesario profundizar nuevos conocimientos en los cuales un ingeniero industrial no está especializado, como lo son las compuertas lógicas para el uso de transferencia y validación de datos reportados por los sensores, siendo este un conocimiento necesario para un ingeniero industrial que desea incursionar en el diseño y automatización de plantas industriales. Aunque esta temática no se evidencia en el transcurso de la carrera, se torna fácil de aprender y retener mediante ayudas didácticas, dado que al mismo tiempo que se investigaban sobre estas, se podía ver en acción su uso práctico en una fábrica.

5.2. Nivel 2. Adecuación

La adecuación de los productos anteriormente mencionados además de ayudar a los estudiantes a alcanzar el segundo nivel de dificultad, ayudó a familiarizarse con el sistema, impulsó el uso de este, la creatividad, el trabajo en equipo, la investigación y la motivación por aprender y seguir desarrollando nuevos proyectos.

5.3. Nivel 3. Creación

Dentro de los nuevos diseños de los productos enfocados a la formación del ingeniero industrial, que permitieron una

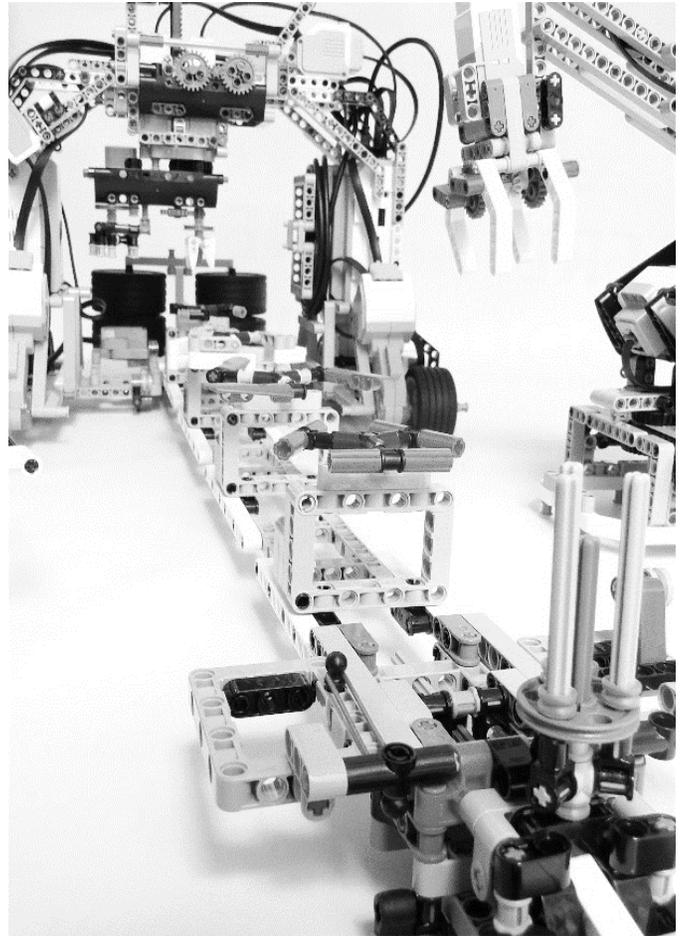


Figura 1. Fábrica de *spinners* (trompos) y brazo robótico construido.
Fuente: Los autores.

transición del segundo al tercer nivel, se construyó un sistema de suministro a partir de una demanda histórica dada, como se observa en la Fig. 2. El aprovisionamiento se realiza por medio de una banda transportadora y tres (3) distribuidores semi-automáticos y las órdenes son actualizadas mediante el uso de sensores. Este sistema permitió ligar el *Lego Mindstorms EV3* al *software* de programación *Matlab*, generando diversas formas de adecuar y mejorar el funcionamiento del sistema, además de brindar nuevas y variadas oportunidades de aprendizaje para los estudiantes.

Igualmente se construyó una línea de producción de aviones hechos con bloques clásicos de Lego como se presenta en la Fig. 3, siendo esta la primera vez que se incorporaron elementos ajenos al *Lego Mindstorms EV3*, permitiendo crear un sistema para el ensamble de bloques de Lego tradicionales. Mediante el uso de sensores y compuertas lógicas, el sistema integra una banda transportadora, un brazo robótico y prensas, que funcionan de forma automática una vez se pulsa un interruptor, y sistemas de suministro, que funcionan de forma semi-automática. El desarrollo exitoso de estos retos por parte de los estudiantes, permitió comprobar el perfeccionamiento de las habilidades tecnológicas adquiridas mediante los proyectos realizados anteriormente, además de la mejora de competencias como resolución de problemas, trabajo en equipo, comunicación y generación de nuevos diseños, resultados que se esperaban al inicio de este proyecto.

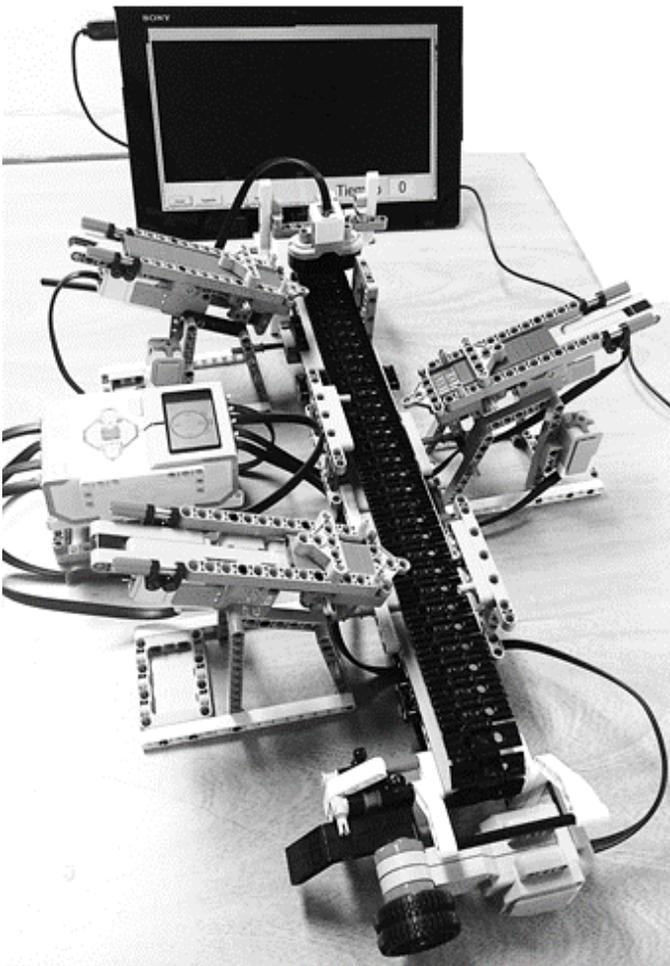


Figura 2. Sistema de suministro a través de banda transportadora y distribuidores semi-automáticos.
Fuente: Los autores.

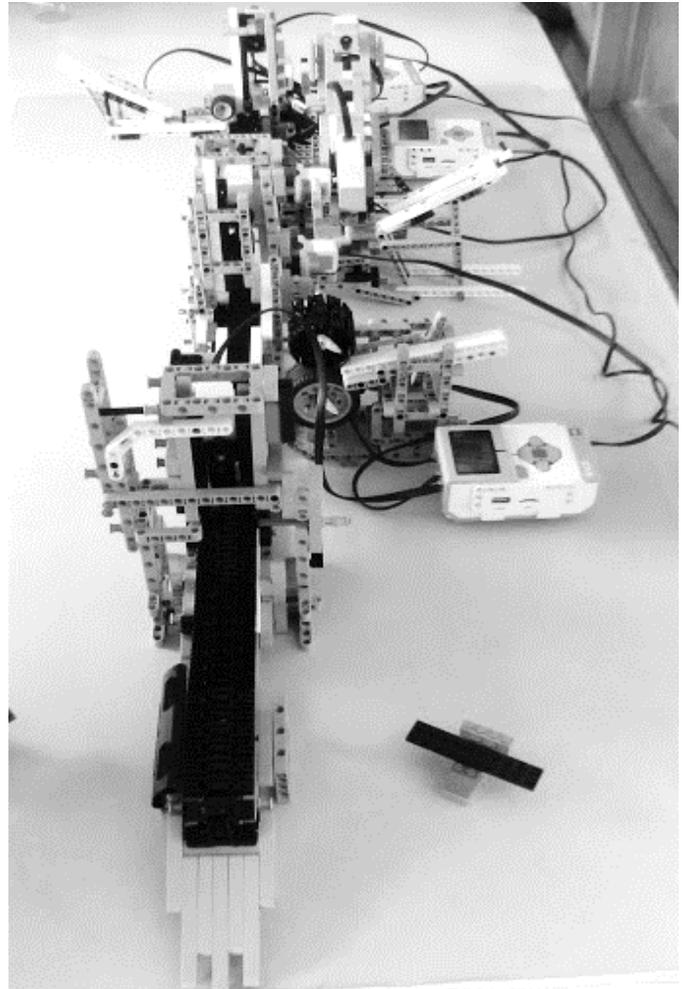


Figura 3. Línea de ensamble de aviones.
Fuente: Los autores.

5.4. Análisis de Resultados

Durante el desarrollo de la metodología y como resultado de las observaciones, los métodos de aprendizaje planteados por [8] que se han evidenciado en el proyecto son:

5.4.1. Aprendizaje por descubrimiento

Los estudiantes interactuaron con los *Invention System Kits* y pudieron aprender acerca de programación y construcción de estructuras mediante una exploración propia con el material disponible, la experimentación con la herramienta y el uso del método de prueba y error.

5.4.2. Aprendizaje colaborativo

Se activó el proceso de comunicación entre los integrantes del grupo al compartir la elaboración de una misma tarea, permitiendo la colaboración al dividir una labor principal en algunas secundarias y al comunicar ideas y conocimientos para la solución de los diversos problemas que se presentaron en el desarrollo de los proyectos.

5.4.3. Aprendizaje basado en proyectos

Se realizó la construcción de los productos industriales anteriormente mencionados, así como el análisis y desarrollo de la programación requerida, evidenciando de esta manera un ciclo de aprendizaje continuo, pues cada proyecto además de permitir aplicar los conocimientos adquiridos en otros proyectos, permitía la adquisición de nuevos conocimientos y el uso de diferentes métodos de análisis y solución.

Adicionalmente, durante la interacción con *Legó Mindstorms EV3* y la realización de los productos industriales, se pudo evidenciar que cada estudiante tiene procesos de aprendizaje y de interacción diferentes. Algunas personas prefieren trabajar de manera individual y otras de manera grupal; igualmente algunos prefieren profundizar sus conocimientos teóricos mediante la investigación para poder enfrentarse a un problema, mientras que otros prefieren abordar el problema directamente y aplicar métodos como prueba y error, evidenciando los estilos de aprendizaje mencionados por [14]. Por lo cual, así como menciona [14], independientemente de los métodos propios de cada estudiante, es posible hacer uso de diversos métodos de enseñanza que permitan mejorar su aprendizaje individual y grupal.

Al evaluar las posibilidades de aplicación de los *Invention System Kits* dentro del plan de estudios de Ingeniería Industrial, se evidenció que esta herramienta puede ser usada en diversas áreas de este, además de reforzarlo y complementarlo, pues permite modelar temas como diseño de productos y procesos, balanceo de línea, estudio de tiempos, conceptos de física mecánica, automatización, entre otros. Para poder aplicar la herramienta en dichas áreas se generaron protocolos para introducir a los estudiantes en la creación, automatización y análisis de sistemas. Según los métodos de enseñanza propuestos por [14], mediante el uso de los protocolos se busca que los estudiantes repliquen diversos sistemas en un trabajo guiado por el docente con perspectiva secuencial, brindando una enseñanza de contenido concreto, en donde la organización de información es de forma tanto inductiva como deductiva; la generación de conocimientos se logra mediante la práctica y la participación activa de los estudiantes.

En el desarrollo de los proyectos y la creación y diseño de protocolos se evidencia el ciclo de aprendizaje óptimo propuesto por [11] como se muestra en la Fig. 4. Inicialmente los estudiantes tienen cierta conceptualización y conocimiento sobre los temas referentes a su formación como ingenieros industriales, posteriormente proceden a tener contacto y experimentar con los *Invention System Kits*, generando experiencias concretas a través del uso de la herramienta y creación de sistemas. Estas experiencias permiten la reflexión y la creación de nuevo conocimiento que es analizado y evaluado con el fin de ser plasmado en protocolos, en los cuales combinan el conocimiento anterior y el nuevo conocimiento, generando una guía que sirve como *input* en el aprendizaje de terceros, dando así continuidad al ciclo y a la oportunidad de generar nuevos proyectos.

A partir de todo lo expuesto anteriormente, se observa que en el proyecto los estudiantes tuvieron una participación constante y activa, siendo ellos los protagonistas y el centro del proceso y los autores de su propio aprendizaje a través de experiencias, mientras que los docentes adquirieron un papel de guía y apoyo en el proceso, facilitando la adquisición de conocimiento por parte del estudiante, según esto y lo propuesto por [15,16] en este proyecto se



Figura 4. Ciclo de aprendizaje de Kolb [11] evidenciado en el caso de estudio. Fuente: Los autores.

presenta un modelo de enseñanza basado principalmente en el constructivismo. Aunque el aprendizaje se genere de forma autónoma y el estudiante construya su propio conocimiento mediante la experiencia, no se puede olvidar que se mantienen elementos de un modelo conductista, pues al final la generación y evaluación de resultados es la forma de medir y comprobar la consecución de un objetivo de aprendizaje, el cual está previamente establecido como parte de un currículo para la formación de ingenieros industriales.

6. Conclusiones

Después de haber analizado el proceso de aprendizaje de los estudiantes a través de la aplicación de la metodología propuesta, se evidenció que efectivamente los *Invention System Kits*, en particular *Legó Mindstorms EV3*, permiten el aprendizaje activo de los estudiantes de Ingeniería. El enfoque propuesto se realizó de forma secuencial, lo que ayudó a los estudiantes a generar un aprendizaje progresivo y lógico facilitando así la utilización de una estrategia constructivista como metodología de enseñanza y permitiendo generar ciclos de aprendizaje claros y efectivos.

Gracias a la dinamización de las metodologías de aprendizaje, se facilitó la familiarización con la herramienta, además de impulsar su uso, aumentar la creatividad, la investigación, el compromiso y la motivación, importantes para el desarrollo de estilos de aprendizaje autónomos por parte de cada estudiante; adicionalmente se evidenció la mejora de habilidades tecnológicas y competencias como resolución de problemas, trabajo en equipo y comunicación en los estudiantes.

La generación de protocolos es una herramienta útil para la transferencia de conocimientos, dando pasos e instrucciones claras que permitan un aprendizaje autónomo y secuencial en el estudiante, por eso puede incorporarse en el plan de estudios de un programa de Ingeniería Industrial, con el fin de complementar y reforzar el aprendizaje teórico y técnico de los estudiantes.

6.1. Estudios futuros

En el futuro, además de aplicar y comprobar la eficiencia de este tipo de metodologías en grupos de mayor tamaño y con una mayor variedad de estudiantes, se desea la incorporación de nuevas herramientas diferentes al *Legó Mindstorms EV3*, que en conjunto se complementen y permitan abarcar una mayor cantidad de temáticas que generen impactos importantes y significativos para la formación de ingenieros industriales.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a los estudiantes que se han vinculado voluntariamente al semillero de Producción, para trabajar en este proyecto, por su arduo trabajo y compromiso:

Carlos Mauricio Urrego. Estudiante Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, Colombia.

Juan Sebastián Cadena Muñoz. Estudiante Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, Colombia.

Miguel Ángel Barragán Cantor. Estudiante Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, Colombia.

Referencias

- [1] Somyürek, S., An effective educational tool: Construction kits for fun and meaningful learning, *International Journal of Technology and Design Education.*, 25, pp. 25-41, 2015. DOI: 10.1007/s10798-014-9272-1
 - [2] Scaradozzi, D., Sorbi, L., Pedale, A., Valzano, M. and Vergine, C., Teaching robotics at the primary school: An innovative approach, *Procedia - Social Behavioral Sciences*, 174, pp. 3838-3846, 2015. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.01.1122
 - [3] Tocháček, D., Lapeš, J. and Fuglík, V., Developing technological knowledge and programming skills of secondary schools students through the educational robotics projects, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 217, pp. 377-381, 2016. DOI: 10.1016/j.sbspro.2016.02.107
 - [4] Balaji, M., Balaji, V., Chandrasekaran, M., Khan, M.K.A.A. and Elamvazuthi, I., Robotic training to bridge school students with engineering, *Procedia Computer Science*, 76, pp. 27-33, 2015. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.271
 - [5] Müller, B.C., Reise, C. and Seliger, G., Gamification in factory management education – A case study with LEGO Mindstorms, *Procedia CIRP*, 26, pp. 121-126, 2015. DOI: 10.1016/j.procir.2014.07.056
 - [6] Cuéllar M.P. and Pegalajar, M.C., Design and implementation of intelligent systems with LEGO Mindstorms for undergraduate computer engineers, *Computer Applications in Engineering Education*, 22, pp. 153-166, 2014. DOI: 10.1002/cae.20541
 - [7] Nee, L.V., Elamvazuthi, I., Ganesan, T., Khan, M.K.A.A. and Parasuraman, S., Development of a laboratory-scale pipeline inspection robot, *Procedia Computer Science*, 76, pp. 9-14, 2015. DOI: 10.1016/j.procs.2015.12.268
 - [8] Altin, H. and Pedaste, M., Learning approaches to applying robotics in science education, *Journal of Baltic Science Education*, 12, no. 3, pp. 365-370, 2013.
 - [9] Schunk, D.H., *Learning theories: An educational perspective*. Boston: Pearson, 2012.
 - [10] Pimienta-Prieto, J.H., *Estrategias de enseñanza-aprendizaje: Docencia universitaria basada en competencias*. Naucalpan de Juárez: Pearson, 2012.
 - [11] Kolb, D.A., *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Nueva Jersey: Prentice-Hall, 1984.
 - [12] Salas-Silva, R.E., *Estilos de aprendizaje a la luz de la neurociencia*. Bogotá D.C: Cooperativa Editorial Magisterio, 2008.
 - [13] Aragón-de Viau, M., *Estilos de aprendizaje*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2000.
 - [14] Felder, R.M. and Silverman L.K., Learning and teaching styles in engineering education, *Journal of Engineering Education*, 78(7), pp. 674-681, 1988.
 - [15] Ertmer, P.A. y Newby, T.J., Conductismo, cognitivismo y constructivismo: Una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del diseño de instrucción, *Performance Improvement Quarterly*, 6(4), pp. 50-72, 1993.
 - [16] Urbina-Ramírez, S., *Informática y teorías del aprendizaje*, *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 12, pp. 87-100, 1999.
- I.A. Castiblanco-Jiménez**, es Ing. Electrónica en 2011 de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, MSc. en Ingeniería Mecatrónica en 2011 del Politécnico di Torino, Turín, Italia, MSc. en Automatización Industrial en 2014 del Politécnico di Torino, Turín, Italia. Esp. en Lean Manufacturing y World Class Manufacturing. Experiencia en el campo de gestión de instalaciones, desarrollo de producto y producción para el grupo FIAT - CHRYSLER en Turín, Italia. Profesor de planta de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en el programa de Ingeniería Industrial. Centro de Investigaciones en Manufactura y Servicios – CIMSER, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0001-5866-078X
- J.P. Cruz-González**, es Ing. Industrial en 2007 de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, MSc. en Ingeniería Industrial en el Área de Gestión y Dirección Organizacional en 2009 de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Experiencia como consultora en diferentes multinacionales y profesor de cátedra en la Universidad de los Andes. Profesor de planta de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en los programas de Ingeniería Industrial y MSc. en Ingeniería Industrial. Directora del Centro de Estudios de Sistemas de Gestión. Centro de Investigaciones en Manufactura y Servicios – CIMSER, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0002-5343-9055
- C.R. Ruiz-Cruz**, es Ing. Industrial en el año 2000 de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia, Esp. en Logística de la Universidad del Valle, Cali, Colombia, en 2006 y MSc. en Ingeniería de esta última universidad en 2008. Profesor de planta del programa de Ingeniería Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Director del Centro de Investigaciones en Manufactura y Servicios – CIMSER, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0002-0671-7382
- L.C. Pedraza-Vega**, es Ing. de Sistemas en 1996 de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia, coordinadora de desarrollo profesoral de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Vicerrectoría Académica. Innovación Docente e Investigación Educativa - INNOVAD-IE, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0003-4725-5927
- D.C. Londoño-Restrepo**, es Ing. de Producción en 2002 de la Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, Esp. en Logística Internacional en 2008 de ESUMER, Medellín, Colombia y MSc. en Administración de Empresas con Especialidad en Gestión Integrada de la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente en 2012 de la Universidad de Viña del Mar, Chile. Profesor de planta del programa de Ingeniería Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Centro de Investigaciones en Manufactura y Servicios – CIMSER, Bogotá, Colombia. ORCID: 0000-0001-5052-0889

Enseñando la matemática desde la electrónica. Experiencia didáctica en la cátedra Análisis de señales y sistemas

Lucas Maggiolini, Ernesto Klimovsky & José Quaglia

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná, Paraná, Argentina. ing.maggiolini@gmail.com, erklimo@gmail.com, josequaglia1993@gmail.com

Resumen-- Con el fin de aumentar la motivación de los estudiantes y reducir los índices de deserción, realizamos una experiencia didáctica que consistió en implementar trabajos prácticos de hardware (electrónica) dentro de la cátedra de Análisis de Señales y Sistemas (anteriormente Análisis Matemático III). Dichos trabajos consistieron en la aplicación directa de diversos temas matemáticos en circuitos electrónicos. Trabajamos con la Serie de Fourier, el álgebra de bloques (sistemas) y el análisis de filtros por Transformada de Laplace, en todos los casos solicitando a los estudiantes que implementen circuitos y los analicen matemáticamente.

Los resultados obtenidos apuntan a una mejora en los niveles de motivación de los estudiantes, lo que resulta en una mejora notable en los índices de deserción.

Palabras clave-- Enseñanza matemática; señales y sistemas; experiencia didáctica.

Recibido: 6 de abril de 2017. Revisado: 14 de mayo de 2017. Aceptado: 30 de mayo de 2017.

Teaching mathematics from electronics. Didactic experience in System and signal analysis class

Abstract-- In order to increase students motivation and reduce dropout rates, we carried out a didactic experience that consisted in implementing practical (electronic) hardware work within the Systems and Signal Analysis class (formerly Mathematical Analysis III). These works consisted in the direct application of diverse mathematical subjects in electronic circuits. We work with the Fourier Series, block algebra (systems) and filter analysis by Laplace Transform, in all cases requiring students to implement circuits and analyze them mathematically.

The result obtained point to a greater motivation levels on the part of the students, which results in a notable improvement in the dropout rates

Keywords-- Mathematics education; systems and signals; learning experience

1. Breve marco teórico

Las diferentes carreras de ingeniería se caracterizan por una fuerte formación matemática, que se destaca principalmente en los primeros años del plan de estudios. Esto permite que los estudiantes posean las herramientas que permiten analizar y comprender las diferentes áreas de la especialidad. Esta característica es conocida por todos los estudiantes pero, pese a ello, es frecuente que soliciten a los docentes contenidos más orientados a la especialidad aún en cátedras específicas de matemática. Esta situación se aprecia fundamentalmente en el

ciclo de formación básica donde el plan de estudios incluye pocos contenidos de la especialidad. Esto provoca en los estudiantes escasa motivación hacia el estudio de las ciencias básicas (matemática, física y química). Se presenta entonces una situación en la cual la motivación resulta del tipo extrínseca [1]. Dicho en otras palabras, los estudiantes no están motivados más allá de de la acreditación de una cátedra.

Chevallard [2] critica el paradigma de enseñanza que el denomina paradigma de la visita a obras, en el cual los estudiantes visitan y admiran obras matemáticas sin llegar a conocer sus razones de ser. Según el autor un proceso de enseñanza que posea sus fundamentos en dicho paradigma, formará en los estudiantes la creencia que el conocimiento matemático es algo de lo cual se puede prescindir casi por completo. Considerando que gran cantidad de los conceptos matemáticos analizados en las diferentes cátedras del área matemática, no poseen una aplicación directa hasta los últimos años de la carrera, surge por parte de los estudiantes la típica pregunta: “¿y esto para qué sirve?”.

Una estrategia para hacer frente a tal situación es la enseñanza de la matemática mediante la resolución de problemas. Charnay [3] es defensor de tal metodología indicando que son los problemas los que han dado origen y sentido a las matemáticas, según el autor “hacer matemática es resolver problemas” [3]. En este modelo de enseñanza el problema es el recurso por excelencia en el proceso de aprendizaje. Tal vez entonces, al utilizar problemas específicos del área correspondiente de la ingeniería, se podría aumentar la motivación de los estudiantes y lograr un mejor proceso de aprendizaje de la matemática.

2. El problema

Considerando la perspectiva general de una matemática orientada a la ingeniería tal cual se define en el plan de estudios, en la cátedra siempre se plantean problemas reales y aplicados a la ingeniería electrónica, como ser resolución de circuitos o cálculos de filtros. Pese a ello siempre hemos tenido la problemática de encontrarnos con estudiantes poco motivados. Aquí debemos considerar que en 3° año del plan de estudios de Ingeniería en Electrónica, los estudiantes aún no han tenido

Como citar este artículo: Maggiolini, L., Klimovsky, E. and Quaglia, J., Enseñando la matemática desde la electrónica. Experiencia didáctica en la cátedra Análisis de señales y sistemas. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 38-42, Julio, 2017.

ninguna cátedra específica de electrónica o en la cual implementen trabajos de laboratorio.

Esta falta de motivación provoca una falta de seguimiento en los contenidos de la cátedra y, remarcando que existe una fuerte interrelación de conceptos, ocurre una degradación de la matrícula durante el transcurso del año.

2.1. Nuestra propuesta

Con el fin de aumentar la motivación de los estudiantes y mejorar el proceso de aprendizaje implementamos diversos trabajos prácticos de hardware. Los mismos consisten en el armado de circuitos electrónicos y su análisis matemático. El procedimiento es el siguiente:

- 1) Solicitamos a los estudiantes que conformen grupos de trabajo (igualmente deben realizar otras actividades de la cátedra en grupo).
- 2) Les indicamos el circuito a implementar, qué deben analizar del mismo y proponemos algunas preguntas que permitan relacionar los aspectos electrónicos con los matemáticos.
- 3) Por último deben realizar una defensa oral del trabajo con el circuito funcionando. En esta instancia siempre intentamos generar debate sobre los conceptos matemáticos y su relación con la electrónica.

Debemos destacar que ya hemos realizado una experiencia similar para mejorar el seguimiento de los contenidos de la cátedra [4]. En esta nueva experiencia buscamos lograr una motivación intrínseca, con el fin que el seguimiento de los contenidos sea iniciativa de los estudiantes y no resultado de una exigencia de la cátedra.

2.2. Trabajos implementados

Hemos implementado tres trabajos de hardware, cada uno correspondiente a una unidad temática. El primero se desarrolla en conjunto con los conceptos de un sistema Lineal e Invariante en el Tiempo (LTI) y los conceptos de transformación de la variable independiente. El segundo se desarrolla en conjunto con la Serie y Transformada de Fourier y el análisis en frecuencia. El último se desarrolla junto con los conceptos de Laplace y filtrado.

2.2.1. Primer trabajo de hardware

En el primer trabajo proponemos a los estudiantes el armado de un circuito electrónico con diversos bloques que permiten analizar los conceptos que definen a un sistema LTI, el álgebra de bloques y las transformaciones de la variable independiente. El primer bloque consiste en un oscilador y un divisor de frecuencias. El oscilador genera una señal cuadrada y el divisor permite obtener 3 señales de frecuencias múltiplo de la frecuencia del oscilador. A la salida del divisor se conecta un filtro Pasa Bajos (PB) con el fin de eliminar la componente de corriente continua. Esta señal se aplica a un integrador que convierte su forma de cuadrada a triangular. El último bloque posee una llave selectora para seleccionar la señal, cuadrada o triangular, a la cual le suma un nivel definido de tensión continua y posteriormente es atenuada o amplificada.

En la Fig. 1 se aprecia un diagrama de bloques del circuito propuesto.

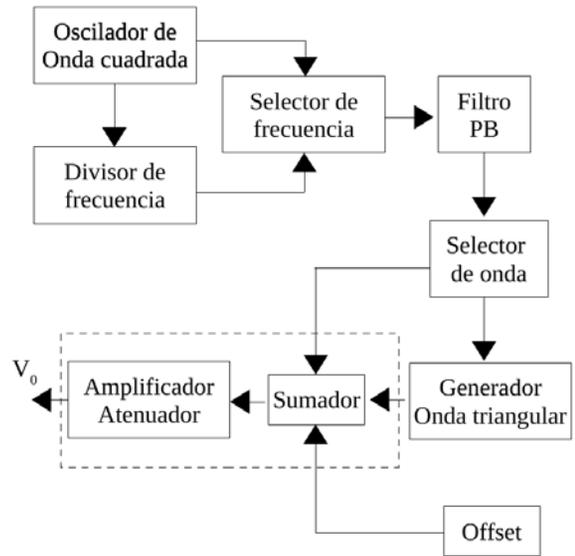


Figura 1. Diagrama de bloques del primer trabajo. Fuente: Los autores.

La interpretación matemática y electrónica de cada bloque puede apreciarse en la Tabla 1.

Tabla 1 Interpretación Primer Trabajo

Bloque	Interpretación Matemática	Interpretación Electrónica
Oscilador Cuadrada	$x(t) = \begin{cases} a, 0 < t < T_0/2 \\ 0, T_0/2 < t < T_0 \\ x(t) = x(t + T_0) \end{cases} \quad (1)$	Oscilador Astable Período = T Ciclo trabajo 50%
Divisor Frecuencia	$y(t) = x(t/2) \quad (2)$	FlipFlop divisor de frecuencia (J=K=1)
Filtro DC	$H(s) = \frac{jw}{RCjw + 1} \quad (3)$	Filtro RC primer orden Frecuencia corte 1/(RC)
Generador Triangular	$v_0(t) = \frac{-1}{RC} \int_0^t v_i(\tau) d\tau \quad (4)$	Amplificador operacional en modo integración
Offset	$x(t) = c \quad (5)$	Divisor resistivo Tensión = C
Sumador	$y(t) = -x_{1-2}(t) + c \quad (6)$	Amplificador operacional inversor en modo sumador
Amplificador atenuador	$y(t) = kx(t) \quad (7)$	Ajuste del valor de la resistencia de realimentación del operacional

Fuente: Los autores.

Los conceptos analizados en este trabajo son:

- 1) Linealidad e invarianza
- 2) Transformaciones de la variable independiente (escalamiento)

- 3) Análisis de sistemas por bloques
- 4) Específicamente los conceptos correspondientes a la varianza temporal se analizan en el divisor de frecuencia y los conceptos correspondientes a la linealidad se analizan en el sumador. Este trabajo está orientado a lograr en los estudiantes la apreciación de las características de un sistema LTI y cómo las mismas se manifiestan en un circuito electrónico.

En relación a la interpretación matemática, la misma se realiza en el dominio temporal o frecuencial, según facilite su análisis. El bloque correspondiente al filtro solo se menciona a los estudiantes ya que al momento de realizar este trabajo aún no se han enseñado los conceptos del análisis en frecuencia.

2.2.2. Segundo trabajo de hardware

En el segundo trabajo práctico presentamos a los estudiantes una señal periódica cuadrada de la cual deben calcular el desarrollo en Serie de Fourier e implementar electrónicamente las primeras tres armónicas. Posteriormente mediante un sumador realizan la suma de dichas armónicas y pueden observar la similitud de la señal obtenida con la señal propuesta.

En la Fig. 2 se aprecia la señal sobre la cual deben realizar el análisis. El circuito posee 3 etapas principales. La primera de ellas está conformada por dos bloques, el primero consiste en un oscilador ajustado a la frecuencia f que ingresa a un circuito secuencial implementado con FlipFlops. Este corresponde al segundo bloque y cumple la función de entregar 3 señales cuyas frecuencias son múltiplo de la señal generada por el reloj. Estas frecuencias corresponden a los 3 primeros armónicos de Fourier.

En la Fig. 3 se aprecia la primera etapa del segundo trabajo.

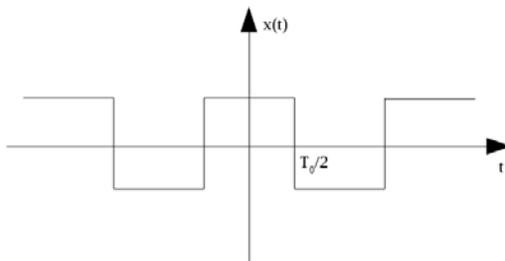


Figura 2. Señal a analizar en el segundo trabajo. Fuente: Los autores.

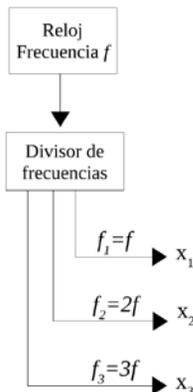


Figura 3. Primera etapa del segundo trabajo. Fuente: Los autores.

La segunda etapa del circuito propuesto se repite a la salida de cada una de las 3 señales que genera el circuito secuencial. La señal de entrada es aplicada a un filtro de baja frecuencia para eliminar la componente de corriente continua, luego un filtro Paso Bajo para suavizar la señal y por último un adaptador de impedancias que permita ingresar las señales al próximo bloque.

La misma se aprecia en la Fig. 4.

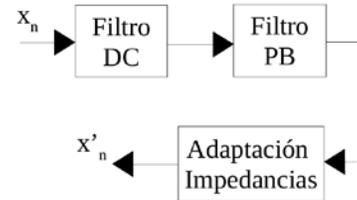


Figura 4. Segunda etapa del segundo trabajo. Fuente: Los autores.



Figura 5. Tercera etapa del segundo trabajo. Fuente: Los autores.

Tabla 2 Interpretación Segundo Trabajo

Bloque	Interpretación Matemática	Interpretación Electrónica
Oscilador Onda Cuadrada	$x(t) = \begin{cases} a, 0 < t < T_0 / 2 \\ 0, T_0 / 2 < t < T_0 \\ x(t) = x(t + T_0) \end{cases}$ (8)	Oscilador Astable Período = T Ciclo trabajo 50%
Divisor de frecuencias	$\begin{aligned} x_1(t) &= x(t) \\ x_2(t) &= x(2t) \\ x_3(t) &= x(3t) \end{aligned}$ (9)	Circuito secuencial con FlipFlop
Filtro DC	$H(s) = \frac{1}{RCj\omega + 1}$ (10)	Filtro RC primer orden Frecuencia corte 1/(RC)
Filtro PB	$H(s) = \frac{1}{(RCj\omega + 1)^3}$ (11)	Filtros RC en cascada
Adaptación de Impedancias	$x'_n(t) = x_n(t)$ (12)	Operacional en modo seguidor
Sumador	$Vo(t) = -[x'_1(t) + x'_2(t) + x'_3(t)]$ (13)	Operacional inversor en modo sumador

Fuente: Los autores.

La última etapa del circuito simplemente suma las 3 señales permitiendo obtener la señal de salida. La misma se aprecia en la Fig. 5.

Los conceptos que se analizan en este trabajo son:
Linealidad e Invarianza temporal

1) Serie de Fourier

Específicamente los conceptos relacionados a la linealidad se analizan en el bloque sumador y los conceptos relacionados a la varianza se analizan en el divisor de frecuencias. El eje principal de este trabajo se orienta al análisis de la Serie de Fourier. Aquí los estudiantes pueden apreciar cómo al sumar electrónicamente los diferentes armónicos de la serie, pueden obtener una señal considerablemente similar a la señal origen.

La interpretación matemática y electrónica de cada etapa se aprecia en la Tabla 2.

Al igual que el primer trabajo la interpretación matemática se realiza en el dominio temporal o frecuencial según se facilite su interpretación.

2.2.3. Tercer trabajo de hardware

En el último trabajo indicamos a los estudiantes que implementen dos filtros, uno Pasa Bajos y el otro Pasa Altos. A cada uno de ellos se aplica una señal de entrada, para luego variar su frecuencia y apreciar que ocurre a la salida. Por último deben conectar en cascada ambos filtros con el fin de lograr un filtro Pasa Banda.

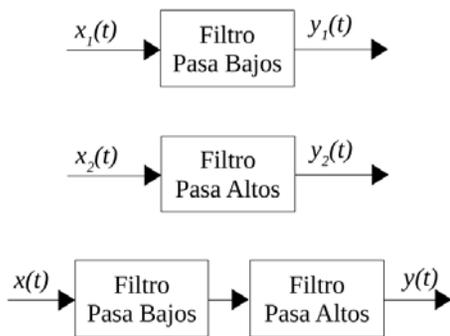


Figura 6. Diagrama en bloques del tercer trabajo.
Fuente: Los autores.

El diagrama de bloques se aprecia en la Fig. 6.

Cada uno de estos bloques deben implementarlos con filtros RC de primer orden. La interpretación matemática y electrónica de cada bloque se aprecia en la Tabla 3.

En este trabajo se analizan los conceptos de la Transformada de Laplace y su aplicación al filtrado, analizando los tres filtros básicos.

Se aprecia que a diferencia del segundo trabajo el análisis en frecuencia se realiza en el dominio de Laplace utilizando como variable *s*.

2.3. Dificultades encontradas

Nos encontramos con dos dificultades a superar durante la implementación de los trabajos:

- 1) El debate que se generó en cada grupo al momento de la entrega y defensa del trabajo, demandó más tiempo del planificado. Debido a que creemos que este debate e interpretación electrónica de la matemática es el principal aporte de los trabajos, debimos reorganizar la entrega de algunos grupos y coordinar horarios adicionales. Debemos aquí remarcar que la carga horaria de 3° año de Ingeniería en Electrónica es elevada por lo cual esta coordinación de horarios resultó compleja.
- 2) Los estudiantes aún no poseen experiencia en la defensa oral de trabajos, por lo cual debimos orientarlos y guiarlos sobre cómo exponer los mismos, sin dejar de lado el debate sobre los conceptos clave de cada tema.

3. Resultados

La investigación se realizó en los estudiantes inscriptos de la cátedra Análisis de Señales y Sistemas durante los ciclos lectivos 2013, 2014, 2015 y 2016, en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná (Argentina).

Analizamos los índices de deserción a través de la asistencia a cada parcial (tres en total) durante los 4 años mencionados. 2013-2014 corresponden a la metodología tradicional de enseñanza y 2015-2016 a la implementación de los trabajos de hardware.

El primer parcial se desarrolla durante el mes de mayo, el segundo parcial se desarrolla luego del receso de julio y el último en el mes de noviembre.

En la Fig. 7 se aprecia la evolución de la asistencia a la cada parcial.

Tabla 3. Interpretación Tercer Trabajo

Bloque	Interpretación Matemática	Interpretación Electrónica
Filtro Pasa Bajos	$H(s) = \frac{1}{RCs + 1}$ (10)	Filtro RC primer orden Frecuencia corte 1/(RC)
Filtro Pasa Altos	$H(s) = \frac{s}{R'C's + 1}$ (11)	Filtro RC primer orden Frecuencia corte 1/(R'C')
Filtro Pasa Banda	$H(s) = \frac{s}{(RCs + 1)(R'C's + 1)}$ (13)	Filtros en cascada

Fuente: Los autores.

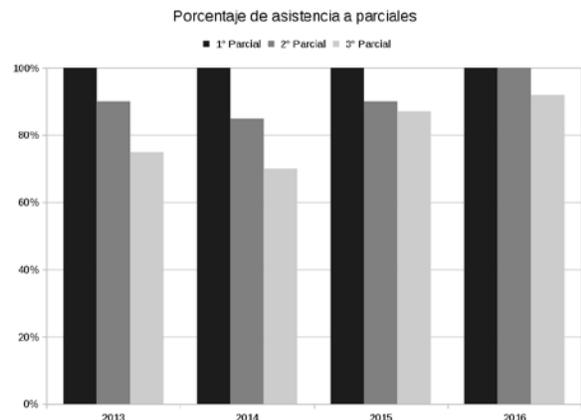


Figura 7. Índices de asistencia a parciales.
Fuente: Los autores.

Adicionalmente la cátedra realiza encuestas anuales a los estudiantes donde, entre otras cuestiones, les consulta por la implementación de los trabajos de hardware. Aproximadamente un 90 % de los estudiantes reconoció como un aporte positivo la implementación de los trabajos de hardware, remarcando el aspecto motivacional al poder interactuar con componentes electrónicos y, el aspecto conceptual, al facilitar la comprensión de los contenidos más importantes de la cátedra.

4. Discusión

En esta experiencia abordamos la problemática relacionada a la motivación de los estudiantes frente a la enseñanza de la matemática. A tal fin implementamos en la cátedra trabajos prácticos de hardware, que consistían específicamente en el armado de circuitos electrónicos.

Se han realizado diversas experiencias que implementan la enseñanza mediante la resolución de problemas [5-6], que utilizan la modelación [7] o trabajan con prototipos y bloques [8]. En todos los casos se ha orientado la investigación hacia una mejora del proceso de enseñanza, obteniendo siempre mejoras en el aprendizaje. Solo una de las experiencias [7] destaca una mejora en la motivación de los estudiantes al permitir que ellos aprecien cuál es el fin o utilidad de los conceptos matemáticos dentro de su área de estudio.

Nuestra experiencia estuvo orientada desde un comienzo a lograr un aumento en la motivación de los estudiantes, logrando reducir considerablemente los índices de deserción como se aprecia claramente en los dos años en los cuales se implementó la metodología. La experiencia anterior realizada [4] logró aumentar el seguimiento de los contenidos de la cátedra, pero dicho logro se atribuye a una exigencia adicional de la misma, en este caso logramos aumentar el interés de estudiantes consiguiendo un cambio de motivación extrínseca a intrínseca.

5. Conclusión

Logramos destacar, en la experiencia realizada, que la implementación de trabajos de hardware provocó una mejora en la motivación de los estudiantes. Debimos considerar la complejidad de los trabajos desde una perspectiva electrónica, el tiempo requerido para su desarrollo y defensa, y su correlación de contenidos con la cátedra. Pese a ello los resultados justificaron ampliamente el trabajo realizado.

Considerando otras experiencias [5-8], nos encontramos actualmente planificando una implementación más profunda de los trabajos dentro de la planificación de cátedra, con el fin de lograr una mejora en la motivación pero al mismo tiempo, utilizarlos como punto de partida del proceso de enseñanza. El diseño de tales trabajos y su incorporación presentan un gran desafío ya que es compleja la labor de buscar una implementación electrónica (realizable al nivel de los estudiantes) que permita analizar cada tema o concepto de la cátedra.

Bibliografía

- [1] Carretero, M., Constructivismo y educación, Buenos Aires, Argentina: Paidós, 2009, pp 85-90.
- [2] Chevalard, Y., Enseñar matemáticas en la sociedad de mañana: Alegato a favor de un contraparadigma emergente, *Journal of Research in Mathematics Education*, 2(2), pp. 161-182, 2013.
- [3] Charnay, R., Aprender (por medio de) la resolución de problemas, en *Didáctica de Matemáticas*, Buenos Aires, Argentina: Paidós, 1997, pp. 51-63.
- [4] Klimovsky E., Maggiolini L. y Martin M., Experiencia didáctica en la cátedra análisis de señales y sistemas, *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, 4(9), pp. 51-57, Septiembre, 2015.
- [5] Sanchez, J., Influencia en la enseñanza de la matemática basada en la resolución de problemas en el mejoramiento del rendimiento académico, Tesis, Maestría en Educación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 2009.
- [6] Bravo-Bohórquez A., Castañeda-Rodríguez L., Hernández-Yomayusa H. y Hernández-Hernández L., Enseñanza de las matemáticas en ingeniería: Modelación matemática y matemática contextual, *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), pp. 27-31, Marzo, 2016.
- [7] Peña-Pérez L. y Morales-García J., La modelación matemática como estrategia de enseñanza-aprendizaje: El caso del área bajo la curva, *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), pp. 64-71, Marzo, 2016.
- [8] Lopez-Santos O., Cambiando el rol de las actividades experimentales en la enseñanza de Electrónica de potencia, *Revista Educación en Ingeniería*, 8(15), pp. 12-23, Junio, 2013.

L. Maggiolini, recibió el título de Ing. en Electrónica en 2009 en la Facultad Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. En 2012 recibió el título de Profesor de Enseñanza Técnica en la Escuela de Educación Técnica N.º 1 de Nogoyá. En 2014 recibió el título de Esp. en Docencia Universitaria. Actualmente es jefe de trabajos prácticos en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná, Argentina.
ORCID: 0000-0002-0360-397X

E. Klimovsky, recibió el título de Ing. en Electrónica en 1996 en la Facultad Regional Paraná de la Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. En 2004 recibió el título de Dr. en Tecnología Química de la F.I.Q. de la U.N.L. Actualmente es profesor asociado en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná, Argentina.
ORCID: 0000-0003-4659-8004.

J. Quaglia, es estudiante avanzado de la carrera de Ingeniería en Electrónica en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná, Argentina.
ORCID: 0000-0002-4784-4054

Ejercicio integrador para el estudio de microprocesadores del ingeniero en telecomunicaciones y electrónica

David Castro-Piñol ^a Bernardino Enrique Álvarez-Portuondo ^b Humberto Hervella-Mateos ^c
& Ilen Rivero-Pouymiró ^d

^a Centro de Estudios de Neurociencias, Procesamiento de Imágenes y Señales (CENPIS), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. davidpinol@uo.edu.cu

^b Departamento de Ingeniería Biomédica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. balvarez@uo.edu.cu

^c División Territorial Santiago de Cuba (DTSC), ETECSA, Cuba. humberto.hervella@etecsa.cu

^d Departamento de Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. ilen@uo.edu.cu

Resumen— En la enseñanza de la ingeniería en los últimos años resulta difícil lograr la integración de conocimientos y habilidades para alcanzar un aprendizaje holístico y efectivo en el diseño de sistemas complejos. Este trabajo tiene como objetivo realizar una propuesta de ejercicio académico integrador para la asignatura de Microprocesadores de la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica en el contexto de la Universidad de Oriente para fomentar la formación integral del ingeniero. La propuesta consta del diseño de un módem con el microcontrolador 8051 y la simulación de una transmisión de caracteres. Esta propuesta contiene una explícita integración horizontal y vertical con habilidades y conocimientos de las disciplinas: Sistemas de Telecomunicaciones, Teoría de la Información y Sistemas Electrónicos que son parte esencial de la formación del profesional en ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. Para el diseño se propone el uso de la plataforma MATLAB e ISIS Proteus.

Palabras Clave— interdisciplinariedad, enseñanza de las Telecomunicaciones y Electrónica, módem, microcontrolador 8051.

Recibido: 1 de febrero de 2017. Revisado: 25 de mayo de 2017.
Aceptado: 2 de junio de 2017

Microprocessor integrator exercise for the telecommunications and electronic engineer

Abstract— In engineering teaching is important the skills and knowledge integration in order to achieve a holistic and effective learning in complex systems design. In this paper, it is proposed an academic integrator exercise for the Microprocessor subject of the Telecommunications and Electronic career in order to advance the engineering integral education at Universidad de Oriente. This exercise is a modem design based on the 8051 microcontroller. Moreover, MATLAB and ISIS Proteus platform was used in order to simulate a transmission in ASK modulation. This proposal contain an explicit horizontal and vertical integration with skills and knowledges of: Telecommunications Systems, Information Theory and Electronic Systems which are a professional formation essential part of Telecommunications and Electronic engineer.

Keywords— interdisciplinary, Telecommunications and Electronic teaching, modem, 8051 microcontroller.

1. Introducción

En las últimas décadas, la humanidad ha experimentado cambios sin precedentes en diversos ámbitos del mundo social y

tecnológico, generando inmensos desafíos tanto a las personas, como a las organizaciones, quienes deben desenvolverse en escenarios más complejos, dinámicos e inciertos. Diferentes estudios sobre el rol de la educación la definen como el instrumento fundamental para preparar las próximas generaciones. Jacques Delors, en la presentación del Informe a la UNESCO, de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI [1], lo afirma cuando plantea que: “frente a los numerosos desafíos del porvenir, la educación constituye un instrumento indispensable para que la humanidad pueda progresar hacia los ideales de paz, libertad y justicia social”. De manera que los esfuerzos humanos por mejorar y crear metodologías en contextos complejos son necesarios para el avance de la educación. Una de las áreas que presenta mayor desafíos en el contexto actual es la enseñanza de la ingeniería.

La formación del ingeniero hoy en día presenta alta complejidad debido a la gran cantidad y diversa información disponible, problemas a los que enfrenta y a la globalización de los mercados. Las estructuras corporativas son cada vez más participativas, exigiéndole al profesional mayor trabajo en equipo y responsabilidad en la toma de decisiones. La enseñanza de la ingeniería en nuestro contexto presenta algunas limitaciones porque existen tendencias a la transmisión de los fundamentos teóricos propios de cada una de las profesiones y prevalece la metodología tradicional, donde prima la enseñanza descontextualizada, el aprendizaje memorístico y la convencional división de los saberes entre disciplinas.

Se hace entonces necesario, en pro del desarrollo, reconocer que en la sociedad actual se presenta, como nunca antes, la movilidad del conocimiento, lo que trae como consecuencia la imperativa actualización de las profesiones, disciplinas y la tendencia al trabajo interdisciplinar como modelo posibilitador de producción de conocimiento.

La ingeniería es una profesión que se basa en las disciplinas, es decir, es interdisciplinaria por naturaleza. La interdisciplinariedad es el método en que la cooperación entre

Como citar este artículo: Castro-Piñol, D., Álvarez-Portuondo, B.E., Hervella-Mateos, H. and Rivero-Pouymiró, I., Ejercicio integrador para el estudio de microprocesadores del ingeniero en telecomunicaciones y electrónica. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 43-51, Julio, 2017.

varias disciplinas provoca intercambios reales, existiendo reciprocidad. Se evidencia cuando se plantea un problema en términos tales que no puede ser resuelto desde una sola disciplina. En este sentido, en la enseñanza de la ingeniería la interdisciplinariedad proporciona una gran riqueza en cuanto a las posibilidades que le brinda al estudiante para el aprendizaje significativo, ya que le permite abordar los contenidos científicos desde varios puntos de vista y adquirir una concepción más amplia, dándole un sentido mucho más completo al relacionarlo con otras áreas del conocimiento [2] [3]. Una metodología que se encuentra directamente relacionada con la interdisciplinariedad y que busca acercar al estudiante a la solución de problemas del mundo real es el Aprendizaje Basado en Problemas, ABP [4].

Barrows 1986 [4] define al ABP como “un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos”. En el ABP se parte de una situación problemática, donde la experiencia se debe centrar en el análisis, diseño y experimentación de una solución donde los protagonistas del aprendizaje son los propios alumnos. Esta metodología se encuentra muy relacionada con la interdisciplinariedad ya que los alumnos necesitan recurrir a conocimientos adquiridos en diversas asignaturas para intentar solucionar un problema [5]. Existen algunos trabajos que muestran los resultados positivos de la aplicación del ABP en problemas de ingeniería [6,7].

La carrera de ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica en la Universidad de Oriente es de perfil amplio por la cantidad y variedad de disciplinas que agrupa. Se destaca el carácter interdisciplinario que deben lograr sus asignaturas. Sin embargo existen asignaturas en las que la integración de conocimientos resulta escasa. Se cree que este fenómeno se debe en mayor parte, a la complejidad de los contenidos y la poca existencia de proyectos de carácter integrador que requieran del trabajo en equipos, principalmente ejercicios que se acerquen más al perfil profesional del ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica.

Como posible alternativa a la escasez de tareas de carácter integrador, el presente trabajo tiene como objetivo la propuesta y resolución técnica y metodológica de un ejercicio de carácter integrador del perfil profesional del ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica. También se pretende mostrar la solución de este ejercicio con la integración de las competencias disciplinarias de la carrera. El ejercicio consta del diseño y simulación de un módem con el microcontrolador 8051 que es el más visto en la carrera y el estudio de su modelo es básico para la comprensión de otros microcontroladores. La propuesta puede ser considerada como tarea final extra clase de la asignatura Microprocesadores II del primer semestre de cuarto año de la carrera ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. Aunque este trabajo no analiza un enfoque completo de ABP sobre el ejercicio, sí es aconsejable orientar su resolución mediante su metodología debido al carácter holístico del ejercicio y que está concebido para el trabajo en equipo. La propuesta pretende formar en los estudiantes capacidades competentes en la solución de problemas interdisciplinarios de la profesión.

El ejercicio propuesto tiene un carácter interdisciplinario

porque fue diseñado para que fuese resuelto desde la colaboración y relación entre diferentes disciplinas y no desde un enfoque aislado. Debido a esto la propuesta motiva al trabajo en equipo en los estudiantes para darle solución. En un equipo de trabajo de estudiantes de ingeniería, generalmente existe una tendencia a que cada uno tenga preferencia por determinada disciplina o le sea más fácil desarrollar algunas habilidades específicas dentro de su profesión. De ahí que se plantea que el trabajo en equipo con este ejercicio puede fortalecer interdisciplinariedad, la colaboración entre sus miembros, la comprensión y el respeto.

Cabe destacar el grado integrador del ejercicio a nivel horizontal y vertical con las principales disciplinas de la carrera. En la Fig. 1 se puede apreciar un diagrama de relaciones donde se aprecia la relación del ejercicio con asignaturas de la carrera.

Se puede observar en la Fig. 1 la relación del ejercicio integrador propuesto con el nivel básico, con el semestre, con el año y con el nivel profesional. El nivel básico agrupa todas las asignaturas básicas que son necesarias para resolver la propuesta. En el semestre son las asignaturas que se encuentra recibiendo el estudiante a las cuales aporta y se nutre la propuesta. En el año es la asignatura del próximo semestre que se relaciona con la propuesta. En el nivel profesional que es el quinto año, es la asignatura a la que el ejercicio aporta aunque en menor medida. Estas relaciones pretenden mostrar las competencias que los estudiantes han desarrollado en cada asignatura que son necesarias para el diseño del ejercicio y cómo todo este conjunto de conocimientos, habilidades, aptitudes y actitudes se integran y refuerzan en esta experiencia particular. En las siguientes secciones a medida que se resuelve cada etapa del diseño se muestra cómo se evidencia la interdisciplinariedad entre las asignaturas expuestas.

Este documento está compuesto por cuatro secciones principales. La primera sección es la introducción. La segunda sección cubre la metodología y las técnicas utilizadas para la resolución del ejercicio donde se abordan las diferentes etapas del diseño y sus relaciones con las disciplinas involucradas. La tercera sección analiza los resultados obtenidos que prueban el correcto funcionamiento del diseño y una cuarta sección que comprende las conclusiones del trabajo y posibles áreas para trabajar en el futuro.

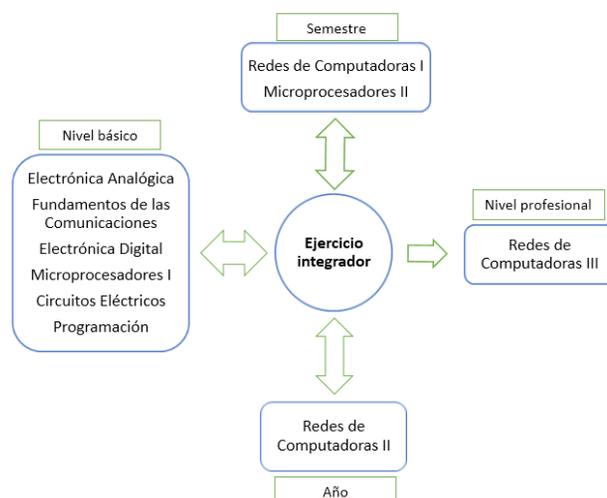


Figura 1. Diagrama de relaciones del ejercicio integrador con las asignaturas. Fuente: Los autores

Un conjunto de materiales anexos se encuentra en: https://www.dropbox.com/sh/8f5gcyfuck1dtoh/AADQ_4i0bHYTzyewr5i1uJbla?dl=0 para ser utilizados con fines investigativos y docentes.

2. Metodología para resolver el ejercicio

La elaboración y orientación del ejercicio es una parte fundamental de la tarea a presentar a los estudiantes. Debe ser precisa, lo suficientemente compleja (pero no imposible) y nueva para despertar la motivación de los estudiantes en la experimentación y búsqueda de una solución. Por las características de este ejercicio es importante darle libertad al estudiante a la hora de escoger un camino para darle solución. A continuación se plantea el ejercicio a resolver como posible ejemplo de tarea final extra clase.

Ejercicio: Diseñar un módem con el microcontrolador 8051 con sus operaciones básicas que sea capaz de transmitir información usando modulación *Amplitude-Shift Keying* (ASK) [8] sobre el canal telefónico. Realizar una simulación en Proteus ISIS donde se compruebe la modulación y desmodulación de una cadena de caracteres entre transmisor y receptor. El sistema debe contener un protocolo simple de comunicación que sea capaz de detectar errores en la transmisión.

La modulación constituye uno de los conceptos más importantes de la carrera por eso la significancia del diseño de un módem. Los módems en general constituyen el equipamiento encargado de realizar las labores de modulación y desmodulación de las señales que se intercambian a través de la red telefónica y entre dos equipos terminal de datos (ETD). El módem tiene como función la modulación de una señal digital, convirtiéndola en una señal analógica que se transmite a través de un medio y demodula dicha señal para recuperar la información original. Hacer énfasis de que se diseña un módem porque se tiene en cuenta más las operaciones de modulación y desmodulación que otras funciones que traen los módems.

También se aprecia la orientación del ejercicio con el microcontrolador 8051 debido a que es el microcontrolador que los estudiantes más han estudiado en la carrera donde ya tienen consolidados conocimientos y habilidades sobre el mismo. No se propone este microcontrolador porque sea el mejor para el diseño de un módem.

2.1. Simulación en Simulink de la modulación y desmodulación

Después del planteamiento del ejercicio, se motiva a los estudiantes a que realicen entre ellos una lluvia de ideas en busca de organizar, planificar y distribuir la resolución del problema de diseño. El profesor debe interactuar como mediador y facilitador del diálogo con los estudiantes en esta etapa de análisis ya que contribuye a prepararlos en el ejercicio del trabajo en equipo y cómo deben articular entre ellos sus conocimientos y habilidades.

Es conveniente orientar el comienzo realizando un diseño que vaya desde lo más general hasta lo más particular. Es aconsejable también comenzar realizando cálculos generales del sistema, simulaciones y programar operaciones básicas en el microcontrolador 8051 para posteriormente diseñar el

esquema eléctrico general.

Una forma para comenzar es confeccionar la estructura del diseño en un esquema general en bloques para determinar parámetros y características de la comunicación. Una herramienta muy útil para comprobar y analizar el diseño general es el Simulink que está integrado a MATLAB. El estudiante en este punto de la carrera ha desarrollado las habilidades básicas en el uso del Simulink de años anteriores especialmente en asignaturas de la disciplina Teoría de la Información.

Simulink es un entorno de diagramas de bloque para la simulación multidominio y el diseño basado en modelos. Admite el diseño y la simulación a nivel de sistema, la generación automática de código y la prueba y verificación continuas de los sistemas embebidos. En la Fig. 2 se aprecia el esquema propuesto en Simulink de la transmisión y recepción de información por el canal telefónico usando la modulación ASK. Se observan los bloques: generador aleatorio de señal digital (*Random Integer Generator*), portadora local (*Sine Wave*), un modulador balanceado (*Product*), el canal telefónico, el modulador balanceado de la recepción (*Product 1*) con una portadora sincronizada (*Sine Wave 1*), un filtro paso bajo, un comparador de umbral (*Compare To Constant*) y el osciloscopio (*Scope*).

El estudiante puede llegar al esquema de la Fig. 2 sin mucho esfuerzo porque en el semestre en que se encuentra ha recibido el tema de modulaciones digitales correspondiente a la asignatura de Fundamentos de las Comunicaciones III y ha realizado simulaciones en Simulink con diferentes tipos de modulaciones digitales incluyendo ASK que es uno de los casos más simples. Este es el primer momento en el que el estudiante comienza a aplicar contenidos y habilidades horizontales de otras asignaturas que se encuentra recibiendo.

Como se trata de un módem que va a transmitir por el canal telefónico hay que tener en cuenta que el rango de frecuencias del canal va de 300 Hz-3400 Hz. En la Fig. 2 se simula como un filtro pasa banda de color rojo. La etapa que se encuentra antes del canal corresponde al modulador balanceado de ASK. Como modular es trasladar a la frecuencia de la portadora (f_c), el espectro del mensaje para que pueda transmitirse por el canal, entonces el valor ideal de la frecuencia de la portadora es 1850 Hz ya que se encuentra centrada entre 300 Hz y 3400 Hz.

Después de tener el valor de la frecuencia de la portadora, el estudiante debe proceder a calcular la velocidad de transmisión (V_t). La velocidad de transmisión máxima teórica o capacidad del canal dado el ancho de banda del canal se calcula por la fórmula de Nyquist [9] en condiciones sin ruido:

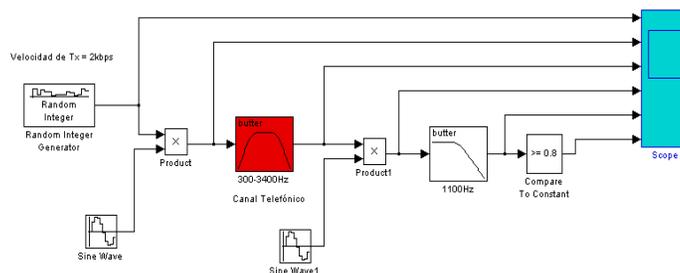


Figura 2. Esquema en Simulink de la modulación y desmodulación ASK
Fuente: Los autores

$$C = 2W \log_2(n) \quad (1)$$

Donde C es la capacidad del canal y se mide en bits por segundo (bps). W es el ancho de banda del canal que se presenta en Hz y n es el número de niveles diferentes que puede adoptar la señal. En este punto el estudiante conoce que $W = 1550$ Hz y puede tomar $n = 2$. Entonces la capacidad del canal máxima teórica es $C = 3,1$ kbps.

En esta simulación se ha utilizado como $V_t = 2$ kbps y la $f_c = 2$ kHz porque son valores convenientes a los que probablemente el estudiante llegará cuando comience a enfrentarse a diversos problemas. Estos problemas están relacionados con el hecho de que valores obtenidos en cálculos teóricos no son los más adecuados a la hora de implementar en el hardware el diseño, específicamente en el microcontrolador 8051 que no tiene muy altas prestaciones. Esta secuencia de problemas y la relación entre lo teórico y práctico es muy ventajoso para cualquier ejercicio que se pretenda resolver con una metodología que integre conocimientos y habilidades de diversas disciplinas.

En la Fig. 3 se puede apreciar los resultados del osciloscopio (*Scope*) donde se observa la señal en las diferentes etapas de la transmisión y recepción. Esta simulación es la base para implementar posteriormente el hardware y el software que realice las operaciones observadas en cada etapa del esquema de Simulink.

Se resume cómo esta primera parte de diseño y simulación general de este módem influye en el desarrollo de competencias en los estudiantes. Primero se destaca los beneficios de la sinergia inicial en el equipo guiado por el profesor que son el enriquecimiento de las capacidades comunicativas y de interacción social frente a un conflicto técnico. Esto se debe a que en el ejercicio no se les hace explícito qué herramientas utilizar para un diseño general. Segundo, se desarrolla un pensamiento heurístico en el estudiante al darse cuenta de la posibilidad de utilizar el Simulink como primer paso para comprobar el funcionamiento del módem desde una perspectiva teórica y matemática. Como último se fortalecen las habilidades y destrezas técnicas en el uso del Simulink al construir un esquema general donde el estudiante debe configurar los parámetros de funcionamiento.

2.2. Implementación del transmisor

En esta sección se trata sobre la implementación del transmisor en el microcontrolador 8051 donde su principal función será la modulación de una señal de datos en ASK. En la medida que se avance en el diseño técnico se va explicando la integración de las disciplinas que necesita el estudiante para esta etapa.

En la generación de la señal modulada en ASK, la señal de datos binaria entra a un modulador balanceado con la portadora como se pudo apreciar en la Fig. 2. Si se observan los resultados del osciloscopio de las dos primeras señales en la Fig. 3 se puede traducir a que cuando haya un '1' en la señal de datos binaria se transmite la portadora y cuando haya un '0' se detiene la transmisión de la portadora. ASK consiste en la conmutación de la portadora en el tiempo que dure un bit. El valor 2 kHz de la frecuencia de la portadora es conveniente porque permite transmitir al menos un período de la misma en cada bit teniendo en cuenta que la velocidad de transmisión es 2 kbps.

2.2.1. Sinusoide portadora

Al conocer la simplicidad de cómo generar la señal ASK entonces el estudiante debe proceder a implementar esta etapa en el microcontrolador 8051. El primer desafío es el de generar una sinusoide que represente la portadora. Este es un punto de discusión y análisis entre los estudiantes puesto que permite el debate de técnicas para programar la generación de la sinusoide. Como la generación de una sinusoide en un microcontrolador es una tarea que el estudiante no ha enfrentado anteriormente y existen diversas vías para realizarse esta situación motiva a una síntesis de habilidades de procesamiento digital y analógico.

Una de las formas más simples para darle solución a este problema es grabar en la memoria de programa del microcontrolador una tabla de valores constantes de un período de la sinusoide. Posteriormente extraer este conjunto de valores por un puerto del microcontrolador cada un intervalo de tiempo T_s con la ayuda de un timer. Estos valores obtenidos son posteriormente suavizados con un filtro pasa bajo.

Para calcular T_s hay que considerar la cantidad de muestras por período que son necesarias para lograr la frecuencia de la portadora. Las ec. (2)-(4) explican mejor la relación entre estos parámetros.

$$NT_s = T_c \quad (2)$$

$$f_c = \frac{1}{NT_s} \quad (3)$$

$$T_s = \frac{1}{Nf_c} \quad (4)$$

Donde N es la cantidad de muestras por período, T_s es el período de muestreo, T_c es el período de la portadora y f_c la frecuencia de la portadora. Conociendo que $f_c = 2$ kHz y tomando el valor de $N = 12$ se obtiene que $T_s = 42$ us.



Figura 3. Etapas de la señal en el osciloscopio. a) Información a transmitir, b) información modulada en ASK, c) señal de ASK a la entrada del receptor, d) señal ASK a la salida del demodulador balanceado, e) señal filtrada, f) señal de información transmitida recuperada en el receptor.

Fuente: Los autores

Este valor de T_s corresponde a una frecuencia de muestreo de $f_s = 23.8$ kHz de la sinusoide portadora de 2 kHz cumpliendo el teorema de muestreo de Nyquist. Se puede observar como en

este diseño el estudiante debe utilizar uno de los teoremas más importantes de la carrera recibido en la asignatura de Fundamentos de Comunicaciones II a la vez que fortalece la comprensión del teorema en otro contexto

De esta forma mediante la interrupción del *timer 0* que se desborda cada un tiempo T_s se extraen los valores de la tabla para lograr formar la portadora. Los N valores de la tabla se pueden obtener mediante un programa en MATLAB que ayude inicialmente al estudiante a graficar la senoide cuantificada de 8 bits. Entre los materiales anexados a este documento se encuentra una propuesta de programa en el fichero *GenerateSinTable.m*. Por otro lado el estudiante puede obtener estos valores utilizando otras herramientas como las hojas de cálculo.

2.2.2. Configuración de la velocidad de transmisión

Después de haber resuelto el problema de generar la senoide portadora el estudiante se encuentra con nuevos desafíos antes de completar el proceso de modulación. Se había mencionado que la velocidad de transmisión es de 2 kbps o que es lo mismo decir 2 kbd porque la señal de datos se modula con dos niveles. Ahora hay que determinar cuál es el mejor modo del microcontrolador 8051 para esta velocidad de transmisión. El modo 1 asíncrono UART de 8 bits con el *Baud Rate* variable permite asignar la velocidad de transmisión deseada. Mediante la ec. (5) se determina el valor que hay que cargarle el *timer 1* en el registro *TH1* para obtener la velocidad de transmisión deseada.

$$V_t = \frac{2^{SMOD} * FrecuenciaOscilador}{32 * 12 * (256 - TH1)} \quad (5)$$

Conociendo que la frecuencia del oscilador es de 12 MHz, $SMOD = 0$ y la $V_t = 2$ kbps, se realiza un despeje de *TH1* y se obtiene un resultado de 241. Aunque este resultado no es exacto, para ese valor de *TH1* es equivalente a una velocidad de transmisión de 2,08 kbps resultado que no afecta al sistema.

La ec. (5) se recibe como parte del contenido de transmisión del puerto serie de la asignatura Microprocesadores II y forma parte de uno de los contenidos que se evalúa en la etapa. La misma se encuentra en las hojas del fabricante del 8051. Es un logro poder motivar la búsqueda de información en las hojas de los fabricantes de diversos circuitos integrados y esta expresión es una buena oportunidad para ello. Es muy ventajoso la utilización por parte de los estudiantes de esta documentación ya que propicia un contexto de diseño más cercano al del ejercicio de la profesión.

2.2.3. Modulación

Al término de este análisis, los estudiantes comienzan a utilizar herramientas *software* para el diseño y prueba del módem. La plataforma *Proteus Design Suite* es un *software* de automatización de diseño electrónico, desarrollado por *Labcenter Electronics Ltd.*, que ha utilizado el estudiante durante la carrera debido especialmente a las asignaturas de Electrónica Digital y Electrónica Analógica. Cabe señalar que durante todo el diseño los estudiantes tendrán momentos de prueba y error. Es decir, el diseño final se

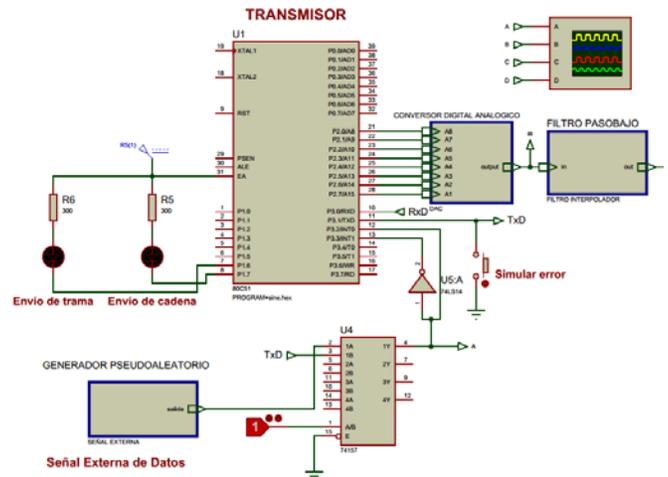


Figura 4. Esquema eléctrico del transmisor
Fuente: Los autores

construye en etapas de cálculo y simulación. Este es uno de los momentos en que se evidencia el fortalecimiento de competencias relacionadas con habilidades de llevar un diseño calculado hacia un esquema eléctrico y finalmente a un programa.

Después de haber configurado la velocidad de transmisión del puerto serie del 8051 se procede a explicar cómo modular los bytes a transmitir. Una posible variante que se propone es mediante la conexión del pin TxD del 8051 a sus interrupciones externas mediante un inversor *Schmitt Triggered* 74LS14. Este hardware externo implica que va a ocurrir una atención a interrupción cada vez que haya un flanco de caída y un flanco de subida. Esta técnica persigue que cuando haya un flanco de subida se comienza a generar la portadora por el puerto P2 y cuando sea un flanco de caída se detiene la generación de la portadora, sacando 0 V a la salida del convertidor digital analógico DAC. Esta conexión se puede apreciar en el esquema eléctrico del transmisor de la Fig. 4.

También se observa en el bloque del transmisor el multiplexor 74LS157 que se utiliza para seleccionar la señal digital que se quiere modular que puede estar tanto en la memoria interna del 8051 como ser una señal externa que llega al módem. Este circuito digital es opcional.

El convertidor digital analógico que se utiliza es el DAC0808 en la configuración típica de aplicación que se encuentra en el *datasheet* a diferencia que tiene un potencial de -5V en el pin VREF para asegurar que la senoide tome valores entre -5V y 5V. Esta configuración se puede ver en detalles en el fichero de simulación de Proteus dentro del bloque con nombre DAC que se aprecia en la Fig. 4. En este punto es importante que el profesor considere explicarle al estudiante la relevancia de las demoras que introducen los circuitos integrados que utiliza ya que al tratarse de una aplicación de comunicación y pueden influir en la velocidad de transmisión.

La señal a la salida del DAC se encuentra cuantificada razón por la que hay que filtrarla con un filtro pasa bajos para suavizar estos cambios. En la asignatura de Fundamentos de las Comunicaciones II se estudia el filtro interpolador que es el que se utiliza para recuperar una señal después de haber sido muestreada siempre que se cumpla el teorema de Nyquist. El

estudiante ha recibido contenidos sobre el diseño de filtros activos en la asignatura de Circuitos Eléctricos III durante el tercer año de la carrera. Por esta razón el diseño de este filtro con una frecuencia de corte de 2 kHz constituye una práctica relevante en este ejercicio ya permite la ejercitación de un habilidad en un contexto de aplicación de comunicación. En la Fig. 4 se encuentra una propuesta en el bloque FILTRO PASOBAJO que se puede consultar con mayor detalle el fichero de Proteus anexo al documento.

2.3. Implementación del receptor

Después de la implementación del transmisor se procedería a desarrollar la etapa demoduladora del receptor. Durante la realización de esta etapa el estudiante se enfrenta al reto de cómo demodular la señal de ASK. Este se considera uno de los desafíos técnicos más complejos de este ejercicio por lo que se invita al profesor a acompañar y guiar esta etapa de diseño en el espacio de aprendizaje. En esta propuesta, los bloques del demodulador fueron implementados utilizando hardware externo al 8051. En la Fig. 5 se puede apreciar esta propuesta que es continuación de la Fig. 4.

Una forma de lograr la implementación consiste en interpretar las etapas de la señal que muestra el osciloscopio en la Fig. 3. Se aconseja especialmente el trabajo de interpretación sobre estas señales con la ayuda del profesor. Al analizar la señal d) se nota una característica significativa. El demodulador balanceado, que es la multiplicación de la señal ASK por una senoide a la misma frecuencia que la portadora y sincronizada, genera un efecto de rectificación de onda completa con una amplificación en la señal a la salida. Este efecto muestra que no es necesario sincronizar la portadora entre el transmisor y el receptor ya que rectificar la señal ASK evita la implementación de la multiplicación con la portadora local en el receptor. De manera que es posible la implementación de un rectificador de onda completa utilizando un puente diodo por ejemplo. Es un contenido que se recibe en el segundo año de la carrera en la asignatura Electrónica Analógica I para realizar la conversión de AC-DC y se puede observar como también cumple una función en este tipo de aplicación.

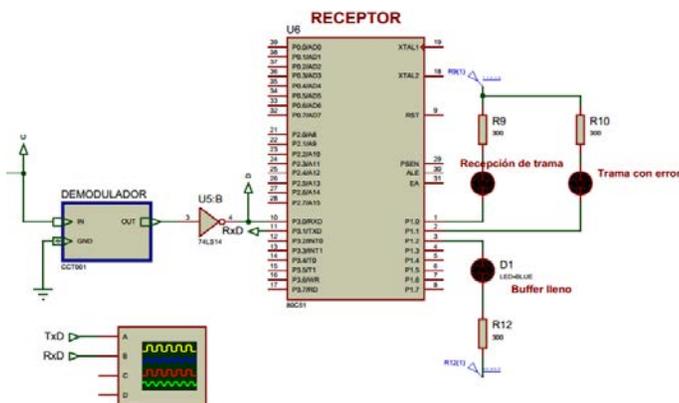


Figura 5. Esquema eléctrico del receptor
Fuente: Los autores

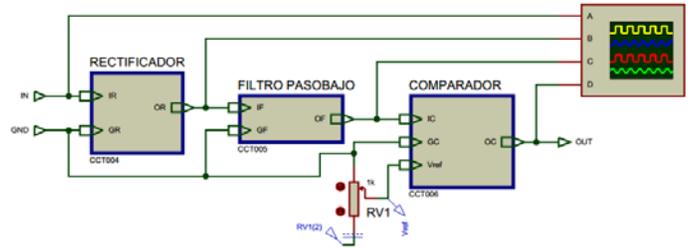


Figura 6. Bloques del demodulador
Fuente: Los autores

En esta propuesta se usa un rectificador de onda completa de precisión ya que la caída de voltaje producida por un puente diodo varía la amplitud de la señal. El rectificador de precisión de onda completa se estudia como ejemplo de aplicación de los amplificadores operaciones en la asignatura Electrónica Analógica II y el diseño propuesto se encuentra en la literatura básica Circuitos Microelectrónicos: Análisis y Diseño [10]. En la Fig. 6 se pueden observar los bloques correspondientes al demodulador.

Posteriormente al rectificador, la señal a la salida es filtrada con un filtro pasa bajo para dejar pasar las bajas componentes espectrales que van conformando la señal de datos. El filtro se diseña con los parámetros utilizados en la simulación de Simulink de la Fig. 2. A continuación un comparador de umbral define la forma de los pulsos de la señal de datos. Este comparador se construye con un amplificador operacional en régimen no lineal, donde el umbral es determinado experimentalmente mediante la simulación en Proteus con un potenciómetro. El rectificador de precisión de onda completa, el filtro pasa bajo y el comparador de umbral constituyen los bloques RECTIFICADOR, FILTRO PASOBAJO y COMPARADOR respectivamente en la Fig. 6 que forman el bloque DEMODULADOR de la Fig. 5 Para mayores detalles de estos diseños revisar los materiales anexos.

En este punto el estudiante al intentar conectar el demodulador al pin RxD del 8051 se encontrará con el problema de la incompatibilidad ya que el 8051 no interpretará correctamente los niveles digitales de la señal a la salida del bloque COMPARADOR. Esto se debe a que el amplificador operacional utilizado como comparador no brinda los niveles necesarios de tensión y corriente a la salida. Para solucionar este problema en esta propuesta se usa el inversor 74LS14 como buffer para adecuar los niveles de tensión y corriente a la salida del comparador. Este es un contenido de gran relevancia que se imparte en la asignatura de Electrónica Digital I sobre la compatibilidad entre las familias digitales y es un ejemplo de cómo se puede utilizar ese conocimiento cuando aparece la necesidad en esta experiencia específica.

En esta etapa es trascendente cómo el estudiante logra integrar los conocimientos y habilidades de las principales configuraciones de los amplificadores operacionales recibidos en la asignatura Electrónica Analógica II en un solo bloque demodulador. Es importante señalar que el sentido de integración en este ejemplo no se queda solo en la unión de diversos conocimientos sino que se acerca a un nuevo conocimiento generado por esta experiencia debido a que el

resultado de esta distribución de amplificadores operacionales ha generado el comportamiento de un demodulador. Para el mejor conocimiento de los autores no se ha encontrado hasta el momento una distribución igual en la literatura.

2.4. Detección de errores en la transmisión

Debido a posibles efectos indeseados sobre el canal de transmisión como el ruido y la interferencia pueden ocurrir errores en la transmisión. Es importante que el estudiante que se encuentre realizando el ejercicio conozca las causas que originan estos efectos y diversas formas de darle solución al problema. Al estar recibiendo horizontalmente la asignatura de Redes I comienza a familiarizarse con los protocolos de comunicación y diversos algoritmos de detección de errores. Es necesario entonces la implementación de uno de estos algoritmos para entender con mayor profundidad la naturaleza de los protocolos de comunicación y de esta forma se evidencia en la propuesta de ejercicio la relación con la disciplina Sistemas de Telecomunicaciones.

Para darle solución al problema se implementa el protocolo de parada y espera que se encuentra en la literatura básica de la asignatura de Redes I [11]. Consiste en que el transmisor envía una trama y no vuelve a transmitir la próxima hasta que el receptor haya enviado un byte de confirmación indicando que se recibió la trama anterior. Si hubo algún error el receptor envía un byte indicador de error para que el transmisor reenvíe la trama. Constituye un protocolo de simple implementación orientado a la conexión con confirmación de recepción. Para saber si ocurrió un error se utiliza la suma de comprobación en cada trama transmitida.

Para comprobar la implementación del protocolo, entre el transmisor y el receptor se enviará la cadena de caracteres "HolaModemLoco" que se encuentra grabada en el transmisor. Esta cadena de caracteres se enviará en tramas de 7 bytes cada una, en las cuales 6 bytes corresponden a información y el último byte es la resta que se le hace a cero con los 6 bytes anteriores, es decir, es el byte de la suma de comprobación (SC). En el receptor se realiza la operación contraria, la suma de todos los bytes de la trama más SC debe ser cero para asegurar que no hubo error durante la transmisión. En la Fig. 7 se ilustra a modo de ejemplo esta cadena caracteres en transmisiones sucesivas de sus tramas. El envío de la señal de control que indica que ocurrió un error durante la transmisión se realiza directamente del receptor al transmisor utilizando el puerto serie.

2.5. Programación

La programación del transmisor y el receptor del esquema de la Fig.4 y Fig. 5 respectivamente resultaría muy engorrosa y compleja si se utiliza el lenguaje ensamblador de bajo nivel. Razón por la cual se sugiere la utilización de un lenguaje de mayor nivel como lo es C porque facilita la elaboración y comprensión de sistemas más complejos. El estudiante ha recibido en los dos primeros años de la carrera las asignaturas Introducción a la Computación, Programación I y Programación II de manera que ha fortalecido habilidades sobre la programación en C y esta propuesta ayuda a consolidarlos y a enfocar estas habilidades en un contexto de una aplicación de comunicación. El ejercicio de programar un protocolo de

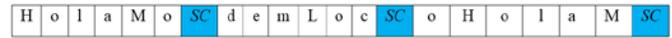


Figura 7. Tramas de la cadena de caracteres a transmitir
Fuente: Los autores

comunicación y ponerlo a funcionar es una tarea que pocas veces se ha manifestado en la carrera y que pudiera ser significativa en una mejor comprensión del contenido y en la creación de nuevas habilidades. La propuesta del programa en C aparece en los materiales anexos donde puede ser descargada y modificada para fines docentes. Solo resta que el estudiante se familiarice con compiladores que conviertan el código C a un fichero .hex para poder cargarlo en el Proteus, aunque versiones modernas del Proteus incorporan un compilador.

3. Resultados

Después de realizar el diseño del módem el estudiante debe comprobar su funcionamiento en el Proteus. Es importante señalar que el profesor debe hacer explícito la manera en que comprueba el correcto funcionamiento del diseño y motivar al estudiante a escoger esa metodología de evaluación como guía en su aprendizaje. Para ello se proponen diferentes pruebas que se pueden realizar para el análisis de los resultados. La primera de ella es comprobar la modulación y desmodulación en ASK y que la velocidad de transmisión sea la esperada. La segunda es la comprobación de la recepción de la cadena de caracteres. La tercera y última es la comprobación del funcionamiento del protocolo parada y espera y la comprobación de que retransmite las tramas defectuosas.

3.1. Comprobación de la modulación y desmodulación

En la Fig. 8 se puede apreciar la captura del osciloscopio de la Fig. 4 para comprobar la modulación y en la Fig. 9 la captura del osciloscopio de la Fig. 6 para comprobar la desmodulación. Como he de esperarse se puede verificar que la velocidad de transmisión es de 2 kbps y la modulación y desmodulación de

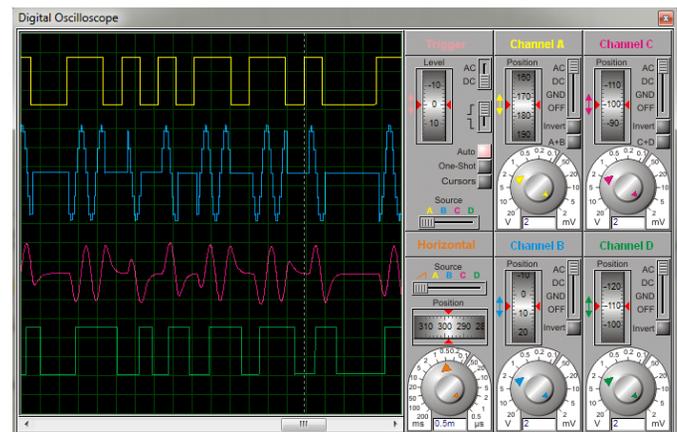


Figura 8. Captura de osciloscopio
Fuente: Los autores

disciplinas. Por lo que se puede plantear que en cierta medida esta experiencia integradora contribuye a la generación de nuevos conocimientos fundados en esta experiencia.

La forma en que los conocimientos, habilidades y aptitudes de las principales disciplinas de la carrera se conjugaron y se fortalecieron para resolver el ejercicio mostraron el carácter integrador e interdisciplinario de la propuesta.

Otra característica relevante de la propuesta es su nivel de complejidad y la importancia del trabajo en equipo de estudiantes para su resolución. La manera en que se concibió las diferentes etapas de desarrollo pudiera favorecer a la formación y fortalecimiento de valores en los equipos de estudiantes siempre que el profesor acompañe el espacio de aprendizaje.

Desde una mirada técnica, para trabajos futuros se pueden derivar otras variantes como incluir otra modulación, otro protocolo, evaluar con ruido presente en la transmisión e implementar el dispositivo en un laboratorio de electrónica. Por la parte pedagógica sería trabajar en la experimentación con varios estudiantes esta propuesta o similares para evaluar científicamente su incidencia en la formación de los mismos. Se espera y desea que esta propuesta pueda motivar el surgimiento de proyectos similares que contribuyan favorablemente al proceso de enseñanza de la carrera de Telecomunicaciones y Electrónica.

Referencias

- [1] Delors, J., La educación o la utopía necesaria, Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación. La educación encierra un tesoro, pp. 13-36, 1996.
- [2] Escobar, Y.C., Interdisciplinariedad: Desafío para la educación superior y la investigación, Rev Luna Azul, [En línea]. 31, pp. 156-69, 2010. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727233012>
- [3] Giraldo, A.V., et al., La interdisciplinariedad en ingeniería, [En línea]. Grupo Ingeniería y Sociedad. Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia. Disponible en: http://ingenieria.udea.edu.co/producciones/ingenieria_sociedad/interdisciplinariedad_ingenieria.pdf
- [4] Barrows, H.S., A taxonomy of problem based learning methods, Medical education, 20, pp. 481-486, 1986.
- [5] Gómez, B.R., Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una innovación didáctica para la enseñanza universitaria, Educación y Educadores, [En línea]. 8, 2005. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/834/83400803.pdf>
- [6] Betancourt-Correa, C., Aprendizaje basado en problemas una experiencia novedosa en la enseñanza de la ingeniería, Revista Educación en Ingeniería, 1(2), pp. 45-51, 2006.
- [7] Fernández, F and Duarte, J., El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería, Formación Universitaria, [En línea]. 6, pp. 29-38, 2013. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062013000500005 DOI: 10.4067/S0718-50062013000500005
- [8] Xiong, F., Digital modulation techniques: Artech House, 2006.
- [9] Nyquist, H., Certain topics in telegraph transmission theory, Proceedings of the IEEE, 90, pp. 280-305, 2002.
- [10] Rashid, M.H., Circuitos microelectrónicos: Análisis y diseño, International Thomson, 2000.
- [11] Tanenbaum, A.S. et al., Redes de computadoras, Pearson Educación, 2012.

D. Castro-Piñol, recibió el título de Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica en 2015 en la Universidad de Oriente de Cuba. Investiga en el campo de procesamiento de digital señales, imágenes y visión computacional. Se encuentra actualmente trabajando en el Centro de Estudios de Neurociencias, Procesamiento de Imágenes y Señales (CENPIS) de la Facultad de Ingeniería eléctrica de dicha universidad.

ORCID: 0000-0003-2906-6532

B.E. Alvarez-Portuondo, recibió el título de Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica en 2015 en la Universidad de Oriente de Cuba. Se encuentra trabajando en el Departamento de Ingeniería Biomédica de dicha universidad donde imparte clases de electrónica analógica. Su actual interés de investigación radica en aplicaciones basadas en microcontroladores.

ORCID: 0000-0002-5170-3158

H. Hervella-Mateos, obtuvo el título de Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica en el 2015 en la Universidad de Oriente, Cuba. Se encuentra trabajando en la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba ETECSA. Es especialista "C" en Telemática y se encarga de gestionar la infraestructura de transmisión y datos de la capa de transporte del territorio. Su actual interés de investigación radica en las redes telemáticas.

ORCID: 0000-0001-6618-2378

I. Rivero-Pouymiró, obtuvo el título de Ing. en Telecomunicaciones y Electrónica en el 2014 en la Universidad de Oriente, Cuba. En el 2017 obtuvo el título de MSc. en Ingeniería Biomédica en la Universidad de Oriente, Cuba. Desde el 2014 es profesora de cursos de pregrado de electrónica digital y microprocesadores. Su interés de investigación está en el procesamiento digital de señales biomédicas.

ORCID: 0000-0002-6406-3794

Implementación del ABP, PBL y método SCRUM en cursos académicos para desarrollar sistemas informáticos enfocados en fortalecer la región

Ferley Medina-Rojas, John Maicol Nuñez-Santa, Irlesa Indira Sánchez-Medina & Jaime Malqui Cabrera-Medina

Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, Neiva, Colombia. ferley.medina@campusucc.edu.co, john.nunezs@campusucc.edu.co, irlesa.sanchez@campusucc.edu.co, jaime.cabrera@campusucc.edu.co

Resumen— La integración vertical y horizontal de cursos en el currículo académico transmite a los estudiantes conceptos integrales que se fortalecen mediante el aprendizaje basado en problemas y proyectos. Como resultado de implementar estos métodos de aprendizaje se evidencia con un sistema para administrar las labores de producción en cultivos de café utilizando el marco de trabajo SCRUM, el cual establece crear incrementos funcionales con las historias de usuario a través de iteraciones, menos documentación conservando la eficiencia del proyecto, la flexibilidad al cambio de las características, servicios y restricciones de operación.

Palabras Clave— Aprendizaje basado en problemas; aprendizaje basado en proyectos, integración vertical y horizontal de cursos, método SCRUM.

Recibido: 2 de diciembre de 2016. Revisado: 15 de mayo de 2017.
Aceptado: 6 de junio de 2017

Implementation of ABP, PBL and SCRUM method in academic courses to develop computer systems focused on strengthening the region

Abstract— The vertical and horizontal integration of courses in the academic curriculum transmits to students comprehensive concepts that are strengthened through problem-based learning and projects. As a result of implementing these learning methods evidenced a system to manage production work in coffee crops using the Scrum framework work, which states create functional increments through iterations, less documentation preserving the efficiency of the project, flexibility to change the features, services and operating restrictions.

Keywords— Problem-based learning, project-based learning, vertical and horizontal integration courses, SCRUM method.

1. Introducción

La integración horizontal y vertical de cursos en el currículo académico permite implementar el aprendizaje basado en problemas (ABP) y proyectos (PBL) [1,2]; donde la temática de cada curso complementa los conceptos para solucionar una problemática previamente identificada.

La universidad pedagógica y tecnológica de Colombia hace referencia al ABP en el octavo semestre del programa ingeniería electromecánica, en la asignatura seminario de investigación, en esta el estudiante desarrolla un anteproyecto aplicando los conocimientos adquiridos en cursos anteriores [3]. De igual forma, la facultad de Informática de la Universidad del País Vasco, refieren los resultados del PBL en el curso de Ingeniería de software I, en el cual los estudiantes utilizan el conocimiento integral de los cursos de Programación básica, Programación modular y orientada a objetos, Estructuras de datos y Algoritmos. Al finalizar el periodo académico, el 68% de estudiantes refieren que su aprendizaje mejoró y se reflejaron calificaciones superiores respecto a los grupos anteriores [4].

En la actualidad, el programa Ingeniería de sistemas de la UCC sede Neiva – Huila ha integrado el ABP durante el curso análisis de sistemas; en las asignaturas diseño de sistemas, base de datos, diseño de investigación e ingeniería de software I y II el PBL [2], el ejercicio está estructurado en identificar y solucionar una problemática posiblemente enfocada a las apuestas productivas del departamento del Huila, estas se contemplan como agroindustria a base de tecnología, turismo, piscicultura, minera y energética [5]. Como resultado de esta integración, se muestra un sistema para administrar las labores de producción en cultivos de café utilizando el método SCRUM [6,7].

Cabe destacar que estos métodos de aprendizaje ayudan a fortalecer habilidades transversales como liderazgo, solución a problemas, toma de decisiones, creatividad, adaptación a nuevas situaciones, aprendizaje autónomo, emprendimiento, relaciones interpersonales, trabajo en equipo y razonamiento crítico [8,9].

2. Marco referencial

2.1. Aprendizaje basado en problemas (ABP)

La implementación del método de aprendizaje basada en problemas (ABP) inició en la Universidad canadiense de

Como citar este artículo: Medina-Rojas, F., Nuñez-Santa, J.M., Sánchez-Medina, I.I. and Cabrera-Medina, J.M., Implementación del ABP, PBL y método SCRUM en cursos académicos para desarrollar sistemas informáticos enfocados en fortalecer la región. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 52-57, Julio, 2017.

McMaster a mediados de los años 60, donde la facultad de medicina plantea que los profesionales adquieran un conjunto de competencias y habilidades básicas para afrontar dificultades reales, con los conocimientos adquiridos integrados de la investigación [10,11]. El marco de trabajo está estructurado de una serie de procesos encadenados, asociado cada uno con los roles de tutor y estudiante, este último organizado en pequeños grupos [12]. El tutor es el docente del curso encargado de guiar el proceso de aprendizaje transmitiendo la ética profesional y científica [13]. Carmen y Elvira citando a (Moust, Bouhuijs y Schmidt) [10], refieren la siguiente serie de pasos que deben seguir los estudiantes después de identificar el problema y estructurar los equipos de trabajo:

1. Aclarar términos y conceptos desconocidos del enunciado del problema.
2. Definición del problema.
3. Analizar el problema: lluvia de ideas para identificar las posibles causas [14].
4. Analizar las hipótesis planteadas y corroborar si tienen alguna relación con la problemática, posteriormente se organizan destacando las relaciones existentes entre las mismas.
5. Formular objetivos de aprendizaje: Los estudiantes definen qué deben investigar para comprender aún más el problema.
6. Efectuar una investigación exhaustiva, tomando como referencia los vacíos intelectuales identificados en el punto anterior.
7. Realizar un informe final en el cual plasman los conocimientos adquiridos y la conclusión del problema. Igualmente, cada equipo de trabajo socializa dicha información con los demás grupos.

2.2. Aprendizaje basado en proyectos (PBL)

El aprendizaje basado en proyectos aplicado en las aulas de clase, se enfoca en abordar una problemática presente por grupo de estudiantes y solucionarla. Este método permite al profesional en formación adquirir diferentes competencias y habilidades tales como: el liderazgo, trabajo en equipo, investigación y comunicación. Fernández y Duarte refieren los siguientes procesos a seguir para implementar el ABP en cursos de ingeniería [3]:

- **Sensibilización:** El tutor describe detalladamente la metodología a los estudiantes, actividades a desarrollar y los roles presentes en cada grupo de trabajo. Al culminar, cada aprendiz expone un problema identificado y se conforman los equipos. Los integrantes del grupo establecen el problema a solucionar y definen los roles que cada uno ejercerá.
- **Seguimiento a la Solución del Problema:** Es el proceso para realizar seguimiento a la solución planteada durante el semestre y se estructura en cuatro etapas:
 - **Anteproyecto:** El grupo elabora un documento formal donde plasma la identificación del problema, marco referencial y metodología prevista junto con los recursos necesarios para resolverlo.
 - **Informe de avances:** Es un escrito referenciando el progreso de desarrollo del proyecto, debe ser acompañado de una socialización para compartir

información acerca de la investigación con los demás equipos de trabajo.

- **Informe técnico de la solución:** Cada grupo socializa la arquitectura y diseño, justificando, con lenguaje técnico, las herramientas a utilizar. Igualmente, dicha información debe estar recopilada en el documento del proyecto.
- **Informe final:** Se realiza al finalizar el semestre y socializa el resultado del proyecto y su respectiva documentación.

2.3. Procesos, modelo, método y metodologías de desarrollo de software

En ingeniería de software se utilizan los procesos [15] o ciclo de vida [16] de desarrollo que se definen como la comunicación, planeación, modelado, construcción y despliegue de un sistema. La comunicación es la interacción con el cliente para definir e identificar los servicios, características y restricciones de operación del sistema. En la planeación se proyecta el sistema a desarrollar y se identifican los recursos o elementos necesarios; además se instaura un cronograma de actividades. Identificadas las necesidades en la comunicación se realiza el modelado para crear los diagramas UML, definir los componentes o módulos del sistema, establecer el diseño de interfaz y modelo de base de datos (entidades y atributos) [16]. Posteriormente, se efectúa la construcción o codificación del sistema con base a los elementos establecidos en la etapa anterior; durante este proceso, el desarrollador de software realiza pruebas de defectos y depuración de código, al culminar cada componente, se realizan pruebas de integración, operatividad y confiabilidad para comprobar que el sistema en desarrollo cumpla con las características establecidas en las etapas de comunicación y modelado. Finalmente, en la etapa de despliegue, se realiza la evaluación, búsqueda de fallas o errores en el sistema que no se encontraron en las pruebas; la implementación, puesta en marcha del sistema; el mantenimiento son las actualizaciones que se realizan.

Los procesos de desarrollo se estructuran en modelos [15] o paradigmas [16], estos plantean el orden de ejecución, pero no definen cómo se deben realizar, qué herramientas utilizar y quién interviene en cada uno de ellos [17]. Por lo anterior, surgen los métodos que definen el marco de trabajo tomando como referencia la estructura de un modelo y una metodología, en las que se encuentran las tradicionales [18], estas son identificadas por la exigente planeación, documentación, seguimiento y control exhaustivo a cada uno de los procesos que se efectúan de manera independiente, el cliente debe tener claro todas las necesidades en la etapa de comunicación por la carencia de adaptabilidad a cambios. La metodología ágil es opuesta a la anterior, plantea obtener un conjunto de necesidades del cliente más no la totalidad, realizar los procesos de planeación, modelado y construcción en interacciones, a través de bloques de tiempos cortos e integrando al cliente; finalizada cada iteración se entregan los avances para que se efectúe el despliegue. La integración del cliente le permite visionar el sistema en construcción e identificar nuevas características y servicios para orientar el producto a nuevas oportunidades.

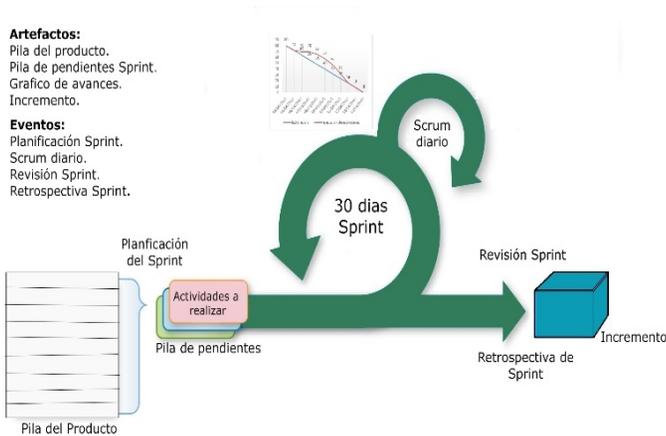


Figura 1. Marco de trabajo SCRUM
Fuente: [20]. Juan palacio “SCRUM Manager”.

Cesar y Rubén [19] refieren que las metodologías tradicionales son similares al juego de parqués, en el cual las fichas lentamente se llevan al final; cuando una ficha regresa al punto de entrada tiene que realizar nuevamente todo el recorrido. Mientras, las metodologías ágiles las asemejan al ajedrez, donde constantemente hay que adaptarse a los cambios y durante el juego se logran pequeños objetivos.

2.4. Método de desarrollo SCRUM

SCRUM es un marco de trabajo basado en la metodología ágil que plantea realizar incrementos funcionales a través de iteraciones llamadas sprint, cada una en un lapso de tiempo menor a 30 días [6]. Además, integra al cliente en los procesos de desarrollo y se adapta con facilidad al cambio de características, servicios y restricciones de operación del sistema [19], el método puntualiza una serie de artefactos, eventos y roles que pueden observarse en la Fig. 1.

La pila del producto contiene el conjunto de características, servicios y restricciones de operación del sistema (historias de usuario) asociadas a una prioridad de ejecución, estimación de tiempo de ejecución y un identificador único [21]. Las historias de usuario que se van a efectuar en un sprint son fragmentadas en tareas, se le asigna el esfuerzo estimado en horas y el responsable de la ejecución, la información se formaliza en la pila de pendientes [22]. En el transcurso de un Sprint se realizan las actividades planeadas, la consumación de cada una se referencia en el gráfico de avances (Burndown Chart), el cual permite visualizar el progreso de ejecución, como se muestra en la Fig. 2.

El eje X representa el número de días del sprint y el eje Y la sumatoria de horas estimadas para desarrollar el conjunto de tareas. Finalizado cada sprint, se plasman en un documento las nuevas características, servicios o restricciones de operación al sistema que se efectuaron.

Los artefactos se formalizan en eventos como la reunión de planificación del sprint, la dinámica consiste en definir qué se va hacer, cómo se hace y cuál es el resultado; se concreta la fecha (día, mes y año) de apertura y cierre del sprint, el objetivo del Sprint e historias de usuario que se realizan para crear el

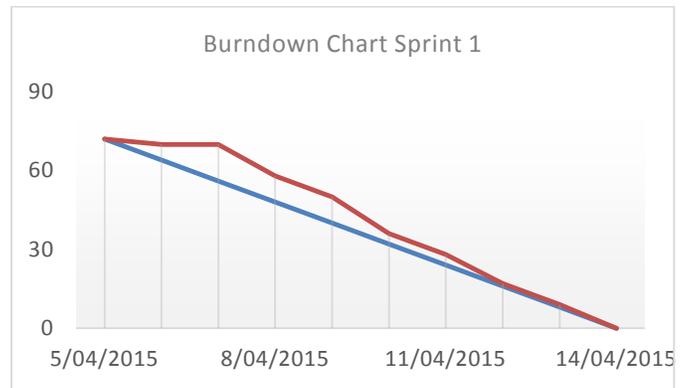


Figura 2. Ejemplo gráfico de avances en un Sprint
Fuente: Los autores.

incremento funcional. Después de definir los elementos que conforman la pila de pendientes del sprint, se puntualiza la fecha, hora y minutos lugar de la reunión del SCRUM diario y revisión del sprint. Durante un sprint se realiza la reunión de SCRUM diario antes de cada jornada laboral, allí cada integrante de equipo de trabajo define las tareas a realizar antes de la próxima reunión, se actualiza el gráfico de avances y la pila de pendientes. Al culminar un Sprint se efectúa la revisión, allí es informado si el objetivo del Sprint se cumplió, el incremento funcional realizado y actividades pendientes si quedó alguna; además, se realizan ajustes a la pila de producto si el cliente requiere agregar nuevas historias de usuario o modificar las existentes; al finalizar la reunión, el incremento es entregado al cliente para que realice las pruebas de operatividad y se programa la reunión de retrospectiva de sprint, este evento consiste en conocer e identificar las fortalezas y debilidades en las actividades que se desarrollaron en el sprint para implementar planes de mejoras, con la finalidad de transformar las debilidades en fortalezas y optimizar el desarrollo.

Para efectuar los eventos y artefactos, el método establece un equipo de trabajo con los roles de dueño del producto, SCRUM master y equipo de desarrollo [6]. El dueño del producto representa al cliente y usuario final, tiene como responsabilidad gestionar la pila del producto con las historias de usuario, optimizar el valor del producto y trabajo del equipo de desarrollo. Es el responsable que el equipo comprenda y cumpla el marco de trabajo que establece el método con sus respectivas reglas es el maestro SCRUM y el equipo de desarrollo es el conjunto de profesionales que se encarga de realizar las actividades planteadas en un Sprint para crear los incrementos funcionales al sistema.

3. Metodología

En el plan de estudio del programa Ingeniería de sistemas (Universidad Cooperativa de Colombia sede Neiva), están integrados de manera horizontal los cursos de Análisis de sistemas, Diseño de sistemas, Base de datos, Diseño de investigación, Ingeniería de software I y II [2]; verticalmente están estructurados Diseño de investigación, Base de datos y Diseño de sistemas. Esta integración tiene el enfoque de utilizar el aprendizaje basada en problemas en la asignatura de Análisis y en las demás, el aprendizaje basado en proyectos orientado en

solucionar la necesidad identificada, permitiendo a los estudiantes en formación aplicar los conocimientos adquiridos y fortalecer habilidades transversales, liderazgo, solución a problemas, toma de decisiones, creatividad, adaptación a nuevas situaciones, aprendizaje autónomo, emprendimiento, relaciones interpersonales, trabajo en equipo y razonamiento crítico [23].

El curso de análisis de sistemas está estructurado en el tercer semestre académico; donde el docente adquiere el rol de tutor y le solicita a los estudiantes que se agrupen en un máximo de tres personas e identifiquen una problemática de interés a estudiar presente en la región (las apuestas productivas del Huila). Cada integrante aporta información referente al tema para establecer y definir el problema. Identificada la necesidad, se realiza la lluvia de ideas para referir la hipótesis e identificar las variables o datos que se desconocen; estructuran las técnicas de recolección de información con asesoría del tutor para obtener datos concisos. Identificado el problema con las causas, efectos y variables que intervienen, cada equipo de trabajo construye un informe con el resultado final de la investigación y se socializa a los demás compañeros de aula mediante una exposición.

En el cuarto semestre, el estudiante se instruye en el aprendizaje basado en proyectos, los docentes asumen el rol de tutor, realizan la sensibilización de la metodología de aprendizaje, describen la estructura e integración en los cursos de diseño de sistemas, base de datos y diseño de investigación. En el curso diseño de investigación el tutor orienta en los ítems para elaborar el anteproyecto (introducción, objetivos, planteamiento del problema, marco teórico y estado del arte), este ejercicio permite realizar seguimiento al equipo de trabajo, profundizar en el problema, conocer los estudios existentes y respectivas soluciones. En las asignaturas diseño de sistemas y base de datos los estudiantes adquieren conceptos que permiten realizar la arquitectura del sistema o aplicación a desarrollar (modelo UML, diseño de interfaces, integración de módulos y modelo de base de datos). La información se plasma en el anteproyecto con el ítem de arquitectura.

En el quinto semestre, el docente de ingeniería de software I, orienta los conceptos de calidad de software, procesos, modelos, metodología y métodos de desarrollo de software (agiles y tradicionales).

En el siguiente periodo académico, el equipo establece el método de desarrollo de software para la codificación del proyecto (sistema de información, aplicación web o móvil), el tutor induce trabajar con un método ágil, el cual crea incrementos funcionales a través de iteraciones, trabajo en equipo, menos documentación conservando la eficiencia del proyecto, flexibilidad al cambio de las características, servicios y restricciones de operación [6]. Al finalizar el semestre, cada grupo socializa el proyecto, describe la problemática, tecnología utilizada y solución planteada. Además, se espera que el estudiante tenga la capacidad de solucionar y afrontar problemas reales.

4. Resultados

En el curso de Análisis de sistemas del tercer semestre, los estudiantes identifican un problema en el sector agrícola, los productores de café registran la información de las labores de

producción de manera manual en libros contables y cuando requieren generar reportes de cuentas por pagar (mano de obra), compra de insumos e ingresos obtenidos en ventas de café, cometen equivocaciones al referenciar los datos y demanda tiempo, por la carencia de aplicación amigables para administrar fincas cafeteras. Por lo anterior, se implementa las etapas del ABP para identificar las causas, hipótesis e investigar las variables que intervienen. Al finalizar, concluyen que los productores de café se estructuran en dos grupos, uno con certificaciones y el otros sin ellas, estas certificaciones se determinan como Rainforest (amigable con el medio ambiente), UTZ (buenas prácticas agrícolas y el manejo administrativo de las fincas) y FAIRTRADE (contenido social). Las fincas cafeteras bajo certificaciones realizan el registro de la información de las labores de producción de manera manual y generan reportes, mientras los restantes no efectúan ningún registro, desconociendo la factibilidad de los cultivos e inversiones efectuadas.

Durante el cuarto semestre se estructuro el proyecto denominado “sistema de información para administrar las labores de producción en cultivos de café de la vereda la cumbre (Paicol - Huila)” con el método PBL. Se redactó el anteproyecto, introducción, objetivos, planteamiento del problema, pregunta problema, marco teórico, estado del arte, metodología de investigación e implementaron técnicas de recolección de información para la profundización de la problemática, actividades efectuadas en el curso de Diseño de investigación.

En el curso Diseño de Sistemas los estudiantes aplicaron la teoría adquirida en el curso de análisis, plasmando las actividades que el sistema deberá realizar. Con la orientación del tutor los estudiantes elaboraron el modelo UML (Diagrama de clases, actividades, caso de uso, distribución y componentes). Identificadas las variables que intervienen para realizar la sistematización, se estableció a PostgreSQL como gestor de base de datos, elaborando el modelo entidad relación a través del software Pgmodeler.

En el curso de Ingeniería de Software II se empleó los conocimientos adquiridos en el curso Ingeniería de Software I. Para el desarrollo del proyecto se definió el método SCRUM. La Tabla 1 describe una historia de usuario que se creó con los ítems que establece el marco de trabajo. La Tabla 2 ilustra el artefacto de pila del producto con las historias de usuario organizadas por prioridad de ejecución.

Tabla 1.
Ejemplo de Historia de usuario.

Historia de Usuario		Fecha: 05-02-2013 Versión: 2
No.	6	Nombre de historia de Usuario
Usuario	John Maicol Nuñez	Consultar fincas
Descripción	Un usuario puede consultar las fincas asociadas.	
Condición	Entrada: Nombre de usuario Salida: información de las fincas	
Estimación	10 horas	
Prioridad de ejecución	10	
Pruebas de aceptación	Mostrar fincas asociadas con la cuenta de usuario	

Fuente: Los autores.

Tabla 2.
Ejemplo de pila del producto gestionada con historias de usuario.

Pila del Producto			
Fecha: 05-02-2013 Versión: 1			
ID	Historia de usuario	Prioridad	Estimación horas
1	Registro de usuarios	10	25
2	Actualizar datos de usuario	10	10
3	Validación de usuarios	10	15
4	Registro de fincas	10	20
6	Consultar fincas	10	10
8	Registro de lotes	10	20
10	Consultar lotes	10	10
11	Registro de cultivos	10	20
13	Consultar Cultivos	10	10
14	Programar labores y actualizar el estado de ejecución	10	45
16	Consultar labores	10	25
17	Registrar empleados	10	25
22	Consultar empleados	10	20
19	Asignar mano de obra a una actividad	10	40

Fuente: Los autores.

Tabla 3.
Planificación sprint No. 0

Planificación del Sprint No. 0			
Fecha: 05-02-2013 Versión: 1			
Fecha: 02-03-2014			
día Inicio	día finaliza	No. Días	
03-03-2014	06-03-2014	4	
Asistentes			
Dueño del Producto	Equipo de desarrollo	Maestro SCRUM	Otros
José Vicente	Maicol Núñez Arley Perdomo	Ferley Medina	
1. Objetivo del Sprint			
Corroborar que los diagramas de casos de uso, clases, actividades, distribución, y modelo entidad relación cumplan con los parámetros de las historias de usuario.			
2. Historias de usuario			
ID	Descripción	Tareas	
Observaciones:			

Fuente: Los autores.

Tabla 4.
Planificación sprint No. 1

Planificación del Sprint No. 1			
Fecha: 05-02-2013 Versión: 1			
Fecha: 15-03-2016			
día Inicio	día finaliza	No. Días	
16-03-2014	22-03-2014	6	
Asistentes			
Dueño del Producto	Equipo de desarrollo	SCRUM Master	Otros
José Vicente	John Maicol Núñez Arley Perdomo	Ferley Medina	
3. Objetivo del Sprint			
Registro de usuario y validación de inicio de sesión			
4. Historias de usuario			
ID	Descripción	Tareas	
1	Registro de usuarios	Crear diagrama de actividades, diseño, codificación y pruebas.	
3	Validación de usuarios	Crear diagrama de actividades, diseño, codificación y pruebas.	
Observaciones:			

Fuente: Los autores.

En el Sprint 0 se revisó los diagramas UML y modelo entidad relación para corroborar que cumplía con las variables presentes en las historias de usuario. La Tabla 3 muestra la planificación del sprint.

Finalizado el sprint se prosiguió con la planificación del Sprint No. 1, como se muestra en la Tabla 4, el cual contiene las etapas de análisis, diseño, desarrollo y pruebas para las historias de usuario, creando un incremento funcional.

La misma dinámica se efectúa para realización de las demás historias de usuario para la creación de los módulos finca, lotes, cultivos, empleados y labores de producción.

5. Conclusiones

El uso del método ABP en la orientación del curso Análisis de Sistema, contribuye a la formación de creatividad en los estudiantes para generar ideas innovadoras orientadas en la resolución de problemas en el ámbito Local, Regional y Nacional.

La integración vertical y horizontal de cursos en la malla curricular del programa ingeniería de Sistemas permite la construcción de ideas que terminan en el desarrollo de proyectos, para lo cual se realizan etapas de seguimiento, elaboración de informes técnicos, entrega de resultado parciales y final. Contribuyendo en la formación de habilidades de liderazgo, solución a problemas, toma de decisiones, adaptación a nuevas situaciones, aprendizaje autónomo y razonamiento crítico a los estudiantes.

El desarrollo de un software implementando un método ágil como es el caso de SCRUM, permite el desarrollo organizado e iterativo de un proyecto, contribuyendo al desarrollo de relaciones interpersonales, responsabilidad, respeto y trabajo en equipo en soluciones productivas.

Referencias

- Delgado, A., Robledo, E. and Márquez, H., Posgrado educación UATX. 2015 [Online]. <http://posgradoeducacionuatx.org/pdf2015/B069.pdf>
- Medina, F. and Rojas, F., El ingeniero de inclusión social, in LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Cancun - Mexico, 2013.
- Fernández, F.H and Duarte, J., El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería, Formación Universitaria, 6(5), pp. 29-38, 2013.
- Goñi, A., Ibáñez, J., Iturrioz, J. and Ángel-Vadillo, J., Aprendizaje basado en proyectos usando metodologías ágiles para una asignatura básica de ingeniería del software, in XX JENU, Oviedo - España, 2014.
- Iriarte, C., Rincón, A., Machado-Rojas, L.F. and Chávarro, O., Cámara de Comercio de Neiva. [En línea]. 2015. Disponible en: <https://ccneiva.org/servicios-empresariales/empresarios/>
- Ken, S. and Sutherland, J. (2013, julio) Scrum guides. [En línea]. Disponible en: <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-us.pdf>
- Medina, F., Sánchez, I., Núñez, J.M. and Cabrera, J., Sistema de información para administrar fincas productoras de café mediante el método de desarrollo SCRUM, in 3er Congreso Internacional AmITIC 2016, Santa Cruz de Bolivia, 2016.
- Gundín, O., Fidalgo, R. and García, J.N., El desarrollo de las competencias transversales en magisterio mediante el aprendizaje basado en problemas y el método de caso, Revista de Investigación Educativa, 26(2), pp. 43-44, 2008.
- Sanchez Medina, I.L., Medina-Rojas, F and Rojas-Rojas, F., El ingeniero de inclusión social con videojuegos, Educación en Ingeniería, 10(19), pp.

- 116-123, 2015.
- [10] Vizcarro, C. and Juárez, E., ¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en problemas?, in *El aprendizaje basado en problemas en la enseñanza universitaria*. España: Red de Bibliotecas Universitarias (REBIUN), pp. 17-36. 2008.
- [11] Restrepo, B., Aprendizaje basado en problemas (ABP): Una innovación didáctica para la enseñanza universitaria, *Educación y Educadores*, 8, pp. 9-19, 2005.
- [12] Morales, P. and Landa, V., Aprendizaje basado en problemas, *Theoria*, 13(1), pp. 145-157, 2004.
- [13] Meneses, G.A. and Ordoño, C.E., Laboratorio virtual basado en la metodología de aprendizaje basado en problemas, ABP, *Educación en Ingeniería*, 4(7), pp. 62-73, 2009.
- [14] Josep-Solaz, J.J., López, V. and Gómez, A., Aprendizaje basado en problemas en la educación superior: Una metodología necesaria en la formación del profesorado, *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 25, pp. 177-186, 2011.
- [15] Roger, S., Pressman, *Ingeniería del software un enfoque práctico séptima edición*. México D.F: McGraw Hill, 2010, pp. 1-74.
- [16] Sommerville, I., *Ingeniería de software novena edición*. México: Pearson, pp. 1-79.
- [17] Cervantes-Ojeda, J. and Gomez-Fuentes, M.del.C., Taxonomía de los modelos y metodologías de desarrollo de software más utilizadas, *Universidades*, 52, pp. 37-47, 2012.
- [18] Trigás, M., (2012, junio) *Universitat Oberta de Catalunya*. [En línea]. Disponible en <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/17885>
- [19] Rodríguez, C. and Dorado, R., ¿Por qué implementar SCRUM?, *ONTARE*, 3(1), pp. 125-144, 2015.
- [20] Palacio, J. and López, A., Menzinsky, G., *Scrum manager*. 2016 [Online]. Available at: http://www.scrummanager.net/files/gestion_proyectos_scrum_manager.pdf
- [21] Kniberg, H., *Scrum and XP from the Trenches: How we do scrum*, 2nd edition. United States of America: C4Media, 2015.
- [22] Alaimo, D.M., *Proyectos ágiles con SCRUM: Flexibilidad, aprendizaje, innovación y colaboración en contextos complejos*. Buenos Aires: Ediciones Kleer, 2015.
- [23] Sánchez, P. and Blanco, C., *Implantación de una metodología de aprendizaje basada en proyectos para una asignatura de Ingeniería del Software*, in XVIII JENUI, Ciudad Real, 2012.
- F. Medina-Rojas**, recibió el título de Ing. de Sistemas en la Universidad Antonio Nariño, Colombia, el título de Esp. en Gestión de Desarrollo Regional en la Universidad Surcolombiana, Colombia, el título de Esp. en Redes de Comunicaciones en la Universidad Cooperativa de Colombia, el título de MSc. en Telemática en la Universidad Central de las Villas, Cuba. Actualmente candidato a PhD(c) de Ingeniería en la Universidad Pontificia Bolivariana sede Medellín, Colombia. Se desempeña como profesor en el área de ingeniería aplicada de la facultad de ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Neiva, Colombia.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8174-6506>
- J.M. Núñez-Santa**, recibió el título de Ing. de sistemas en la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Neiva, Colombia.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4063-6949>
- J.I. Sánchez-Medina**, recibió el título de Ing. de Sistemas en 2000, el título de Esp. en Docencia Universitaria en 2005, el título de Esp. en Redes de Comunicaciones en 2008, el título de MSc. en Educación en 2012. Actualmente es estudiante de doctorado en la Universidad Oberta de Catalunya, España, y se desempeña como profesor en el área de ingeniería aplicada de la facultad de ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Neiva, Colombia.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8840-0708>
- J.M. Cabrera-Medina**, recibió el título de Lic. en Matemáticas y Física en 1988, el título de Esp. en computación para la docencia en 1995, el título de Esp. en docencia universitaria en 1999, el título de Esp. en tecnologías de la información y la comunicación TIC en educación en 2011, el título de MSc. en tecnologías de la información y la comunicación TIC en educación en 2011. Actualmente es profesor de física de la Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, sede Neiva, Colombia.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9282-7010>

Manejo de la simulación en la enseñanza de la ingeniería

Francisco Alejandro Martínez-Marín & Irma Adriana Cantú-Munguía

Academia de Electromecánica, Tecnológico Superior de Jalisco José Mario Molina, Puerto Vallarta, Jal. México, alexber2@hotmail.com, irma.cantu@tecvallarta.edu.mx

Resumen— El ingeniero debe de poseer conocimientos y dominio sobre los términos y asuntos de la informática, para aumentar su potencial profesional. Así mismo es necesario agregar que, con los avances tecnológicos que caracterizan este nuevo siglo, los profesionales se desempeñan en un ambiente laboral donde es necesario el uso de herramientas computarizadas y, en consecuencia, deben de poseer el máximo conocimiento para su uso.

Palabras clave: Software, fenómenos físicos, variables, simulación.

Recibido: 21 de noviembre de 2016. Revisado: 24 de marzo de 2017. Aceptado: 31 de mayo de 2017

Simulation handling in teaching engineering

Abstract— The engineer must possess knowledge and mastery on computer terms and computing issues, to increase their professional potential. It is also necessary to add that, that the technological advances which characterize this new century, professionals interact in a working environment where the use of computerized tools is necessary; therefore they must have the maximum knowledge for its use.

Keywords: Physical phenomenon, software, simulation, variables.

1. Introducción

Durante estos últimos años la Física Experimental en el área educativa a nivel universitario como en la enseñanza media se ha deteriorado fundamentalmente por la falta de recursos económicos, ya que, sus equipos son de alto costo y necesitan de manutención y personal bien preparado. La computación ofrece la alternativa a través de simulaciones de experimentos permitiendo mejorar en parte esta situación. Construir un experimento en un computador es más barato, no se corre el riesgo de destrucción del equipo y puede repetirse el experimento cuantas veces sea necesario.

La simulación es un método por el cual se puede probar o experimentar o predecir resultados en determinado proceso, escenario u objeto sin el riesgo de consecuencias reales. Luego permite comparar diferentes soluciones ante un problema real, probarlas y ver cuál es la mejor, posteriormente, aplicar esa solución que funcionó adecuadamente en la simulación, en el mundo físico y esperar por las consecuencias que el modelo de simulación mostró, sean las mismas a la realidad. Por ese motivo cuando se planea una simulación, ésta debe ser lo más realista posible o acercarse lo suficiente a la realidad. La expresión: “la solución funcionaba correctamente en el modelo,

no entiendo la razón por la cual no funciona en la realidad”, significa que la simulación no fue realizada correctamente, es decir, el modelo matemático de la situación real tiene fallas como no deducir correctamente como las diferentes variables afectan el todo o en el peor de los casos, olvidar incluir variables fundamentales. Una de las lecciones que primero se aprenden al diseñar modelos de simulación, es darse cuenta que el mundo real es indeterminista, esto significa la existencia de variables fuera de nuestro control, a lo sumo estimar su comportamiento; estas variables son conocidas como variables aleatorias, y funcionan con fórmulas donde el azar es el protagonista. Uno de los temas más llamativos es mostrar que haciendo uso de modelos de simulación, la posibilidad de solucionar problemas complejos, por ejemplo: encontrar el área bajo la curva dibujada por una función algebraica requiere el resolver integrales, una tarea relativamente difícil, sin embargo, usando el método Montecarlo, encontrar el área bajo cualquier curva puede ser fácil, donde el resultado obtenido es una aproximación.

2. Método

En el trabajo de simulación se plantea una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación del programa de simulación. El mismo se basa en la sinergia de dos campos del saber aparentemente disímiles: la ingeniería de software por un lado y las teorías de aprendizaje modernas por el otro, pero que convergen en la generación de un producto deseable: el software de simulación. Esta metodología se basa en la aplicación de reglas existentes en ambos campos.

Los alumnos objeto de esta investigación, son estudiantes de Dinámica del tercer semestre de Ingeniería electromecánica. Los alumnos tenían un promedio de 20 años de edad. Se analizó el uso de un software de simulación matemática, (Matlab), puede ser un recurso didáctico para facilitar el aprendizaje de la dinámica. Ya que Generalmente los estudiantes se sienten atraídos e interesados por todo el software educativo, ya que los programas suelen incluir elementos para captar la atención de los alumnos, mantener su interés y, cuando sea necesario, focalizarlo hacia los aspectos más importantes en las actividades.

Por lo tanto la función motivadora es una de las más características en este tipo de materiales didácticos, y resulta

extremadamente útil para los profesores. Los programas no directivos, especialmente las bases de datos, simuladores tales como programas constructores, ofrecen a los estudiantes interesantes entornos donde investigar: buscar determinadas informaciones, cambiar los valores de las variables en un sistema, entre otros.

Además, estos programas como herramienta, pueden proporcionar a los profesores y estudiantes instrumentos de gran utilidad para el desarrollo de trabajos de investigación que se realicen básicamente al margen de los ordenadores.

3. Resultados

El empleo del software de simulación, es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real por largos periodos de tiempo.

Matlab es un programa en cálculo matemático muy flexible y potente con posibilidades gráficas para la presentación de los datos, con aplicaciones en muchos campos de la ciencia y la investigación como herramienta de cálculo matemático. En este documento se presenta un solo ejemplo de entre las inmensas posibilidades de Matlab. El consultar las ayudas de este software u otros documentos será de gran utilidad para obtener un conocimiento más amplio. Se debe utilizar modificar el ejemplo aquí incluido para adquirir las destrezas básicas que permitan utilizar el programa como herramienta para determinada asignatura.

La simulación es una de las más grandes herramientas en la ingeniería, la cual se utiliza para representar un proceso mediante otro y lo hace mucho más simple y entendible. Esta simulación es en algunos casos casi indispensable, como nos daremos cuenta a continuación. En otros casos no lo es tanto, pero sin este procedimiento se hace más complicado.

3.1. Ejemplo:

“Una pelota se lanza verticalmente hacia arriba desde una altura de 12 metros en el pozo de un elevador con una velocidad inicial de 18 m/s. En el mismo instante un elevador de plataforma abierta pasa por el nivel de 5 m, moviéndose hacia arriba con una velocidad constante de 2 m/s. Determine a) cuándo y dónde golpea al elevador, b) la velocidad relativa de la pelota con respecto al elevador cuando ésta lo golpea”. [1]

Las Figs. 1, 2 y 3 muestran la posición de la pelota y el elevador en los diferentes momentos.

Movimiento de la pelota.

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

$$v_b = v_{0b} + at$$

$$v_b = 18 - 9.81t \tag{1}$$

$$y_b = y_{0b} + v_{0b}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$y_b = 12 + 18t - 4.9t^2 \tag{2}$$

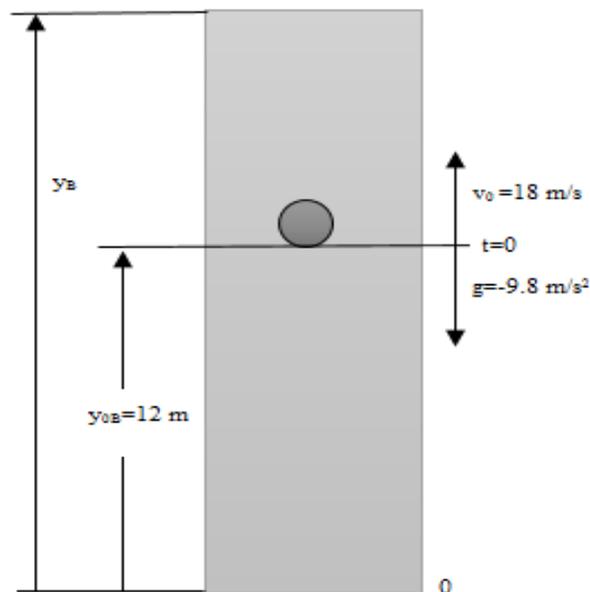


Figura 1. Pelota en condiciones iniciales.
Fuente: Los autores

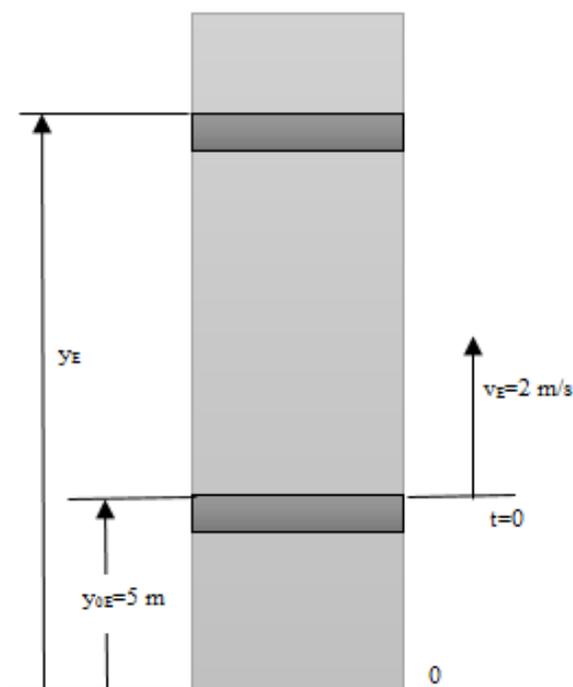


Figura 2. Elevador en condiciones iniciales.
Fuente: Los autores.

Movimiento del elevador.

Movimiento rectilíneo uniforme (velocidad constante)

$$v_e = +2 \text{ m/s} \tag{3}$$

$$y_e = y_{0e} + v_e t$$

$$y_e = 5 + 2t \tag{4}$$

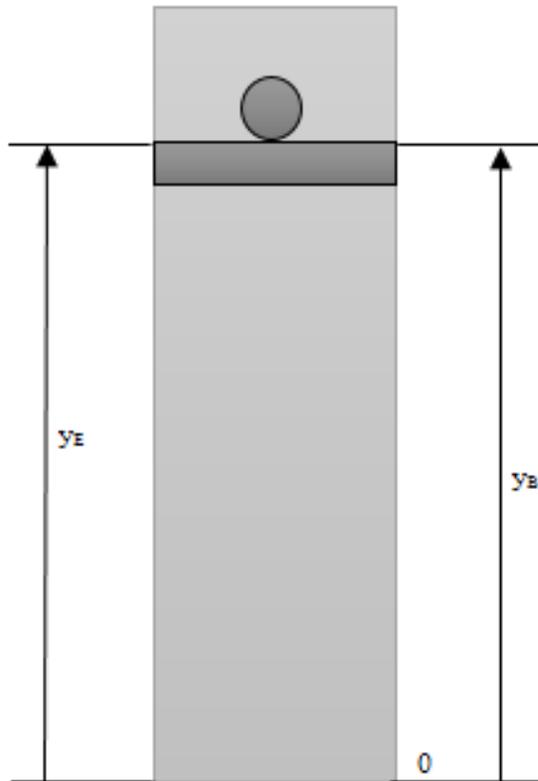


Figura 3. Momento del impacto.

Fuente: Los autores

La pelota golpea al elevador cuando las alturas son iguales.

$$y_e = y_b$$

Igualando las ecuaciones 2 y 4 y resolviendo.

$$5 + 2t = 12 + 18t - 4.90t^2 \quad (5)$$

$$t = 3.65 \text{ s}$$

Posición del elevador.

$$y_e = 5 + 2(3.65) = 12.3 \text{ m} \quad (6)$$

Elevación desde el suelo = 12.30 m

La velocidad relativa de la pelota con respecto al elevador es.

$$v_{b/e} = v_b - v_e$$

$$v_{b/e} = (18 - 9.81t) - 2 \quad (7)$$

Para un tiempo $t=3.65$ s

$$v_{b/e} = 16 - 9.81(3.65) = -19.81 \text{ m/s} \quad (8)$$

Nomenclatura

a	Aceleración (m/s ²)
t	Tiempo (s)
ye	Posición del elevador (m)
y0e	Posición inicial del elevador (m)
yb	Posición de la pelota (m)

y0b	Posición inicial de la pelota (m)
ve	Velocidad del elevador (m/s)
vb	Velocidad de la pelota (m/s)
v0b	Velocidad inicial de la pelota (m/s)
v(b/e)	Velocidad relativa de la pelota respecto al elevador (m/s)

Programa en Matlab

```
clear
close all
clc
%Programa para resolver problema.
%Datos.

xx=[];
g=9.8;y0b=12;v0b=18;y0e=5;ve=2;vob=18;ye=5;yb=12;
Time=0;
delta=0.01;
while (ye<=yb)
    yb=y0b+v0b*time-(g*(time)^2)/2;
    ye=y0e+ve*time;
    vb=vob-g*time;
    xx=[xx;time,yb,ye,vb,ve];
    time=time+delta; end
vb_e=vb-ve; %Velocidad relativa de la pelota respecto
al elevador.
figure %Gráficas de posición de la pelota y el elevador
en el tiempo.
plot(xx(:,1),xx(:,2),'k')
hold on
plot(xx(:,1),xx(:,3),'k--')
title('Grafica 01')
xlabel ('Gráficas de posición de la pelota y el elevador
en el tiempo. ')
legend ('Posición de la pelota.', 'Posición del elevador.')
grid
figure %Gráficas de la velocidad de la pelota y el
elevador en el tiempo.
plot(xx(:,1),xx(:,4),'k')
hold on
plot(xx(:,1),xx(:,5),'k--')
title('Grafica 02')
xlabel ('Gráficas de la velocidad de la pelota y el
elevador en el tiempo.')
legend ('Velocidad de la pelota.', 'Velocidad del
elevador.')
grid
%Resultados.
fprintf('El tiempo de choque se da en:')
disp(time)
fprintf('La altura de la pelota desde el suelo es:')
disp(yb)
fprintf('La velocidad relativa de la pelota respecto al
elevador es:')
disp(vb_e)
```

3.2. Solución

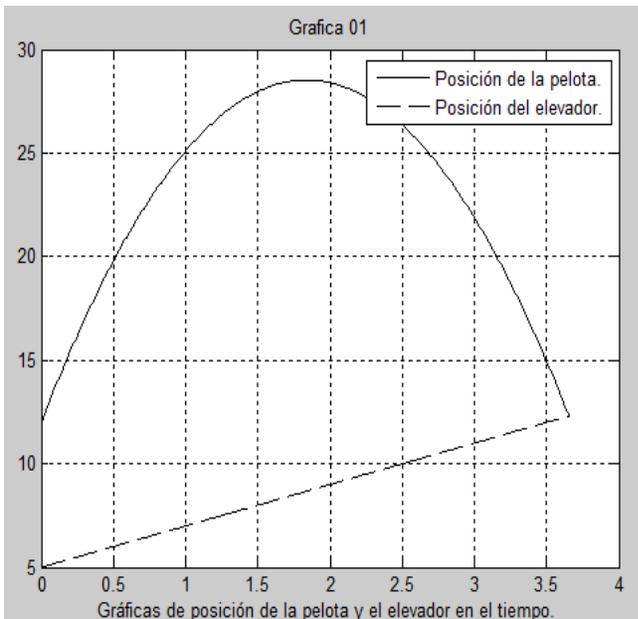


Figura 4. Gráfica de posición de la pelota y elevador
Fuente: Los autores

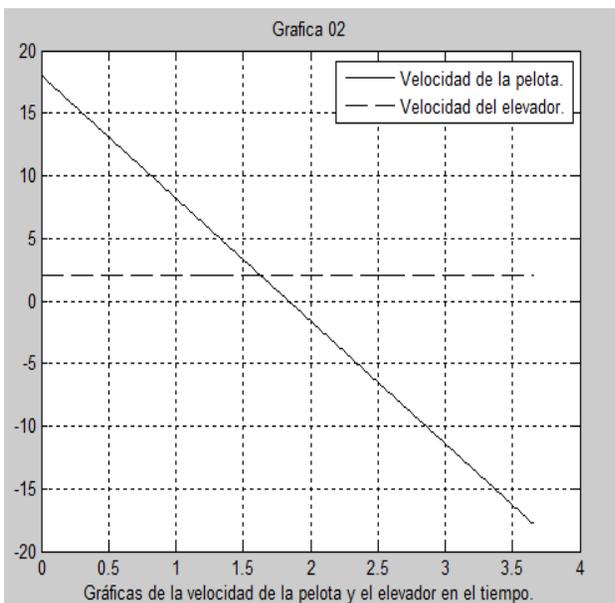


Figura 5. Gráfica de velocidad de la pelota y elevador.
Fuente: Los autores

```

El tiempo de choque se da en: 3.6700
La altura de la pelota desde el suelo es: 12.2416
La velocidad relativa de la pelota respecto al elevador es: -19.8680
fx >>
    
```

Figura 6.
Fuente: Los autores

5. Conclusiones

Las Figs. 4 y 5 muestran las gráficas obtenidas en los resultados, en ningún momento representan la trayectoria seguida por la pelota y elevador en el tiempo, la primera permite apreciar el punto de choque entre el elevador y la pelota, la segunda los valores positivos y negativos de la velocidad de la pelota y su interpretación física y también la velocidad constante del elevador, la Fig. 6 muestra los resultados obtenidos al correr el programa, la construcción del mismo exige al alumno una total comprensión del problema a resolver y mejora la habilidad en interpretar gráficos y resultados.

Mostrando el utilizar la programación como una herramienta adicional para la docencia, mejoran la atención del estudiante y, también, la productividad del maestro. Pero el usar lenguaje de programación no se limita a Matlab, ahora ya se pueden incorporar en el salón de clases elementos tales como tarjetas de adquisición de datos, sensores, actuadores y circuitos de electrónica. Éstas tecnologías a la par con técnicas dinámicas en enseñanza permiten activar procesos cognitivos en el alumno, propiciando un aprendizaje significativo, debido a que cuando se construye un laboratorio simulado, es posible aumentar el conocimiento mediante la aplicación de procesos similares al método científico: formulando hipótesis sobre un fenómeno y poniendo a prueba estas hipótesis mediante experimentos, toda esta experiencia será el cimiento para los futuros desarrolladores de ciencia y tecnología.

La experiencia descrita ha sido muy productiva. Sin embargo se podría mejorar en algunos aspectos, tales como:

Impartir cursos de Matlab y manejo de tarjetas Arduino dentro del curso propedéutico atendido por alumnos de primer ingreso, así no sería necesario ocupar el tiempo establecido para cubrir el contenido de la asignatura.

Tener un abanico más amplio de ejemplos en problemas reales en los cuales se puedan desarrollar proyectos que involucren el cálculo y la tecnología. De esta manera el grado de interés sería mayor y podrían ajustarse un poco más a los intereses particulares de más alumnos.

Elaborar un guion de trabajo de todo el curso, y que el alumno lleve una bitácora de las actividades realizadas para que sea consciente de sus logros. Sería una manera de introducirlos en la metodología de la investigación. Y la estrategia de enseñanza aprendizaje basado en proyectos en asignaturas del corte instrumental o básico, tales como Cálculo Vectorial, Probabilidad, Estadística Inferencial, etc., pues se ha constatado que utilizando los ejemplos adecuados se consiguen óptimos resultados.

Bibliografía

- [1] Beer, J., Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica, México D.F.: Mc Graw Hill, 620 P., 2010.
- [2] Jalón, R.B., Aprende Matlab 6.1 como si estuviera en primero, Madrid, 2001.
- [3] Hibbler, R., Engineering mechanics: Combined statics and dynamics, 12ª Edición ed., E.U.: Prentice Hall., 2010.
- [4] Bedford, Engineering mechanics: Dynamics, USA: Prentice Hall, 2008.
- [5] Soutas, R., Mecánica para ingenieros: Dinámica., 1 Edición ed., México: Cengage Learning, 2009.

F.A. Martínez-Marín, recibe el título de Ing. Industrial Mecánico en 2004, en el Instituto Tecnológico de Querétaro, México, el título de MSc. en Ingeniería Mecatrónica en 2015, en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, en la ciudad de Cuernavaca Morelos, México. Ha trabajado en el departamento de diseño de la empresa Black & Decker y desde 2005 trabaja en TSJMM, Unidad Académica Puerto Vallarta como profesor de tiempo completo.

ORCID: 0000-0002-3713-5182

I.A. Cantú-Munguía, es Ing. Mecánico Electricista, titulada en 1994, en la Universidad de Guadalajara, México. Sus estudios de Maestría son en Educación, por parte de la Secretaría de Educación Jalisco, grado que obtuvo en el 2013. Laboralmente se ha desempeñado en las áreas de mantenimiento industrial y refrigeración en las empresas, Frigoríficos de Occidente y Proveedores especializados, respectivamente. Desde 2004 es profesora en el TSJMM, Unidad Académica Puerto Vallarta México.

ORCID: 0000-0002-1904-421X

Prototipo telemático para el aprendizaje de la anatomía humana en niños sordos basado en M_Learning

Adriana García, Yohana Rozo & Miguel Angel Leguizamón-Páez

Ingeniería en Telemática, Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. adrianacna@gmail.com, yohanaesr@gmail.com, mianlepa@gmail.com, maleguizamomp@correo.udistrital.edu.co

Resumen— El U_Learning es utilizado para describir el conjunto de actividades de formación apoyadas en la tecnología, con el requisito que puede ser accesible en cualquier lugar combinando el concepto general de M_Learning E_Learning con dispositivos móviles, ofreciendo flexibilidad, compromiso de estudio, portabilidad y ubicuidad, manteniendo así el proceso educativo. Con la idea de integrar tecnología con nuevas metodologías de aprendizaje, se diseña e implementa un prototipo basado en M_Learning para niños sordos, que busca contribuir a esta comunidad en su desarrollo cognitivo, perceptual y conceptual, abarcando conocimientos básicos en el área de la anatomía humana mediante una aplicación móvil sencilla, didáctica y práctica. Los niños sordos utilizan el lenguaje de señas como una forma de comunicación; aquí se hace alusión a la manera como se integran las Tecnologías de la información y las comunicaciones con el lenguaje de señas que ya conocen los niños con deficiencias auditivas.

Palabras Clave— M_Learning, E_Learning, portabilidad, U_Learning, ubicuidad, educación.

Recibido: 27 de abril de 2017. Revisado: 6 de junio de 2017. Aceptado: 22 de junio de 2017.

Telematic prototype for the learning of human anatomy in deaf children based on M_Learning

Abstract— U_Learning is used to describe the set of technology-supported training activities, with the requirement that it can be accessed anywhere by combining the general concept of M_Learning E_Learning with mobile devices, offering flexibility, study commitment, portability and ubiquity while maintaining thus the educational process. With the idea of integrating technology with new learning methodologies, a prototype based on M_Learning for deaf children is designed and implemented, which seeks to contribute to this community in its cognitive, perceptual and conceptual development, encompassing basic knowledge in the area of human anatomy through a simple, didactic and practical mobile application. Deaf children use sign language as a form of communication; here it alludes to the way in which Information and Communication Technologies are integrated with the sign language already known to children with hearing impairments.

Keywords- M_Learning, E_Learning, portability, U_Learning, ubiquity, education.

1. Introducción

El lenguaje es uno de los procesos cognitivos básicos para la comunicación de las personas, incluye procesos psicológicos en el cerebro, tales como la lengua, la memoria, la comunicación, entre otras; cuando no se cuenta con competencias comunicativas bien definidas, el individuo sordo busca la comunicación mediante gesticulación, percepción visual y lengua de señas, motivo por el cual se presenta una

problemática en el modelo de aprendizaje ya que los niños adoptan la lengua de señas como su lengua “natural” y el grado de comprensión de la lengua castellana, escrita u oral es menor ya que se adopta ésta como una segunda lengua o bilingüismo, por esta razón “La inclusión de los niños sordos en cualquier contexto educativo, requiere de recursos y ayudas técnicas que posibiliten el acceso a la comunicación, a la información y al conocimiento, como eje fundamental en la eliminación de barreras para el aprendizaje y la participación”. [1]

Aprender a través de Internet se ha convertido en una opción como herramienta de autoaprendizaje para muchos estudiantes en todos los niveles de educación, lo que permite una reducción en costos, movilidad y practicidad a la hora de adquirir conocimiento, es por eso que haciendo uso de la metodología de formación M_Learning se ha diseñado e implementado un prototipo para el aprendizaje de anatomía humana en niños sordos; en sus fases de análisis, desarrollo de requerimientos para el desarrollo e implementación y una tercera fase de pruebas y resultados obtenidos, que permiten analizar cómo el uso de herramientas y recursos tecnológicos permiten ampliar el conocimiento a diferentes tipos de comunidad en su desarrollo cognitivo y perceptivo buscando en particular que los niños sordos amplíen sus destrezas básicas y sus conocimientos en dicha área.

El proyecto desarrollado permitió establecer que es posible hacer un aporte significativo a la comunidad infantil sorda mediante el uso y aplicación de herramientas tecnológicas, permitiendo el apoyo tanto a docentes como estudiantes con el aprovechamiento de los recursos actualmente disponibles para el estudio de diversas temáticas, para el caso particular el estudio del cuerpo humano.

1.1. La sordera

La sordera en cuanto deficiencia, se refiere a la pérdida o anomalía de una función anatómica y/o fisiológica del sistema auditivo, y tiene su consecuencia inmediata en una discapacidad para oír, lo que implica un déficit en el acceso al lenguaje oral. [2].

Como citar este artículo: García, A., Rozo, J. and Leguizamón-Páez, A., Prototipo telemático para el aprendizaje de la anatomía humana en niños sordos basado en M_Learning. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 63-75, Julio, 2017.

1.2. ¿En qué consiste la sordera? [3]

La sordera es la privación total o parcial de la capacidad de oír. Se puede considerar una limitación sensorial invisible pues no se ve físicamente ni mentalmente. De acuerdo con el grado de agudeza auditiva, la sordera se puede clasificar en:

- Falta de audición = sordera total o pura = anacusia, es la imposibilidad de oír sonido alguno.
- Deficiencia auditiva = Residuos aprovechables = hipoacusia, es la facultad de oír parcialmente. Presenta diferentes grados.

Existen hipoacusias de varios tipos:

- De Transmisión o Conductiva: Se origina por obstaculización del paso del sonido por el oído externo.
 - De percepción o Neurosensorial: Obedece a lesiones del oído interno (alteración de receptores neurosensoriales o del mismo nervio auditivo).
 - Mixta: recibe este nombre cuando se dan problemas tanto de transmisión como de percepción.
- Pérdida auditiva=Cuando las personas oyentes pierden la audición, su sordera se clasifica en pre y post lingüística.

Si el individuo se queda sordo en la edad temprana, antes de aprender a hablar, se le considera sordo pre lingüístico.

Si en la edad infantil, adolescente, adulta y de vejez con el conocimiento del lenguaje hablado pierde la audición, se denomina sordo post lingüístico.

1.3. Concepto antropológico de persona sorda

Para el proyecto desarrollado se hizo uso del concepto de sordera desde un punto de vista antropológico, éste recoge aportes de la antropología, la sociología, la lingüística y la pedagogía para propiciar un cambio en los planos social, comunicativo y educativo en beneficio de las personas sordas. Aquí el abordaje de la sordera no se hace desde la perspectiva médica sino cultural, ya no se habla de limitación física sino de diferencia lingüística. Se reconocen las señas como una lengua que le permite a la persona sorda producir su identidad e interactuar con el mundo. [4]

La comunidad sorda entendida como un colectivo con particularidades similares, hace uso del lenguaje de signos para establecer una comunicación con otras personas por medio del canal visual. Surge entonces la distinción lingüística que reconoce que las personas sordas tienen una lengua propia que las cohesiona. En ella sus miembros comparten sentimientos de identidad grupal, de auto reconocimiento como sordo, lo cual redefine la sordera como una diferencia y no como deficiencia. [4].

En cuanto a los niños sordos que constituyen la población objeto de la investigación que dio origen al presente artículo, se ha podido establecer que gran cantidad de investigaciones acerca del desarrollo de la lengua hablada por los niños sordos demuestran que esta es llevada a cabo con una gran dificultad y generalmente los resultados difieren de los observados en niños oyentes. Aun con instrucción, la adquisición del habla es retrasada en comparación con la adquisición de la lengua de señas o de la lengua hablada por los niños anteriormente descritos [5], razón que justifica desarrollar herramientas tipo software como la aquí planteada.

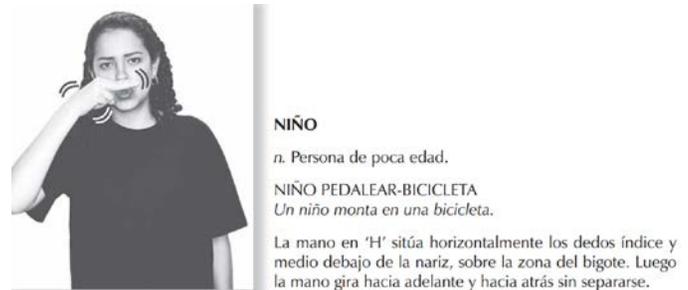


Figura 1. Ejemplo del Diccionario Básico de Lengua de Señas Colombiana. Fuente: Diccionario básico de la lengua de señas colombiana [7]

1.4. Lengua de señas colombiana (lsc)

Según la información brindada por FENASCOL, se define la LSC como: La LSC es la lengua utilizada por la comunidad sorda de Colombia. Fue reconocida oficialmente en el año 1996, durante el gobierno del Dr. Ernesto Samper Pizano, mediante la Ley 324. El artículo 2 dice así: “El Estado colombiano reconoce la lengua de señas como propia de la comunidad sorda del país”. Esta lengua se caracteriza por ser visual y corporal, es decir la comunicación se establece con el cuerpo en un espacio determinado (Fig. 1).

Para 1984, a través de un grupo de investigación, que se llamó lenguaje manual colombiano, la comunidad sorda plasma su interés por el estudio y enseñanza de la lengua. Se obtiene como resultado, la publicación en 1993 de unas cartillas realizadas por FENASCOL llamadas Lenguaje Manual Colombiano (primer nivel). Este interés por el estudio de la lengua se fue extendiendo hacia otras instancias, como las universidades, que se vincularon con gran interés a este propósito. [6]

El Diccionario Básico de la Lengua de Señas Colombiana [7] se define claramente como:

Instrumento lexicográfico, el cual es el primer paso a la estandarización de la Lengua de Señas Colombiana, en la medida en que recoge la identidad y sentido de pertenencia de la comunidad sorda Colombiana, y se convierte en el primer gran compendio léxico que facilitará los procesos comunicativos y educativos de las personas sordas del país, en tanto que constituye un instrumento de trabajo para docentes, e intérpretes de la Lengua de Señas Colombiana (LSC), y el cual también está dirigido a padres de niños sordos, personas sordas que han adquirido tardíamente las LSC y para aquellas personas que quieran aprenderla.

1.5. La educación en sordos

La educación de los sordos en Colombia se ha venido desarrollando desde la segunda década del siglo XX, a través de comunidades religiosas en las ciudades de Medellín y Bogotá, las cuales comenzaron a ofrecer programas educativos dirigidos a jóvenes sordos. La educación que se dio en estas instituciones tuvo la influencia de los métodos y procedimientos establecidos en el Congreso de Milán de 1880 por los educadores de sordos europeos de la época [8], donde se determinó que el mejor método para la enseñanza de los sordos era el oral; se prohibió para la educación de los sordos la lengua de señas y así mismo los maestros sordos.

Las asociaciones que agrupan a los sordos y que

comenzaron a surgir a finales de la década de los años cincuenta, no manifestaron acuerdo o desacuerdo con las políticas educativas oficiales y se mantuvieron al margen hasta 1984, cuando se consolidaron en torno a la Federación Nacional de Sordos de Colombia FENASCOL y comenzaron a promover y reivindicar el uso de la lengua de señas colombiana; presentaron iniciativas para su estudio lingüístico y exigieron una mejor calidad educativa. Esta presión de la comunidad Sorda y el inconformismo generalizado de la comunidad educativa frente a los precarios resultados obtenidos luego de más de setenta años de esfuerzos metodológicos y tecnológicos, se pueden situar en el origen de las actuales transformaciones en el campo de la educación de los sordos en Colombia. [9]

2. Pedagogía conceptual

Es un modelo pedagógico formulado por el colombiano Miguel de Zubiría Samper y desarrollado tras años de reflexión e investigación en la Fundación Alberto Merani. Se encuentra definido como “un modelo pedagógico centrado en la formación de seres humanos amorosos y talentosos. Con base en una sólida teoría neuropsicológica del aprendizaje humano, Pedagogía Conceptual expresa sus fundamentos en dos postulados principales: El postulado del triángulo humano (Fig. 2.), (...) y el modelo del hexágono, (...)”.

Este modelo plantea la teoría del aprendizaje humano como punto de partida, ya que a través de ella se busca privilegiar los aprendizajes de carácter general y abstracto sobre los particulares y específicos, diferenciando a cada uno de los educandos según el grado de pensamiento en el que se encuentra (edad mental), para con ello construir instrumentos de conocimiento consecuentes y asegurar el aprendizaje de conceptos básicos y su relación entre sí. El desarrollo del pensamiento humano se divide en cinco etapas evolutivamente diferenciables:

- Nocional: comprendido en el rango de edad de 2-6 años, el cual sucede al estado intuitivo o esquemas sensorio motrices (0-2 años) de cuna. Se desarrolla la introyección, la proyección y la decodificación del lenguaje; se comprenden oraciones y expresan preposiciones.
- Proposicional: entre los 7-10 años, donde se aprehenden conocimientos relativos a clases o categorías, se comprenden oraciones complejas, se expresan pensamientos de forma escrita y es posible la proposición mediante ejemplos.
- Conceptual: entre los 11-15 años, se estructuran de forma estricta las proposiciones esenciales referentes a una noción, se identifican características, propiedades y subtipos de cada noción.
- Pre categorial: entre los 16-18 años, donde se constituyen estructuras complejas y sofisticadas, se deducen, inducen, definen y argumentan proposiciones y se encadenan alrededor de una opinión.
- Categorical: de 18 años en adelante, que tiene que ver con las formas menos elementales y más elevadas de razonamiento, en las cuales se pueden clasificar los pensadores e investigadores en ramas especializadas del conocimiento, ya que se desarrolla la capacidad de integrar conceptos y generar nuevos. [9]



Figura 2. Triángulo humano.
Fuente: Pedagogía conceptual [10]

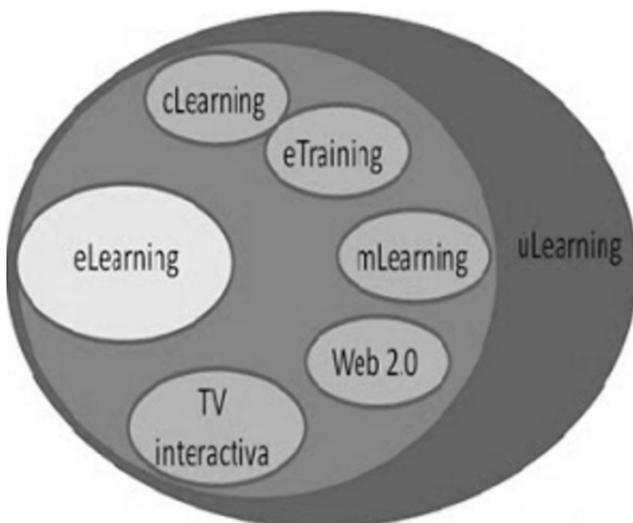


Figura 3. U-learning: Nuevas vías de formación
Fuente: Tendencias de la web y su efecto en la educación. [11]

3. Metodologías didácticas innovadoras

Cuando se referencian metodologías didácticas innovadoras deben identificarlas con aquellos métodos, recursos y formas de enseñanza que permiten mejorar la calidad del aprendizaje.

Las distintas modalidades de formación o metodologías didácticas que se llevan a cabo en los programas formativos, (se puntualiza que es posible combinar las diferentes metodologías) dependerán del objetivo pedagógico que persigan.

Desde una perspectiva innovadora es necesario hablar de las siguientes metodologías:

3.1. Aprendizaje electrónico (E_Learning)

Es aquella formación y aprendizaje que está facilitado por el uso de las tecnologías de redes, de Internet y de las TIC en general. Se presenta como una estrategia formativa, compatible

y complementaria con otros modelos formativos más tradicionales que deben ir evolucionando por los constantes cambios que se han producido y se siguen produciendo en los entornos sociales y tecnológicos. Se desarrolla habitualmente a través de una plataforma de tele formación evidenciando el uso de elementos tecnológicos desarrollados para tal fin (Fig. 4). Habitualmente esta formación requiere de la tutoría por parte de uno o varios docentes; el nivel y tipo de tutoría vendrán definidos por los objetivos de la acción formativa.

El E_Learning comprende fundamentalmente los siguientes aspectos:

- El pedagógico, referido a la Tecnología Educativa como disciplina de las ciencias de la educación.
- El tecnológico, referido a la Tecnología de la Información y la Comunicación, mediante la selección, diseño, personalización, implementación, alojamiento y mantenimiento de soluciones en donde se integran tecnologías propietarias y de código abierto (Open Source).
- Para poner a disposición un curso de E_Learning y efectuar un control y seguimiento de la actividad de esos usuarios, los cursos deben estar montados sobre un software adecuado. A estos sistemas web creados específicamente para satisfacer los requerimientos de una capacitación digital se los denomina plataformas de E_Learning o LMS por sus siglas en inglés (Learning Management System).

Elementos de la solución. Los componentes de un programa E_Learning son:

- Tecnología
- Conectividad
- Contenido digital localizado
- Optimización de métodos de enseñanza y desarrollo profesional. [12]

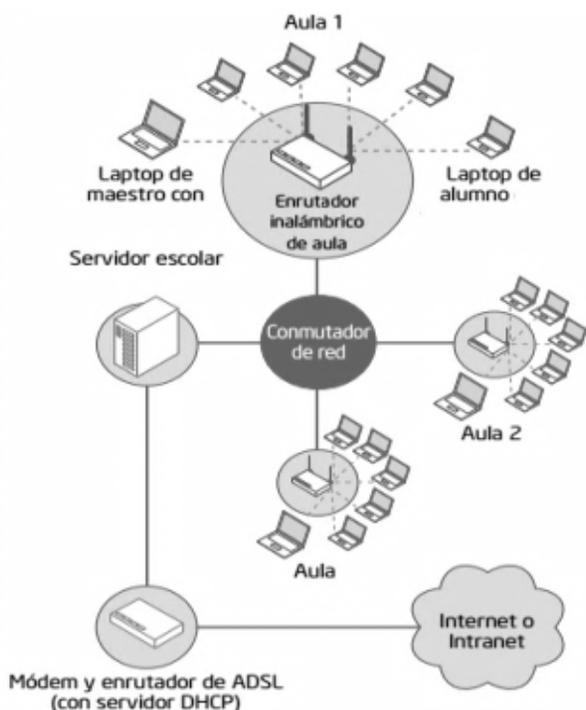


Figura 4. Elementos tecnológicos de entorno E_Learning
Fuente: Las tecnologías de la información aplicadas a los centros escolares [13]

3.2. M_Learning

M_learning, basa su funcionamiento en el uso de pequeños dispositivos móviles, tales como teléfonos celulares, agendas electrónicas y computadores portátiles, entre otros, como sistemas de acceso al proceso educativo, generando grandes expectativas y planteando interesantes iniciativas empresariales y proyectos de investigación.

Conceptualmente se puede afirmar que se denomina m_learning a la difusión de contenidos formativos mediante dispositivos móviles. Los usuarios buscan contenidos “just in time, just for me” que se ajusten de forma muy concreta a su perfil, los cuales pueden utilizarse en el momento en que se requiera. Estos dispositivos deben ser lo suficientemente concretos y manejables. [14]

Entre las principales ventajas que tienen los dispositivos móviles con respecto a los dispositivos de escritorio esta su portabilidad (dada por el tamaño y peso del dispositivo), autonomía (dada por la duración de la batería), ubicuidad, y costo. Tal como lo menciona Hellers, las aplicaciones en M_Learning permiten capturar pensamientos e ideas en el momento que se presentan, brindando nuevas alternativas para dar clases y aprender, es acá donde se aprovecha el contexto donde se encuentra el alumno de M_Learning.

3.2.1. Estándares en el ámbito del M_Learning

Desde hace apenas unos pocos años, han empezado a surgir estándares (Fig. 5) y especificaciones para el ámbito del e-Learning que son de total aplicación para el caso del Mobile Learning, con el fin de proporcionar estructura al contenido, las herramientas de autor y las plataformas. Estos estándares se enfocan en varios aspectos, tanto en la perspectiva tecnológica, como la pedagógica/didáctica, y sirven principalmente para alcanzar interoperabilidad y reusabilidad, aunque además promueven la accesibilidad, la durabilidad y la escalabilidad. En la actualidad y como se puede apreciar en la figura adjunta, existen múltiples estándares tecnológicos de aplicación en el ámbito educativo.

3.2.2. Tecnologías de acceso

- Tecnología Celular
- Tecnología Inalámbrica
- Wi-Fi
- Wi-Min

Estándares de Tecnología de la enseñanza					
Metadata	Actores	Contenidos	Didáctica	e-Portfolio	Accesibilidad
IEEE LOM Dublin Core, DC CanCore IMS metadata GEMSTONES ADL SCORM met. ARIADNE metadata GEM metadata NSDL metadata EdNA metadata	IMS LIP LTSC PAPI IMS Enterprise	SCORM, IMS CP IMS RLI, AICC CS IEEE 1485.6 IMS SS, AICC PENS AICC Packaging	EML/IMS Learning Design, DIN Didactical Object Model	IMS ePortfolio, ePortfolio Interoperability XML (EPIX)	WC3 WCAG ACCLIP, ATAG IMS AccessForAll Metadata ISO TS 16071:2003 ISO DIS 9241-171
	Evaluación	Repositorios	Arquitectura	Vocabulario	
	IMS QTI	IMS DRI CORDRA	IEEE LTSA	IMS VDEX	

Figura 5. Estándares de Tecnología de la enseñanza
Fuente: MOBILE LEARNING, Análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al Mobile Learning. [15]

- Wi-Max
- Bluetooth
- RFID

3.2.3. Dispositivos móviles

- Celulares
- Smartphone
- Tablets

3.2.4. Sistemas operativos y frameworks para dispositivos móviles

- Java ME
- Python S60
- Android
- iPhone
- Symbian
- Windows Mobile

3.3. *U_Learning*

El aprendizaje ubicuo o *U_Learning* es una metodología de formación que se caracteriza por englobar actividades formativas apoyadas en las nuevas tecnologías (*M_Learning*, *E_Learning*, televisión interactiva, *E_Training*, *Web 2.0*,...). Bajo este término se agrupa la presencia de las TIC en todos los momentos y situaciones en los que la persona aprende. [9]

Por otra parte el *U_Learning* es el conjunto de actividades de aprendizaje apoyadas en la tecnología, y que son accesibles en cualquier momento y lugar, así la educación es recibida a través de: la televisión, teleconferencia, computadora, celular, PDA u otros instrumentos de redes convergentes de comunicación; este concepto incorpora cualquier medio tecnológico que permita recibir información y posibilite su incorporación y asimilación a las personas mediante sesiones interactivas con expertos o con pares, en presentaciones y reuniones por este medio, otorgando flexibilidad a la formación y capacitación para que resulte efectiva desde cualquier lugar, es el canal que mejor responde al cambio generacional que se está produciendo en la sociedad y, por extensión, en las empresas y en las universidades. [9]

“El *U_Learning* reducirá la brecha digital, a través de una amplia oferta con fácil acceso para la formación integrada y de calidad, minimizando las desigualdades y fomentando la inclusión permitiendo aspirar a una sociedad más integrada y más justa” [11]. (Fig. 3).

3.4. *Web 2.0*.

El término fue utilizado para referirse a una segunda generación en la historia del desarrollo de tecnología web basada en comunicaciones de usuarios y una gama especial de servicios como las redes sociales, los blogs o los wikis, que fomentan la colaboración y el intercambio ágil y eficaz de información entre los usuarios de una comunidad o red social.

“Web de lectura y escritura”. El término *web 2.0* se acuñó para describir el patrón común a todas estas nuevas aplicaciones y servicios. [16]

4. Anatomía humana

La anatomía humana es la ciencia que estudia la forma del cuerpo humano.

Aunque la anatomía estudia principalmente la forma, siempre se deben considerar en conjunto forma y función. Por tanto, una anatomía moderna debe enfocarse con un criterio funcional, ya que la actitud puramente descriptiva y estática con la que se abordan los estudios anatómicos en otro tiempo tiene que convertirse en dinámica.

Una anatomía actual necesita siempre la actitud interpretativa que indaga en el por qué y para qué de la forma viviente. Para ello, debe basarse en el conocimiento embriológico, que nos va a permitir el poder abordar en su explicación las dos preguntas anteriormente formuladas.

Por otra parte, la Anatomía que se debe enseñar a nuestros alumnos debe ser una anatomía del hombre vivo, lo que implica el conocimiento del cuerpo humano en reposo y en movimiento y en los diversos estados funcionales.

Bajo una visión sistemática, el cuerpo humano —como los cuerpos de los animales—, está organizado en diferentes niveles según una jerarquía. Así, está compuesto de aparatos. Éstos los integran sistemas, que a su vez están compuestos por órganos, que están compuestos por tejidos, que están formados por células, que están formados por moléculas. Otras visiones (funcional, morfo genética, clínica, entre otras), bajo otros criterios, entienden el cuerpo humano de forma un poco diferente. [17]

4.1. *Ramas y divisiones*

Algunas ramas o disciplinas como la osteología, la miología, la artrología, la angiología o la neuroanatomía cercan los límites de estudio del cuerpo humano de una manera más particular. Así, la miología realiza el estudio específico de los músculos, sus características y funciones; y la neuroanatomía realiza el estudio del sistema nervioso en forma extensiva.

La anatomía sistemática o descriptiva: esquematiza el estudio del cuerpo humano fraccionándolo en las mínimas partes constituyentes, y organizándolas por sistemas y aparatos.

La anatomía topográfica o regional: organiza el estudio del cuerpo por regiones siguiendo diversos criterios.

La anatomía clínica: pone énfasis sobre el estudio de la estructura y la función en correlación a situaciones de índole médico-clínica (y otras ciencias de la salud).

La anatomía artística: trata de las cuestiones anatómicas que afectan directamente a la representación artística de la figura humana.

4.1.1. Órgano, aparato y sistema

Se da el nombre de órgano a las partes diferenciadas del cuerpo que colaboran con la realización de una función.

Un aparato es el conjunto de órganos distintos por su estructura que contribuyen a realizar la misma función.

Un sistema es un conjunto de órganos con idéntica estructura y origen embriológico. Un ejemplo de sistema es el sistema nervioso. La anatomía sistémica es la que estudia los sistemas o aparatos corporales. [17]

4.1.2. Sistemas del cuerpo humano

- Digestivo: procesador de la comida, boca, esófago, estómago, intestinos y glándulas anexas.
- Endocrino: comunicación dentro del cuerpo mediante hormonas.
- Excretor: eliminación de residuos del cuerpo mediante la orina.
- Inmunitario: defensa contra agentes causantes de enfermedades.
- Tegumentario: piel, pelo y uñas.
- Nervioso: recogida, transferencia y procesado de información, por el cerebro y los nervios.
- Reprodutor: los órganos sexuales.(Masculinos y Femeninos)
- Respiratorio: los órganos empleados para la respiración son los pulmones. Dentro de los se encuentra la Tráquea, los Bronquios, bronquiolos y los cilios, entre otros.
- Muscular: movimiento del cuerpo.
- Óseo: apoyo estructural y protección mediante huesos.
- Articular: formado por las articulaciones y ligamentos asociados que unen el sistema esquelético y permite los movimientos corporales.
- Locomotor: conjunto de los sistemas esquelético, articular y muscular. Estos sistemas coordinados por el sistema nervioso permiten la locomoción.
- Cardiovascular: formado por el corazón, arterias, venas y capilares.
- Linfático: formado por los capilares, vasos y ganglios linfáticos, bazo, Timo y Médula Ósea.
- Circulatorio: conjunto de los sistemas cardiovascular y linfático.

5. Antecedentes

En busca de la inclusión social por medio de entidades educativas, el gobierno fomentando el uso de la tecnología, ha logrado acercar a la población sorda al uso de dichas herramientas para contribuir a su saber personal mediante algunos proyectos expuestos a continuación:

5.1. *HETAH – Fundación para el Desarrollo de Herramientas Tecnológicas [18]*

Entidad colombiana sin ánimo de lucro dedicada a la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías para la solución de problemas humanitarios.

Dicha entidad basada en su misión de aportar generosamente sus conocimientos con el fin de superar los problemas de la humanidad mediante la investigación, desarrollo y aplicación de las tecnologías desde el 2007 ha logrado implementar y desarrollar herramientas de software que benefician a comunidades específicas mediante soluciones tales como: Traductor de español a lengua de señas logrando permitir la comunicación de cualquier persona oyente con un sordo, Diccionario de señas con el fin de lograr el proceso inverso, es decir a partir de una seña construir una frase en español, Abecedario, libros interactivos, Navegador Braille entre otros. [18]

5.2. *La plataforma adaptada Red Sorda II*

Con la idea de mejorar la calidad de la enseñanza de las Personas Sordas y su formación en los entornos de las TIC, se desarrolló el proyecto Red Sorda II. La creación de esta plataforma adaptada se realizó en la UPM (Universidad Politécnica de Madrid) con la colaboración de la FCNSE, CNSE, FOREM y Fundosa Social Consulting, y supuso la finalización de distintos Proyectos Fin de Carrera.

La plataforma de la Red Sorda desarrollada incluye diversas herramientas de uso habitual que se encuentran adaptadas para su uso por Personas Sordas. Uno de los usos que se dan a esta plataforma consiste en utilizarla como plataforma de apoyo en la enseñanza de informática para Personas Sordas. Su flexibilidad y diseño posibilita su uso en cualquier contexto de enseñanza, como por ejemplo estudiantes universitarios.

5.3. *Ciudad Sorda Virtual*

Es un proyecto dirigido a los sordos: la primera Web española que adapta el lenguaje natural de las personas sordas, la Lengua de Signos al lenguaje de Internet.

Ciudad Sorda Virtual es una iniciativa que fue elegida por la Asociación de Usuarios de Internet (AUI) como la mejor Web de España en el año 2007 y que aboga por la integración de este colectivo en la Red utilizando su propio lenguaje.

Ciudad Sorda Virtual (Fig. 6) está organizada por barrios temáticos (que toman el nombre de personajes célebres con deficiencias auditivas): deporte, gente, compras, empleo, nuevas tecnologías... Dentro de cada sección la información puede leerse y verse en vídeo a través del lenguaje de los signos.



Figura 6. Ciudad Sorda virtual: Punto de encuentro entre personas Sordas
Fuente: Ciudad Sorda Virtual (CNSE) [19]

5.4. *ALPE - Accessible eLearning Platform for Europe (eTEN 029328)*

ALPE ofrece, través de un portal web, un conjunto de cursos accesibles «que cubre un amplio rango de capacidades básicas para desenvolverse en el trabajo y la sociedad general: capacidad para leer, escribir en una lengua materna, utilizar las matemáticas a nivel básico, realizar un currículum vitae, usar

herramientas de ofimática como procesadores de texto, realizar gestiones cotidianas...», manifiesta Alicia Fernández del Viso, coordinadora del proyecto por parte de Indra.

5. Marco metodológico

Como metodología a implementar para el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta la Rational Unified Process (RUP), ya que es una de las metodologías más difundidas a nivel mundial para el desarrollo de software, esta metodología brinda mecanismos que permiten mantener un alto nivel de control en todas las etapas del proyecto. A continuación una breve descripción y características generales en cada una de sus fases.

5.1. Introducción a RUP

El Rational Unified Process o Proceso Unificado de Racional. Es un proceso de ingeniería de software que suministra un enfoque para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo. Su objetivo es asegurar la producción de software de alta calidad que satisfaga la necesidad del usuario final dentro de un tiempo y presupuesto previsible. Es una metodología de desarrollo iterativo enfocada hacia “los casos de uso, manejo de riesgos y el manejo de la arquitectura”.

El RUP mejora la productividad del equipo ya que permite que cada miembro del grupo sin importar su responsabilidad específica acceda a la misma base de datos de conocimiento. Esto hace que todos compartan el mismo lenguaje, la misma visión y el mismo proceso acerca del desarrollo de software.

5.2. Ciclo de vida

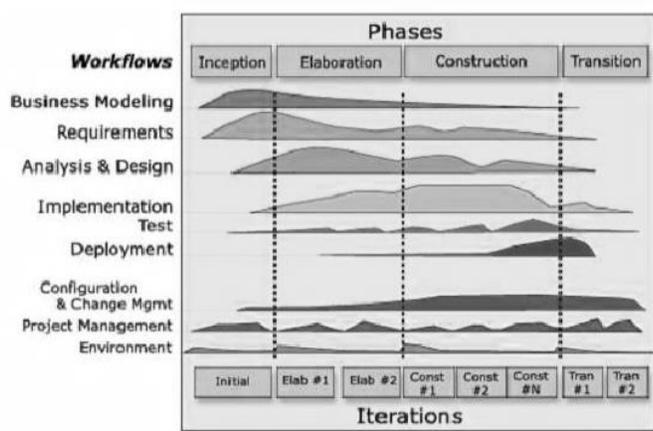


Figura 7. Ciclo de vida RUP
Fuente: RUP Fundamentals Presentation [20]

El RUP maneja el proceso en cuatro fases (Fig. 7), dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en número variable, las primeras iteraciones (en las fases de Inicio y Elaboración) se enfocan hacia la comprensión del problema y la tecnología, la delimitación del ámbito del proyecto, la eliminación de los riesgos críticos, y al establecimiento de una base de inicio.

- Inicio: El objetivo es determinar la visión del proyecto y definir lo que se desea realizar.
- Elaboración: Etapa en la que se determina la arquitectura óptima del proyecto.
- Construcción: Se obtiene la capacidad operacional inicial.
- Transmisión: Obtener el producto acabado y definido

6. Diseño e implementación del sistema

Mediante la fase de estudio y levantamiento de información se realizó el análisis para llevar a cabo el diseño, desarrollo e implementación del prototipo de aplicación propuesto, en el cual se define el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles bajo sistema operativo Android, esta cuenta con un instalador (.APK) para el dispositivo cliente: SIMO Learning (nombre correspondiente a la aplicación) y permite el acceso a contenido multimedia y otros recursos como material de estudio.

6.1. Requerimientos

De acuerdo al análisis previamente realizado se estableció la fase de requerimientos teniendo en cuenta el comportamiento esperado en cada uno de los componentes de la herramienta, sus módulos y las funcionalidades ofrecidas al usuario final.

6.1.1. Requerimientos Funcionales (RF)

Para cumplir con las necesidades de los potenciales usuarios se tuvo en cuenta que la aplicación incluyera las siguientes funcionalidades: Ingresar al Menú Principal, interacción de ventanas por módulos, sesión de chat, gestionar perfil, consultar contenido, consultar Glosario, mis Ayudas y Evaluación.

6.1.2. Requerimientos No Funcionales (RNF)

En cuanto a aquellos requerimientos técnicos y no funcionales la aplicación debe:

- Ser ejecutada en dispositivos basados en Sistema Operativo Android 2.2 o superior.
- Ser de acceso libre, con la gestión de un perfil para el correcto funcionamiento de algunos módulos definidos.
- Estar disponible en cualquier horario y ubicación geográfica para todos los usuarios.
- Ser debidamente documentado, tanto los componentes de software en el código fuente, como en el manual de usuario.
- Tener una conexión a internet para asegurar el funcionamiento de algunos de los módulos que componen la aplicación.

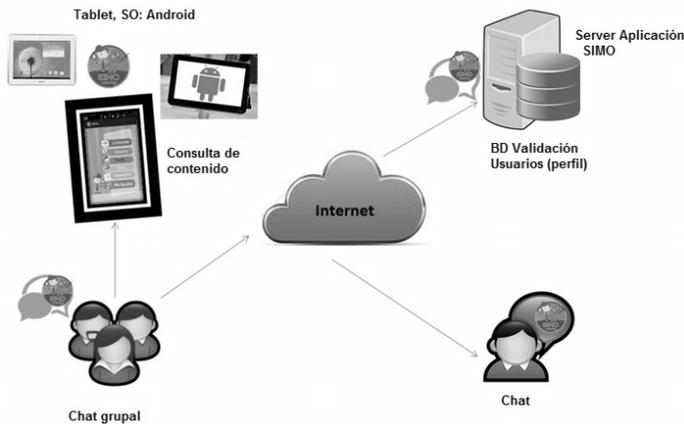


Figura 8. Esquema general del comportamiento del sistema
Fuente: Los autores

6.2. Diseño

En esta fase se buscó hacer una definición integrando la capa de presentación y los componentes lógicos para permitir el desarrollo e implementación de la aplicación. Para ello se definió SIMO Learning (Silence Mobile Learning) como el nombre representativo de la aplicación, la cual, según el diseño, presenta los siguientes componentes relacionados a la programación y funcionamiento (Fig. 8):

- Servidor para resguardo y validación de usuarios que interactuarán con el chat, haciendo uso de una Base de Datos (MySQL).
- Cliente, el cual es un paquete de Instalación .APK para dispositivos que funcionan bajo plataforma Android y el entorno del usuario Estudiante.

A continuación se presenta el modelo de funcionamiento de SIMO Learning.

Para usar la herramienta el estudiante deberá contar con el instalador .APK generado para plataformas Android, este se debe ejecutar en el dispositivo y seguir los pasos para la correspondiente instalación. Una vez se cuenta con el aplicativo SIMO Learning instalado, el estudiante contará con una herramienta portable desde su dispositivo móvil que podrá consultar y utilizar en cualquier momento como herramienta de apoyo para el aprendizaje del tema el cuerpo humano, en la cual encontrará videos y gráficos explicativos complementados con videos en lengua de señas colombiana (LSC) que les permitirá aclarar conceptos y ampliar el conocimiento del tema.

6.3. Desarrollo

Para el desarrollo del prototipo de software propuesto se llevó a cabo el análisis correspondiente para la selección de herramientas de software de licenciamiento libre que permitieran cumplir con los siguientes aspectos desde el punto de vista tecnológico y social:

- Ubicuidad: Se buscaron herramientas de software y hardware que al integrarse permitieran a un usuario tener disponible la información sin importar el tiempo o ubicación geográfica.
- Licenciamiento: Se evaluaron e implementaron

herramientas de software que no requieren costo en el licenciamiento y que permiten cumplir con el objetivo propuesto permitiendo el desarrollo e implementación del prototipo.

- Compatibilidad: Se identificaron diferentes herramientas de software de programación que cuentan con los criterios descritos anteriormente para el desarrollo del prototipo propuesto y a su vez herramientas que presentan compatibilidad con otras tecnologías permitiendo flexibilidad.

A continuación se presenta una breve descripción de las herramientas de software seleccionadas para el desarrollo del prototipo:

6.3.1. Plataforma de desarrollo Android SDK de Google

Se utilizó como principio base de buscar el desarrollo de una aplicación que permita ser usada y funcional para la mayor parte de usuarios, se tiene en cuenta dispositivos basados en sistema operativo Android, ya que la mayor parte de dispositivos móviles funcionan bajo esta plataforma, logrando escalabilidad, eficiencia y herramientas de software libre para su desarrollo e implementación. Por sus siglas SDK (Software Development Kit), incluye un conjunto de herramientas de desarrollo para crear aplicaciones en Android, comprende un depurador de código, biblioteca, un simulador de teléfono basado en QEMU, documentación, ejemplos de código y tutoriales.

6.3.2. Integrated Development Environment (IDE)

La plataforma integral de desarrollo IDE soportada oficialmente es Eclipse junto con el complemento ADT (Android Development Tools plugin), aunque también puede utilizarse un editor de texto para escribir ficheros Java y XML y utilizar comandos en un terminal (se necesitan los paquetes JDK, Java Development Kit y Apache Ant) para crear y depurar aplicaciones.

Debido a la madurez que ha logrado este IDE y los plugins que permiten el desarrollo de aplicaciones para Android se utilizó la plataforma Eclipse, ya que es una plataforma de código abierto multiplataforma, diseñada para ser extendida de forma indefinida a través de plugins. Fue concebida desde sus orígenes para convertirse en una plataforma de integración de herramientas de desarrollo. No tiene en mente un lenguaje específico, sino que es un IDE genérico, aunque goza de mucha popularidad entre la comunidad de desarrolladores del lenguaje Java usando el plugin Java development tools (JDT) que viene incluido en la distribución estándar del IDE y el compilador (ECJ) que se entrega como parte de Eclipse.

6.3.3. Lenguaje de programación JAVA JDK (Java Development Kit)

Teniendo en cuenta la selección de Android como el sistema operativo para el desarrollo del prototipo se hizo uso de la plataforma Java, la cual presenta un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Sun Microsystems, que se ejecuta sobre otras plataformas y su software puede ser usado sobre varios sistemas operativos y hardware. El lenguaje en sí

mismo toma mucha de su sintaxis de C y C++, pero tiene un modelo de objetos más simple y elimina herramientas de bajo nivel como la manipulación directa de punteros o memoria.

6.3.4. Motor de base de datos MySQL

Debido a que el software requiere de una base de datos para resguardo y validación de usuarios se ha seleccionado el motor de bases de datos MySQL como herramienta de uso gratuito para la implementación, el software MySQL proporciona un servidor de base de datos Structured Query Language (SQL) muy rápido, multi-hilo, multi-usuario y robusto. El servidor MySQL está diseñado para entornos de producción críticos, con alta carga de trabajo así como para integrarse en software para ser distribuido. El software de bases de datos MySQL es un sistema cliente/servidor que consiste en un servidor SQL multi-hilo que trabaja con diferentes backends, programas y bibliotecas cliente, herramientas administrativas y un amplio abanico de interfaces de programación para aplicaciones (APIs).

6.3.5. Servidor de aplicaciones

Se usó GlassFish Server, debido a su facilidad de instalación, uso gratuito y soporte como servidor de aplicaciones, su nombre fue elegido debido a la transparencia que los creadores querían darle al proyecto, que utiliza una licencia Open Source, concretamente la licencia Common Development and Distribution License (CDDL) v1.0 y la GNU Public License (GPL) v2 es un servidor de aplicaciones desarrollado por Sun Microsystems que implementa las tecnologías definidas en la plataforma Java EE y permite ejecutar aplicaciones que siguen esta especificación. (Serra, 2010, p96)

6.4. Implementación

SIMO Learning está compuesto por un Menú Principal (Fig. 9), que le permite al usuario seleccionar y navegar por las diferentes opciones correspondientes al menú principal:

6.4.1. Contenido

Al iniciar este módulo (Fig. 10) el usuario puede seleccionar videos de acuerdo al tema, los cuales cuentan con contenido didáctico y/o traducción en lenguaje de señas para su fácil comprensión.

6.4.2. Glosario

Con este módulo (Fig. 11) el usuario puede tener contenido visual y relacionar conceptos mediante texto e imágenes, basado en la Logogenia.

6.4.5. Perfil

Este módulo (Fig. 12) permite al estudiante crear su perfil basado en IDUsuario, Password y correo electrónico con el fin de habilitar la funcionalidad del módulo CHAT.



Figura 9. Menú principal SIMO Learning
Fuente: Los autores



Figura 10. Contenido
Fuente: Los autores



Figura 11. Glosario
Fuente: Los autores

6.4.6. Chat

Este módulo (Fig. 13) le permite al estudiante establecer una comunicación virtual con los usuarios conectados al sistema, los cuales existen en la base de datos del servidor y son validados previamente.



Figura 13. Chat
Fuente: Los autores



Figura 12. Perfil
Fuente: Los autores



Figura 14. Evaluación
Fuente: Los autores

6.4.7. Evaluación

Este módulo (Fig. 14) está orientado a permitir de manera didáctica la evaluación del estudiante respecto a los temas cursados, para los niños de grado tercero.

A continuación, se relacionan las ventanas correspondientes a cada evaluación implementada con actividades como: Armar parejas (Fig. 15) y rompecabezas (Fig. 16):

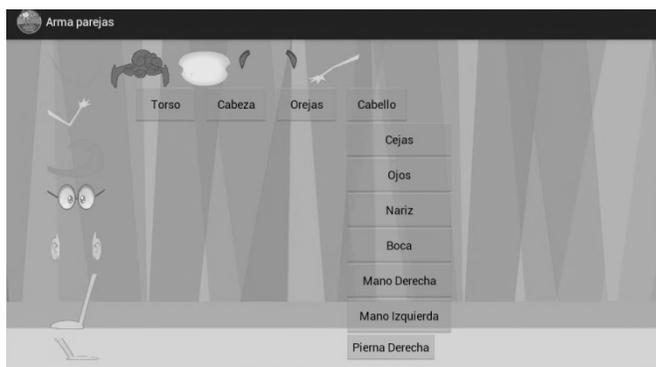


Figura 15. Evaluación Armar Parejas
Fuente: Los autores

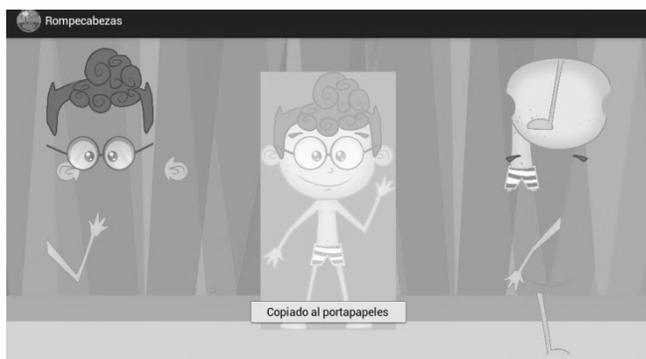


Figura 16. Evaluación Rompecabezas
Fuente: Los autores

6.4.8. Mis ayudas

El módulo de ayudas (Fig. 17) le permite al estudiante consultar links de ayuda para apoyo y acceso a material relacionado a temas de interés.

6.5. Pruebas

6.5.1. Pruebas de integridad

Orientadas a probar el sistema en su conjunto y evaluar si los módulos y componentes interrelacionados operan adecuadamente, teniendo en cuenta el cumplimiento de los requisitos no funcionales establecidos, los resultados se pueden evidenciar en la Tabla 1.

6.6. Pruebas de rendimiento

Orientadas a probar fundamentalmente el desempeño del sistema desarrollado, velocidad en sus algoritmos o consultas y validaciones en la conexión a la BD. Se llevó a cabo una prueba con el fin de evaluar rendimiento, tiempos y funcionamiento de la herramienta al momento de ingresar a cada uno de los módulos, como lo muestra la Tabla 2.

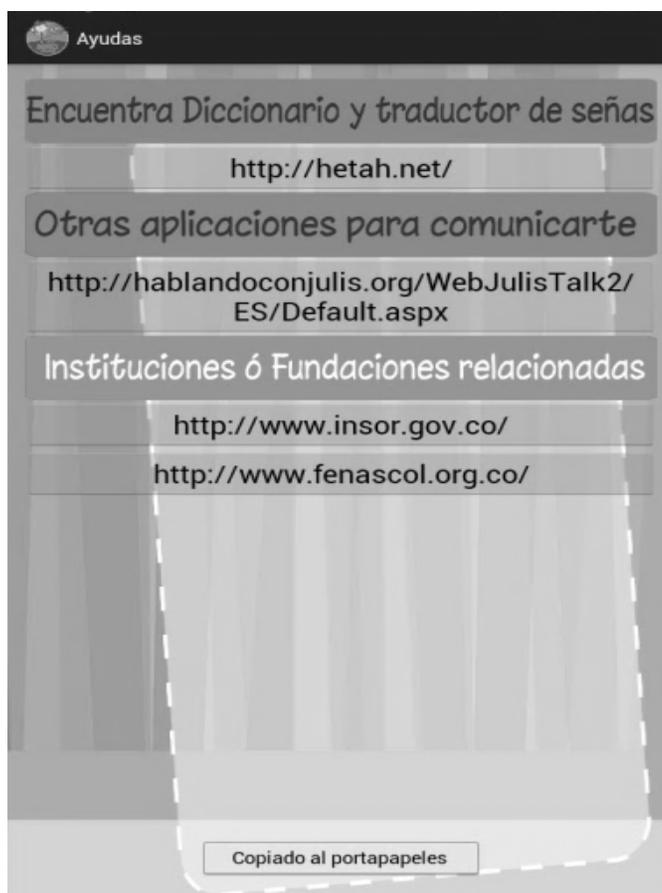


Figura 17. Mis Ayudas
Fuente: Los autores

Tabla 1
Pruebas de Integridad del sistema.

ACTIVIDAD	RESULTADO ESPERADO	ESTADO
Prueba existencia usuarios en DB.	Visualización de la base de datos con la información registrada por los usuarios creados/ingresados.	OK
Inserción usuario nuevo por el módulo Perfil	Actualización de la base de datos con el nuevo registro.	OK
Solicitud regeneración de clave	Envío de correo al usuario con la nueva clave generada	OK
Validación de usuario para sesión de CHAT	Validar que el usuario logueado se encuentra en la base de datos de usuarios para iniciar sesión de CHAT.	OK
Mostrar usuarios conectados (en línea) para establecer conversación	En vista del módulo CHAT listar los usuarios que se encuentran conectados	OK
Establecer conversación por CHAT	Establecer comunicación con los usuarios seleccionados.	OK
Carga de videos de contenido	Reproducción del contenido en formato .mp4 y visualización en pantalla.	OK

Fuente: Los autores

Tabla 2
Pruebas de Rendimiento: Ingreso a los Módulos SIMO Learning.

Acción	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
Ingreso módulo Perfil	Permitir ingreso al módulo para gestión de perfil - 2 segundos ingresando al módulo	2 segundos
Ingreso módulo CHAT	Permitir ingreso al módulo CHAT - 2 segundos ingresando al módulo.	2 segundos
Ingreso Módulo Contenido	Permitir ingreso al módulo de contenido - 2 segundos	4 segundos
Ingreso Módulo Glosario	Permitir ingreso al módulo de Glosario - 2 segundos	3 segundos
Ingreso Módulo Ayudas	Permitir ingreso al módulo de Mis Ayudas - 2 segundos	2 segundos
Ingreso Módulo Evaluación	Permitir ingreso al módulo de Evaluación - 2 segundos	2 segundos
Correcciones	El rendimiento de la aplicación para ingreso a cada uno de los módulos arroja resultados funcionales y con tiempos adecuados de acuerdo a la definición de los resultados esperados.	

Fuente: Los autores

Tabla 3
Pruebas de rendimiento: Carga de contenidos

Acción	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
Carga de contenidos desde dispositivo	Carga de videos o material correspondiente al contenido. 2 segundos	3 segundos
Salir de contenido e ingresar a otro módulo.	Permitir salir del módulo de contenido y cargar un nuevo módulo seleccionado. 2 segundos	Permite salir normalmente pero se genera bloqueo al momento de cargar un nuevo módulo, por tanto es necesario salir y abrir nuevamente la aplicación. 4 segundos
Correcciones	En fase de mejoramiento, se hizo necesario solucionar el inconveniente en el sentido de que no cargaba un nuevo módulo después de haber cargado el contenido.	

Fuente: Los autores

Tabla 4
Pruebas de Rendimiento: Comunicación por CHAT

Acción	Resultado Esperado	Resultado Obtenido
Establecer comunicación por CHAT	Permitir envío de mensajes en línea con los usuarios seleccionados. 2 segundos	4 - 6 segundos aproximadamente
Correcciones	Funciona correctamente	

Fuente: Los autores

En la siguiente prueba (Tabla 3) se tuvo en cuenta el desempeño en cuanto a la carga de contenidos buscando evaluar rendimiento, tiempos y funcionamiento de la herramienta respecto a la carga de contenidos habilitados.

Posteriormente se evaluó el rendimiento, tiempos de respuesta y funcionamiento de la herramienta al establecer comunicaciones por CHAT (Tabla 4), con los siguientes resultados:

6.7. Pruebas de tensión

Orientadas a probar el software desarrollado de manera simultánea desde diferentes terminales o con la concurrencia de varios usuarios.

Teniendo en cuenta el objetivo y funcionamiento planteado para SIMO Learning, el cual es una aplicación desarrollada para ser instalada localmente en el dispositivo y permitir de esta manera al usuario tener acceso a contenido de estudio desde cualquier lugar, las pruebas de tensión aplican para el módulo de CHAT correspondiente a permitir la comunicación entre uno o varios usuarios conectados simultáneamente, las cuales generaron resultados satisfactorios.

6.8. Pruebas de ergonomía

Se llevaron a cabo con el fin de evaluar la facilidad de uso del sistema y amigabilidad hacia el entorno del usuario.

Una vez realizadas estas pruebas se concluyó que SIMO Learning es una aplicación diseñada no solo para satisfacer las necesidades del usuario (niño sordo) respecto al contenido pedagógico que se pretende enseñar o exponer a través de la misma, sino que adicionalmente con la compañía de un equipo de diseñadores multimedia se llevó a cabo un diseño orientado y planificado a atraer visual y didácticamente a los usuarios mediante su presentación gráfica, interfaz de usuario y métodos explicativos utilizados en cada uno de sus componentes con el fin de facilitar su uso, según lo evidencia la Tabla 5.

7. Conclusiones

Mediante el uso de herramientas de aprendizaje que integran la tecnología, es posible llevar a cabo la construcción de soluciones que permitan llegar a diferentes tipos de población con necesidades específicas, en este caso a la comunidad infantil sorda, en la cual se facilita el acceso a material de apoyo que esté disponible en cualquier momento y lugar aprovechando los recursos tecnológicos disponibles como el uso de dispositivos móviles.

A través del análisis, levantamiento de información y acercamiento a la comunidad infantil sorda y personas que trabajan especialmente con este tipo de población fue posible definir el diseño respecto al funcionamiento, material didáctico e interfaz amigable que permitió la interacción del niño con la aplicación y el interés por explorar los temas propuestos.

Tabla 5
Pruebas de ergonomía

ACTIVIDAD	RESULTADO
Inicio de la Aplicación (INTRO)	Satisfactorio
Acceso al menú principal	Satisfactorio
Pruebas de uso adecuado, basados en la explicación orientada en lengua de señas en cada uno de los módulos.	Satisfactorio
Pruebas de Navegación y uso adecuado de cada uno de los módulos	Satisfactorio
Pruebas de aporte al conocimiento mediante el módulo de Evaluación	Satisfactorio

Fuente: Los autores

El desarrollo de la aplicación SIMO Learning y sus respectivos módulos permitió al niño sordo no solamente tener acceso a material educativo y didáctico para aclaración de conceptos y términos básicos clave correspondientes a las partes y sistemas del cuerpo humano sino que adicionalmente permite la opción de interactuar con otros usuarios conectados simultáneamente para compartir su experiencia y conocimientos.

La realización de pruebas aquí evidenciadas permitió determinar que es posible hacer un aporte significativo en la comunidad infantil sorda mediante el uso y aplicación de herramientas tecnológicas, que permite el apoyo a los profesores con el aprovechamiento de los recursos que son actual y fácilmente disponibles, teniendo en cuenta los proyectos de inclusión implementados en algunas instituciones educativas que trabajan con este tipo de población.

Referencias

- [1] Pérez, I. y Velasco, C., Sistemas y recursos de apoyo a la comunicación y al lenguaje de los alumnos sordos. Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva, [En línea]. 3(1) [Consulta: 15 de Junio de 2007]. Disponible en: <http://www.rinace.net/rlei/numeros/vol3-num1/art6.pdf>
- [2] Confederación española de familias de personas sordas. ¿Qué es la sordera? [En línea]. Disponible en: <http://www.fiapas.es/FIAPAS/queeslasordera.html#>. 2005
- [3] Infante, M., Sordera mitos y realidades. Educación bilingüe para sordos. 2005. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=SIhLFxImezc&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [4] Saldarriaga, C., Personas sordas y diferencia cultural. Representaciones hegemónicas y críticas de la sordera. 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/46316/1/489541.2014.pdf>
- [5] Veinberg, S., La perspectiva socioantropológica de la sordera. [En línea] 2002. Disponible en: http://www.sancristobal.amgr.es/signos/wpcontent/uploads/2014/10/Veinberg_perspectiva_socioantropologica_Sordera.pdf
- [6] Rozo-Melo, N., La lengua de señas colombiana. [En línea]. 2010. Disponible en: <http://lenguasdecolombia.caroycuervo.gov.co/contenido/Lenguas-de-senas-colombiana/introduccion>
- [7] Álvarez, R., Insor. Diccionario básico la lengua de señas colombiana. [En línea]. 2006. Disponible en: <http://www.ucn.edu.co/e-discapacidad/Documents/36317784-Diccionario-lengua-de-senas.pdf>
- [8] Mantilla-Jaimes, B., Recursos informáticos para el desarrollo del lenguaje científico en los estudiantes sordos. [En línea]. 2012. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/8960/2/144206.pdf>
- [9] Aguilar-Cuenca, D., Fernández-Rojas, A., García-Aguilera, F., García-Alvarez, M., Gómez-Torres, S., Luque, S., Otamendi, A. y Ponce-de Haro J., ¿Qué necesito aprender para ser teleformador?. Las competencias clave de la formación E-Learning. [En línea]. pp. 23. 2009. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=uPa3g9bw90C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=#v=onepage&q&f=true
- [10] Webmaster, Arquidiócesis de Cali. Pedagogía Conceptual. [En línea]. 2015. Disponible en: <http://colegiosarquidiocesanos.edu.co/index.php/inicio-pedagogia/caracteristicas-y-fundamentos>
- [11] Ocando, A., Tendencias de la Web y su efecto en la educación. U-learning: Nuevas vías de formación. [En línea]. 2012. Disponible en: <http://tendenciaswebdu.blogspot.com/2012/05/u-learnig-nuevas-vias-de-formacion.html>
- [12] Martínez, A. y Clemente, D., Guía Intel para la implementación de E-learning. [En línea]. 2014. Disponible en: <https://es.slideshare.net/princezittamartinez/programas-de-e-learning-de-xito>
- [13] Domínguez-González, V. y Roque-Penca, A., Las tecnologías de la información aplicadas a los centros escolares. [En línea]. 2013. Disponible en: <https://rqpknkx.files.wordpress.com/2013/12/elearning.pdf>
- [14] Flétscher, L.A., Modelo de desarrollo de servicios m-learning, una propuesta desde la concepción del servicio hacia la pedagogía. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, [En línea]. 22, septiembrediciembre, pp. 1-22, 2007, Fundación Universitaria Católica del Norte. Medellín, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1942/194220377001.pdf>
- [15] ISEA S., Coop. MOBILE LEARNING, Análisis prospectivo de las potencialidades asociadas al Mobile Learning. [En línea]. 2008. Disponible en: http://www.iseamcc.net/eISEA/Vigilancia_tecnologica/informe_4.pdf
- [16] Marín-de la Iglesia, J., J Web 2.0 Una descripción muy sencilla de los cambios que estamos viviendo. [En línea]. pp. 24-29. 2010. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=MOD3bCJR1T8C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=#v=onepage&q&f=true
- [17] Jiménez-Castellanos, J., Catalina, C. y Carmona, A., Ed. Universidad de Sevilla. [En línea]. pp. 22. 2007. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=m9-RRP8Qc4gC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=#v=onepage&q&f=true
- [18] Leal, J., Portal HETAH. [En línea]. 2013. Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/sitio/mod/forum/view.php?id=229>
- [19] Fundación CNSE (2011, Septiembre 16). Ciudad Sorda Virtual (CNSE). [En línea]. Disponible en: <http://aprendelenguadesignos.com/ciudad-sorda-virtual-cnse/>
- [20] Electronic Research Administration RUP Fundamentals Presentation. [En línea]. 2016. Disponible en: https://era.nih.gov/docs/rup_fundamentals.htm

L.A. García-Angel, recibió el título de Tecnóloga en Telecomunicaciones en 2006, de Ing. en Telemática en el año 2015 y certificada en ITIL Foundation V.2011 en el año 2015. Se desempeña como consultora de buenas prácticas ITIL y administradora de proyectos en la empresa LeverIT Colombia S.A. ORCID:0000-0002-8258-1384

L.Y. Rozo-Domínguez, recibió el título de Tecnóloga en Ingeniería de Sistemas en 2002, de Ing. en Telemática en 2015, se desempeña como Ingeniera de Business Intelligence en el Politécnico. Certificada en ITIL Foundation v3.2011. ORCID: 0000-0003-2430-3543

M.A. Leguizamón-Páez, recibió el título de Ing. de Sistemas en 1998. Esp. en Gerencia de Sistemas Informáticos en el año 2000. MSc. en Ciencias de la Información y las Comunicaciones en 2014. Se desempeña como docente en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia, desde febrero del año 2010. ORCID: 0000-0003-0457-0126.

Dificultades de aprender a programar

Jorge Iván Fuentes-Rosado & Melquizedec Moo-Medina

Academia de Sistemas y Animación, Instituto Tecnológico Superior Progreso, Yucatán, México. jfuentes@itsprogreso.edu.mx, mmoo@itsprogreso.edu.mx

Resumen— Dentro de las competencias de cualquier ingeniero solicitadas por la industria, sin importar su área de especialidad, es la codificación en un lenguaje de programación. Un ingeniero debe ser capaz de codificar sus ideas ya sea para hacer experimentos y simulaciones de sus propuestas de solución, así como crear soluciones de software. El objetivo es determinar los obstáculos y clasificarlos para poder generar estrategias que faciliten el desarrollo de la competencia del desarrollo de software. El proyecto se realizó con estudiantes de segundo semestre de las ingenierías en electromecánica e ingeniería en sistemas computacionales. Se solicitó que los estudiantes describieran las diferentes problemáticas con las que se enfrentaban y cómo fueron resolviéndolas. Estas descripciones se utilizaron para determinar y clasificar los obstáculos que se les presentaron. Es interesante descubrir que aunque los estudiantes pertenecían a programas de ingeniería diferentes las problemáticas y obstáculos que tuvieron fueron muy similares.

Palabras Clave— Programación, ingeniería en sistemas, ingeniería en electromecánica, dificultades.

Recibido: 18 de agosto de 2016. Revisado: 17 de enero de 2017.
Aceptado: 22 de junio de 2017

Difficulties from learning to computer programming

Abstract— Industries are in need of people able to code computer programs, no matter the specialty area. An engineer must be able to portray ideas, test them and create new software applications. The objective of this research is to determine the barriers and sort them in order to create strategies to help and facilitate the development of coding skills in students of different engineering programs. The project was done with students of the second semester of computer systems and electromechanical engineering programs. Students were asked to describe the different barriers they had faced and how they had solved that situation. These descriptions were classified. It is important to highlight that regardless of the students' background, they presented similar barriers.

Keywords— Computer programming, computational systems engineering, electromechanical engineering, barriers.

1. Antecedentes

Este artículo inicia parafraseando a dos grandes mentes del siglo XXI: “Aprender a escribir programas exprime tu mente, y ayuda a pensar mejor, crea una manera de pensar sobre cosas que creo es útil en todos los dominios”-Bill Gates [1]. “Nuestra

política en Facebook es literalmente contratar tantos ingenieros talentosos que podamos encontrar. No hay suficiente gente entrenada y que tengan estas habilidades hoy”-Mark Zuckerberg [1]. En primera instancia Bill Gates, Fundador de Microsoft, menciona los beneficios que tiene el aprender a programar, incluso sin mencionar el área de ingeniería, Bill Gates dice que los beneficios de programar crea nuevas formas de pensar y solucionar problemas. Por su parte Mark Zuckerberg, fundador de Facebook, reclama la necesidad de buenos y talentosos programadores, haciendo notoria la falta de ellos.

De acuerdo al U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS) para el 2024 los trabajos en Tecnologías de la Información (TI), en comparación a 2014, se incrementarán en un 17% [2], respecto a estas predicciones Mark Lassoff, presidente de learntoprogram.tv, dijo: “No hay suficientes personas para llenar estos puestos de trabajo, el mercado de trabajo se está moviendo más rápido que la capacitación en las universidades”. El reto que la universidad presenta actualmente es preparar a más gente a la velocidad que el mundo de las TI se mueve y requiere.

1.1. Habilidades para el desarrollo

La programación es parte esencial e integral de cualquier programa de ingeniería. Los estudiantes de ingeniería en sus últimos semestres tienen que enfrentar tareas de solución de problemas empleando esta competencia. El contar con buenas habilidades de desarrollo les ayudará a dar solución a estos problemas fácilmente. Es importante que los estudiantes de ingeniería y tecnología aprendan programación básica en sus primeros años de su preparación universitaria [3].

Aprender programación no es como adquirir otro conocimiento. No es un proceso algorítmico, es decir, no es como el cálculo diferencial donde se aprende el procedimiento o fórmula se aplica repetidas veces. No es de memorización, es decir, no es como aprenderse una lista de fechas importantes y repetirlas. Para aprender a programar no basta con aprender las palabras reservadas de un lenguaje para poder aplicarlo. Aprender a programar consiste en plasmar, mediante un lenguaje de programación, la forma de solucionar un problema. Cada problema se soluciona de manera distinta y cada programador lo resuelve de una forma diferente. Es allí donde

Como citar este artículo: Fuentes-Rosado, J.I. and Moo-Medina, M., Dificultades de aprender a programar. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 76-82, Julio, 2017.

radica la dificultad de aprender a programar; de tener un problema y crear una solución.

1.2. Temarios de estudio

En las dos ingenierías donde se desarrolló este proyecto, se lleva una materia de fundamentos de programación que se encuentra orientada al perfil. En ingeniería en sistemas, el objetivo de la asignatura es Analizar, diseñar y desarrollar soluciones de problemas reales utilizando algoritmos computacionales para implementarlos en un lenguaje de programación [4]. Por otra parte, el objetivo de Introducción a la programación en la ingeniería en Electromecánica es diseñar e implementar estrategias y programas para el control de los dispositivos en los sistemas electromecánicos. Diseñando interfaces gráficas con manipulación de puertos de computadoras, a través de lenguajes de programación [5]. Ambos temarios representan el primer acercamiento a la programación en ambas ingenierías, pero sus objetivos son totalmente diferentes, mientras que en ingeniería en sistemas se busca desarrollar el sentido analítico de los estudiantes, enfocándose más en el diseño y desarrollo; en electromecánica se busca la creación de interfaces gráficas de usuario que permita la comunicación con puertos de la computadora. En el desarrollo temático de la materia Fundamentos de programación de la Ingeniería en Sistemas Computacionales está compuesta por cinco unidades, la segunda unidad es donde el diseño y análisis inicia con los temas de diagramas de flujo y pseudocódigos, y la codificación en la unidades subsecuentes, siendo arreglos bidimensionales el último de los temas solicitados. En introducción a la programación de Ingeniería electromecánica está compuesto por cuatro unidades, no solicita el diseño mediante pseudocódigo o diagramas de flujo sino que inicia directamente con la codificación de soluciones, en la última unidad se solicita estudiar los temas relacionados con la comunicación de los puertos y las interfaces gráficas. En las dos ingenierías donde se desarrolló este proyecto, se lleva una materia de Fundamentos de Programación que se encuentra orientada al perfil. En la Ingeniería en Sistemas, el objetivo de la asignatura es analizar, diseñar y desarrollar soluciones de problemas reales utilizando algoritmos computacionales para implementarlos en un lenguaje de programación [4]. Por otra parte, el objetivo de Introducción a la Programación en la ingeniería en Electromecánica es diseñar e implementar estrategias y programas para el control de los dispositivos en los sistemas electromecánico, diseñando interfaces gráficas con manipulación de puertos de computadoras, a través de lenguajes de programación [5]. Ambos temarios representan el primer acercamiento a la programación en ambas ingenierías, pero sus objetivos son totalmente diferentes, mientras que en ingeniería en sistemas se busca desarrollar el sentido analítico de los estudiantes, enfocándose más en el diseño y desarrollo; en electromecánica se busca la creación de interfaces gráficas de usuario que permita la comunicación con puertos de la computadora. En el desarrollo temático de la materia Fundamentos de Programación de la Ingeniería en Sistemas Computacionales está compuesta por cinco unidades, la segunda unidad es donde el diseño y análisis inicia con los temas de diagramas de flujo y pseudocódigos, y la codificación en la

unidades subsecuentes, siendo arreglos bidimensionales el último de los temas solicitados. En introducción a la programación de Ingeniería electromecánica está compuesto por cuatro unidades, no solicita el diseño mediante pseudocódigo o diagramas de flujo sino que inicia directamente con la codificación de soluciones, en la última unidad se solicita estudiar los temas relacionados con la comunicación de los puertos y las interfaces gráficas

1.3. Algoritmo para solucionar problemas en ingeniería

Todos los problemas que tienen solución tienen estrategias que pueden ser empleadas para solucionarlos. De manera general existen algoritmos para la solución de problemas. Como la que presenta Moore, en su libro, Matlab para Ingenieros [6]. Él plantea un algoritmo básico para la solución de problemas en las disciplinas de ingeniería, ciencias y programación. Es una serie de cinco pasos que inician desde el entendimiento del problema y termina con la validación de los resultados. El algoritmo es el siguiente:

1. Planteamiento del problema
 - Si el problema no está claro, es poco probable que se pueda resolver
 - Elaborar diagrama o bosquejos del problema
2. Establecer los valores de entrada y salida para verificar el algoritmo y la solución
 - Es importante incluir las unidades tanto de los valores de entrada y de salida.
 - Si hay constantes, incluirlas
3. Diseñar el algoritmo para resolver el problema. Desarrolla una prueba de escritorio.
 - Identificar ecuaciones que relacionen los valores conocidos como incógnitas.
 - Trabajar una versión simplificada del problema, a mano o con calculadora.
4. Resolver el problema.
 - Codificar el problema, empleando un lenguaje de programación.
5. Validar la solución.
 - ¿Los resultados tienen sentido?
 - ¿Los resultados del programa coinciden con los obtenidos a mano o con la calculadora?

En el desarrollo de software existe diversas formas crear soluciones de software. Una metodología de desarrollo consiste en una serie de fases o pasos por los que el problema transita, desde la obtención de requerimientos o necesidades de los usuarios hasta la liberación del software final. Una de estas metodologías es el modelo de cascada, que está compuesta por 5 fases [7]:

1. Requerimientos. Entender el problema a resolver, ser capaz de expresarlo en lenguaje formal sin ambigüedades.
2. Diseño. Diseño del algoritmo y Diseño de las pruebas
3. Análisis. Analizar la funcionalidad del algoritmo diseñado, probar en papel junto con el algoritmo y los datos de pruebas.
4. Codificación. Escribir en un lenguaje de programación el algoritmo
5. Pruebas. Realizar las pruebas pertinentes para asegurar su funcionalidad
6. Liberación. Entregar al cliente el software final. [7]

Ya sea con una metodología general o una metodología propia de la ingeniería de software es importante entender el

problema, describir la solución, implementarla y probarla. Esta estrategia básica de solución puede ser empleada o enseñada a los estudiantes al momento de analizar los problemas que se les presente al momento de codificar.

1.4. Objetivo

El objetivo del proyecto es determinar y clasificar las dificultades que tienen los estudiantes de las ingenierías en sistemas y electromecánica al momento de crear rutinas de software en la solución de problemas comunes para proponer estrategias que incrementen el aprovechamiento de los mismos estudiantes en las materias relacionadas al desarrollo de software.

1.5. Preguntas de investigación

Las preguntas de investigación que siguió este proyecto fueron:

- ¿Cuál es el proceso, de los estudiantes, empleado para generar rutinas de software?
- ¿Qué problemáticas presentan los estudiantes al momento de solucionar un problema que requiere de una rutina de software?
- ¿Cómo resolvieron los estudiantes las problemáticas presentadas?
- ¿Cómo afecta el aprovechamiento de la programación en las asignaturas futuras?

1.6. Justificación

Todo ingeniero debe programar. El mercado laboral exige que todo ingeniero tenga la competencia de crea aplicaciones, tal vez, no al grado de un ingeniero en software, pero sí que pueda realizar rutinas que le apoyen en su trabajo. La competencia del desarrollo de software se adquiere en los primeros semestres de las ingenierías; en ingeniería electromecánica en el primer semestre en la materia Introducción a la Programación; mientras que en ingeniería en sistemas en primer semestre en la materia Fundamentos de Programación y en Segundo Semestre en la materia Programación Orientada a Objetos.

El índice de reprobación en estas materias es elevado y se desconoce la causa fundamental. Entre las propuestas que el instituto ha intentado ha sido cambiar a los maestros que imparten la clase, teniendo los mismos resultados, alto grado de reprobación. Otra de las estrategias que el instituto ha implementado son los cursos de regularización o asesorías y los resultados no han variado. Un punto importante a observar es que aquellos alumnos que aprueban no cuentan con la competencia completamente desarrollada, incluso piensan en sólo aprobar la materia sin considerar aprender a programar.

2. Metodología

La hipótesis que se tuvo en este proyecto fue: Las dificultades de los estudiantes al aprender a programar pueden ser identificadas para poder generar y clasificarlas para generar estrategias que las mitiguen y se logre incrementar el aprovechamiento en las materias relacionadas con la programación al fortalecer dicha competencia.

Tabla 1
Muestra de participantes por carrera.

Entrevistados	Tamaño de la Muestra
Ing. En Sistemas Computacionales	21
Ing. En Electromecánica	24
Total	45

Fuente: Autoría propia

Este proyecto se llevó a cabo mediante un diseño no experimental transeccional descriptivo cuantitativo, aplicado a través de un solo examen al finalizar el primer semestre del año 2016 Febrero-Junio.

La muestra fue tomada de los segundos semestres de las ingenierías en sistemas computacionales, y electromecánica, todos los estudiantes que participaron en la encuesta únicamente han llevado el curso introductorio a la programación.

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 1, donde el tamaño total de la muestra es de 45.

El proyecto se inició en el mes de Febrero de 2016, los estudiantes, todos ellos, de segundo semestre y habiendo aprobado la materia introductoria de programación.

Se tomaron el 100% de los estudiantes que asistieron a clases un día al azar.

El test aplicado contó con tres preguntas abiertas y seis problemas a resolver relacionados con los siguientes temas: Arreglos, Ciclos, Manipulación de Cadenas, Traducción de Fórmulas, Archivos. Las tres preguntas abiertas fueron: ingeniería que cursan, los lenguajes que han estudiado y el lenguaje que emplearían en la prueba. Algunos estudiantes, aquellos por el gusto nato para programar aprenden lenguajes de una manera autónoma, por lo que existía la posibilidad de resolver los problemas con el lenguaje que se sintieran más cómodos.

En la Tabla 2 se puede apreciar los reactivos que les fueron solicitados a los estudiantes, al igual de los conceptos que se requieren aplicar para solucionarlos.

Tabla 2
Ejemplo de reactivos
Fuente: Autoría propia

Enunciado del Problema	Conceptos
Realiza un programa que calcule el promedio de 10 número e imprima el resultado	Ciclos Promedio
Realiza un programa que invierta una cadena de texto introducida por el usuario	Manipulación de Cadenas
Realiza un programa que ordene una lista de 10 números	Ciclos Ciclos anidados Arreglos
Realiza un programa que calcule el resultado de la siguiente función	Ciclos Sumadores
$z = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i * \sum_{i=1}^5 y_i - \sum_{i=1}^5 x_i y_i}{\sum_{i=1}^5 x_i^2 + \sum_{i=1}^5 y_i^2}$	Potencias Traducción de fórmulas matemáticas
Fuente: Autoría propia	Arreglos
Realiza un programa que calcule la transpuesta de una matriz de 3X4, la transpuesta de una matriz es convertir cada fila en columna	Matrices Ciclos
Realiza un programa que abra un archivo (input.txt) y elimine todas las vocales de él y guarde el resultado en otro archivo de salida (output.txt)	Ciclos Administración de Archivos Cadenas

Fuente: Autoría propia

Tabla 3
Lenguajes de programación utilizados

Ingeniería	C#	JAVA	C/C++
Sistemas Computacionales	1	21	0
Electromecánica	0	0	25

Fuente: Autoría propia

Tabla 4
Lenguaje a utilizar para la prueba

Ingeniería	C#	JAVA	C/C++
Sistemas Computacionales	0	21	0
Electromecánica	0	0	25

Fuente: Autoría propia

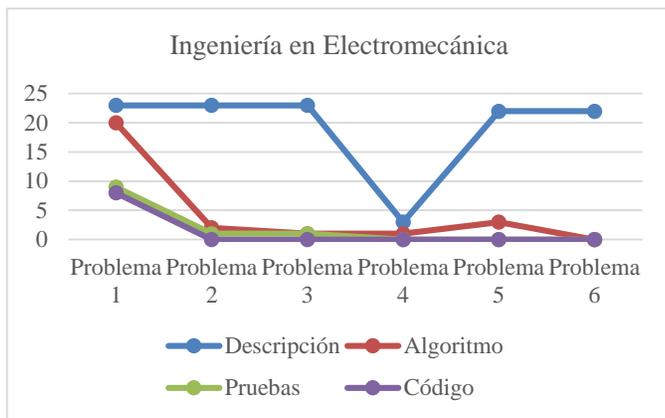


Figura 1. Resultados de la prueba aplicada a estudiantes de la Ingeniería en Electromecánica

Fuente: Autoría propia

Aplicando los algoritmos de solución de problemas en la ingeniería, cada programa solicitado debería estar acompañado de cuatro elementos, el primero de ellos fue la descripción personal, es decir, se solicitó a los estudiantes que escribieran con sus palabras cada uno de los problemas planteados, esto con el objetivo de validar si el problema fue entendido. Después de haber entendido el problema a resolver, se le pidió al estudiante realizar un algoritmo o diagrama de flujo que dé solución al problema planteado. El tercer elemento, los estudiantes debieron crear tres ejemplos de prueba para validar su solución y por último codificar la respuesta en el lenguaje de su preferencia. Con el objetivo de entender el proceso de solución, también se pidió a los estudiantes que escribieran los motivos por los cuales no podían realizar algunos de los apartados.

Esta prueba fue realizada en una sesión de tres horas consecutivas, con descansos cada que el estudiante lo requiera. El uso de internet no fue permitido.

3. Discusión de resultados

En la encuesta se preguntó a los estudiantes que lenguajes han estudiado. En la Tabla 3 se muestra los resultados obtenidos.

No es de extrañarse que los estudiantes únicamente conozcan un lenguaje, sólo han aprobado un curso de programación y siguen utilizando el lenguaje que el profesor de la asignatura les enseñó. Los estudiantes de ingeniería en

sistemas, presentan curiosidad en conocer otros lenguajes de programación y por ello, en este caso, uno de ellos ya iniciaba con la programación en C#.

No hubo mucha diferencia entre el lenguaje empleado en la solución de los problemas y los lenguajes de programación empleados. Los estudiantes expresaron que emplearían el lenguaje estudiado en su último curso. En la Tabla 4 se presentan los resultados estadísticos obtenidos

3.1. Resultados de ingeniería en electromecánica

En la ingeniería electromecánica, se resolvieron los siguientes programas. En la Fig. 1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa los resultados por problema y por requerimiento de solución

La mayoría de los estudiantes de la ingeniería en electromecánica pudieron describir los ejercicios solicitados con sus propias palabras, es decir, entendieron el enunciado del problema. En sus diagramas o algoritmos se pudo notar que el concepto del ciclo no lo tienen entendido en su claridad, debido a que en el problema donde se les solicitó calcular el promedio de diez números, el algoritmo que prevaleció fue crear diez variables y leer cada una de ellas para realizar el cálculo solicitado. Dentro de los comentarios sobre el problema uno destacaba que era un ejemplo que ya habían realizado en clase.

Dentro de los comentarios observados y las soluciones inconclusas o erróneas, planteadas por los estudiantes se puede notar que los estudiantes, aunque entendían el problema no lograron crear un algoritmo para resolverlo, es decir, no lograban solucionar el problema. Otro de los problemas presentados por este grupo de estudiantes fue no lograr dividir el problema para solucionarlo, algunos estudiantes plantearon algoritmos de tres pasos para la solución de los problemas, por ejemplo, 1. Leer la cadena, 2. Invertir la cadena, 3. Imprimir resultados.

Los casos de validación fueron ignorados, los estudiantes olvidaban que tenían que ponerlo, y no reconocieron la importancia de ellos para realizar sus pruebas.

Aunque fueron pocos los estudiantes que llegaron a la codificación de la solución, y de únicamente dos problemas. Los códigos observados seguían fielmente los algoritmos planteados.

En el caso de la ingeniería en sistemas los resultados pueden ser observados en la Fig 2

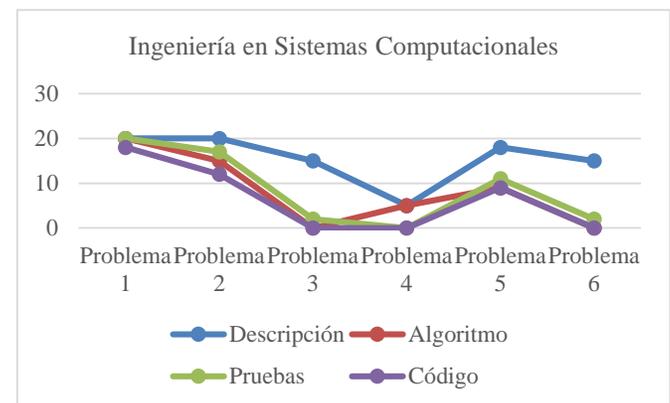


Figura 2. Resultados de la prueba aplicada a estudiantes de la Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Fuente: Autoría propia

Las descripciones de los problemas no tuvieron dificultades, a excepción del problema cuatro, la traducción de la fórmula. Los estudiantes de la ingeniería en sistemas expresaron que era una fórmula compleja, que no conocían los símbolos o que no han estudiado cálculo integral. En cálculo integral se estudia el concepto de la sumatoria.

Lahtinen, Ala-Mutka y Järvinen establecen que la diferencia entre un programador experto y un programador novato es el grado de optimización y atajos que utiliza al momento de programar [8]. Dentro de los diseños de las soluciones a los problemas, al igual que los estudiantes de electromecánica, este grupo no tenía muy claro el uso de los ciclos. En el caso del problema cuatro, la fórmula, los diseños estaban basados en calcular cada uno de los elementos de manera individual con los cinco datos requeridos. Aunque la solución es correcta, el planteamiento muestra que es un programador novato. Sin embargo, la capacidad de un ingeniero debe ser solucionar problemas con las herramientas que tenga, y esta solución aunque no es la más elegante, es una solución práctica.

En el tema de la codificación de los problemas, los estudiantes externaron que el tema de administración de archivos no lo conocían. Atribuyo que no fue presentado en clase. Otro de los comentarios al momento de codificar fue el desconocimiento, los estudiantes, externan no conocer el lenguaje o como traducir sus ideas a código. Un comentario que llamó la atención del autor fue “No me acuerdo”, este comentario se repitió en varios estudiantes, lo que me lleva a pensar que los estudiantes intentan aprenderse las rutinas, y no aprenden a desarrollarlas por si solos.

En forma general ningún estudiante logro terminar los seis problemas planteados, aunque los estudiantes de sistemas hicieron más codificación que los estudiantes de ingeniería electromecánica. También es de notar que el lenguaje estudiado por los estudiantes de sistemas es JAVA, mientras que el estudiante que estudiaron en electromecánica fue C/C++.

4. Conclusiones

A nivel global el desarrollo de nuevas tecnologías requiere de más desarrolladores de software, debido a que vivimos en un mundo altamente digital que sigue creciendo a pasos enormes. La demanda de aplicaciones de software dejó de ser una necesidad empresarial o industrial y se volvió parte de la vida diaria. Retos actuales como Internet de las Cosas hace que surjan nuevas necesidades de aplicaciones. Áreas como la salud requiere de software especializado, no sólo para la administración, sino aplicaciones que controlan los equipos de alta tecnología que realizan diagnósticos más oportunos o trasplantes electrónicos que dan una mayor calidad de vida a sus portadores. México requiere capacitar a más gente en disciplinas como el Desarrollo de Software e ingenierías tecnológicas para crear la tecnología que el país y el mundo necesita y convertirse es un productor de esta tecnología y no meramente consumidor.

Programar es una habilidad muy útil y puede ser una recompensante carrera. Programadores novatos sufren de un amplio rango de dificultades y deficiencias. Los estudiantes deben descubrir la necesidad de seguir un algoritmo para poder solucionar problemas. Es importante entender qué hay que

hacer, establecer un plan de acción, establecer las pruebas de validación, codificar y por último hacer las pruebas. Los estudiantes no realizaban el diagrama de flujo porque no reconocen la importancia del diseño o el plan de acción. Los estudiantes directamente intentaban codificar sin haber entendido el problema o pensando en la solución. Es importante que el facilitador de la materia motive a los estudiantes a realizar los diseños previos al intento de codificación.

Dentro de los comentarios que los participantes escribían sobre las problemáticas que se les presentó durante el desarrollo de la prueba fueron clasificadas de la siguiente manera:

- Fobia a los problemas “complejos”: “La fórmula es muy complicada de hacer. No he estudiado cálculo integral.”. El estudiante antes de intentar solucionar el problema, en su primera percepción del problema, si ve algo que lo impacte, tiende a no solucionarlo. Se debe enseñar al estudiante de una manera práctica la estrategia divide y vencerás, la cual consiste en dividir el problema en pequeños subproblemas que pueda solucionar de una manera más sencilla.
- Lógica incompleta: Al no lograr dividir el problema en subproblemas no consiguen establecer los pasos necesarios para llegar a una solución completa. Los facilitadores podrían favorecer la lógica al sugerir la solución de acertijos y permitir que los estudiantes solucionen con tus recursos los problemas
- Desconocer el lenguaje: “No sé cómo leer archivos” Los estudiantes entienden el problema, saber cómo solucionarlo pero no logran codificarlo debido a que ignoran las palabras reservadas o librerías del lenguaje que podrían aplicar para realizar el software correspondiente. A manera de estrategia, los estudiantes podrían crear sus propias guías de bolsillo con las palabras reservadas y funciones que emplean.
- Desconocer las herramientas del entorno de desarrollo (IDE): “No corre como yo esperaba y no pude encontrar el error”. Los estudiantes escribían sus códigos pero no lograban corregir los errores de lógica que se les presentaban en el código. Los errores de sintaxis eran eliminados por el IDE, es decir, no hubieron errores tales como olvidar los puntos y comas, la falta de declaración de variables, o los tipos de variables. Si los estudiantes supieran como realizar un debuggeo, correr el programa paso a paso empleando el entorno de programación, hubieran podido encontrar los errores faltantes.
- Falta de motivación: “No sé hacerlo”. Aunque los estudiantes reconocen que el desarrollo de software es importante, hay quienes expresan que no tiene el gusto en realizarlo. El estudiante debe reconocer que una de las ventajas de programar es el desarrollo profesional. Un estudiante desmotivado no realizará las prácticas, y lamentablemente para aprender a programar hay que programar.
- Administración del tiempo: “No me alcanzó el tiempo”. Los estudiantes dentro de sus comentarios expresaron que el tiempo no fue suficiente para resolver el examen. Para un trabajo futuro se considerará dar más tiempo para la solución.

La programación en el caso de sistemas computacionales está ligada con las materias siguientes: Programación Orientada a Objetos, Métodos Numéricos, Simulación, Estructura de Datos, Tópicos avanzados de programación, bases de datos, ingeniería de software. Si el estudiante no desarrolla las

competencias debidas se verá afectado en el aprovechamiento de las materias subsecuentes. La ingeniería en electromecánica en el plan de estudios actual no cuenta con ligaduras para la materia de fundamentos de programación, además el autor sugiere más cursos de programación para esta ingeniería, para que los estudiantes logren desarrollar la lógica requerida.

Referencias

- [1] CODE, Leaders and trend-setters all agree on one thing, 2015. [En línea]. Available at: <https://code.org/quotes>.
- [2] United States Department of Labor, Software Developers, 15 04 2016. [En línea]. Available at: <http://www.bls.gov/ooh/computer-and-information-technology/software-developers.htm>.
- [3] Sun, W. and Sun, X., Teaching computer programming skills to engineering and technology students with a modular programming strategy. American Society for Engineering Education, 2011.
- [4] Tecnológico Nacional de México, Temario de Fundamentos de Programación Ingeniería en Sistemas, México, 2010.
- [5] Tecnológico Nacional de México, Temario de Introducción a la Programación Ingeniería Electromecánica, Mexicali, 2010.
- [6] Moore, H., Matlab para ingenieros, Pearson Educación, 2007.
- [7] Sommerville, I. y Alfonso, M., Ingeniería de Software, Pearson Educacion, 2009.
- [8] Lahtinen, E., Ala-Mutka, K. and Järvinen, H., A study of the difficulties of novice programmers, SIGCSE Bull, 2005, pp. 14-18.
- [9] Ko, A., Myers, B. and Aung, H., Six learning barriers in end-user programming systems. In: Proceedings of the 2004 IEEE Symposium on Visual Languages - Human Centric Computing, 2004.

J.I. Fuentes-Rosado, recibió el título de Lic. en Ciencias de la Computación en 2006 de la Universidad Autónoma de Yucatán en México, el título de MSc. en Ciencias con Especialidad en Sistemas Inteligentes en 2008 del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, México. Inició sus labores docentes en el Instituto Tecnológico Superior Progreso en agosto de 2010, y es profesor de tiempo completo de asignatura C desde 2012. Ha fungido como líder de la línea de investigación "Desarrollo de Tecnologías de la Información y Comunicación". Sus intereses investigativos incluyen: aprendizaje máquina para procesos de optimización, innovación educativa, gráficos por computadora, procesos automáticos de optimización de código. ORCID: 0000-0002-3079-2323

M. Moo-Medina, recibe el título Ing. en Sistemas Computacionales en 2003 por el Instituto Tecnológico de Mérida en Yucatán, México y en 2014, el título de MSc. en Tecnologías de Información por la Universidad Interamericana para el Desarrollo. Ha trabajado como líder de proyectos en Tecnologías de la Información para Infraestructura de la Red del Instituto Tecnológico Superior Progreso y como líder de Proyecto para el desarrollo de laboratorio de Diseño y Animación Digital en el 2014 y 2015. Actualmente realiza proyectos de investigación enfocados al desarrollo de software en diferentes áreas de trabajo y a las publicaciones de artículos desde el Instituto Tecnológico Superior Progreso, desempeñando el puesto de profesor de tiempo completo e investigador. ORCID: 0000-0003-3578-862X

La lectura y la escritura como herramientas pedagógicas para la enseñanza de Ingeniería de Software

Royer David Estrada-Esponda

Grupo de Investigación Leer, Escribir y Pensar, Universidad del Valle, Tuluá, Colombia. royer.estrada@correounivalle.edu.co

Resumen— El presente artículo expone los resultados de la intervención del curso de Desarrollo de Software II en la Universidad del Valle sede Tuluá, que consistió en la incorporación de instrumentos pedagógicos relacionados con la lectura y la escritura, tales como lectura modelada, elaboración de resúmenes, revisión entre pares y exposiciones orales. Esto con el fin de facilitar la adquisición y creación de conocimientos alrededor de la Ingeniería de Software, con la consigna de generar espacios con enfoques constructivistas y orientados al aprendizaje colaborativo. Lo anterior en el marco de un enfoque metodológico de investigación-acción, que posibilitó la interacción entre el grupo de estudiantes del curso objeto de intervención y el profesor a cargo. En consecuencia, se generó una realimentación continua en pro del mejoramiento en la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje y, por tanto, en la calidad académica.

Palabras Clave— Lectura, Escritura, Ingeniería de Software, Pedagogía.

Recibido: 31 de mayo de 2017. Revisado: 16 de junio de 2017.
Aceptado: 29 de junio de 2017.

Reading and writing as pedagogical tools for teaching Software Engineering

Abstract— This article presents the results of the intervention of the course "Software Development II" at Tuluá University, which included the incorporation of pedagogical tools related to reading and writing, such as modeling reading, abstracts, Peer review and oral exposures. It is to facilitate the acquisition and creation of knowledge around Software Engineering, with the slogan of generating spaces with constructivist approaches and oriented to collaborative learning. The above mentioned, within the framework of a methodological approach of research-action, which made possible the interaction between the group of students of the course of intervention and the teacher in charge. Consequently, a continuous feedback was generated in favor of the improvement in the quality of the teaching and learning processes and, therefore, in the academic quality.

Keywords: Reading, writing, pedagogy, Software Engineering.

1. Introducción

De manera equivocada se ha creído que los procesos de lectura y escritura son estáticos, es decir, que reposan en los conocimientos, habilidades y competencias adquiridas en

tempranos momentos de la vida, específicamente mientras los individuos transitan por la educación básica y permanecen en su núcleo familiar. Por el contrario, se encuentra en [1] que los diversos contextos en los que se lee y se escribe plantean desafíos y exigen continuar aprendiendo a leer y a escribir durante todas las etapas de formación académica, tales como básica primaria, secundaria, pregrado e incluso en estudios de posgrado.

Por tanto, resulta significativo comprender que los procesos de escritura y lectura son dinámicos y por ello están en constante evolución, lo cual implica que los individuos que acogen dichos procesos deben permanecer en continuo aprendizaje y refinamiento de sus prácticas de escritura y lectura.

Paralelamente, no solo la falta de conciencia sobre la naturaleza en sí de los procesos de lectura y escritura es la única responsable de la problemática actual en la educación superior, representada en las debilidades de dichos componentes en los estudiantes que transitan por ella, de hecho la poca cultura académica de los estudiantes no contribuye con la formalización de habilidades de esa dimensión. Lo anterior resulta significativo en la educación superior pública, debido a que la mayoría de sus estudiantes pertenecen a estratos socioeconómicos bajos, lo cual conduce a considerar que si los estudiantes provienen de familias de escasos recursos económicos, o sus padres tienen un bajo o nulo capital cultural en su estado objetivado, es explicable que dicha población no manifieste prácticas escolares que garanticen un desempeño y tránsito idóneos por los estudios profesionales [2]. Para el caso específico de la sede Tuluá de la Universidad del Valle, el 86% de sus estudiantes pertenecen a estratos socioeconómicos nivel 1 y 2, según información encontrada en [3], lo cual, sin lugar a duda, invita a considerar dicha realidad en procesos de intervención como los presentados en este artículo.

Por otra parte, y específicamente en el campo de la Ingeniería de Software, es necesario proveer desde las universidades herramientas que fortalezcan las prácticas discursivas de los estudiantes, de modo que ellos, una vez se introduzcan en un entorno laboral, puedan desenvolverse de manera adecuada desde la oralidad propia de su disciplina. También y según lo mencionado en [4], el desempeño del ingeniero en el ámbito profesional demanda, además de saberes

Como citar este artículo: Estrada-Esponda, R.D., La lectura y la escritura como herramientas pedagógicas para la enseñanza de Ingeniería de Software. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 83-88, Julio, 2017.

técnicos específicos, saberes del dominio del lenguaje para poder transmitir y gestionar la información con la que realizará su trabajo. Así mismo, en [5] se encuentra que en el desarrollo de software es posible identificar dos tipos de conocimiento, el primero orientado a las capacidades creativas y el segundo relacionado con el conocimiento de productos y procesos asociados al dominio del problema.

Sumado a lo anterior, el crecimiento vertiginoso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TICs) está generando nuevas formas de trabajo y modificando diversas prácticas en la vida cotidiana de las personas. En esta transformación tecnológica se observa una tendencia progresiva hacia la colaboración entre personas para alcanzar un objetivo común, para lo cual el trabajo se organiza en equipos y cada integrante interactúa con el resto del grupo para obtener una mejor productividad [6]; lo anterior conduce a reflexionar sobre la importancia de las habilidades de escritura y lectura a las que están llamados los estudiantes de la educación superior para hacer que sus procesos académicos y laborales sean más efectivos.

El objetivo de este artículo es presentar una experiencia sobre la incorporación de prácticas referentes a la escritura y la lectura en la asignatura Desarrollo de Software II, que configura un proceso de innovación académica y pedagógica. El documento está estructurado de la siguiente manera: primero se presenta el curso que fue intervenido, luego se comenta una iniciativa desarrollada en la sede Tuluá en el marco de un programa de permanencia, seguido a ello se menciona la metodología utilizada para la intervención del curso Desarrollo de Software II, después se presentan las prácticas e instrumentos utilizados, y, finalmente, se exponen los resultados y conclusiones de la intervención realizada.

1.1. Descripción del curso

El curso Desarrollo de Software II es ofrecido en los programas académicos de Tecnología en Sistemas de Información e Ingeniería de Sistemas. La Tabla 1 presenta los datos más relevantes del mismo.

El curso es programado en el quinto semestre del programa tecnológico y en el séptimo semestre del programa profesional, esto advierte sobre el tipo de población que asiste como audiencia a dicho curso, es decir, estudiantes de semestres

Tabla 1
Información del curso

Código	750092M
Créditos	4
Intensidad Horaria	4 horas semanales
Habilitable	No
Validable	Sí
Prerrequisitos	Desarrollo de Software I – Base de datos
Tipo de Asignatura	Área Profesional - Obligatoria
Semestre(s)	Séptimo de Ingeniería / Quinto de Tecnología
Ofrecido a:	Ingeniería de Sistemas y Tecnología en Sistemas de información

Fuente: Del autor

superiores que para el primer caso se acercan a su momento de graduación y el segundo, estudiantes que se aproximan al inicio de su trabajo de grado.

A propósito de la intervención que se realizó, es pertinente mencionar que en los programas en los que se ofrece el curso se identificaron problemáticas tales como:

Para el caso del programa tecnológico, la problemática reside en que los estudiantes, próximos a la culminación de su proceso formativo, siguen manifestando problemas inherentes con la interpretación y producción de textos académicos, incluso los referentes a su área disciplinaria.

En lo que concierne a estudiantes del programa profesional, se observa que la mayor problemática se ve materializada cuando inician su proceso de trabajo de grado; este proceso se inicia un semestre después de haber finalizado y aprobado el curso objeto de intervención. La problemática en este caso está relacionada con la mencionada en el párrafo anterior, es decir, problemas con la interpretación y producción de textos académicos, pero esta vez enfocados con los temas de interés seleccionados para el trabajo de grado.

También es importante resaltar cómo los objetivos, tanto el general, como algunos específicos del curso están significativamente relacionados con la escritura y la lectura. A continuación se presentan algunos de dichos objetivos.

1.1.1. Objetivo general

Capacitar al estudiante para definir, evaluar y mejorar procesos de construcción de software, aplicando estándares de calidad definidos.

1.1.2. Objetivos específicos

Escribir el alcance, las responsabilidades, la secuencia e interacción de los procesos para el Sistema de Gestión de Calidad de un grupo desarrollador de software.

Escribir, para el proyecto de software, la especificación de requerimientos, su plan de desarrollo y el contrato.

Comparar y evaluar lo ejecutado contra el plan previsto para el desarrollo, y formular propuestas de mejoramiento para los procedimientos.

Los objetivos anteriormente relacionados dan cuenta de la necesidad que tienen los educandos de desarrollar habilidades de lectura y escritura con el fin, en primera medida, de poder escribir documentación, requerimientos, responsabilidades e informes técnicos asociados a su área disciplinaria, y ser capaces de comprender su contexto con la intención de poder formular alternativas de mejoramiento para sus interesados o clientes. El periodo en el cual se realizó la intervención fue el de febrero-junio 2017 con 21 estudiantes matriculados.

1.2. Antecedentes

Antes de dar cuenta del proceso llevado a cabo durante el curso de Desarrollo de Software II, resulta conveniente destacar cómo la Universidad del Valle sede Tuluá ha implementado en el marco de un programa de permanencia y éxito académico, aulas de lectura y escritura con el fin de abordar las problemáticas inherentes a tales procesos. De igual forma, es

preciso destacar que dichas aulas son ofrecidas como sesiones adicionales a los cursos de lenguaje, español o afines; por tanto, es claro que solo estudiantes de semestres inferiores en los que se ofrecen esos cursos, según las mallas curriculares, representan la población objetivo del mencionado programa, lo cual implica que estudiantes de semestres avanzados no tienen espacios de esa naturaleza para fortalecer habilidades al tenor de la escritura y la lectura, específicamente en sus áreas disciplinarias. Además, las aulas propuestas por la universidad son extra clase, lo cual provoca que las actividades que se desarrollan allí no necesariamente estén ubicadas en el contexto específico del programa académico de los estudiantes.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que en cada disciplina se desarrolla una cultura discursiva a la luz de sus particularidades, es necesario mencionar que no es suficiente con que la labor de mejorar las habilidades de lectura y escritura sean atendidas por las universidades por medio de programas como el mencionado anteriormente; como bien se encuentra en [7] es necesario que todos los profesores se comprometan con introducir a sus estudiantes en una oralidad apropiada a cada disciplina, con el fin de generar en ellos elementos de valor que contribuyan a la construcción de una verdadera cultura discursiva.

Paralelamente es necesario hacer énfasis en la necesidad que tienen las instituciones educativas por adoptar prácticas que no solo instrumentalicen la escritura y la lectura en las aulas, incluso en [8] se indica que el problema de la escritura no es de los universitarios, escritores experimentados o incluso estudiantes en fases de pre-universidad y posgrado, sino de la enseñanza en sí misma, del modelo educativo en el que vivimos, de las instituciones que “han tendido a usar la escritura sólo en forma instrumental”. Así pues, es indispensable reflexionar sobre el rol docente en la actualidad, de modo que desde dicho ejercicio pueda ser posible establecer mecanismos o dispositivos pedagógicos que permitan hacer de la escritura un elemento no solo meramente instrumental, por el contrario, entender que dicho proceso tiene alcances hasta lo epistémico, es decir, la escritura como generadora de conocimiento.

Finalmente, y teniendo en cuenta que la Universidad por medio de programas de permanencia o éxito académico comprende la problemática que permea la educación superior en relación con la lectura y la escritura, es menester de los profesores asimilar prácticas relacionadas con tales procesos y estudiar o analizar constantemente cómo dichas prácticas influyen en los estudiantes y en su propio desempeño docente. En esta dirección, la Universidad del Valle, específicamente la Dirección de Autoevaluación y Calidad Académica (DACA), ofreció en la sede Tuluá durante el periodo agosto-diciembre del 2016 el diplomado denominado “La lectura y la escritura en el aula universitaria”, allí un grupo docente de la sede tuvo la oportunidad de discutir el alcance de la lectura y la escritura como elementos potenciadores de la enseñanza y aprendizaje y posibilitó a dicho grupo la construcción o adaptación de los enfoques académicos a la luz de tales elementos. Sin lugar a dudas, lo comentado anteriormente es un insumo para la puesta en marcha de iniciativas como la expuesta en el artículo.

2. Metodología

La metodología utilizada para la materialización de la intervención que aquí se presenta corresponde a un enfoque de investigación-acción, con el que se buscó emitir la interpretación de la realidad del curso Desarrollo de Software II, en relación con la lectura y la escritura, desde la mirada no sólo del profesor sino también desde los estudiantes. De hecho, en [9] se enfatiza que la investigación-acción interpreta lo que ocurre desde el punto de vista de los participantes de la investigación; lo anterior significó un valor agregado al ejercicio investigativo, ya que al conocer la perspectiva de los estudiantes se contribuyó también con el mejoramiento continuo del profesor, lo que implica un aumento en la calidad académica que a su vez impactará positivamente en los estudiantes. La investigación acción se constituye en una excelente herramienta para mejorar la calidad académica en la educación. [10]

De igual modo, uno de los propósitos de la investigación-acción en el contexto de la intervención realizada fue profundizar la comprensión del profesor sobre los problemas que surgen en el aula, así pues, dicho enfoque metodológico adoptó un alcance exploratorio, este último resultó significativo para facilitar la realimentación continua con los estudiantes que participaron de la investigación, por tanto, dentro del proceso metodológico fue incluido un sondeo con el fin de conocer la percepción de los estudiantes acerca de las actividades de escritura y lectura desarrolladas durante el curso.

También y paralelamente con las actividades del curso se definieron las siguientes actividades con el fin de incorporar la lectura y la escritura en la cotidianidad de las sesiones:

Inicialmente se asignó la elaboración y presentación de una exposición oral ante todo el grupo de estudiantes como auditorio, para ello se les suministró a todos los grupos conformados una rejilla de evaluación que usaron como insumo para la preparación de su exposición, dicha rejilla entre otros aspectos indicaba cómo debía ser el inicio y cierre de la presentación, cómo sería valorado el uso excesivo de muletillas, el contacto visual con el auditorio, el lenguaje corporal, la seguridad, el tono de voz, la velocidad y el conocimiento del tema.

Adicionalmente, se realizaron tres lecturas modeladas asociadas al curso. En esta actividad fue posible comprender las ideas de los autores, identificar contextos y familiarizar a los estudiantes con contribuciones prácticas y teóricas de su disciplina, de igual modo se propició la participación de los estudiantes durante cada sesión, por medio de la lectura de fragmentos del texto o la intervención con base en sus interpretaciones. Así pues, surgieron preguntas que fueron respondidas por el docente e incluso de alguna u otra manera por los mismos estudiantes, en consecuencia se generó un espacio constructivista en el marco del trabajo colaborativo.

Una vez las lecturas fueron desarrolladas, se asignó la elaboración de resúmenes, con el propósito de verificar la capacidad de síntesis y por tanto detectar si las lecturas modeladas aportaron a la apropiación de ideas y conceptos inmersos en los textos revisados con anterioridad. Para ello se proporcionó una rejilla de evaluación con el fin de esclarecer las características de un resumen y su forma de calificación. Entre los aspectos más importantes de dicha rejilla se destaca que para los estudiantes era explícito cómo iban a ser evaluados y cómo está compuesto un texto tipo resumen, por tanto los resúmenes fueron evaluados en cuanto a contenido y aspectos

lingüísticos. Vale la pena destacar que las lecturas que fueron utilizadas para el ejercicio, corresponden a artículos de revistas indexadas, no mayores a 12 páginas.

Por otra parte, a medida que los resúmenes fueron elaborados se procedió a establecer un tiempo de la sesión para la co-evaluación de dichos textos, el tiempo promedio para tal actividad fue de 20 minutos. En consecuencia los estudiantes con la ayuda de la rejilla pudieron realizar la evaluación y por tanto se logró concientizar a los mismos sobre la importancia de reconocer al otro como sujeto de aprendizaje en una dinámica constructivista.

También y con el fin de exponer la importancia de la escritura, se proporcionó una plantilla para la elaboración de fichas resúmenes, en ellas los estudiantes podían consignar las ideas principales de las clases con el fin de tener dicho material para las evaluaciones del curso. En cada clase los estudiantes podían entregar una ficha resumen, de ninguna manera se recibieron fichas por fuera de la clase, esto posibilitó que la audiencia del profesor tuviera una motivación adicional por tomar nota o incluso apropiarse los conceptos desarrollados durante cada sesión. En consecuencia en el evento de evaluaciones los estudiantes podían solicitar las fichas que previamente habían elaborado.

Finalmente y con el propósito de poner en contexto la escritura, se les asignó a los estudiantes en el marco de su proyecto de curso, entregar documentación asociada a un producto software que debían desarrollar, esto teniendo en cuenta que el software está compuesto por estructuras de datos, soporte lógico y documentación. Así pues, de manera explícita, se solicitaron 3 documentos, un manual de usuario, un manual de programador y un procedimiento para el control de versiones, todos los documentos fueron co-evaluados por otros estudiantes, esto con el fin de comprender la importancia de la escritura incluso en su futura labor profesional. Como criterio de evaluación se definió el nivel de comprensión de los documentos, así pues, se dejó claro que la escritura no es automática, y por tanto es resultado de un continuo proceso de mejoramiento.

A continuación, la Fig. 1 presenta el resumen de las actividades de lectura y escritura incluidas en el curso.

Adicionalmente, y entendiendo la necesidad de reconocimiento que habita en los individuos, se usó la página <https://www.canva.com/> para la generación de poster o tarjetas de felicitaciones de parte del profesor que fueron publicadas en el campus virtual de la Universidad. Lo anterior entendiendo que en el mundo académico no solo impera la lógica, la razón y el intelectualismo frío, en ese mundo, y sobre todo cuando las actividades académicas dependen significativamente de las personas, los afectos y la cognición son determinantes para el desarrollo de dichas actividades [11].

3. Resultados y discusión

Con el fin de presentar los resultados y en consecuencia generar una discusión, es relevante exponer que fue necesaria la aplicación de un instrumento para la determinación de la percepción de los 21 estudiantes en relación con las actividades desarrolladas durante el curso. A continuación se presentan las características principales de dicho instrumento.

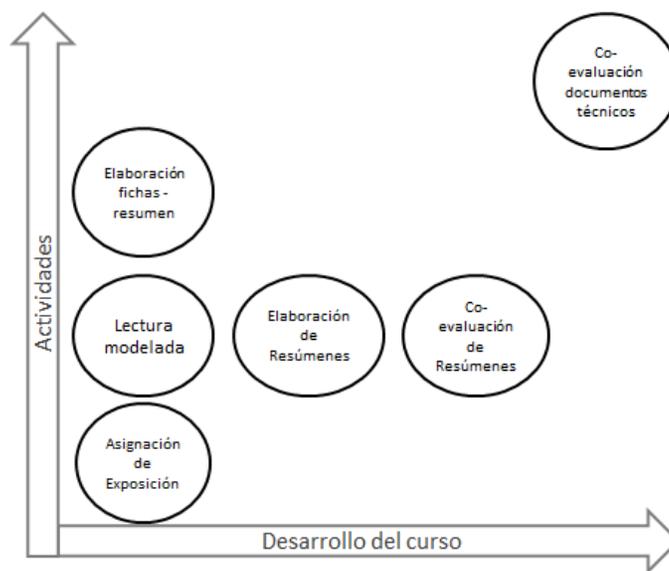


Figura 1. Actividades incluidas en el curso.

Fuente: Del autor

En primera medida fue necesario definir un objetivo para cada una de las preguntas que se consultarían a los estudiantes, luego se formuló el cuestionario no estructurado y posteriormente fue aplicado el 23 de marzo de 2017. Una vez fueron procesadas las respuestas se identificaron categorías para facilitar el análisis cualitativo e incluso posibilitar un análisis cuantitativo. La Tabla 2 presenta los objetivos, las preguntas y las respectivas categorías identificadas.

Vale la pena destacar que para la aplicación del instrumento para determinar la percepción, la pertinencia y las opiniones sobre la intervención del curso, fue definida una consigna general que guiara la respuesta de las preguntas formuladas. Dicha consigna fue la siguiente: “A continuación se presenta un breve cuestionario que busca determinar su percepción sobre la incorporación de actividades de lectura y escritura en el desarrollo del curso Desarrollo de Software II, por favor explique o argumente su respuesta”.

En relación con la primera pregunta aplicada, se identificó que los estudiantes reconocen que en otros cursos se aborda la escritura y la lectura, pero específicamente esta última, aunque de manera instrumental, es decir, la lectura no se usa para reflexionar sobre los temas que presenta, lo cual conduce a que no se generen espacios para el aprendizaje y mucho menos para la construcción de conocimiento a partir de la lectura. De hecho el 40% de las respuestas fueron asociadas a tal categoría; en consecuencia, podría decirse que no hay una relación importante entre dichos elementos en los contextos de las disciplinas a las que asisten los estudiantes, lo cual genera entonces una desventaja importante para el aprendizaje de los mismos, ya que como bien se menciona en [8] no basta con instrumentalizar la escritura y la lectura como prácticas académicas; es necesario comprender que dichos componentes son fundamentales para la construcción y apropiación de conocimiento.

Tabla 2
Instrumento para valorar la percepción

Objetivo	Pregunta	Categorías identificadas
Conocer si en otros cursos a los que han asistido los estudiantes se han abordado la lectura y escritura de manera consciente, entendiendo que dichos procesos son determinantes para la construcción de conocimiento.	En cursos del área profesional a los cuales usted ha asistido en periodos anteriores ¿se han incluido la lectura y la escritura de manera consciente, entendiendo que estos elementos son fundamentales para la construcción de conocimiento?	En pocos cursos Sí, pero de manera instrumental Si, sobretodo la lectura pero de manera instrumental
Determinar la percepción de los estudiantes en relación con las actividades incluidas en el curso.	¿En términos generales cómo considera las actividades de lectura y escritura que se han realizado hasta la fecha en el curso Desarrollo de software II?	Buenas Importantes Enriquecedoras Interesantes Excelentes Motivadoras
Conocer si para los estudiantes la lectura y la escritura son más que instrumentos para el apoyo de sus clases y en consecuencia estas se traducen en elementos de valor para su vida personal y profesional.	¿Cómo cree que la lectura y la escritura y las actividades inherentes a ellas en el curso desarrollo de Software II contribuirán con su desarrollo personal y profesional?	Positivamente en la vida laboral por medio de la adopción de prácticas de lectura y escritura desde la academia. Mejorando la escritura con el fin de facilitar la comprensión del lector Comprender que el desarrollo de software no solo es programar Establecer una cultura académica
Determinar la pertinencia de las actividades desarrolladas en el curso desarrollo de software II	¿Considera que las actividades de lectura y escritura socializadas por el profesor han sido pertinentes para el desarrollo del curso en relación a su plan y contenido curricular?	Han sido pertinentes y coherentes con el plan Han sido pertinentes
Determinar si los estudiantes consideran que la lectura beneficia en algún grado el proceso de enseñanza y aprendizaje.	¿Usted cree que las actividades de lectura y escritura en el desarrollo del curso han beneficiado a sus compañeros en el proceso de aprendizaje y al profesor en el desarrollo del curso?	Si, especialmente por la realimentación. Sí, porque se mejoran las prácticas asociadas a la lectura y la escritura. Sí, específicamente en el trabajo colaborativo. Sí, porque permiten crear conocimiento. Si, sin embargo los beneficios dependen de la actitud del estudiante.

Fuente: Del autor

significaron más que buenas experiencias, de hecho ellos comentaron que tales actividades resultaron incluso motivadoras, enriquecedoras e interesantes. Sin embargo se identificó que los efectos de las actividades incluidas en el curso dependen seriamente de la actitud de los estudiantes e incluso de su cultura académica, por tanto es necesario observar cada caso de manera particular con el fin de identificar problemas en el imaginario de los estudiantes sobre lo que realmente significa para ellos la escritura y la lectura, ya que es evidente que equivocadamente algunos de ellos entienden dichos componentes como apéndices o simples añadidos al proceso académico.

Por otra parte y en lo que respecta a la pregunta que buscó indagar sobre la concepción de la lectura y la escritura en los estudiantes, es importante comentar que la totalidad de ellos consideró que la lectura y la escritura no solo tienen un alcance en lo académico, de hecho manifestaron explícitamente la importancia de dichos componentes en la dinámica diaria de su vida personal y claramente en los efectos en el éxito laboral. En consecuencia, es posible afirmar que los estudiantes recomponen de alguna manera su imaginario de la escritura y la lectura de modo que comprenden su significado y la importancia de su apropiación como habilidades blandas, que son sin lugar a dudas significativas no solo para el éxito académico sino también para el éxito personal y laboral, en la medida que se traducen en aptitudes sociales que son reconocidas por empleadores en el evento que estudiantes o jóvenes recién graduados busquen empleos. Ejemplos de dichas habilidades pueden ser: Trabajo en equipo, capacidad comunicativa y flexibilidad.

En lo que respecta a la pertinencia de las actividades involucradas en el curso, se identificó que el 95% de estudiantes considera que fueron apropiadas y coherentes con el plan presentado al inicio del periodo académico, lo anterior fue posible gracias a la adecuada contextualización de las actividades a la luz de la disciplina, por tanto, los artículos objeto de lectura modelada, corresponden a textos de ingeniería de software, modelos de calidad en software y especificación de requisitos. Adicionalmente las actividades de escritura orbitaron alrededor de la producción de textos que son habituales en la vida productiva de un ingeniero de software, en consecuencia se asignó la elaboración de procedimientos, manuales y guías relacionadas al proceso de desarrollo de software y al producto resultante de dicho proceso.

Con lo anterior, se encuentra que los estudiantes, específicamente el 50% de ellos valoraron de manera significativa el proceso de realimentación continua que se posibilitó durante las clases. De hecho comprenden que prácticas relacionadas con la escritura y la lectura son insumos fundamentales para el aprendizaje de manera individual y sobre todo de manera colectiva y colaborativa, y manifiestan que tales prácticas tienen un alcance que posibilita el mejor desempeño del profesor y contribuyen a la construcción de conocimiento y apropiación de conceptos propios de su disciplina.

Finalmente, es conveniente poner a consideración los siguientes cuestionamientos ¿Qué tan dispuesto debe estar un profesor para la incorporación de actividades de escritura y lectura en su disciplina y labor docente? ¿Cuál es el límite en relación con el plan o programa del curso que debe ser abordado

Adicionalmente es significativo exponer que para los estudiantes las actividades incluidas en las sesiones del curso

con prácticas de dicha naturaleza? Lo que sí es claro es que el número de estudiantes matriculados es un factor determinante para la inclusión de actividades de este tipo; de igual manera, es necesario destacar que hay asignaturas o cursos en los que simplemente incorporar tales actividades resulta significativamente complejo. Para el caso específico del curso Desarrollo de Software II, de los programas de Ingeniería de Sistemas y Tecnología en Sistemas de Información de la Universidad del Valle, sede Tuluá, la incorporación de la lectura y la escritura resultó ser una actividad enriquecedora no solo para los estudiantes sino también para el profesor a cargo del curso. En consecuencia, es cuerdo pensar que en cursos de naturaleza similar, en cuanto a número de matriculados, intensidad horaria y objetivos del curso sea posible replicar ejercicios como los presentados en este artículo y por tanto realimentar sus resultados o contribuir con una discusión al respecto.

4. Conclusiones

La incorporación de rejillas resultó fundamental para el adecuado desarrollo del curso, de hecho usar dichas rejillas para la evaluación facilita esa labor al docente, porque proveen los elementos y criterios para proceder a la evaluación, generando en los estudiantes una visión completa de su nota cuantitativa, lo que implica que los estudiantes impugnen menos las calificaciones asignadas por el docente y asimilen los resultados de una manera constructiva y objetiva.

También, y específicamente en relación con los resultados del curso, se destaca que el 100% de los 21 matriculados aprobó la asignatura, de hecho, solo el 28% de ellos obtuvieron notas entre 3 y 4. Esto se relaciona con la calidad de los documentos entregados por los estudiantes de forma grupal, es decir, se observó una evidente mejora en la especificación de requisitos, elaboración de manuales técnicos y construcción de documentos asociados a un proyecto de naturaleza software. En consecuencia, podría afirmarse que la incorporación de la lectura y la escritura, así como enfoques de trabajo colaborativo y ambientes constructivistas influyen de manera positiva en los resultados cuantitativos de los estudiantes y claramente en la valoración cualitativa de los mismos.

Por otro lado, la incorporación de la lectura y la escritura en la dinámica del curso no traumatizó el plan o programación del mismo, de hecho tales actividades estuvieron tan relacionadas con los contenidos del curso que este último se desarrolló de manera habitual en lo que tiene que ver con el plan o programa establecido para ello. También y en lo referente a la percepción de los estudiantes en relación con los temas incluidos en el curso, se encuentra que estos últimos gozan de aceptación y aprobación. Se evidencia que tal aceptación esta permeada por un nivel de consciencia tal, que conduce a concluir que los estudiantes pudieron comprender el valor epistémico de la lectura y la escritura, es decir, dichos componentes como generadores de conocimiento. Sin embargo y apelando a la prudencia, es imperativo mencionar que más allá de la nueva concepción de la lectura y la escritura que pueda habitar en los estudiantes, se destacan ellos como sujetos críticos que saben ahora que tanto la lectura como la escritura son procesos inacabados y, por tanto, en constante refinamiento y apropiación.

Referencias

- [1] Carlino, P., Alfabetización académica: Un cambio necesario, algunas alternativas Posibles. EDUCERE. [en línea]. 6(20), pp. 409-420, 2003. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/356/35662008.pdf>
- [2] Garay, A., Integración de los jóvenes en el sistema universitario; prácticas sociales, académicas y de consumo cultural. [en línea]. Ediciones Pomares S.A. Barcelona, España. 2004. Disponible en: [Http://Www.Scielo.Org.Mx/Pdf/Peredu/V27n107/N107a10.Pdf](http://Www.Scielo.Org.Mx/Pdf/Peredu/V27n107/N107a10.Pdf)
- [3] Universidad del Valle. Reporte socioeconómico estudiantil de la sede Tuluá, 2017.
- [4] Natale, L. y Stagnaro, D., Desarrollo de habilidades de lectura y escritura en la trayectoria académica del ingeniero: La experiencia de un programa desafiante e innovador. Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería. 2(3), pp. 45-52, 2013. ISBN 2250-6608
- [5] Carrillo, L. y Orozco, O., La administración de conocimientos en las organizaciones que desarrollan sistemas de información: Análisis de la concepción de conocimiento. En: XVII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. México, D.F., México. [en línea]. 2012. Disponible en: <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xvii/docs/M03.pdf>
- [6] Torres, E., Aballay, L., Ferrarini, C., Zapata, S., Collazos, C., Guiraldo, F. y Ochoa, S., Enseñanza de ingeniería de software en un escenario distribuido y colaborativo. En: XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. pp. 434-437, 2009. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19789>
- [7] Ramírez, R. y López, G., La lectura y escritura en la formación de los ingenieros. En: Encuentro internacional de educación en ingeniería, ACOFI, [en línea]. 2014. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277596711_la_lectura_y_la_escritura_en_la_formacion_de_los_ingenieros
- [8] Carlino, P., El proceso de escritura académica: Cuatro dificultades de la enseñanza universitaria. EDUCERE. 8(26), pp. 321-327, 2004. ISSN 1316-4910.
- [9] Elliot, J., La investigación-acción en la educación. Ediciones Morata. Cuarta Edición. [en línea]. 2000. Disponible en: <http://www.terras.edu.ar/biblioteca/37/37ELLIOT-Jhon-Cap-1-y-5.pdf>
- [10] Latorre, A., Investigación-acción: Conocer y cambiar la práctica educativa. Editorial Grao, [en línea]. 2003. Disponible en: https://www.academia.edu/download/35282480/11_Latorre-Inv-Acc-cap-1.pdf
- [11] Castello, M., Lñesta, A., Miras, M., Solé, I., Teberosky, A. y Zanotto, M., Escribir y comunicarse en contextos científicos y académicos: Conocimientos y estrategias. Editorial Graó. 2007.

R.D. Estrada-Esponda, recibió el título de Tec. en Sistemas de Información e Ing. de Sistemas en la Universidad del Valle, en los años 2011 y 2014 respectivamente; actualmente adelanta la Maestría en Administración en la misma institución de educación superior, además se desempeña como profesor ocasional tiempo completo en la Universidad del Valle, sede Tuluá y es desarrollador de software con una experiencia laboral de más de 3 años en dicha actividad. Perteneció al programa interinstitucional para el fortalecimiento de la investigación y el posgrado del pacífico como investigador y además es instructor nacional seleccionado para los clubes de ciencia de Colombia 2017. Sus intereses en investigación incluyen la ingeniería de software, gestión del conocimiento, educación y user experience.
ORCID: 0000-0002-6849-1278

Uso de Mininet y Openflow 1.3 para la enseñanza e investigación en redes IPv6 definidas por software

Line Yasmin Becerra-Sánchez ^a, Bryan Valencia-Suárez ^a, Santiago Santacruz-Pareja ^a
& Jhon Jairo Padilla-Aguilar ^b

^aFacultad de Ciencias Básica e Ingeniería, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia. line.becerra@ucp.edu.co, bryan.valencia@ucp.edu.co, santiago.santacruz@ucp.edu.co

^bFacultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia. jhon.padilla@upb.edu.co

Resumen— Las redes definidas por software (SDN) son un nuevo paradigma en redes de datos que separan el plano de control del plano de datos, dicha separación proporciona grandes ventajas asociadas con el control y la gestión de redes; estas redes abren muchas oportunidades en investigación para proponer soluciones a los problemas existentes. Por otro lado, IPv6 es el protocolo de nueva generación y de la futura infraestructura global de Internet. El objetivo principal de este artículo es presentar una metodología sencilla para la emulación de una SDN configurada con el protocolo IPv6, usando OpenFlow 1.3 y el controlador RYU mediante la herramienta Mininet; esta combinación facilita la enseñanza e investigación en esta área. Para este propósito, en este documento se describe las características importantes de IPv6, SDNs el protocolo OpenFlow 1.3 y el controlador RYU. Además se describen los requerimientos y recomendaciones fundamentales para dicha emulación, y se presentan los resultados de pruebas sencillas con el fin de verificar la conectividad, transferencia de datos y operación sobre una topología de prueba.

Palabras Clave— mininet, openflow, redes definidas por software, RYU.

Recibido: 20 de abril de 2017. Revisado: 29 de junio de 2017.
Aceptado: 7 de julio de 2017.

Use of Mininet and Openflow 1.3 for teaching and research in software defined IPv6 networks

Abstract— Software defined Network (SDN) is a new paradigm in data networks that separates the control plane from the data plane, which provides advantages associated with the control and management of networks; SDN opens many opportunities in researching to solve existing problems. On the other hand, IPv6 is the next generation protocol and the global internet infrastructure future. The main goal of this article is to present a simple methodology for the emulation of an SDN network configured with IPv6 protocol using OpenFlow 1.3 and RYU controller over Mininet tool; this is a combination facilities teaching and researching in this area. For this purpose, in this document the important features of SDNs, IPv6, OpenFlow 1.3 protocol and RYU controller are described. Similarly, the requirements and fundamental recommendations for such emulation, and the results of some tests in order to verify connectivity, data transfer and operating on a test topology are presented.

Keywords— mininet, openflow, software defined networks, RYU.

1. Introducción

IPv6 es un protocolo de gran importancia en las redes actuales debido a que Internet está migrando de la tecnología IPv4 hacia esta nueva versión del protocolo de Internet, conocida como IPv6. Esto se debe principalmente al agotamiento de las direcciones IPv4, pero también se introdujeron otras modificaciones que permiten una mayor eficiencia de los routers y una mayor seguridad, además de adaptarse a las características de los nuevos servicios de telecomunicaciones y a la movilidad de los usuarios.

De otro lado, las Redes Definidas por Software (SDN) son un nuevo paradigma que otorga nuevas características a las redes de datos, ya que hace que éstas puedan ser administradas y personalizadas a través de la programación de aplicaciones que, desde un controlador central, configuran el comportamiento de los dispositivos de conmutación. Los resultados de estudios de este nuevo paradigma y su funcionalidad con otros protocolos como IPv6 son muy significativos porque abren y posibilitan la creación de nuevas técnicas, herramientas software y algoritmos, entre otras opciones, para innovar y cambiar la administración y rendimiento de las redes convencionales. En Colombia, el estudio de las SDNs es incipiente, y su uso con IPv6 abre unas puertas de gran importancia para la investigación y aporte a nivel mundial de parte de nuestros grupos de investigación.

La meta principal de este artículo es presentar una metodología sencilla para la emulación de una red SDN configurada con el protocolo IPv6 usando Openflow 1.3 y el controlador RYU mediante la herramienta Mininet, lo cual es de suma importancia en la enseñanza y el aprendizaje del funcionamiento de este nuevo paradigma de las redes de datos. En la literatura se encuentran pocos trabajos alrededor de la combinación SDN-IPv6, a continuación se describirán algunos trabajos de investigación que se han desarrollado buscando esta convergencia.

En trabajos tales como [1], se presenta una arquitectura de comunicación de redes para SDN e IPv6. En [2] puede verse una propuesta para integrar IPv6 en SDN mediante mecanismos OpenFlow y en [3] los autores presentan la etapa inicial de un experimento para validar el soporte de OpenFlow para multicast en

Como citar este artículo: Becerra-Sánchez, L.Y., Valencia-Suárez, B., Santacruz-Pareja, S. and Padilla-Aguilar, J.J., Uso de Mininet y Openflow 1.3 para la enseñanza e investigación en redes IPv6 definidas por Software. Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 89-96, Julio, 2017.

IPv6. En algunas publicaciones como en [4-6] pueden verse diferentes trabajos e investigaciones donde es utilizada la herramienta de emulación Mininet, en donde se puede evidenciar su gran utilidad y versatilidad para realizar estudios referentes a las redes definidas por software.

Por otro lado, el controlador RYU es realmente un Framework, lo que significa que además de ser un controlador para SDN, está constituido por elementos como modelos, librerías, y otros recursos para el desarrollo de aplicaciones. Estas características y el hecho de ser de código libre lo convierten en una muy buena opción para la evaluación y emulación de SDNs.

Este documento está organizado de la siguiente manera: en la sección 2, se da una breve introducción y generalidades importantes sobre IPv6 y las Redes Definidas por Software; en la sección 3, se presentan las características de Mininet, RYU y en general de los elementos necesarios para la emulación de una SDN sobre Mininet. Posteriormente en la parte 4, se detalla el proceso y los pasos para emular un prototipo de red configurado con IPv6 y RYU; para esto se explican y muestran algunos elementos necesarios del protocolo OpenFlow para el soporte de IPv6, la utilización de Mininet y del controlador. En la sección 5, se muestran algunas pruebas realizadas en la emulación, y para finalizar, en la sección 6, se realizan algunas reflexiones y conclusiones alrededor del tema expuesto.

2. Protocolo IPv6 y redes definidas por software

2.1. Protocolo IPv6

Desde que la Internet viene siendo utilizada en gran medida y el número de equipos conectados a la red incrementa, la forma actual del Protocolo de Internet IPv4 [7] se ha quedado corta, pues no cuenta con el número suficiente de direcciones IP para identificar de forma única a cada dispositivo conectado a la red. En 1995 el grupo encargado de la IETF, recomendó la creación de IPv6, cuya especificación fue descrita en la RFC1752 [8] denominada "The Recommendation for the IP Next Generation Protocol". Luego esta recomendación fue evolucionando hasta la publicación de la especificación completa en 1998 con la RFC2460 [9].

IPv6 [9], tiene direcciones más grandes que el IPv4, son de 128 bits en oposición a los 32 bits respectivamente, lo que permite que existan muchas más direcciones asignables. Además de resolver el problema de la cantidad de direcciones, IPv6 simplifica el encabezado, que solo contiene 9 campos, a diferencia de IPv4 que

contiene 13, esto posibilita que los enrutadores procesen mucho más rápido los paquetes y por tanto mejorar la velocidad de envío [10].

Como se puede apreciar en la Fig. 1, la mayoría de los campos en IPv6 fueron cambiados o modificados, el único campo que permanece sin cambio es el campo llamado "versión", esto se hizo para permitir a IPv4 e IPv6 coexistir en el mismo enlace local. El campo "Header length" de IPv4 es irrelevante para IPv6 porque todas las cabeceras IPv6 son de la misma longitud. El campo "Type of Service (ToS)/ Differentiated Services" de IPv4, ha cambiado significativamente desde que este fue especificado originalmente para etiquetar paquetes para diferentes clases de manejo de los paquetes por los routers. La RFC2474 [11], denominada "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", hace la especificación de este campo para ambos protocolos. Esta especificación requiere la sustitución del campo "ToS" de IPv4 y el campo "Traffic class" de IPv6 por el campo "DS. El campo "Total length" de IPv4, es el campo "payload length" en IPv6. El campo "Total length" de IPv4 especifica la longitud del datagrama entero, incluyendo las cabeceras IP; de esta manera los routers pueden calcular la longitud de carga útil del datagrama IPv4 mediante la substracción de la longitud de la cabecera de la longitud del datagrama. En IPv6 este cálculo es innecesario, porque la longitud de carga útil de IPv6 incluye las cabeceras de extensión. El campo "Identification" es usado para identificar un datagrama como parte de un paquete fuente fragmentado. En IPv6 este campo no es necesario porque IPv6 no permite fragmentación de nodo intermedio. Los campos "Flags" y "Fragment offset" son también usados para permitir la fragmentación, por lo que tampoco se necesitan en IPv6. El campo "Time-to-live (TTL)" de IPv4, se transformó en el campo "hop limit" en IPv6. TTL fue originalmente concebido como límite superior del tiempo de vida (dado en segundos) de un paquete en Internet, sin embargo, se decidió interpretar como el número de saltos máximo que puede dar un paquete debido a que debe ser asignado un valor de tiempo de vida finito y entero que sea fácil de medir en diferentes routers. El campo "Protocol" se refiere al protocolo de la próxima capa más alta encapsulada dentro del paquete IPv4. Este campo se involucró en IPv6 dentro del campo "Next Header", donde este especifica la próxima cabecera, ya sea una cabecera de extensión IPv6 u otra cabecera de protocolos pertenecientes a la capa superior. El campo "Header checksum" es una aproximación robusta para evitar el procesamiento de paquetes que han tenido deterioros de las cabeceras en camino a su destino. Sin embargo, con los protocolos de capa superior como TCP y UDP que calculan sus propias sumas de comprobación sobre las cabeceras, entonces, el campo suma de comprobación de IPv4 fue considerada redundante y por tanto, desapareció en la cabecera IPv6. Los campos "Source/destination address", pasa de 32 bits para paquetes IPv4 a 128 bits para paquetes IPv6. El campo "IP option" en IPv4 es reubicado en IPv6. Las opciones de IPv6 existen como cabeceras separadas después de la cabecera principal pero antes de la carga útil del paquete.

Adicionalmente, se agregaron dos campos a IPv6, el campo "ECN" y el campo "Flow Label". El campo "ECN" es de dos bits y es usado como banderas de notificación de congestión explícita. Por su parte, el campo "Flow Label" es un valor usado para identificar paquetes pertenecientes al mismo flujo. La etiqueta de flujo y la dirección del nodo fuente podrían servir para identificar los flujos [10,12].

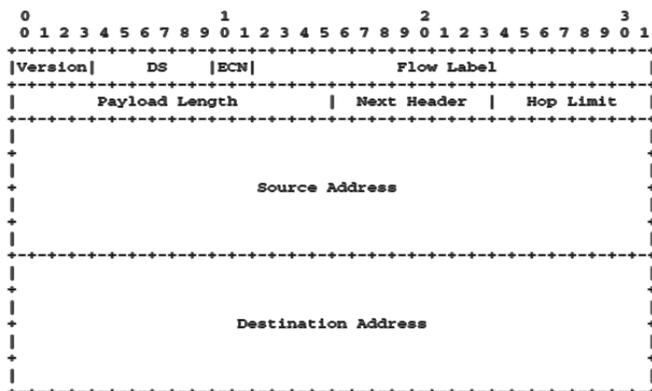


Figura 1. Cabecera IPv6.
Fuente: Adaptado de [1].

2.2. Redes definidas por software

La idea de las SDN fue surgiendo desde aproximadamente 1996 con acercamientos como las Active Networks [13], DCAN [14], NETCONF [15] y Ethane [16]. Los conceptos alrededor de las Redes Definidas por Software permiten actualizar las características de un router ubicado dentro de una red de datos IP. Los routers tradicionalmente han desempeñado dos tareas fundamentales: la primera relacionada con la toma de decisiones de enrutamiento para cada paquete que llega, y la segunda es el envío de estos paquetes con base en estas decisiones. Inmersos en un router pueden ser vistos dos planos, uno que permite la toma de decisiones (plano de control) y otro que maneja el reenvío de paquetes (plano de datos). Las Redes Definidas por Software se refieren precisamente a la separación del plano de datos y el plano de control con el fin de simplificar las tareas de enrutamiento, [17,18].

En un entorno normal SDN, el router envía el primer paquete que recibe de un flujo al controlador. Después de procesar la cabecera del paquete, el controlador carga entradas adecuadas en las tablas de flujo que están "a ciegas" y que son utilizadas por los routers para reenviar el resto de los paquetes que pertenecen al mismo flujo [19]. Las políticas de reenvío de un router pueden ser cambiadas por el controlador en función de cada flujo, lo que no es posible en el enfoque tradicional ya que la única manera de cambiar una política de enrutamiento predefinida sería alterando la configuración del dispositivo, que por lo general viene definida en un firmware. Esto, evidentemente, no es deseable ya que limita la escalabilidad y personalización de la red.

Es importante también tener en cuenta que un componente esencial de los routers SDN es el protocolo de comunicaciones que permite el intercambio de datos entre el controlador y sus routers. Se han propuesto varios protocolos de comunicación para este propósito. Entre estos protocolos, OpenFlow [20] ha ganado una considerable popularidad entre otras propuestas como ForCES [21].

Como se detalla en [22], la arquitectura de un router SDN está compuesta por tres capas: capa de infraestructura, capa de control y capa de aplicación. La Fig. 2, muestra, además de estas capas, las interfaces de comunicación entre ellas como la interfaz sur (southbound) de la que hace parte OpenFlow.

3. Emulación de redes definidas por software

La evaluación y la realización de pruebas de protocolos de red pueden realizarse a través de bancos de pruebas experimentales, simuladores y emuladores [2]. Cuando se utiliza emulación, el sistema a evaluar se representa con algunos elementos modificados pero otros se tratan exactamente igual que en un caso real, debido a esto, en la emulación todo se ejecuta en tiempo real [24].

Los emuladores y/o simuladores más utilizados actualmente para la evaluación de Redes Definidas por Software son ns-3 [25], EstiNet [26] y Mininet [27].

3.1. Mininet

Mininet es un emulador para el despliegue de redes sobre los limitados recursos de un ordenador sencillo simple o máquina virtual [6]. Éste utiliza el kernel de Linux y otros recursos para emular elementos de la SDN como el controlador, los switch OpenFlow y los host.

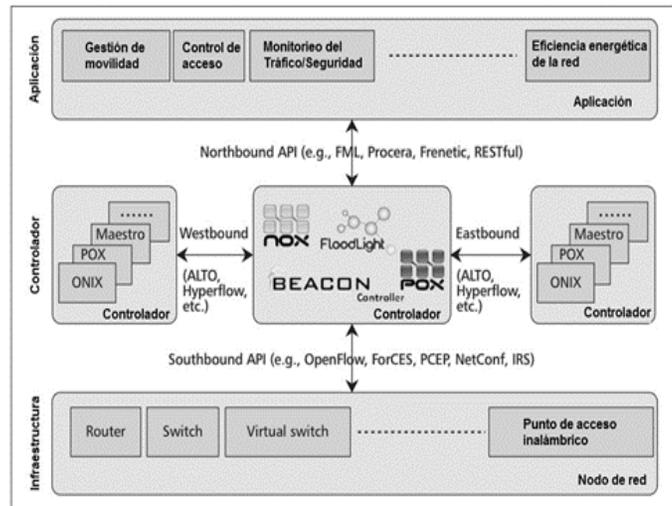


Figura 2. Arquitectura de una SDN.

Fuente: Adaptado de [23].

El funcionamiento de una SDN requiere de un conjunto de equipos de red (switches), un controlador, una aplicación software que se ejecute en el controlador, un software instalado en los switches y una coincidencia entre el protocolo y versión utilizada para la comunicación entre la capa de infraestructura y la de control, como por ejemplo OpenFlow. Mininet incorpora por defecto un controlador y un software switch para los procesos de emulación e instala en ellos la versión 1.0 de OpenFlow. Además instala y corre en el controlador una aplicación sencilla denominada *simple switch*.

Mininet también posibilita la generación de diferentes topologías de red entre las que pueden mencionarse las llamadas *minimal*, *single*, *linear* y *tree*. En cualquiera de éstas existe un controlador, varían en el número de hosts, switches y los enlaces entre éstos. La topología *minimal*, por ejemplo, está compuesta por dos hosts conectados a un switch; *single* también es una topología con un único switch pero la cantidad de host puede indicarse por medio de un parámetro [22].

Cabe resaltar en este punto que un controlador es básicamente un servidor que se encarga de la ejecución de aplicaciones de red que permitan gestionar y mantener la red a través de la comunicación de reglas de enrutamiento, seguridad y otros parámetros [1]. Por esto dentro de las características de Mininet está la utilización de controladores remotos, lo que significa que se puede realizar la emulación de una red que utilice un controlador que esté ejecutándose en la misma máquina o en cualquier parte del mundo [28]. Algunos de los controladores más conocidos son NOX, POX [29] [30], RYU [31], Foodlight [32] y Beacon [33].

3.2. Controlador RYU

RYU es un framework para Redes Definidas por Software basado en componentes y escrito completamente en Python. RYU ofrece elementos software con una API bien definida que hace fácil a los desarrolladores crear nuevas aplicaciones de control y gestión de red. RYU soporta varios controladores y dispositivos de gestión de red como OpenFlow, Netconf, OF-config, entre otros. Este controlador también admite completamente las versiones 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5 de OpenFlow [34].

```

root@ubuntu:~# cd ryu
root@ubuntu:~/ryu# ./bin/ryu-manager --verbose ryu/app/rest_router.py
loading app ryu/app/rest_router.py
instantiating app None of DPSet
creating context dpset
creating context wsgi
instantiating app ryu/app/rest_router.py of RestRouterAPI
instantiating app ryu.controller.ofp_handler of OFPHandler
BRICK dpset
PROVIDES EventIP TO {'RestRouterAPI': set(['dpset'])}
CONSUMES EventOFPPStateChange
CONSUMES EventOFPPSwitchFeatures
CONSUMES EventOFPPortStatus
BRICK RestRouterAPI
CONSUMES EventOFPPacketIn
CONSUMES EventOFPPStatsReply
CONSUMES EventOFPPFlowStatsReply
CONSUMES EventIP
BRICK ofp_event
PROVIDES EventOFPPacketIn TO {'RestRouterAPI': set(['main'])}
PROVIDES EventOFPPFlowStatsReply TO {'RestRouterAPI': set(['main'])}

```

Figura 3. Ejecución del controlador RYU.

Fuente: Los autores.

Al ser una herramienta de código libre, cuenta con diferentes comunidades de ayuda como el *Mailing List* [35], manejo de repositorio de código fuente libre *GitHub* [36] y varios libros con información para el desarrollo de nuevas aplicaciones y el uso de las que incorpora de manera predeterminada.

La instalación de RYU puede realizarse de dos formas, directamente con el instalador de paquetes *pip*, en la que en el terminal se escribe la instrucción **pip install ryu**, o puede preferirse instalar RYU desde el código fuente; para eso se clona el código con el comando **git clone git://github.com/osrg/ryu.git** y luego se ejecuta la instalación con python de la siguiente manera **cd ryu; python ./setup.py install** [37].

Para administrar y personalizar el comportamiento de los dispositivos de una red (switches, routers, etc.) debe escribirse una aplicación de RYU. La aplicación le dice a RYU cómo administrar los dispositivos de red a través de la configuración de los mismos utilizando el protocolo OpenFlow. Estas aplicaciones deben ser codificadas en lenguaje python [38].

En la Fig. 3, puede verse la ejecución del controlador RYU en el terminal del sistema operativo Ubuntu. Puede observarse en la tercera línea que el controlador es inicializado con una aplicación denominada *rest_router.py*.

De manera general puede entonces decirse que para emular una red es necesario correr un controlador que a su vez ejecute una aplicación, ejecutar Mininet con una topología y asegurarse de la utilización de un software switch. Opcionalmente si fuese necesario la utilización de una versión específica de OpenFlow debe comprobarse que la versión sea soportada tanto por el controlador, la aplicación y el software switch.

4. Emulación del protocolo IPv6 en una red definida por software en Mininet usando el controlador RYU

Para lograr una emulación de una SDN que emplee IPv6, además de utilizar una versión de OpenFlow que admita y reconozca todos los campos de la cabecera de este protocolo, es necesario comprobar que el *software switch* utilizado también haga uso de la misma versión de OpenFlow. El protocolo OpenFlow, permite la comunicación entre los dispositivos de red y el controlador e identifica los campos de la cabecera IP para programar y crear aplicaciones que hagan uso de estos. Dependerá de la versión

Tabla 1

Campos de Ipv6 Soportados por Openflow 1.3 [41]

Campo	Descripción
OXM_OF_IPV6_SRC	Dirección IPv6 de origen.
OXM_OF_IPV6_DST	Dirección IPv6 de destino.
OXM_OF_IPV6_FLABEL	Etiqueta de flujo de IPv6
OXM_OF_ICMPV6_TYPE	Tipo de ICMPv6
OXM_OF_ICMPV6_CODE	Código de ICMPv6
OXM_OF_IPV6_ND_TARGET	La dirección objetivo en un mensaje de descubrimiento de vecinos en IPv6.
OXM_OF_IPV6_ND_SLL	La opción de dirección de capa de enlace del origen en un mensaje de descubrimiento de vecinos en IPv6.
OXM_OF_IPV6_ND_TLL	La opción de dirección de capa de enlace de destino en un mensaje de descubrimiento de vecinos en IPv6.
OXM_OF_IPV6_EXTHDR	Pseudo-campo de cabecera de extensión IPv6.

Fuente: Adaptado de [41]

de este protocolo el soporte para IPv6 y los campos específicos de su cabecera.

Por otra parte, las aplicaciones del controlador cumplen un papel fundamental en las SDN, pues son en éstas donde se encuentra la programación y configuración de la red. La aplicación que se instala en el controlador también debería estar codificada de tal manera que se aprovechen los campos específicos de la cabecera de IPv6, para lo que sería necesario hacer uso en su desarrollo de la versión específica de OpenFlow que lo permita.

4.1. Openflow para soportar IPv6

La versión de OpenFlow 1.0 [39] sólo soporta campos de la cabecera de IPv4, mientras que OpenFlow 1.2 [3] ya provee algún soporte para IPv6. Por su parte, en la versión OpenFlow 1.3 [41], un switch puede especificar reglas de coincidencia utilizando elementos de IPv6 como: dirección IPv6 de origen y destino, Protocolo de Mensajes de control de Internet versión 6 (ICMPv6), cabeceras de extensión IPv6, entre otros. En la Tabla 1, pueden verse de manera detallada los campos de IPv6 soportados por la versión 1.3 de OpenFlow.

4.2. Emulación de una SDN con IPv6 y usando el controlador RYU

De manera general, las herramientas y elementos necesarios para emular una Red Definida por Software que trabaje con el protocolo IPv6 mediante Mininet y RYU son:

- Mininet debe estar instalado en una máquina Ubuntu o Fedora. Los procesos de instalación pueden consultarse en [42]. Dos de las formas más utilizadas de instalar y utilizar Mininet son a través de una máquina virtual configurada con esta herramienta o realizando la instalación de manera nativa.
- Tener RYU instalado en una máquina con conexión al computador donde se instaló Mininet o instalarlo en el mismo. El proceso de instalación de RYU puede verse en [37].
- Configurar y constatar el soporte de OpenFlow 1.3 por el software switch seleccionado y el controlador.
- Configurar las interfaces de cada host de la topología con direcciones IPv6.

Para el caso puntual que aquí se presenta, la emulación se realiza con Mininet instalado de manera nativa en una máquina virtual

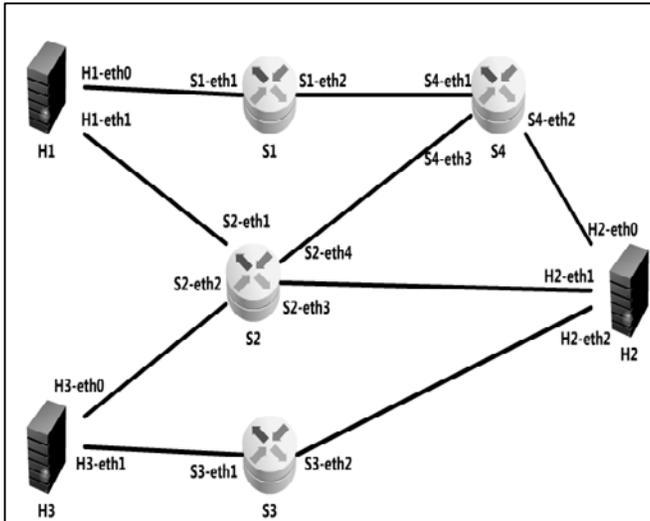


Figura 4. Topología de SDN emulada con IPv6.
Fuente: Los autores.

Tabla 2.
Direcciones Ipv6 Asignadas a la Topología Emulada.

HOST	INTERFAZ	DIRECCIÓN IPv6
H1	h1-eth0	fc00::1/64
H1	h1-eth1	fc00::2/64
H2	h2-eth0	fc00::3/64
H2	h2-eth1	fc00::4/64
H3	h2-eth2	fc00::5/64
H3	h3-eth0	fc00::6/64
H3	h3-eth1	fc00::7/64

Fuente: Los autores.

Ubuntu 12.04, donde se codificó una topología personalizada en python para lograr realizar la configuración de red mostrada en la Tabla 1. La línea de comando utilizada para iniciar la topología es la siguiente: `sudo mn -custom topoIPv6.py --topo mytopo --switch ovsk --controller remote`. Donde “*topoIPv6.py*” es el nombre del script de python donde se codificó la topología personalizada. Nótese también que se hace uso de un controlador remoto.

Antes de esta ejecución es necesaria la asignación de la versión 1.3 de OpenFlow al software switch utilizado, en este caso el llamado Open vSwitch [43]. Una opción para esto es utilizar la función `xterm` y en cada switch escribir la siguiente instrucción: `ovs-vsctl set Bridge s1 protocols=OpenFlow13`.

Posteriormente se asignan direcciones IPv6 a cada una de las interfaces de red. Para este caso las direcciones utilizadas, que pueden ser vistas en la Tabla 2, son del tipo Unicast Local Única [44]. Estas direcciones se utilizan para comunicaciones locales.

En Mininet la asignación de direcciones IPv6 se realiza con la instrucción:

`<identificadorHost> ifconfig <identificadorInterfaz> inet6 add <direcciónIPv6AAsignar>`. En la Fig. 4, se muestra un ejemplo con varias de estas configuraciones.

Como se comentó anteriormente, el controlador RYU puede ser inicializado dentro de la misma máquina donde se corre Mininet. Un ejemplo de esto es ilustrado en la Fig. 5. Para el caso que se presenta, se utilizó una aplicación de RYU que se llama `simple_switch_13.py`. El número al final indica que esta aplicación utiliza la versión 1.3 de OpenFlow.

```

*** Starting CLI:
mininet> h1 ifconfig h1-eth0 inet6 add fc00::1/64
mininet> h1 ifconfig h1-eth1 inet6 add fc00::2/64
mininet> h2 ifconfig h2-eth0 inet6 add fc00::3/64
mininet> h2 ifconfig h2-eth1 inet6 add fc00::4/64
mininet> h3 ifconfig h3-eth0 inet6 add fc00::6/64
mininet> h3 ifconfig h3-eth1 inet6 add fc00::7/64
    
```

Figura 5. Asignación de direcciones IPv6 en Mininet.
Fuente: Los autores.

Esta aplicación hace que los switches se comporten como hubs; OpenFlow ha denominado a este comportamiento Learning Switch. Con esta aplicación el switch examinará cada paquete y aprenderá el puerto origen que le corresponde. A partir de este momento, la dirección MAC origen será asociada con ese puerto. Si el destino de un paquete ya está asociado a algún puerto, el paquete será enviado al puerto dado, de lo contrario se inundarán todos los puertos del switch con éste [45].

En general, lo que hace esta aplicación es que a medida que el switch va recibiendo tramas, va creando una tabla donde se relacionan direcciones MAC con puertos, esto se debe a que el controlador enviará un mensaje OpenFlow al switch instaurando una nueva entrada en la tabla de flujo [46].

5. Pruebas

Se realizaron algunas pruebas sencillas con el fin de comprobar conectividad, transferencia de datos y funcionalidad de la red configurada. Como experimento inicial se realizaron pruebas de conectividad con `ping`, con el fin de verificar que los host se conectan a la red y a sus recursos. En la Fig. 6, se muestran estas pruebas entre el host 1 y el host 2 para comprobar conectividad en la red. De 17 paquetes enviados, fueron recibidos en su totalidad los 17.

Una herramienta muy útil para poder comprobar la versión de openflow que se está trabajando y otras funcionalidades es Wireshark [47]. Con Wireshark se puede verificar si quedó bien instalado openFlow 1.3 y si se está trabajando con dicha versión, esta comprobación es importante teniendo en cuenta que Mininet trabaja con openflow 1.0 por defecto y esta versión no soporta IPv6. Wireshark también facilita la comprobación de cualquier proceso de envío de información, protocolos usados y pruebas que se realicen en la red.

En otras pruebas, y con ayuda de iPerf [48] se crearon flujos UDP entre los dos host tratados en la prueba anterior para tomar algunas mediciones como el Jitter, la pérdida de datagramas y el ancho de banda. Como se mostró en la explicación de la aplicación software utilizada en el administrador, las tablas de flujo de los switches se van completando a medida que el controlador envía mensajes a través de OpenFlow para este fin. La Tabla 3, muestra los resultados de la prueba con iPerf en el primer envío de datos (cuando las tablas de flujo están vacías) como también después de que éstas están completas.

Para el caso específico de estas muestras, iPerf se configuró para utilizar UDP con un ancho de banda de 10 Mbits/s y con un total de muestras en 10 intervalos.

```

mininet> h1 ping6 fc00::3 -I h1-eth0
PING fc00::3(fc00::3) from fc00::1 h1-eth0: 56 data bytes
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=1 ttl=64 time=229 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.337 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.073 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.076 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.045 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.072 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.079 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.077 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.079 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.079 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.073 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.076 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.071 ms
64 bytes from fc00::3: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.077 ms
^C
--- fc00::3 ping statistics ---
17 packets transmitted, 17 received, 0% packet loss, time 16001ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.045/13.604/229.798/54.048 ms

```

Figura 6. Prueba de conectividad con *ping*.

Fuente: Los autores.

Tabla 3

Resultados de las Muestras Obtenidas con Iperf.

Estado tablas de flujo	Parámetros evaluado	Resultados
Incompletas	Transferencia	4.31 MBytes
	Jitter	1432.044 ms
	Porcentaje de datagramas perdidos	1082 (26%)
	Total Datagramas	4155
Completas	Transferencia	5.96 MBytes
	Jitter	0.032 ms
	Porcentaje de datagramas perdidos	0 (0%)
	Total Datagramas	4249

Fuente: Los autores.

Como puede observarse, no hubo pérdida de datagramas y hubo un jitter muy pequeño en el test realizado cuando los switches contaban con sus tablas de flujo configuradas, por el contrario en el proceso llevado a cabo con las tablas incompletas hubo una pérdida de datagramas del 26% y un Jitter de 1432.044ms.

6. Conclusiones

En este artículo se presentó el uso del controlador RYU para la emulación de redes IPv6 en SDNs, usando la herramienta Mininet y el protocolo Openflow 1.3. Se proporciona una metodología sencilla y recomendaciones importantes que facilitan el desarrollo emulaciones en el estudio de IPv6 y SDNs. La combinación del controlador RYU para el estudio de IPv6 sobre redes definidas por software no ha sido explotada en la literatura actual, por tanto esto hace que sea un aporte importante para el desarrollo de investigaciones en el tema. RYU permite de forma predeterminada darle a los dispositivos de la capa de infraestructura un comportamiento de switch de aprendizaje (Learning Switch), el cual fue usado en la emulación presentada. Es importante resaltar aquí, que para generar otro tipo de comportamientos en la red y personalizar otros elementos es necesaria la codificación de aplicaciones para situaciones específicas. Esto permite también descubrir que la personalización, no sólo del enrutamiento, sino de las políticas de seguridad, rendimiento, ingeniería de tráfico, etc., es realmente posible pero dependerá de la construcción de aplicaciones propias y ajustadas a las necesidades de una organización o a procesos de investigación. Se pudo comprobar la

facilidad de uso y se observaron las diferentes funcionalidades que tiene este conjunto de herramientas para implementar emulaciones de redes IPv6.

Por otro lado, en esta investigación se encontró que el protocolo Openflow 1.3 ofrece la ventaja de poder manejar diferentes campos de la cabecera IPv6, estos campos están descritos en la Tabla 1. El manejo de dichos campos abre un sinnúmero de oportunidades en investigaciones y trabajos futuros. Por ejemplo, en IPv6 se han realizado muchas propuestas para el uso de la etiqueta de flujo IPv6 para diferentes propósitos, las cuales están descritas en [12]; la metodología propuesta aquí, junto con la combinación con la herramienta Mininet, el controlador RYU y Openflow 1.3, constituye un aporte fundamental que permitiría hacer pruebas para las propuestas de investigación donde se manipula el contenido de la etiqueta de flujo IPv6, agregando algunas APIS sencillas para situaciones específicas de estudio. Trabajos futuros podrían estar enfocados a la emulación de funcionalidades específicas del protocolo IPv6 sobre SDNs que proporcionen por ejemplo nuevas soluciones independientes de calidad de servicio o ingeniería de tráfico en internet [49], en movilidad con IPv6 móvil o IPv6 móvil jerárquico [50] o en combinación con otras tecnologías como de MPLS [51].

Documentación como [52] publicada por RYU, las comunidades de ayuda en línea mediante el *Mailing List* [35] y el manejo de repositorio de código fuente libre *GitHub* [36] son algunas de las características que demuestran que el controlador RYU representa una gran oportunidad para la evaluación y despliegue de Redes Definidas por Software. En trabajos como [4], [53] y [54], se evidencian ejemplos de su uso y aportes específicos en el desarrollo y avance de este nuevo paradigma. También cabe resaltar que al ser RYU un completo marco de trabajo proporciona todo lo necesario para la creación de aplicaciones y posibilita la apropiación y entendimiento global del papel del controlador en SDN.

Referencias

- [1] Tseng, C.W., Yang Y.T. and Chou L.D., An IPv6-enabled software-defined networking architecture, 15th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), Hiroshima, 2013.
- [2] Tseng, C.W., Chen, S.J., Yang, Y.T., Chou, L.D., Shieh C.K. and Huang, S.W., IPv6 operations and deployment scenarios over SDN of Asia-Pacific, Network Operation and Management Symposium (APNOMS) 2014, Asia, 2014.
- [3] Newman, D., Technology validation experiment: IPv6 and multicast support on OpenFlow, 2014. [online]. [Acceded: 08 mayo 2015]. Available at: http://users.ecs.soton.ac.uk/dnm/ofertie/tve_ipv6_and_multicast.pdf
- [4] Olaya-Yandun, M.E., Diseño e implementación de una aplicación para balanceo de carga para una Red Definida por Software (SDN), Quito, Tesis, Escuela Politécnica Nacional, 2015.
- [5] Santos, R., Schweitzer C., Shinoda A. and Rodrigues L., Using MiniNet for emulation and prototyping Software-Defined Networks, IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM), Bogotá, pp. 1-6, 2014, DOI: 10.1109/ColComCon.2014.6860404.
- [6] Kaur, K., Singh, J. and Ghumnan, N., MiniNet as Software Defined Networking testing platform, International Conference on Communication, Computing & Systems (ICCCS-2014), 2014.
- [7] Postel, J., Internet Protocol, IETF RFC791, 1981.
- [8] Bradner, S. and Mankin, A., The recommendation for the IP next generation protocol, IETF RFC1752, 1995.

- [9] Deering, S. and Hinden, R., Internet Protocol Version 6 (IPv6) specification, IETF RFC2460, 1998.
- [10] Loshin, P., IPv6: Theory, protocol and practice, Elsevier Morgan Kaufmann Publishers, pp. 123-140, 2004.
- [11] Nichols, K., Blake, S., Baker F. and Black, D., Definition of the differentiated services field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, IETF RFC2474, 1998.
- [12] Becerra, L.Y. and Padilla, J.J., Review of approaches for the use of the label flow of IPv6 header, IEEE Latin America Transactions, 12(8), 6 P., 2014.
- [13] Tennenhouse, D. and Wetherall, D., Towards an active network architecture, Proceedings DARPA Active Networks Conference and Exposition, 2002, pp. 2-15, 1996.
- [14] University of Cambridge, DCAN project devolved control of ATM Networks, [online]. [accessed: 2015 mayo 2015]. Available at: <https://www.cl.cam.ac.uk/research/srg/netos/projects/archive/dcan>.
- [15] Enns, E.R., NETCONF Configuration Protocol, IETF RFC 4741, December 2006.
- [16] Casado, M., Freedman, M., Pettit, J., Luo, J., McKeown N. and Shenker, S., Ethane: Taking control of the enterprise, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 37(4), pp. 1-12, 2007. DOI:10.1145/1282427.1282382.
- [17] Heller, S. and McKeown, The controller placement problem, ACM Hot SDN, 2012. DOI:10.1145/2342441.2342444.
- [18] Hasan, S.F., A discussion on Software-Defined handovers in hierarchical MIPv6 networks, 10th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, Auckland, 2015. DOI: 10.1109/ICIEA.2015.7334099.
- [19] Hasan, S.F., Emerging trends in communication networks, Palmerston North: Springer, 2014.
- [20] Rexford, J. et al., OpenFlow: Enabling innovation in campus networks, ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 38(2), pp. 69-74, 2008. DOI:10.1145/1355734.1355746.
- [21] Haleplidis, E., Salim, J., Halpern, J., Hares, S., Pentikousis, K., Ogawa, K., Weiming, W., Denazis S. and Koufopavlou, O., Network programmability with ForCES, Communications Surveys & Tutorials, IEEE, 17(3), pp. 1423-1440, 2015. DOI: 10.1109/COMST.2015.2439033.
- [22] Becerra, L.Y., Valencia, B., Santacruz, S. and Padilla, J.J., Mininet: Una herramienta para el prototipado y emulación de Redes Definidas por Software. Entre Ciencia e Ingeniería, 9(17), pp. 62-70, 2015.
- [23] Sezer, S., Scott, S., Chouhan, P., Fraser, B., Lake, D., Finnegan, J., Viljoen, N., Miller, M. and Rao, N., Are we ready for SDN? Implementation challenges for software-defined networks, IEEE Communications Magazine, 51(7), pp. 36-43, 2013. DOI: 10.1109/MCOM.2013.6553676.
- [24] Saldaña, J.M., Murillo, J., Julián, F.N., Ruiz-Mas J. and Viruete, E.A., Emulación de escenarios de red mediante un testbed, 2014. [En línea]. [Último acceso: December 6th 2015]. Disponible en: http://diec.unizar.es/~jsaldana/personal/testbed_URSI_2010_in_proc.pdf
- [25] ns-3, [online]. [accessed: may 30th 2015]. Available at: <https://www.nsnam.org/>.
- [26] EstiNet, EstiNet Technologies, 2015. [online]. [accessed: may 30th 2015]. Available at: <http://www.estinet.com/>.
- [27] MiniNet, MiniNet: An Instant Virtual Network on your Laptop (or other PC) 2015. [online]. [accessed: may 26th 2015]. Available at: www.mininet.org.
- [28] Mininet, Using a remote controller, [online]. [accessed: may 31th 2015]. Available at: <http://mininet.org/walkthrough/#using-a-remote-controller>.
- [29] NOX, 2015. [online]. [accessed: may 30th 2015]. Available at: <http://www.noxrepo.org/>.
- [30] Gude, N., Pfaff, B., Koponen, T., Casado, M., Shenker, S., Pettit, J. and McKeown, N., NOX: Towards an operating system for networks, Computer Communication Review, 38(3), pp. 105-110, 2008. DOI:10.1145/1384609.1384625.
- [31] RYU, Component-based software defined networking framework. Build SDN Agilely, 2014. [online]. [accessed: may 30th 2015]. Available at: <http://osrg.github.io/ryu/>.
- [32] Floodlight, Floodlight OpenFlow controller, [online]. [accessed: may 30th 2015]. Available at: <http://www.projectfloodlight.org/floodlight/>.
- [33] Erickson, D., The beacon OpenFlow controller, [online]. [accessed: may 31th 2015]. Available at: <http://yuba.stanford.edu/~derickso/docs/hotsdn15-erickson.pdf>.
- [34] RYU, RYU 25 agosto 2015. [online]. [accessed: August 25th 2015]. Available at: <http://osrg.github.io/ryu/>.
- [35] RYU, RYU Devel, [online]. [accessed: December 6th 2015]. Available at: <https://lists.sourceforge.net/lists/listinfo/ryu-devel>.
- [36] RYU, RYU component-based software defined networking framework, 2013. [online]. [accessed: December 6th 2015]. Available at: <https://github.com/osrg/ryu>.
- [37] RYU, Getting Started, [online]. [accessed: December 7th 2015]. Available at: https://ryu.readthedocs.org/en/latest/getting_started.html.
- [38] RYU, The first application, 2014. [online]. [accessed: December 7th 2015]. Available at: http://ryu.readthedocs.org/en/latest/writing_ryu_app.html.
- [39] Open Networking Foundation, OpenFlow switch specification Version 1.0.0, 2009. [online]. [accessed: December 8th 2015]. Available at: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.0.0.pdf>.
- [40] Open Networking Foundation, OpenFlow switch specification Version 1.2.0, 2010. [online]. [accessed: December 8th 2015]. Available at: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.2.pdf>.
- [41] Open Networking Foundation, OpenFlow switch specification Version 1.3.0, 2012. [online]. [accessed: December 9th 2015]. Available at: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.3.0.pdf>.
- [42] Mininet, Download/Get Started with Mininet, [online]. [accessed: may 30th 2015]. Available at: <http://mininet.org/download/>.
- [43] Open vSwitch, Open vSwitch, 2010. [online]. [accessed: August 27th 2015]. Available at: <http://openvswitch.org/>.
- [44] Hinden, R., Unique local IPv6 unicast addresses, IETF RFC4193, 2005.
- [45] Create a learning switch 2015. [online]. [accessed: September 27th 2015]. Available at: <https://github.com/mininet/openflow-tutorial/wiki/Create-a-Learning-Switch>.
- [46] Roncero, O., Software defined networking 2014. [online]. [accessed: May 08th 2015]. Available at: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/21633/4/Memoria.pdf>.
- [47] Team, W., Wireshark [online]. [accessed: February 02nd 2015]. Available at: www.wireshark.org.
- [48] iPerf - The network bandwidth measurement tool, [online]. [accessed: December 08th 2015]. Available at: <https://iperf.fr/>.
- [49] Becerra, L.Y. y Padilla, J.J., Estudio de propuestas para soportar ingeniería de tráfico en Internet, Entre Ciencia e Ingeniería, 6(11), pp. 53-76, 2012.
- [50] Becerra, L.Y. y Padilla, J.J., (HMIPv6-BI) Propuesta de modificación al protocolo HMIPv6 para mejorar el ancho de banda en el canal radio, Entre Ciencia e Ingeniería, 3(5), pp. 72-91, 2009.
- [51] Rosen, E., Viswanathan, A. and Callon, R., Multiprotocol label switching architecture, RFC3031, 2001.
- [52] RYU project team, RYU SDN Framework, 2014. [online]. [accessed: December 20th 2015]. Available at: <http://osrg.github.io/ryu-book/en/Ryubook.pdf>.
- [53] Fernandez, C., and Muñoz, J., Software Defined Networking (SDN) with OpenFlow 1.3, Open vSwitch and Ryu, 2015. [online]. [accessed: December 20th 2015]. Available at: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/77684/sdnbook.pdf.zip>.
- [54] Lopez-Rodriguez, F. and Campelo, D., A robust SDN network architecture for service providers, Global Communications Conference (GLOBECOM), Austin, 2014. DOI: 10.1109/GLOCOM.2014.7037086.

L.Y. Becerra-Sánchez, es Ing. Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana (1999). Esp. en Telecomunicaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana (2005). MSc. de la Universidad Pontificia Bolivariana (2009). Actualmente es estudiante de doctorado en ingeniería en el área de

telecomunicaciones de la misma universidad, es docente de la Universidad Católica de Pereira y pertenece al Grupo de Investigación Entre Ciencia e Ingeniería. Sus áreas de interés son: ingeniería de tráfico, enrutamiento, redes móviles IP, MIPv6, HMIPv6, simulación de redes, Internet, IPv6.
ORCID: 0000-0003-0514-3919

B. Valencia-Suárez, es Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Pereira-UCP (2016). Fue integrante del semillero de investigación inscrito al Grupo de Investigación GEMA-UCP en el cual, participó en un proyecto sobre la utilización de realidad aumentada como herramienta en la enseñanza-aprendizaje de geometría. Actualmente hace parte del Semillero de Investigación en Telecomunicaciones (SIT) inscrito al Grupo de Investigación Entre Ciencia e Ingeniería de la Universidad Católica de Pereira. Labora en VC@Soft: Bogotá, Cundinamarca, Colombia, como Developer BPM – DataPower. Sus áreas de interés son: redes definidas por software, IPv6, desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles.
ORCID: 0000-0003-0747-2601

S. Santacruz-Pareja, es Ing. de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Pereira (2016). Fue integrante del semillero de investigación inscrito al Grupo de Investigación GEMA participó en un proyecto sobre la utilización de realidad aumentada como herramienta en la enseñanza-aprendizaje de geometría. Actualmente hace parte del Semillero de Investigación en Telecomunicaciones (SIT) inscrito al Grupo de Investigación Entre Ciencia e Ingeniería de la Universidad Católica de Pereira. Labora en E-global: Medellín, Colombia como Ingeniero de soporte (Antioquia). Sus áreas de interés son: redes definidas por software, IPv6, enrutamiento, redes de datos.
ORCID: 0000-0003-2024-171X

J.J. Padilla-Aguilar, es Ing. Electrónico de la Universidad del Cauca (1993). Obtuvo su grado de MSc. en Informática de la Universidad Industrial de Santander (1998) y es Dr. en Ingeniería Telemática por la Universidad Politécnica de Cataluña, España, (2008). Actualmente es docente de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana y coordina el Grupo de Investigación en Telecomunicaciones (GITEL) de dicha universidad. Sus áreas de interés son: ingeniería de tráfico, Internet, calidad de servicio en Internet, redes inalámbricas, IPv6.
ORCID: 0000-0002-8552-2873

Propuesta metodológica para medir la pertinencia y el impacto de programas de pregrado en ingeniería

Nancy Elena Hamid-Betancur, Johny Álvarez-Salazar & María C. Torres-Madroño

Facultad de Ingenierías, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. nancyhamid@itm.edu.co, johnyalvarez@itm.edu.co, mariatorres@itm.edu.co

Resumen— En los lineamientos del Consejo Nacional de Acreditación para programas de pregrado del año 2013 se introducen nuevos aspectos a evaluar relacionados con estudios de pertinencia e impacto de los programas. Dada la creciente cultura de mejoramiento continuo, autoevaluación y acreditación que viene desarrollándose en las Instituciones de Educación Superior del país, nace la necesidad de dar respuesta a estos nuevos lineamientos. Este artículo propone una metodología para abordar los estudios de pertinencia e impacto para programas de pregrado en Ingeniería. La metodología propuesta consiste en tres etapas: definición del tipo de estudio, delimitación de la región de incidencia y desarrollo metodológico. Aunque la propuesta nace de las necesidades de los programas de pregrado de una Facultad de Ingenierías, en este artículo se describe una metodología flexible que puede ser adaptada a programas de pregrado y posgrado de diferentes áreas de conocimiento.

Palabras Clave— estudio de pertinencia, estudio de impacto, lineamientos de acreditación, CNA.

Recibido: 16 de mayo de 2017. Revisado: 30 de junio de 2017.
Aceptado: 7 de julio de 2017.

Methodological proposal to measure the pertinence and impact of engineering undergraduate programs

Abstract— In 2013, the National Accreditation Council guideline for undergraduate programs introduced several new aspects to be evaluated related to pertinence and impact studies of undergraduate programs. Given the growing culture of continuous improvement, self-evaluation and accreditation that is being developed in the Higher Education Institutions of the country, there is a need to respond to these new guidelines. This article proposes a methodology to aboard the pertinence and impact studies for undergraduate programs in Engineering. The proposed methodology includes three stages: definition of type of study, delimitation of incidence region and the methodological development. Although the proposed methodology was born from the needs of undergraduate programs in a Faculty of Engineering, this article describes a flexible methodology that can be adapted to undergraduate and postgraduate programs of different areas of knowledge.

Keywords— pertinence study, impact study, accreditation guidelines, CNA.

1. Introducción

Para las Instituciones de Educación Superior (IES) en Colombia, las condiciones de alta calidad para la acreditación se refieren fundamentalmente a cómo una institución y sus programas orientan su deber ser hacia un ideal de excelencia, demostrando resultados específicos, tradición consolidada, impacto y reconocimiento social [1]. El Consejo Nacional de Acreditación - CNA es el ente encargado de definir y reconocer la excelencia de los programas e instituciones [2]. Para lo cual propone los lineamientos tanto para acreditación Institucional como para los programas. Regularmente, estos lineamientos se usan a su vez para renovación del registro calificado y para acreditación de alta calidad. En el año 2013, el CNA establece nuevos lineamientos para la acreditación de programas de pregrado. Entre ellos se resaltan estudios de la relevancia académica y pertinencia social de los programas académicos. Ubicados en el Factor 1: Misión, proyecto institucional y de programa; Característica N° 3, relevancia académica y pertinencia social del programa: El programa es relevante académicamente y responde a necesidades locales, regionales, nacionales e internacionales [1].

Estos estudios han planteado un nuevo reto a las IES y programas académicos, dado que no existen directrices que orienten la formulación y desarrollo de los mismos. En virtud de lo anterior, se propone un modelo para evaluar la pertinencia e impacto social de los programas académicos de pregrado. El modelo se basa en estudios de tipo cerrado soportados a través de análisis estadístico. Para la elaboración se definió: El tipo de metodología, categorías, fuentes de información, criterio de ponderación de las categorías y de los análisis de los aspectos a evaluar. Adicionalmente, se propuso la matriz de ponderación, valoración e interpretación de acuerdo a la información encontrada.

En este artículo se presenta el modelo para la formulación de los estudios requeridos en los lineamientos de acreditación del CNA del año 2013. Diseñado para programas de ingeniería, sin embargo, es flexible para ser aplicado a cualquier área de conocimiento. En la sección 2 se presenta la propuesta metodológica para los estudios de pertinencia e impacto del programa, la sección 3 muestra un caso de estudio como propuesta de ponderación, y en la sección 4 se

presentan conclusiones y recomendaciones para la utilización de esta metodología.

2. Propuesta metodológica

El diseño de la metodología para el estudio de pertinencia e impacto de programas consiste en tres etapas. La primera busca definir el tipo de estudio, la segunda delimita la región de estudio y por último propone el desarrollo metodológico.

De acuerdo a Flores-Arce et al. [3], el tipo de estudio se define una vez se tienen claros los objetivos. Los tipos de estudio pueden ser cerrados o abiertos. Los estudios tipo cerrado enfocados en determinar la pertinencia de una opción de formación para nueva creación o para su modificación o actualización. Por su parte, el estudio de tipo abierto parte de una región previamente seleccionada donde se busca identificar nuevas necesidades u opciones de formación pertinentes [3]. Por tanto, para el caso de estudios de pertinencia e impacto de programas se recomienda un estudio de tipo cerrado, dado que partimos de programas ya establecidos que se están autoevaluando para procesos de acreditación y mejoramiento continuo.

Para la delimitación de la región de estudio se recomienda emplear la región de incidencia de la IES, es decir, la región donde se encuentra la población estudiantil del programa. Por ejemplo, para el caso de los programas de pregrado del Instituto Tecnológico Metropolitano se establece como región de estudio el área metropolitana del Valle de Aburra, región de influencia de la Institución.

Finalmente, se define la metodología a emplear para el desarrollo de los estudios de pertinencia e impacto de los programas. Para definir esta metodología es necesario (1) definir las variables que de acuerdo a los lineamientos del CNA se propone estudiar, (2) a partir de estas variables se establecen las fuentes de información y los instrumentos necesarios para realizar la búsqueda de información y/o recopilación de la misma, y (3) se establecen las políticas de valoración, ponderación e interpretación de las variables planteadas y de la información encontrada. A continuación, se describen cada una de estas etapas para el desarrollo de estudios de pertinencia e impacto de los programas académicos.

2.1. Pertinencia del programa

La pertinencia de los programas académicos se establece a partir de los estudios requeridos por el CNA en los lineamientos de programas de pregrado de 2013. De acuerdo a los aspectos a evaluar relacionados con los estudios se determinó si apuntaba a la pertinencia o al impacto del programa. Una vez categorizados los estudios se definieron las fuentes de información para cada estudio.

2.1.1. Descripción del estudio de pertinencia, categorías y aspectos a analizar

La pertinencia del programa se aborda desde los siguientes cuatro estudios: 1) estudios orientados a identificar las necesidades y requerimientos del entorno laboral (local, regional y nacional) en términos productivos y de competitividad, tecnológicos y de talento humano y las acciones del programa para atenderlos; 2) estudios que demuestren la necesidad social del programa en la metodología que se ofrece; 3) estudios actualizados sobre las necesidades

formativas en la región de influencia del programa; y 4) estudios y/o proyectos formulados o en desarrollo, que propendan por la modernización, actualización y pertinencia del currículo de acuerdo con las necesidades del entorno.

El primer estudio se ubica en la categoría de relevancia académica del programa (categoría 1), enfocada en las tendencias de las líneas de desarrollo afines al programa y los requerimientos del entorno empresarial en los ámbitos local, regional y nacional. En primera instancia, se realiza el análisis de las necesidades y tendencias de desarrollo en el entorno empresarial y en los ámbitos local, regional y nacional, identificando las necesidades desde la percepción de los empresarios y la oferta académica en el contexto nacional e internacional.

El segundo estudio se ubica en la categoría de flexibilidad metodológica del programa (categoría 2) enfocado en los requerimientos del entorno y en el análisis de las metodologías de enseñanza-aprendizaje. Se parte de analizar las diferentes razones sociales que demuestren la necesidad de la metodología ofrecida, y posteriormente, se analiza las metodologías de enseñanza-aprendizaje, tales como virtual, formación por competencias, ciclos propedéuticos, flexibilidad horaria, entre otros.

El tercer estudio se ubica en la categoría de necesidad formativa en la región (categoría 3), que parte de la identificación de las necesidades formativas y demanda de profesionales en la región de incidencia de la Institución.

El cuarto estudio se ubica en la categoría de pertinencia social del programa (categoría 4), enfocada en dos aspectos: calidad académica y contribución. En esta categoría se analiza los pensum de los programas por medio de los egresados y se determina el aporte del programa a la formación profesional y al proyecto de vida del egresado.

2.1.2. Fuentes de información para dar respuesta a los estudios de pertinencia

Las fuentes que se pueden tener en cuenta para el análisis de los estudios de pertinencia pueden ser los siguientes: el estudio de factibilidad del programa, encuestas a empresarios, cartas de los empresarios donde especifican la necesidad de practicantes, información gremial, documento maestro, sistemas de información estadísticos de la institución, encuestas de aspirante a ingresar a la educación superior, informe diagnóstico de causas de deserción, informe de caracterización de la trayectoria laboral de los egresados, planes de desarrollo nacional, local e institucional, clusters, entre otros.

2.2. Impacto del programa

2.2.1. Descripción del estudio de impacto, categorías y aspectos a analizar

El impacto del programa se aborda desde el estudio orientado a evaluar el impacto del programa con respecto al cumplimiento de sus propósitos y objetivos, así como la incidencia en el entorno social y su grupo de referencia disciplinar o profesional (estudio cinco). Este se dividió en dos categorías: impacto de los egresados en el medio (categoría 5) e impacto del programa visto desde lo social (categoría 6).

El impacto de los egresados en el medio se enfoca desde la trayectoria laboral, teniendo en cuenta la situación laboral actual del egresado y el nivel de empleabilidad acorde al observatorio laboral, y desde el impacto mismo del egresado en el medio, analizado desde el desarrollo de las competencias del egresado y la correspondencia entre perfil profesional y ocupacional.

El impacto del programa visto desde lo social considera el desarrollo y calidad de vida de los estudiantes al terminar su proceso de formación y entrar a hacer parte de la comunidad como egresados del programa, teniendo en cuenta la percepción de egresados y su el informe de caracterización de la trayectoria laboral de los egresados.

2.2.2. Fuentes de información para dar respuesta a los estudios de impacto

Las fuentes que se pueden tener en cuenta para el análisis de los estudios de impacto pueden ser: informe de caracterización trayectoria laboral de los egresados, informe del observatorio laboral, encuestas a egresados y empresarios, proyectos generados desde extensión e investigación, clasificación de Colciencias para los grupos de investigación, entre otros.

3. Caso de estudio: Propuesta de ponderación

A partir de las categorías, aspectos analizados de cada una de ellas y fuentes de información, se asignó una ponderación, la cual resulta de una actividad de discusión académica con todos los integrantes y responsables de los procesos de autoevaluación de la Facultad. A continuación, se presenta una propuesta de ponderación para programas de ingeniería. El ejercicio académico acordó los porcentajes para cada uno de los ítems, partiendo de la categoría y hasta llegar a las fuentes de información

3.1. Pertinencia social

La pertinencia social es definida en [4] como el grado de correspondencia que debe existir entre las necesidades sociales e individuales que se pretende satisfacer con la educación universitaria y lo que realmente se llega a alcanzar. Después de la discusión académica se le asignó una ponderación del 30% a las categorías de relevancia académica y pertinencia social del programa, porque se consideró que estas categorías evidencian las necesidades que requiere el medio. Mientras que a las categorías 2 y 3 se les asignó una ponderación del 20%, ya que están más relacionadas con la metodología de enseñanza y la flexibilidad. Se presenta en la Tabla 1 las primeras cuatro categorías del estudio, enfocadas en la pertinencia del programa, con la ponderación respectiva de las fuentes de información y su análisis.

3.2. Impacto

El impacto puede plantearse de acuerdo a Martínez de Carrasquero et al. [5] como la responsabilidad social universitaria vinculada con el entorno. De ahí que se tiene en cuenta en porcentajes iguales el impacto de los egresados en el medio y el impacto del programa visto desde lo social. Se presenta en la Tabla 2 las categorías 5 y 6 con los ítems propuestos a analizar y sus respectivas fuentes de comparación y consulta.

4. Conclusiones y recomendaciones

La propuesta del modelo para medir la pertinencia e impacto de programas de pregrado en ingeniería permite analizar, no solamente la responsabilidad académica y profesional, sino también la responsabilidad social con que se está asumiendo la educación superior. De esta forma se puede implementar acciones de mejora, para corregir las falencias y debilidades encontradas en los aspectos evaluados en cada una de las categorías del modelo.

La metodología propuesta para adelantar los estudios se basa en definir las fuentes de información. Estas se convierten en el punto de partida para definir los indicadores de cumplimiento en cuanto a la pertinencia e impacto de los programas académicos. Y por ende en la herramienta de retroalimentación para apuntarle siempre al mejoramiento continuo de una forma asertiva.

Tabla 1.
Pertinencia del programa

Categoría 1: Relevancia académica			
Análisis	%	Fuente	%
		Estudio de factibilidad	3
Análisis de las necesidades y tendencias de desarrollo en el entorno empresarial y en los ámbitos local, regional y nacional	15	Encuestas empresarios Cartas de empresas solicitando practicantes Información gremial	6 6
Identificación de las necesidades desde la percepción de los empresarios.	3	Encuestas Empresarios	3
Oferta académica en el contexto nacional e internacional	12	Documento maestro. Sistemas de información.	12
Ponderación categoría			30
Categoría 2: Flexibilidad metodológica			
Análisis	%	Fuente	%
Análisis de las diferentes razones sociales que demuestren la necesidad de la metodología ofrecida	7	Encuesta aspirantes Informe diagnóstico de causas de deserción presentado por SIGA Informe Caracterización Trayectoria Laboral de los Egresados.	7
Análisis de las metodologías de Enseñanza-Aprendizaje (Virtual, formación por competencias, ciclos propedéuticos, flexibilidad horaria, entre otros).	13	Planes de Desarrollo. Conpes. Plan CT+I de Medellín. Ruta N. Cluster. Mesas de trabajo Sena	13
Ponderación categoría			20
Categoría 3: Necesidad formativa en la región			
Análisis	%	Fuente	%
		Planes de Desarrollo. Conpes.	
Identificación de las necesidades formativas en la región	20	Plan CT+I de Medellín. Ruta N. Cluster. Mesas de trabajo Sena.	20
Ponderación categoría			20
Categoría 4: Pertinencia social del programa			
Análisis	%	Fuente	%
		Documento Maestro.	
Análisis de los pensum de los programas por medio de los egresados	18	Informe Trayectoria Laboral vs SIA (Año graduación)	18
Contribución del programa a la formación profesional, al proyecto de vida del egresado	12	Encuesta de egresados	12
Ponderación categoría			30

Fuente: Autores.

Tabla 2

Impacto del programa			
Categoría 5: Impacto de los egresados en el medio			
Análisis	%	Fuente	%
Situación Actual Laboral del Egresado.	18	Informe Caracterización Trayectoria Laboral de los Egresados.	18
Nivel de empleabilidad acorde al observatorio laboral.	12	Observatorio Laboral	12
Desarrollo de las competencias del egresado en el medio.	10	Encuesta egresados y empresarios.	10
Correspondencia entre perfil profesional y ocupacional.	10	Encuesta egresados y empresarios.	10
Ponderación categoría			50
Categoría 6: Impacto del programa visto desde lo social			
Análisis	%	Fuente	%
Mejoras de las condiciones socioeconómicas (SIA vs Trayectoria laboral).	25	Salario egresado	25
		Salario antes de ingreso al ITM.	
Forma como se impacta desde proyectos de extensión o Investigación.	15	N° de egresados han creado empresa y/o trabajo independiente área formación.	15
		N° Proyectos de investigación/extensión ejecutados del programa.	
Impacto del programa en cuanto a sus egresados y su desempeño	10	Clasificación Colciencias	10
		Encuesta egresados y empresarios	
Ponderación categoría			50

Fuente: Autores.

La metodología descrita en este artículo puede ser usada para programas en otros campos del conocimiento, teniendo en cuenta la descripción de cada categoría. Por lo tanto, se presenta una herramienta de base para dar respuesta a los aspectos a evaluar relacionados con estudios, introducidos en los lineamientos del CNA para programas de pregrado en el 2013.

Referencias

- [1] Lineamientos para la acreditación de programas de pregrado. CNA, Consejo Nacional de Acreditación. Colombia, 2013.
- [2] Hamid, N.E. and Torres-Madronero, M.C., Acreditación de programas en ingeniería en la región: Análisis comparativo, Revista Educación en Ingeniería, 10(19), pp. 80-89, 2015.
- [3] Flores-Arce, L.C., González-Basilio, S., Siordia-Medina, P.R. and Zea-Verdín, A.A., Propuesta metodológica para la realización de estudios de pertinencia, Secretaría de Docencia, Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México, nov. 2010
- [4] La educación superior en el siglo XXI: Líneas estratégicas de desarrollo, una propuesta de la ANUIES. Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior ANUIS, México, 2000.
- [5] Martínez-de Carrasquero, C., Mavpáez, R., Rojas, P., Ligibther, A. and Carvallo, B., La responsabilidad social universitaria como estrategia de vinculación con su entorno social, Frónesis, 15(3), pp. 81-103, 2008.

N.E. Hamid-Betancur, recibió el título de Ing. de Sistemas en 1994 de la Universidad San Buenaventura, sede Medellín, el título de Esp. en la Administración de la Informática Educativa en 2013, y el título de MSc. en Gestión de la Tecnología Educativa en 2015 de la Universidad de Santander, Colombia. Se vinculó al Instituto Tecnológico Metropolitano desde 2013 como docente ocasional de tiempo completo, en el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías. Desde el agosto de 2013 hasta la actualidad es la líder de la Unidad de Autoevaluación de la Facultad de Ingenierías.

ORCID: 0000-0002-0311-1414

J. Alvarez-Salazar, recibe el título de Ing. Electromecánico en 2009, el título de MSc. en Automatización y Control Industrial en 2014, ambos del Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Ha trabajado en programas y proyectos del área de automatización y control, con énfasis en control lógico programable y desde 2008 trabaja en el Instituto Tecnológico Metropolitano, sede Medellín en el área de automatización industrial.

ORCID: 0000-0002-7041-8619

M.C. Torres-Madronero, recibió el título de Ing. Electrónica en 2006 de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, el título de MSc. en Ingeniería Eléctrica en 2008 y su PhD. en Ciencias e Ingeniería de la Computación y la Información en 2013, ambos de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Se vinculó como docente de carrera en el Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín desde 2015. Para el 2017, es profesora asistente del Departamento de Sistemas de Información de la Facultad de Ingenierías, líder del grupo de investigación en Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales, e investigadora de la línea de máquinas inteligentes y reconocimiento de patrones – MIRP.

ORCID: 0000-0002-9795-2459

El curso de inglés técnico constituido como una comunidad de aprendizaje virtual generador de competencias comunicativas en ingeniería civil

Jairo Gutiérrez de Piñeres-Rocha

Ingeniería Civil, Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Colombia. jgutierrez52@unad.edu.co

Resumen— Esta investigación explora cómo el curso de Inglés Técnico en Ingeniería Civil (ITIC) de la Fundación Universitaria del Área Andina (FUAA) se constituye en un modelo de Comunidad de Aprendizaje Virtual (CAV), desde donde se generan unas competencias comunicativas [1]. Se intenta indagar cómo se aprende la lengua Inglesa a través del ITIC y qué destrezas se adquieren cuando se interactúa en una CAV. Por tal razón es relevante identificar los componentes de las competencias comunicativas para potenciar las actividades de la lengua Inglesa como la comprensión, la expresión y la interacción de los estudiantes dentro de una CAV. En consecuencia esta investigación se constituye en una primera fase exploratoria enfocada en primera instancia hacia los estudiantes matriculados en el ITIC como un rasgo distintivo de validez interna.

Palabras Clave— Programa Ingeniería Civil, Inglés Técnico, Competencias Comunicativas, Comunidad de Aprendizaje Virtual.

Recibido: 24 de Abril de 2017. Revisado: 29 de Junio de 2017
Aceptado: 18 de julio de 2017

Bilingualism national program created as a virtual learning community generating communication skills in civil engineering

Abstract— This research explores how the Technical English of Civil Engineering (TECE) of Fundación Universitaria del Área Andina (FUAA) is a model of Virtual Learning Community (CAV), according to the model proposed by Pratt y Palloff (2007), where it generated some communication skills. It seeks to identify how people learn the English language through the TECE and what skills are acquired when you interact in a CAV. For this reason it is important to identify the components of communication skills to enhance the activities of the English language and comprehension, expression and interaction of students within a CAV. Consequently, this research constitutes an exploratory first phase focused primarily on students enrolled in the TECE as a distinctive feature of internal validity.

Keywords— Civil Engineering Program, Technical English, Communicative Competences, Virtual Learning Community.

1. Introducción

El curso de inglés técnico en Ingeniería Civil (ITIC) es un

núcleo formativo en inglés como lengua extranjera ofertado por la Fundación Universitaria del Área Andina (FUAA). El ITIC se diseñó e implementó en el 2016 para promover el uso del inglés técnico con fines formativos basados en el modelo de aprendizaje autónomo entre toda la población estudiantil a través de sus cuatro (4) niveles. En consecuencia, el ITIC se oferta a través de las dos mediaciones pedagógicas contempladas por la ITIC, por el Sistema Tradicional y por Campus Virtual; pero a partir de 2016 se comenzó a ofertar sólo por Campus Virtual y muy excepcionalmente por la primera mediación. Por tal razón, podríamos ubicar al ITIC en la categoría de AvDtDe (alta virtualidad, diferente tiempo, diferente espacio), en el Modelo Tridimensional [2] y soportada en las categorías de transición [3], a partir de la decisión de Vicerrectoría Académica y de la Coordinación del programa de FUAA.

Si el ITIC se posiciona en la AvDtDe, debemos mencionar el aprovechamiento de la funcionalidad y la eficiencia de la tecnología y los recursos del Internet con fines formativos maximizando la versatilidad del ambiente virtual de aprendizaje, espacio definido como el entorno en donde los estudiantes interactúan con sus tutores, demás estudiantes y con los contenidos, constituyéndose así en una Comunidad de Aprendizaje Virtual (CAV) en donde el estudiante usa la lengua para comprender, adquirir y desarrollar destrezas productoras y receptoras del Inglés como lengua extranjera.

Los cuatro niveles del ITIC fueron diseñados bajo el enfoque comunicacional y la doctrina naturalista de adquisición del lenguaje según [4]. Estos enfoques requieren de la interacción y la realimentación permanente de los actores académicos en una CAV para la práctica y desarrollo de las competencias orales [4].

En consecuencia, el objetivo de la presente investigación es determinar cómo el ITIC mediante la estructura formativa de una CAV, puede generar competencias comunicativas a los estudiantes definidos como agentes sociales activos dentro del ITIC caracterizado como un ambiente virtual de aprendizaje ofertados por la FUAA.

Por consiguiente, las personas miembros de una CAV utilizan las competencias disponibles en los multicontextos con fines comunicativos y sociales que conlleven a una interacción formativa. Pero a la vez, estas competencias están restringidas y condicionadas

Como citar este artículo: Piñeres-Rocha, J.G., El curso de inglés técnico constituido como una comunidad de aprendizaje virtual generador de competencias comunicativas en Ingeniería Civil. *Educación en Ingeniería*, 12(24), pp. 101-106, Julio, 2017.

por el mismo multicontexto para realizar actividades de bilingüismo, en este caso el inglés, que conllevan a procesos comunicativos productivos y receptivos con temas en ámbitos específicos poniendo en juego las estrategias pedagógicas y didácticas más apropiadas para llevar a cabo las tareas que se han de realizar [1]. Por tal razón, el control y dominio que de estas acciones tengan las personas dentro de la CAV producirá el refuerzo o la modificación de sus competencias [5].

2. Marco teórico

Inicialmente se declararía el concepto de competencia por algunos expertos de la Sociedad del Conocimiento Global y luego identificar el ITIC como una CAV generadora de competencias comunicativas; pero no sin antes describir y analizar el acto lingüístico como antecesor de las primeras.

Una competencia es la suma de conocimientos, destrezas y características individuales que permiten a una persona realizar acciones [5]; y una competencia comunicativa es la que posibilita a una persona actuar utilizando específicamente medios lingüísticos, y a la vez, implican actividades de lengua que suponen el ejercicio de la competencia lingüística comunicativa dentro de un ámbito específico a la hora de procesar (en forma de comprensión o de expresión) uno o más textos con el fin de realizar una tarea [5].

Por tal razón, este ejercicio lingüístico conlleva a la definición de competencia lingüística como la capacidad que tiene todo ser humano de manera innata de poder hablar y crear mensajes que nunca antes había oído [6]. Esta competencia se centra en las operaciones gramaticales que tiene interiorizado el individuo y se activan según se desarrolle su capacidad coloquial. Es decir, el lenguaje nace desde dentro del individuo y no desde lo social [7]. El maestro lo que tiene que hacer es desarrollar esta competencia lingüística en el alumno haciéndole que hable y enseñándole vocabulario y no sólo gramática. La competencia lingüística se hace realidad a través de reglas generativas que se relacionan con la gramática que es saber organizarse y estructurarse.

Más que una yuxtaposición al concepto de competencia lingüística, aparecería como complemento la noción de competencia comunicativa referida al uso del lenguaje en actos de comunicación particulares, concretos y social e históricamente situados, introduciendo una visión más pragmática del lenguaje, en la que los aspectos socio-culturales resultan determinantes en los actos comunicativos [8].

Continuando con la competencia lingüística como elemento constitutivo de la competencia comunicativa, definida como la parte integral de la inteligencia que parece compartida de manera más universal y democrática en toda la especie humana [9]. Así mismo, se considera a la fonología y la sintaxis como las estructuras de tal tipo de inteligencia, mientras que la semántica y la pragmática se relacionan más con otros tipos de inteligencias [9]. En esta forma se podría definir este ejercicio lingüístico como una competencia en la cual se permitiría procesar información de un sistema de símbolos para reconocer la validez fonológica, sintáctica o semántica en un acto de significación de esa lengua.

Fundamentados en las anteriores definiciones y conceptos, podríamos comenzar a proponer el ITIC como una CAV en donde se aplica e implementa todo el soporte teórico de los expertos en lingüística para identificar la generación de competencias comunicativas que le permita a los estudiantes procesar toda la

información de un sistema de símbolos para reconocer la validez fonológica, sintáctica o semántica en un acto de significación de esa lengua en un acto específico.

De igual forma y en concordancia con la funcionalidad formativa del ITIC, es relevante describir que el ITIC se presenta y se ajusta a la estructura de una CAV por todos los elementos que intervienen y se entrelazan conformando unos subsistemas críticos y transformadores como categorías taxonómicas que dentro de los conceptos de las redes globales de aprendizaje se manifiestan la interacción y la interactividad entre todos sus actores académicos para la generación reflexiva y solidaria de competencias comunicativas en la Ingeniería Civil.

Por consiguiente, se explicará al detalle por qué el ITIC se constituye como una CAV, y cómo a través de su orden estructural y morfológico fomenta competencias comunicativas en lo lingüístico, en lo sociolingüístico y en lo pragmático como componentes esenciales en la Ingeniería Civil [5]. Por tal razón, se aplicó una encuesta cerrada a una muestra de 30 estudiantes (quienes respondieron la encuesta) para recolectar la información pertinente que permitiera ponderar los componentes de la competencia comunicativa.

3. Metodología

Se decidió en primera instancia caracterizar al ITIC como una estructura de CAV y sus tres elementos constitutivos [1]: personas, proceso y propósito, y observar como el ITIC se ajusta de una manera interactiva y versátil al mismo con el objetivo de generar competencias comunicativas en inglés bajo el contexto de la Ingeniería Civil.

Se hizo de esta forma, porque el ITIC aparte de tener todos los elementos implícitos pero aún no claramente delimitados del modelo propuesto, posee la misma funcionalidad formativa en cuanto a los diseños de logros de aprendizaje para garantizar la generación de competencias comunicativas de una forma interactiva, colaborativa y asertiva.

La presente investigación es de tipo exploratorio, en donde se aplican dos procedimientos instrumentales para caracterizar las competencias comunicativas generadas por el ITIC dentro del modelo de CAV: El primero se refiere a los componentes contemplados por el [5], como son los lingüísticos, sociolingüísticos y pragmáticos, los cuales a la vez, se constituyen en los indicadores para caracterizar la competencia comunicativa dentro del ITIC con una semántica y semiología aplicada a la Ingeniería Civil.

En consecuencia, la encuesta aplicada permite observar la generación de las competencias comunicativas en la Ingeniería Civil a través de estos componentes porque se estaría indagando por lo siguiente:

- Las competencias Lingüísticas incluyen los conocimientos y las destrezas léxicas, fonológicas y sintácticas, y otras dimensiones de la lengua como sistema aplicadas a la disciplina, independientemente del valor sociolingüístico de sus variantes y de las funciones de sus realizaciones.
- Las competencias Sociolingüísticas se refieren a las condiciones socioculturales del uso de la lengua en el programa.
- Las competencias Pragmáticas tienen que ver con el uso funcional de los recursos lingüísticos (producción de funciones de lengua, de actos de habla) sobre la base de guiones o

escenarios de intercambios comunicativos referidos a la Ingeniería Civil.

En el segundo procedimiento se analizan las cuatro destrezas en el ITIC mediante otra encuesta con preguntas orientadoras con el fin de establecer los efectos de interacción oral y de interacción escrita en los estudiantes de aula en estudio y su efecto en la generación de competencias comunicativas en la Ingeniería Civil.

Por tal razón, en ambos procedimientos el objetivo principal era definir si los componentes y las cuatro destrezas seleccionadas como actividades de la lengua en cuanto a la comprensión y a la expresión como procesos primarios para lograr la interacción comunicativa efectiva dentro del ITIC se podían constituir en fundamento válido para determinar la generación de competencias comunicativas.

Por consiguiente, para ambos procedimientos se procedió a elaborar y probar el instrumento de recolección de información a través de dos encuestas cerradas, enviada a los correos personales de los estudiantes, utilizando una escala de Lickert (1932) de cinco puntos como:

- TA Totalmente de acuerdo
- A De acuerdo
- I Indeciso
- D En desacuerdo
- TD Totalmente en desacuerdo

Asignando el puntaje más alto de 5 a TA, y así sucesivamente hasta 1 a TD.

Para contextualizarse en el ITIC de manera concreta, se recurrió a los protocolos de los niveles de los cursos de inglés como Lengua Extranjera para observar cómo se asumen las competencias en el enfoque curricular del ITIC y correlacionarlas con las actividades evaluativas del curso en el ámbito de la Ingeniería Civil.

El curso ITIC tiene 4 unidades o módulos en su contenido en línea con las siguientes categorías temáticas: Objetivos (funciones de la lengua), vocabulario, lecturas, gramática, pronunciación, escritura.

Adicionalmente, las aulas del ITIC cuentan con recursos sincrónicos, asincrónicos y Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) y Objetos Virtuales de Información (OVI) que facilitan la interacción y la interactividad dentro de la CAV:

Foros: recursos asincrónicos.

Quices y Examen: recursos sincrónicos.

Fonética y Glosario del Curso: OVA y OVI.

De la población total de 67 estudiantes del curso ITIC, se escogieron 30 estudiantes que representa aproximadamente al 45%, porcentaje al cual se le aplicó la encuesta por medio de los correos personales y el correo interno del mismo curso ITIC.

3.1. El curso de Inglés Técnico en Ingeniería Civil (ITIC) constituido como una comunidad de aprendizaje virtual (CAV)

Se ha descrito a una CAV como un orden o agregado social que utiliza la red como tecnología de distribución de la información a través de un currículo con fines formativos [10], y se complementa con la adición de tres elementos constitutivos: las personas, los propósitos y el proceso en donde se garantice el aprendizaje colaborativo y la práctica reflexiva para que ocurra el aprendizaje transformador [1]. Es en este modelo de CAV en la cual se basará el ITIC para generar competencias comunicativas [1]. Por tal razón,

es fundamental caracterizar al ITIC como una CAV para fomentar las competencias comunicativas, las cuales se define como el uso del lenguaje para una acción de comunicación particular, concreta y social e históricamente situada para introducir una visión más pragmática del lenguaje, en la que la interacción y el aprendizaje colaborativo resultan determinantes en los actos comunicativos [8].

El ITIC representa ese agregado social basado en un currículo inmerso en una CAV que fomenta tanto destrezas receptivas (listening, reading) como productivas (speaking, writing), y por consiguiente competencias comunicativas en todos los recursos implementados en el aula. La estructura como una comunidad de aprendizaje virtual (CAV) se podría ajustar dentro de la siguiente tipología:

3.1.1. Las personas como primer elemento

Conformado por el director del curso, el tutor de apoyo y los estudiantes. Se tomaron los datos de Inglés Técnico (aula objeto de la investigación) del ITIC de 2016-03, cuyo código de aula es ID0253, podríamos reseñar un director de curso, 2 tutores de apoyo y 67 estudiantes matriculados en el aula. La asignación de los estudiantes es proporcional a la modalidad contractual del tutor de apoyo, y se hace en pequeños grupos colaborativos de máximo 5 (cinco) estudiantes. En consecuencia, la distribución es la siguiente:

TUTOR DE APOYO 1: Tenía 34 estudiantes.

TUTOR DE APOYO 2: Tenía 33 estudiantes.

Se define al elemento personas como indispensable para conformar comunidades y a su vez, se reconocen tres variables críticas inmersas en este elemento: La presencia social, la interacción y la comunicación [1]. Es imprescindible definir a continuación el rol funcional y asistencial de cada persona dentro de la CAV para correlacionar las tres variables críticas que generan competencias comunicativas.

El rol del director es el de planificar, diseñar todas las actividades evaluativas asincrónicas y sincrónicas conforme a un cronograma de trabajo denominado agenda; adicionalmente la organización y la navegabilidad de los recursos dispuestos en cualquier aula del ITIC.

En el mismo sentido, el rol del tutor de apoyo es el de realizar el acompañamiento a los procesos de aprendizaje de los estudiantes mediante la puesta en funcionamiento de estrategias de asesoría a las temáticas de cada nivel del ITIC, orientación sobre los métodos de estudios, seguimiento, evaluación y realimentación de las competencias lingüísticas y comunicativas que el estudiante va adquiriendo acorde con los parámetros establecidos por el ITIC.

El estudiante es el centro de la comunidad de aprendizaje virtual y del proceso formativo que se fomenta en la FUAA, y es quien realiza el aprendizaje autónomo basado en el estudio independiente o trabajo personal para adquirir las competencias lingüísticas y comunicativas a través del ITIC.

En el 2016 se comenzó con la aplicación de unos instrumentos virtuales de recolección de información que sustentan las tres variables críticas de este primer elemento, en donde se visibiliza el fomento de competencias comunicativas producidas por la misión de generar un conocimiento compartido del inglés técnico en la ingeniería civil dentro del aula.

En las aulas del ITIC se cuenta con el recurso asincrónico de dos Foros de Trabajo Colaborativo, uno de actividad evaluativa referente a Writing (destreza productiva) y otro sobre Speaking

(destreza productiva). Se procede a definir cada recurso y su responsabilidad en la generación de competencias según el instrumento aplicado:

Foro General: Espacio para que interactúen los tutores con sus estudiantes brindándole la orientación en el proceso en general, la solución a las preguntas, inquietudes derivadas del desempeño y la navegabilidad del estudiante dentro del aula. Interacción que se hace de estudiante a estudiante también porque es un ambiente de acceso compartido y masivo.

De los 67, 45 estudiantes usaron este Foro para el fin adecuado, reforzando la presencia social para interactuar con su tutor y demás compañeros de grupo colaborativo. Acción que genera competencias comunicativas porque el estudiante despeja sus dudas, disipa los temores iniciales tanto con su tutor de apoyo y sus pares académicos dentro del contexto.

Foro Colaborativo de Writing: Espacio en donde el grupo colaborativo diseña un producto final evaluado por el tutor de apoyo, el cual es un constructo escrito compartido y solidario de cada miembro del grupo [12]. En primera instancia, los estudiantes hacen sus aportes de manera individual; y luego, se expresa el acuerdo o las sugerencias de ampliación de los conceptos ya emitidos de forma crítico-reflexiva. Posteriormente, se identifican los desacuerdos con argumentos para empezar a diseñar el producto final del grupo colaborativo que se somete a una revisión final antes de presentarlo al tutor de manera definitiva.

Foro Colaborativo de Speaking: Espacio que sigue la misma metodología del foro anterior, pero la diferencia en este caso, es que el producto final contempla un audio grabado en MP3 por los estudiantes del grupo colaborativo. En ese sentido fomentó a los 634 estudiantes participantes, la destreza productiva de comunicarse oralmente, primero entre pares y luego con el tutor de apoyo.

3.1.2. El propósito como segundo elemento

En este segundo elemento de una CAV, se definen los lineamientos y reglas de juego de las aulas del ITIC, como también las consideraciones prácticas como por ejemplo los logros de aprendizaje de cada una de las 4 unidades o módulos del ITIC, los tiempos de apertura de las actividades evaluativas y del tiempo de duración de cada una de ellas, etc., como también del tamaño del grupo, en nuestras aulas son un número máximo de 5 estudiantes por grupo colaborativo, y hasta las disposiciones de herramientas metodológicas para crear un sentido de seguridad y privacidad. Elementos básicos para fomentar una adecuada interacción y colaboración dentro de una CAV.

Se caracteriza a través del Protocolo Académico, en donde se establece el lineamiento general del curso, en cuanto a las intencionalidades formativas, las unidades didácticas, el sistema de evaluación, la metodología y las fuentes documentales. Adicionalmente de manera complementaria, la Guía de Actividades, en donde se establece la situación didáctica que delimita la temática de un diseño de aprendizaje.

También se incluyó el chat como herramienta sincrónica y el Foro General como herramienta asincrónica para interactuar con los estudiantes con respecto a las consideraciones prácticas y acordar ciertos criterios como lineamientos.

Estas herramientas fueron caracterizadas en este elemento por el fundamento que demanda el aprendizaje autónomo dentro de la autorregulación adquirida por los estudiantes dentro del ITIC.

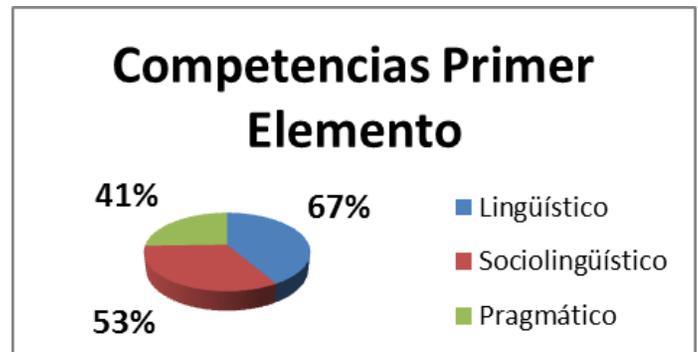


Figura 1. Gráfico de las Competencias adquiridas por componentes en el primer elemento de una CAV.

Fuente: El autor

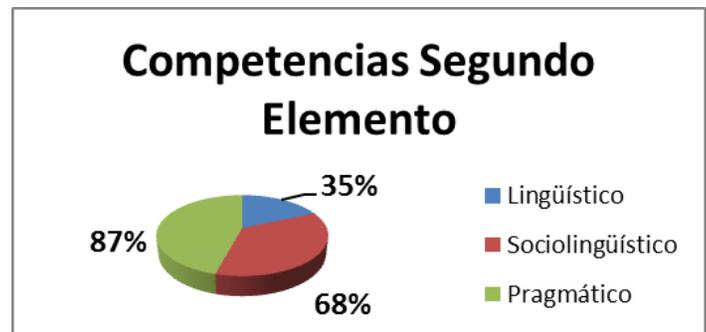


Figura 2. Gráfica de las Competencias adquiridas por componentes en el segundo elemento de una CAV.

Fuente: El Autor.

3.1.3. El proceso como tercer elemento

Para que el aprendizaje transformador y el aprendizaje reflexivo el ITIC cuenta con unas actividades evaluativas sincrónicas como el quiz, la lección evaluativa y recursos interactivos en Flash Player y Multimedias en los contenidos en línea que le permiten a los estudiantes adquirir destrezas receptivas como el audio y la lectura de funciones específicas del Inglés; complementados con actividades de vocabulario y gramática.

3.2. Resultados con respecto al primer elemento de la CAV

En este foro participaron 45 estudiantes, pero sólo 31 diligenciaron la encuesta. Los porcentajes reportados corresponden solamente a quienes escogieron Totalmente de Acuerdo (TA). En ese orden de ideas, se reporta un 67% en la adquisición del componente lingüístico, un 53% en el componente sociolingüístico y un 41% en el componente pragmático como se muestra en la Fig. 1.

3.3. Resultados con respecto al segundo elemento de la CAV

Se reportó un 35% en la adquisición del componente lingüístico, un 68% en el componente sociolingüístico y un 87% en el componente pragmático como se muestra en la Fig. 2.

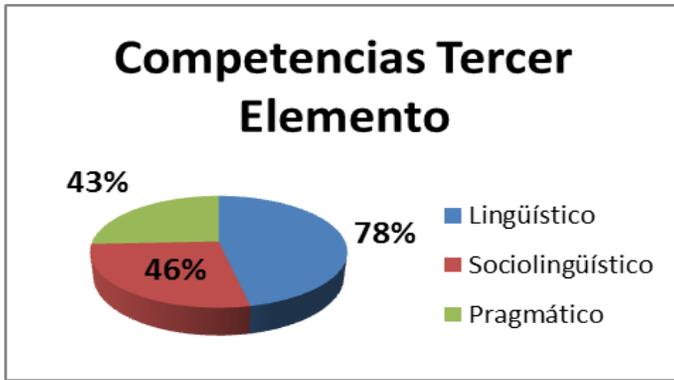


Figura 3. Gráfica de las Competencias adquiridas por componentes en el tercer elemento de una CAV.

Fuente: El Autor.

3.4. Resultados con respecto al tercer elemento de la CAV

Se reportó un 78% en la adquisición del componente lingüístico, un 46% en el componente sociolingüístico y un 43% en el componente pragmático en la Fig.3.

4. Resultados

En los siguientes puntos se describen los resultados obtenidos por cada una de las interacciones dentro del ITIC.

4.1. Resultados en cuanto a la interacción oral y a la interacción escrita dentro del ITIC para generar competencias comunicativas

Adicionalmente a los componentes definidos anteriormente para caracterizar las competencias comunicativas, en este segundo procedimiento se aplicó una segunda encuesta siguiendo el mismo método [11], en donde se incluyeron preguntas orientadoras para identificar la interacción oral y la interacción escrita inmersas dentro de las cuatro destrezas que genera el ITIC. En consecuencia, también se tuvo en cuenta sólo quienes escogieron estar TA en las estadísticas que reflejaron la adquisición de destrezas receptivas y destrezas productivas, las cuales se enuncian a continuación:

4.1.1. Destrezas receptivas lectoras (DR) según la Fig.4.

1. Comprende y sigue instrucciones: 87%
2. Identifica ideas principales y secundarias: 55%
3. Hace inferencias lógicas a partir de un texto: 41%
4. Desarrolla el pensamiento crítico y la destreza de leer: 33%

4.1.2. Destrezas receptivas auditivas (DR) según la Fig.5.

1. Comprende la información que se entrega en actividades para desarrollar la destreza de escuchar: 54%
2. Comprende ideas básicas formuladas en inglés hablado: 67%
3. Escucha y responde a las ideas de otros: 49%

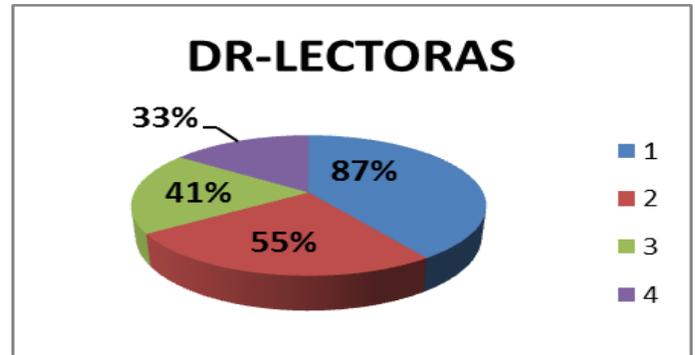


Figura 4. Gráfica de los Porcentaje de las destrezas receptivas lectoras.

Fuente: El Autor.

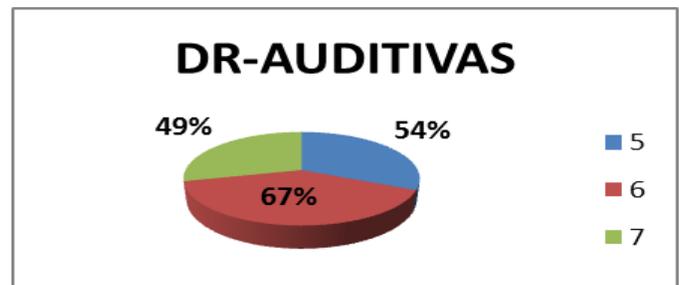


Figura 5. Gráfico de los Porcentaje de destrezas receptivas auditivas.

Fuente: El autor

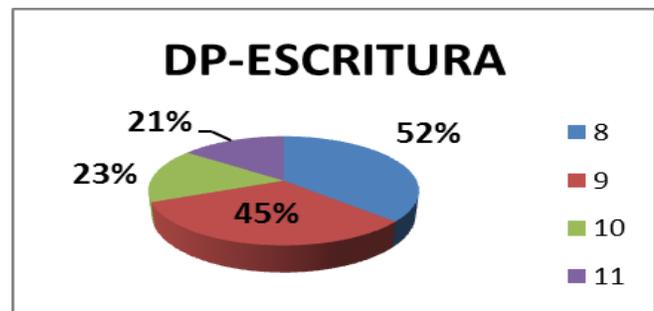


Figura 6. Gráfico de los Porcentaje de destreza productiva en la escritura.

Fuente: El autor

4.1.3. Destreza productiva en la escritura (DP) según la Fig.6.

1. Toma apuntes a partir de textos escritos: 52%
2. Lee para corregir ideas, organiza un vocabulario en un primer borrador: 45%
3. Utiliza un bosquejo para desarrollar sus ideas: 23%
4. Elabora y redacta composiciones lógicas: 21%

4.1.4. Destreza productiva en el habla (DP) según la Fig.7.

1. Utiliza estructuras gramaticales correctamente: 61%
2. Lleva a cabo presentaciones haciendo un correcto manejo de su pronunciación: 15%
3. Pronuncia correctamente siguiendo los signos de puntuación, con fluidez y buena entonación: 19%

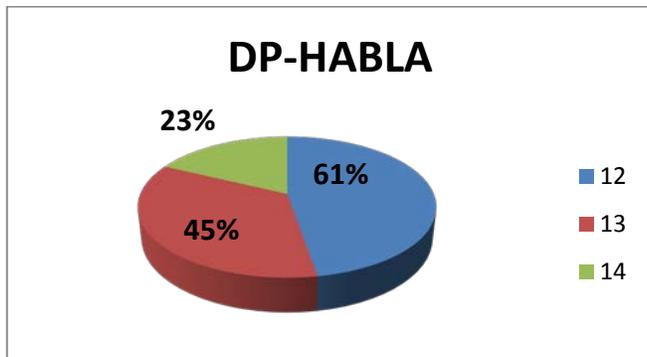


Figura 7. Gráfico de los Porcentaje de destreza productiva en el habla.
Fuente: El autor

5. Conclusiones

El ITIC genera competencias comunicativas bajo el contexto de comunidad de aprendizaje virtual en el programa de Ingeniería Civil, porque como arrojan las estadísticas, el elemento personas fomenta un aprendizaje colaborativo a través de la interacción y la presencia social, aspectos complementarios en la adquisición de competencias comunicativas.

Por otra parte, dentro del segundo elemento de una CAV, el propósito extrapola unas consideraciones prácticas que son compartidas y aceptadas por los estudiantes mediante la utilización de herramientas sincrónicas y asincrónicas para reforzar el componente sociolingüístico como un indicador de competencia comunicativa.

Referenciando al tercer elemento de una CAV, proceso, se podría afirmar que bajo el uso de las herramientas sincrónicas y asincrónicas del ITIC se incrementa el aprendizaje transformador y reflexivo porque se crea un ambiente virtual que garantiza las interacciones equitativas y participativas entre el tutor-estudiante y estudiante-estudiante para reforzar la competencia comunicativa como acto pragmático del uso de la lengua. Estas interacciones grupales resultan más significativas que la de la relación aislada entre el tutor y el estudiante, [1].

Por consiguiente, la inclusión de la interacción oral y la interacción escrita en la investigación y su relación con las competencias comunicativas, se evidencia y se potencia (aunque en bajos porcentajes en algunas) a través de las cuatro destrezas del ITIC como un criterio formativo de interacción comunicativa-social.

Adicionalmente, de la investigación se concluye y se propone como tema de discusión que las interacciones orales tienen un grado diferencial de las expresiones y las comprensiones orales en cuanto a la superposición de ambos procesos y la naturaleza de las respuestas en las actividades de Listening y de Speaking; por consiguiente se hace imperativo y necesario que el tutor replantee su rol de orientador apuntándole a la mediación comprensiva y expresiva del estudiante en la retroalimentación sincrónica resaltando la importancia de la fonética y de la respuesta planificada adecuada para fortalecer ambas destrezas en aulas virtuales.

Bibliografía

- [1] Palloff, R. and Pratt, K., Assessment, academic integrity, and community online. Chapter published in Encyclopedia of Distance Learning, Second Edition pp. 108-114. DOI:10.4018/978-1-60566-198-8.ch01
- [2] Silvio, J., El liderazgo en la gestión de la calidad de la educación a distancia como innovación. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 7(1-2), pp. 17-39, 2004. DOI:10.5944/ried.7.1-2.1073.
- [3] Oblinger, D., Global education: Thinking creatively. Higher Education in Europe, 24(2), 251-258, 1999. DOI:10.1080/0379772990240212.
- [4] Richards, J., Whole language. In: Approaches and methods in language teaching, 2001, pp.108-114. DOI:10.1017/cbo9780511667305.012.
- [5] Common European Framework of Reference (CEFR) on languages, in: Immigration and Membership Politics in Western Europe pp. 243-243. DOI:10.1017/cbo9781107477865.010.
- [6] Lightfoot, D.W. and Chomsky, N., Syntactic structures. Berlin, Boston: De Gruyter Mouton, 2002. DOI:10.1515/9783110218329.
- [7] De Saussure, F., De Gorog, R. and Baskin, W., Course in general linguistics. The Modern Language Journal, 45(3), pp. 145. 1961 DOI: 10.2307/320587.
- [8] Hymes, D., The concept of communicative competence revisited. In: Thirty Years of Linguistic Evolution 1992, 31 P. DOI:10.1075/z.61.08hym.
- [9] Gardner, H., First course in mind, brain, and education. Mind, Brain, and Education, 1(2), pp. 61-65, 2007. DOI:10.1111/j.1751-228x.2007.00007.x
- [10] Cabero-Almenara, J. and Marín-Díaz, V. Campus Virtuales Compartidos (CVC): Análisis de una experiencia. Educación XX1, 14(2), pp. 111-132, 2011 DOI:10.5944/educxx1.14.2.247.
- [11] Turner, J., Using likert scales in L2 research. Another researcher comments. Journal TESOL Quarterly, 27(4), pp. 736-739. 1993. DOI:10.2307/3587409.
- [12] Gunawardena, Ch., Culture and online distance learning. in Handbook of Distance Education. DOI:10.4324/9780203803738.ch12.

J.A. Gutiérrez de Piñeres-Rocha, recibió el título de Ing. Civil en 1995 de la Universidad Industrial de Santander - UIS, Colombia, el título de MSc. en Online Education en 2010 de la UNAD Florida y doctorando en Ciencias de la Educación en la Universidad de Cuauthemoc de Méjico. Desde el 2005 ha estado trabajando en la UNAD como tutor virtual en la Escuela de Ingeniería y en la Escuela de Educación. Se vinculó a la Fundación Universitaria del Área Andina – FUAA, sede Valledupar en el año 2015 y es profesor del programa de Ingeniería Civil.
ORCID: 0000-0002-2103-8636

Análisis de factores para la medición de la satisfacción estudiantil en educación superior: Caso ingeniería industrial, Universidad Militar Nueva Granada

Oscar Yecid Buitrago-Suescún ^a, Anny Astrid Espitia-Cubillos ^a & Agustín Alexander Mejías-Acosta ^b

^a Programa de Ingeniería Industrial, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. oscar.buitrago@unimilitar.edu.co, anny.Espitia@unimilitar.edu.co

^b Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. aamejiasa@gmail.com

Resumen— Se aplicó la herramienta de medición de la Satisfacción Estudiantil Universitaria (SEU) a los estudiantes de pregrado de Ingeniería Industrial de la Universidad Militar Nueva Granada (Colombia). Análisis de Factores fue utilizado para la identificación de las dimensiones importantes con el propósito de que la Dirección del Programa de Pregrado pueda implementar estrategias para incrementar o consolidar la satisfacción de los alumnos. Se aplicaron 310 encuestas con 66 preguntas para la obtención de las observaciones, a las que se les verificó los supuestos mediante la matriz de correlación, el estadístico Kaiser, Meyer, Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad, para posteriormente realizar un Análisis de Factores, utilizando como técnica de extracción al Análisis de Componentes Principales. Mediante el método rotación Varimax se logró la identificación de 13 dimensiones que explican el 60.7% de la variabilidad, asociadas principalmente a dignidad personal, integridad, desarrollo físico, aspectos académicos, infraestructura y servicios de apoyo.

Palabras Clave— análisis de factores, análisis de componentes principales, satisfacción estudiantil universitaria.

Recibido: 10 de febrero de 2017. Revisado: 29 de junio de 2017. Aceptado: 18 de julio de 2017.

Factor analysis for the measurement of student satisfaction in higher education: Case industrial engineering, Universidad Militar Nueva Granada

Abstract— A student satisfaction assessment tool was applied to industrial engineering undergraduate students of the Universidad Militar Nueva Granada (Colombia). Factorial Analysis was used for the identification of the main components in order for the Undergraduate Program Direction to implement strategies that can increase or consolidate the students' satisfaction. Data collection was obtained by 310 surveys with 66 questions. Then a series of test were performed such as: the correlation matrix determinant, the KMO index and Bartlett test in order to verify the assumptions. Subsequently the Factorial Analysis was run, using Principal Components Analysis as the extraction technique. Using the Varimax extraction method, it was possible to identify 13 dimensions that account for 60.7% of the total

variability, mainly associated with personal dignity, integrity, physical development, academic issues, and infrastructure and support services.

Keywords—factor analysis, principal components analysis, university student satisfaction.

1. Introducción

En el mundo, y Colombia no es la excepción, se han venido realizando esfuerzos por el incremento de la calidad en la educación superior, tomando cada vez más fuerza la Acreditación Institucional de Calidad otorgada por el Ministerio de Educación Nacional como indicador de que la Institución de Educación Superior es una garantía para la sociedad. No obstante, estos esfuerzos no tienen sentido si no se alcanza un nivel alto de satisfacción por parte de los estudiantes, que en últimas son quienes viven los procesos acreditados, por ello y para este propósito se han desarrollado instrumentos para conocer la percepción de los estudiantes universitarios con respecto a su proceso de formación [1]. En particular, un asunto que se puede solucionar mejorando el nivel de satisfacción de los estudiantes es el de la deserción estudiantil, que en Colombia alcanza niveles críticos.

De acuerdo con [2], la satisfacción es el resultado de un proceso valorativo y por ende un juicio. Por otra parte, ISO define la satisfacción del cliente como el resultado de comparar la expectativa previa con el valor percibido al finalizar la relación comercial. En [2] se especifica la satisfacción estudiantil como “la percepción que tienen los estudiantes del grado en el que se le han cumplido sus requisitos”.

En cuanto a herramientas que se han aplicado para la medición de la satisfacción estudiantil, se encuentra el Análisis de Factores (AF). [2] desarrollaron y aplicaron una herramienta denominada SEU que consta de 21 variables y encontraron que en el Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo, seis variables subyacentes explican el 67% de la varianza, a saber: *Atención del personal, Aspectos académicos, Empatía, Oferta Académica, Gestión Docente y Aspectos Complementarios*.

Como citar este artículo: Buitrago-Suescún, O.Y., Espitia-Cubillos, A.A., and Mejías-Acosta, A.A., Análisis de factores para la medición de la satisfacción estudiantil en educación superior: Caso ingeniería industrial, Universidad Militar Nueva Granada. *Educación en Ingeniería*, 12(24), pp. 107-112, Julio, 2017.

En la presente investigación se aplica una variante del SEU [1] a estudiantes del programa de Ingeniería Industrial (sede Bogotá D.C) de la Universidad Militar Nueva Granada. Esta es una Universidad Pública, constituida por siete Facultades que ofertan 73 Programas de Posgrado y 18 de Pregrado. De estos últimos, 15 son de nivel profesional universitario; Biología Aplicada, Administración de Empresas, Contaduría Pública, Economía, Derecho, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial, Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería en Multimedia, Ingeniería en Telecomunicaciones, Ingeniería Informática, Ingeniería Ambiental, Medicina, Relaciones Internacionales y Estudios Políticos, Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional y tres de nivel tecnológico.

En particular, el programa de Ingeniería Industrial tiene dos sedes; una en Bogotá D.C y otra en el municipio de Cajicá (colindante con Bogotá) en la que se ofrece jornada diurna y nocturna (recientemente ofertada), así como un programa a distancia. Cuenta con acreditación de alta calidad y para el semestre 1-2016 el total de estudiantes es de 742.

2. Análisis de factores

De acuerdo con [3], el Análisis de Factores es un método descriptivo de reducción. Es decir, a partir de un número elevado de datos, busca reducirlos, partiendo de las correlaciones, para encontrar un número más pequeño de factores que los expliquen (“reducir un conjunto de variables observadas a un conjunto menor de variables no observadas o subyacentes”).

Se debe considerar que diferentes factores afectan variables observadas distintas y que cada factor puede tener influencia sobre una o más de las variables observadas. De allí que un par de variables influenciadas por el mismo factor deben tener correlación alta, y a la vez la correlación entre variables observadas influidas por diferentes factores debería ser baja. El AF entonces agrupa variables superficiales que tengan entre ellas una correlación elevada.

Se debe tener claro que la varianza de una variable observada es debida a la contribución de los factores comunes y de un factor único. Si X_{ij} es el valor de la i -ésima observación de la variable j , F los coeficientes de los factores comunes, las a_{ij} las puntuaciones de la observación i en cada factor y U el factor específico, entonces se tiene la expresión de la ec (1).

$$X_{ij} = \sum_{j=1}^p F_{ji} a_{ij} + U_i \quad (1)$$

De Ec. (1), puesto que el factor único solo afecta una variable, se puede deducir que la correlación entre variables es debida exclusivamente a los factores comunes, además estos pueden estar relacionados entre sí. De acuerdo [3], el análisis factorial asume que hay una relación de causalidad entre factores y variables observadas. Si el investigador no tiene hipótesis de partida, al Análisis Factorial se le denomina Exploratorio (AFE) y si se dispone de indicios o hipótesis sobre los factores a extraer, entonces se denomina análisis factorial confirmatorio (CFA).

De una forma resumida, se puede decir que después de haber superado las etapas de diseño de la investigación y obtenidos los datos (en [4] se recomiendan muestras de tamaño 300 al menos), se

debe proceder a verificar los supuestos del modelo. El punto de partida es la matriz de correlaciones, a la que debe calcularse el determinante y hacer pruebas de hipótesis tales como KMO y esfericidad de Bartlett. En cuanto al determinante se desea un valor bajo pues indica que existen correlaciones altas en la matriz, la prueba de esfericidad contrasta la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones es la identidad y el índice KMO es el cociente entre la suma de los cuadrados de las correlaciones y la suma de las sumas de cuadrados de las correlaciones y de las correlaciones parciales, “Es aconsejable obtener valores de más de 0,60 para que el análisis factorial pueda realizarse con garantías” [3].

Luego se debe proceder a extraer los factores, para lo que se dispone de varios métodos; análisis de componentes principales, mínimos cuadrados, máxima verosimilitud, entre otros. Si la extracción factorial no es fácil de interpretar (por correlación entre factores), se puede recurrir a métodos de rotación tales como varimax, promax, oblicua, ortogonal, cuartimax, entre otras. Finalmente se hace la interpretación de interpretación de factores y de resultados finales de la investigación.

2.1. Aplicación de análisis de factores en Educación Superior

El análisis de factores (AF) ha sido aplicado en educación superior con diferentes propósitos, por ejemplo, [5] aplicaron una encuesta sobre miedos a 547 estudiantes de una universidad de Londres, identificando cuatro factores principales. [6] recurrieron al AF para explicar la selección de Universidad por parte de los bachilleres, tomando como muestra estudiantes que optaron por una Universidad de minas y petróleo y otra de diseño ambiental, dando a partir de los resultados, recomendaciones sobre como orientar la publicidad en las universidades con bajas matriculas. También se reportan estudios un tanto curiosos en el entorno universitario. 1148 estudiantes de la Universidad de Tecnología de Queensland, en Australia, participaron en el estudio de [7] en el que se empleó el AF confirmatorio sobre un instrumento de 30 ítems para la medición de síntomas de depresión en estudiantes universitarios, concluyendo que es una herramienta viable y confiable.

Más recientemente, [8] emplearon el AF en un estudio de la autosuficiencia creativa, tendiente al desarrollo de las habilidades creativas de estudiantes de pregrado en una Universidad Pública en Tailandia. [9] utilizaron el AF exploratorio en un tema altamente polémico; la evaluación de los profesores por parte de los estudiantes. Para ello aplicaron encuestas en la universidad de Antwerp en Bélgica, buscando profundizar en la validez y confiabilidad de estas evaluaciones. Aunque no en universidades, [10] realizaron un estudio sobre la incorporación de las nuevas tecnologías digitales que hacen los profesores de bachillerato en sus aulas y recurrieron a un AF confirmatorio en una muestra de 3624 participantes.

[11] realizan un estudio factorial confirmatorio sobre dos versiones de Modelo de Práctica Apropriadada (la creada por la Facultad de Educación de la Universidad Monroe y una modificación de la misma), empleados para la evaluación de candidatos a profesores, mediante la aplicación de 1379 encuestas a estudiantes de programas de preparación inicial de la mencionada universidad. [12] realizaron un análisis factorial exploratorio para analizar la estructura de la tutoría en el caso de la educación superior en enfermería, tendiente a sugerir cual debe ser la estructura de las tutorías y la formación de los tutores.

En el ámbito Latinoamericano [13] desarrollaron un instrumento de medición de la satisfacción estudiantil en educación superior y analizaron mediante AF los datos de 100 estudiantes de ingeniería industrial de la Universidad de Carabobo. Se basaron en modelos de Instituciones de Educación Superior de México, Puerto Rico, Perú y Venezuela y concluyen que la herramienta es fiable válida y se puede aplicar en otras universidades con las debidas modificaciones. También, basándose en SEU, [14] estudiaron la satisfacción estudiantil universitaria en Instituto Tecnológico de Orizaba (México). Otro trabajo es de [15], quienes realizaron un estudio exploratorio en una universidad mexicana, aplicando SEUing para poder proponer estrategias tendientes al incremento de la satisfacción estudiantil universitaria.

En Colombia, [16] usa AF exploratorio y confirmatorio para evaluar el instrumento SERVPERF, eliminando ítems que no contribuyen a la fiabilidad de escala y determinando su validez convergente y discriminante, verificando la dimensionalidad de la escala y evaluando su validez, respectivamente, su fin era apoyar el mejoramiento de los espacios de formación artística y cultural ofrecidos por la Universidad Pedagógica Nacional en Bogotá. Por su parte, [17] aplica AF para el estudio de la percepción de la comunidad vecina a la Universidad del Tolima frente a su comportamiento en temas de responsabilidad social universitaria (RSU), lo que le permitió identificar como componentes principales: Interacción con la comunidad y Percepción de la comunidad, a partir de lo cual construye propuesta de mejoramiento en esta temática.

3. Métodos y materiales

3.1. Instrumentos

El instrumento empleado es una modificación de la encuesta SEUing propuesta por [2], que inicialmente constaba de preguntas abiertas y cerradas, estas últimas dando posibilidades de elección en una escala de graduada tipo Likert de uno a siete (uno representa totalmente en desacuerdo con la situación planteada en la pregunta, y siete, totalmente de acuerdo). La versión inicial de la encuesta tiene cincuenta y dos ítems, distribuidos en cuatro dimensiones conceptuales (cuatro primeras filas del cuadro 1), 4 preguntas de retroalimentación y 6 más relacionadas con las expectativas y satisfacción del estudiante (utilizadas para determinar la validez del instrumento). La modificación consiste en dejar la escala de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo) y adicionar cuatro preguntas relacionadas con el libre desarrollo de la personalidad en la Universidad, que se muestran en la última fila del Cuadro 1.

3.2. Programa estadístico empleado

Una vez recolectados los datos, se realizó un registro en una base de datos para luego aplicar Análisis de Factores por medio del software SPSS ® y utilizando como método de extracción el Análisis de Componentes Principales. Para la verificación de supuestos se recurrió a la prueba de esfericidad de Bartlett, el índice KMO y el cálculo del determinante de la matriz de correlaciones. El método de rotación (en caso de que no se puedan interpretar fácilmente las cargas originales) es el Varimax.

Cuadro 1.

Dimensiones Teóricas e Indicadores de la Variable Satisfacción Estudiantil

Dimensión	Definición	Indicador
Enseñanza	Metodología, técnicas y evaluación impartidas por el docente	Preparación, actualización y condiciones pedagógicas de los profesores. Sistema de Evaluación utilizado. Metodología de enseñanza. Incorporación de nuevas tecnologías a la enseñanza. El contenido de los programas. La organización del tiempo. Facilidad de comunicación con los profesores. La facilidad de comunicación con el personal administrativo.
Organización Académica	Satisfacción de los estudiantes con respecto a los conocimientos y atención mostrados por el personal administrativo y docente y sus habilidades para inspirar credibilidad y confianza, al igual que la disposición y voluntad para ayudar al estudiante y proporcionar el servicio.	Acción Tutorial. Formación práctica y la vinculación con los futuros centros de trabajo.
Vida Universitaria	Participación de la escuela en actividades de expansión, destrezas y habilidades físicas.	El acceso a diversas manifestaciones culturales y de recreación. Formación de Habilidad y rasgos personales. Habitabilidad de las instalaciones. Suficiencia de los espacios para la enseñanza y el estudio. Adecuadas instalaciones deportivas. Buen servicio bibliotecario.
Infraestructura y servicios universitarios	Apariencia de las instalaciones físicas, equipos y materiales de comunicación y con el funcionamiento de los servicios estudiantiles.	Adecuado funcionamiento de las Cafeterías. Adecuado funcionamiento de los servicios de cómputo. Igualdad de oportunidades para la participación de actividades. Seguridad de las instalaciones. Apropiada atención en los procesos de inscripción y carnetización.
Desarrollo de la personalidad.	Sensación de comodidad y libertad del estudiante para hacer libre desarrollo de la personalidad en la Universidad.	Medidas para evitar el matoneo. Garantías para expresar su orientación sexual. Ambiente de respeto y tolerancia. Respeto hacia las opiniones políticas y religiosas.

Fuente: Adaptado de [13].

3.3. Muestra

Se decidió hacer el estudio en el programa de ingeniería industrial porque es uno de los tres programas con más estudiantes en la Facultad de Ingeniería (la situación es variante semestre a semestre) y porque es el único programa de Ingeniería que resulto 100% eficiente en la medición hecha por [18] en dos escenarios, mediante Análisis Envoltante de Datos.

Se realizó la aplicación de un muestro aleatorio a 310 estudiantes de los 742 que conforman el pregrado de Ingeniería Industrial en la sede Bogotá de la Universidad Militar Nueva Granada. La encuesta se llenó bajo anonimato total, perdiendo la posibilidad de hacer agrupaciones por semestre, genero, edad u otras, pero proporcionando de esta forma a los estudiantes la sensación de bienestar y comodidad (diluyendo el temor a identificación y represalias) que les permitiera contestar de forma veraz.

4. Resultados y discusión

Después de aplicar las 310 encuestas, hacer la base de datos, correr la información en SPSS ® y hacer los correspondientes ajustes, se obtienen los resultados discutidos en esta sección.

4.1. Verificación de supuestos

El determinante de la matriz es 4.36 E-12, el índice KMO 0.874 (superior al valor mínimo de 0.6 recomendado por Catena et al, 2013) y la significancia de la prueba de esfericidad es menor a 10⁻³, permitiendo rechazar la hipótesis nula (a un nivel de significancia fijado previamente en 5%) de que la matriz de correlaciones es un matriz identidad. Estos resultados permiten tomar la decisión de continuar con la aplicación de AF.

Tabla 1
Descripción de los Factores obtenidos.

Factor	Varianza explicada	Ítems	Definición
Dignidad personal	6.35%	V54, V53, V56, V55, V38, V46, V27, V16.	Aspectos relacionados con el desarrollo de la personalidad, buen trato, seguridad, respeto e interacción.
Vida universitaria integral	5.65%	V39, V40, V13, V15, V12, V3, V6, V14, V29, V28, V21.	Aspectos complementarios (no académicos) que permiten el correcto desarrollo de la vida universitaria desde un punto de vista integral. Por ejemplo, cumplimiento de horarios, disponibilidad de personal, dotación de laboratorios, programas de becas, organización de horarios, etc.
Desarrollo físico y cultural	5.51%	V7, V28, V34, V31, V22, V32, V3, V49, V16, V7, V9, V20, V23, V21, V18, V20, V26, V19, V24, V11, V16, V9, V10, V24,	Instalaciones y facilidad para las prácticas deportivas y recreativas, bienestar y actividades académicas extraclase.
Aspectos académicos	5.41%		Características y calidad de los profesores, pertinencia de la formación recibida.
Instalaciones físicas e infraestructura	5.03%		
Servicios de apoyo académico	4.74%		
Acompañamiento institucional a la formación integral	4.70%		
Docencia y estrategias de enseñanza	4.69%		
Solución de inconvenientes	4.50%		
Contenidos programáticos y aspectos de formación	4.34%		
Autosatisfacción y realización	3.79%		
Disposición profesoral e institucional	3.00%		
Organización y servicios	2.95%		

Fuente. Los autores.

4.2. Obtención de factores

La reducción obtenida mediante AF se muestra en la Tabla 1. La extracción se hizo con Análisis de Componentes Principales y se tienen 13 factores que explican el 60.7% de la varianza. Los porcentajes de varianza total explicada por cada factor son los resultantes de aplicar la rotación Varimax.

Después de la rotación, se tiene que ninguno de los factores obtenidos tiene un porcentaje de varianza explicada notoriamente mayor a los que le siguen. En la Tabla 1 se observa que el primer factor extraído explica el 6.35%, el segundo 5.65%, el tercero 5.51%, el cuarto 5.41%, disminuyendo gradualmente hasta llegar al 3% en el último.

Hay factores que en su interpretación pueden compartir algunas características. Ese es el caso del cuarto (Aspectos Académicos) y el octavo (Docencia y estrategias de enseñanza), en ambos los ítems asociados a profesores tienen una carga importante. Este tipo de similitudes que pueden presentarse entre algunos factores, es explicable por el hecho de tener un elevado número de estos (13). No obstante, la reducción lograda es importante pues de inicio se tienen 56 variables.

Es notorio el hecho de que aspectos académicos o de docencia no se encuentren entre los tres primeros factores (que de 60.7 % de variabilidad explicada, contribuyen con 17.51%). Para los estudiantes de ingeniería industrial de la UMNG sede Bogotá, son prioritarios la dignidad, personal, la integralidad y el desarrollo físico (prácticas deportivas y recreativas, bienestar). Esto se puede deber a que la satisfacción en estos aspectos les permite enfrentar sus labores académicas de forma más eficiente (este puede ser un tema de futura investigación).

5. Conclusiones

Se aplicó la encuesta SEUing modificada (que consta de cinco dimensiones y 56 variables) a una muestra de 310 estudiantes del programa de ingeniería Industrial de la Universidad Militar Nueva Granada sede Bogotá. Aplicando el Análisis de Factores se logró una reducción constituida por 13 factores que explican el 60.7% de la variabilidad total.

Las dimensiones obtenidas se renombraron y describieron de acuerdo con los ítems que forman la combinación lineal constituyente del factor; Dignidad Personal, Vida universitaria integral, Desarrollo físico y cultural, Aspectos Académicos, Instalaciones Físicas e infraestructura, Servicios de apoyo académico, Acompañamiento institucional a la formación integral, Docencia y estrategias de enseñanza, Solución de Inconvenientes, Contenidos programáticos y aspectos de formación, Autosatisfacción y realización, Disposición profesoral e institucional y Organización y servicios.

Estos resultados resultan útiles para la dirección pues le permiten identificar los aspectos en que debe centrarse para incrementar la satisfacción de los estudiantes del programa. También pueden emplearse en herramientas de planeación estratégica y extenderse a otros programas de la Universidad Militar Nueva Granada.

Referencias

[1] Gento, S. y Vivas, M., EL SEUE: Un Instrumento para conocer la satisfacción de los estudiantes universitarios con su educación. *Acción*

Pedagógica. 12(2), pp. 16-27, 2003.

[2] Mejías, A. y Martínez, D., Desarrollo de un instrumento para medir la satisfacción estudiantil en educación superior. *Docencia Universitaria*, X(2), pp. 29-47, 2009.

[3] Catena, A., Ramos, M. y Trujillo, H., Análisis multivariado: Un manual para investigadores. Biblioteca Nueva Universidad. Manuales y obras de referencia. Madrid. 2013.

[4] Comrey, L. and Lee, H., A first course in factor analysis. Hillsdale, NJ, LEA. 1992

[5] Kartsounis, L., Mervyn-Smith, J. and Pickersgill, M., Factor analysis of the responses of British University students to the Fear Survey Schedule (FSS-III). *Personality and Individual Differences*. 4(2), pp. 157-163, 1983. DOI: 10.1016/0191-8869(83)90015-6.

[6] Aldosary, A. and Assar, S., Analysis of factors influencing the selection of college majors by newly admitted students. *Higher Education Policy*. 9(3), pp. 215-220, 1996.

[7] Romaniuk, M. and Khawaja, N., University student depression inventory (USDI): Confirmatory factor analysis and review of psychometric properties. *Journal of Affective Disorders*. 150, pp. 766-775, 2013.

[8] Sangsuk, P. and Siriparp, T., Confirmatory factor analysis of a scale measuring creative self-efficacy of undergraduate students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, pp. 1340-1344, 2015.

[9] Spooen, P., Mortelmans, D. and Christiaens, W., Assessing the validity and reliability of a quick scan for student's evaluation of teaching. Results from confirmatory factor analysis and G Theory. *Studies in Educational Evaluation*, 43, pp. 88-94, 2014.

[10] Howard, S., Chan, A., Mozejko, A. and Caputi, P., Technology practices: Confirmatory factor analysis and exploration of teachers' technology integration in subject áreas. *Computers & Education*, 90, pp. 24-35, 2015.

[11] Bryant, C., Maarouf, S., Burcham, J. and Greer, D., The examination of a teacher candidate assessment rubric: A confirmatory factor analysis. *Teaching and Teacher Education*, 57, pp. 79-96, 2016.

[12] Chen, Y., Watson, R. and Hilton, A., An exploration of the structure of mentors' behavior in nursing education using exploratory factor analysis and Mokken scale analysis. *Nurse Education Today*, 40, pp. 161-167, 2016.

[13] Mejías, A. y Martínez, D., Desarrollo de un instrumento para medir la satisfacción estudiantil en educación superior. *Docencia Universitaria*, 10(2), pp. 29-47, 2009.

[14] Candelas, C., Gurruchaga, M., Mejías, A. y Flores, L., Medición de la satisfacción estudiantil universitaria: Un estudio de caso en una institución mexicana. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, Florianópolis, SC, Brasil, 5(9), pp. 261-274, 2013.

[15] Cadena, M., Mejías, A., Vega, A. y Vásquez, J., La satisfacción estudiantil universitaria: Análisis estratégico a partir del análisis de factores. *Industrial Data*, 18(1), pp. 9-18, 2015.

[16] Toledo, J., Percepción de la calidad de los procesos ofrecidos por el área de extensión cultural de la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá. Validación de un instrumento de medida. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2015.

[17] Uribe, M., Responsabilidad social en la Universidad del Tolima: Una mirada desde la comunidad vecina. *Cuadernos de Administración*, 31(54), pp. 89-98, 2016.

[18] Buitrago, O., Espitia, A. and Linares, D., Technical efficiency measurement of the teaching function in the undergraduate attendance programs at Universidad Militar Nueva Granada. *TECCIENCIA*, 7(18), pp. 25-35, 2015. DOI: 10.18180/tecciencia.2015.18.5. 2015.

O.Y. Buitrago-Suescún, en el año 2000 recibió el título de Ing. Químico en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia; en 2004 de MSc. en Ingeniería Industrial en la Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia; y es estudiante de Doctorado en Ingeniería en la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Es profesor desde el año 2011 en la Universidad Militar Nueva Granada en el programa de Ingeniería Industrial. Sus intereses investigativos incluyen: optimización, modelado, análisis envolvente de datos y materiales. ORCID: orcid.org/0000-0002-5064-3624

A.A. Espitia-Cubillos, recibió el título de Ing. Industrial en 2002 de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia; se graduó como MSc. en Ingeniería Industrial en 2006 de la Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia; actualmente es estudiante de Doctorado en Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Desde 2004 es profesora

universitaria. Se vinculó como docente de tiempo completo de Ingeniería Industrial a la Universidad Militar Nueva Granada en el año 2007, donde es profesor titular desde 2016, adicionalmente es Coordinadora de Investigaciones en el programa de ingeniería industrial de la Universidad El Bosque desde 2015. ORCID: 0000-0002-4791-0250

A.A. Mejías-Acosta, recibió el título de Ing. Industrial en la Universidad de Carabobo (Valencia, Venezuela) en el año 1993, de MSc. en Ingeniería Industrial en la misma institución en 2001 y el de Dr. en Ciencias Agrícolas en la Universidad Central de Venezuela en 2008. Se ha desempeñado como Superintendente de Ingeniería de Calidad en Dana de Venezuela (1994 – 2001). En la Universidad de Carabobo ha sido profesor desde el año 2001 y Gerente de la Fundación para la Capacitación, Innovación y Desarrollo desde 2012 hasta la fecha. Sus intereses investigativos incluyen: Ingeniería de la Calidad, Técnicas Estadísticas, Análisis Multivariados, Diseño de experimentos entre otros. ORCID: 0000-0002-6887-1836

Promoción de lectura en la universidad: Consideraciones pedagógicas

Yudit Rovira Álvarez ^a, Ernesto López-Calichs ^b & Alina Jiménez-Morejón ^a

^a Dirección de Extensión Universitaria, Universidad “Hermanos Saiz Montes de Oca”, Pinar del Río, Cuba, judy@upr.edu.cu, alina72@upr.edu.cu

^b Centro de Estudios de Ciencias de la Educación Superior, Universidad “Hermanos Saiz Montes de Oca”, Pinar del Río, Cuba, ernest@upr.edu.cu

Resumen— El presente artículo tiene como centro al proceso formativo en la universidad desde la promoción de la lectura, como respuesta a las necesidades de desarrollo cultural de la comunidad universitaria. El problema de la investigación estuvo dado en: ¿Cómo desarrollar el proceso de formación para la promoción de la lectura planificado, sistémico y sobre bases científicas, para el perfeccionamiento de la formación cultural de los estudiantes universitarios? La investigación transitó, mediante métodos teóricos como el Histórico Lógico, la Modelación, el Sistémico estructural así como empíricos y estadísticos. Como aporte teórico, se fundamentó una concepción pedagógica lo que permitió identificar tres etapas por las que transcurre, así como los principios que regulan su funcionamiento.

Palabras clave: universidad, extensión universitaria, formación, lectura, promoción, promoción de lectura.

Recibido: 29 de Abril de 2017. Revisado: 4 de Julio de 2017.
Aceptado: 19 de Julio de 2017.

Promotion of reading in the university: Pedagogical considerations

Abstract— The present article has as center to the formative process in the university from the promotion of the reading, like answer to the needs of cultural development of the university community. The research problem was given in: How to develop the training process for the promotion of planned, systemic and scientific-based reading for the improvement of the cultural training of university students? The research carried out, through various research methods, the initial diagnosis of the training process for the promotion of reading and the development of the theoretical framework. As a theoretical contribution, a pedagogical conception on the method of cultural promotion as part of the university extension, which allowed three stages as well as the principles that regulate its operation.

Keywords: university, university extension, training, reading, promotion, reading promotion

1. Introducción

En el presente artículo se abordan algunas consideraciones teóricas devenidas de la fundamentación de una concepción pedagógica de formación para la promoción de lectura en la universidad y direccionado desde las particularidades que posee el proceso de extensión universitaria para su implementación, es decir, constituir este un proceso eminentemente formativo y poseer un método propio, la promoción sociocultural.

Referirse a la formación para la promoción de lectura supone dar cuenta no solo de aspectos específicamente vinculados con la formación universitaria, sino también poner

de relieve sus dimensiones, coincidentes con las de un proceso formativo: curricular y extracurricular, su sistema de principios, así como las etapas por las que transcurre.

Se argumentan cuestiones culturales, pedagógicas y metodológicas que operarán, sin duda, como presupuestos de trabajo de los aspectos antes mencionados. En este sentido, se podría sostener que la Educación Superior precisa considerar las potencialidades de la extensión como proceso formativo y como función universitaria para la implementación de innovaciones desde la lectura y su promoción.

1.1. El proceso de formación para la promoción de lectura se sustenta en la extensión universitaria y en la promoción sociocultural como método, desde las dimensiones curricular y extracurricular

La importancia de la lectura en la universidad ha sido señalada por [1] que expresa las instituciones de educación superior deben formar lectores activos para desarrollar en ellos las capacidades que les permitan hacer de la información el aprendizaje, los conocimientos y las innovaciones, soluciones dirigidas hacia la elevación del bienestar social de todos.

En sus reflexiones [2] acerca de la promoción de lectura ha alertado sobre las carencias de los sujetos y la ineficacia del sistema educativo, las falencias de los docentes y la pauperización de la cultura letrada.

Por otra parte [3] expresa que en la enseñanza superior el estudiante debe tener protagonismo hacia su propia formación, y saber que en este tipo de enseñanza encontrará exigencias mayores en sus estudios, por lo que con conciencia de esa nueva situación debe autogestionar su formación.

En ese orden de ideas [4] plantea la importancia de la lectura como herramienta para el acceso a la información, lo que es un aspecto esencialmente ligado a la enseñanza universitaria.

La evolución de la educación superior cubana y de la propia extensión universitaria, reafirman el significado de una concepción formativa en este sentido.

Hablar de una concepción de formación desde el proceso extensionista permite adentrarse en un complejo tejido subjetivo y social que se va tramando de formas muy específicas en cada contexto y en cada sujeto, sin negar los

históricos legados que se continúan perpetuando de generación en generación con los necesarios círculos evolutivos, que denotan el carácter dialéctico e histórico-cultural de este proceso, acompañante ineludible de toda la historia de vida. Tanto profesores como estudiantes universitarios deben tener conciencia sobre la importancia de la lectura no como instrumento de una determinada asignatura sino como eje que atraviesa la formación, el desarrollo y la educación del hombre a través de su existencia misma.

1.2. Dimensiones curricular y extracurricular del proceso de formación para la promoción de lectura

Estas dos vías constituyen dimensiones del proceso formativo concebido, pero están articuladas como modos de expresión del mismo; son dos formas de manifestarse este, que es único en cuanto a elementos que lo determinan, componentes estructuradores y principios dinamizadores, pero diverso en sus vías de expresión.

El desarrollo del proceso docente educativo revela la necesidad de establecer las relaciones entre sus niveles, básicamente la carrera, la disciplina y el año académico como soporte metodológico que da direccionalidad a la formación integral del profesional, asesorando otros niveles estructurales con un carácter inter y multidisciplinario, siendo estos más cercanos a la ejecución del trabajo didáctico. Dentro de estos niveles de interrelación en los currículos universitarios, se encuentran la Disciplina Principal Integradora y la llamada Estrategia Educativa del Año Académico.

Desde lo curricular no puede verse a la lectura unida a ninguna asignatura específica, sino que todas la presuponen. Las disciplinas de formación general, en sus relaciones de cooperación con la disciplina principal integradora deben establecer nexos con relación a la lectura por lo que el proceso deberá articularse de primero a quinto año de la carrera, y en él se identifican tres momentos o etapas, las que están determinadas por la estructura procedimental del método de promoción cultural.

Por lo que se infiere que la concepción que se pretende pueda ser implementada desde la Estrategia Educativa del año académico, pasando por tres etapas Diagnóstico, Desarrollo y Consolidación.

En las tres etapas todas las asignaturas y disciplinas tendrán presente el proceso según las características de sus contenidos y las potencialidades desarrollarlo.

Las etapas enunciadas en la dimensión curricular tienen su expresión correspondiente en la dimensión extracurricular.

Las actividades formativas para la dimensión extracurricular están contenidas también en la Estrategia Educativa del año académico como célula del trabajo metodológico de este colectivo, donde se concretan todas las acciones, tareas y actividades curriculares y extracurriculares que desarrollará el grupo o brigada estudiantil durante el curso escolar, en este sentido quedarán plasmadas las acciones de formación para la promoción de lectura.

Dichas acciones extracurriculares tienen su concreción más general en el trabajo científico estudiantil y en el trabajo sociocultural universitario. [Gestión de la extensión universitaria].

Tanto el trabajo científico estudiantil como el trabajo sociocultural universitario, tienen como escenario y vehículos apropiados el vínculo de los estudiantes con proyectos asociados a la lectura en la universidad y el territorio. A través de proyectos como forma de organización de la extensión universitaria se canalizarán las acciones, actividades y tareas extensionistas de formación para la promoción de lectura en los estudiantes.

La interdependencia entre lo académico, lo laboral y lo investigativo debe ser utilizada con la finalidad de potenciar progresivamente la relación entre lo curricular y lo extracurricular en la formación para la promoción de lectura.

En todo momento dichos abordajes deben garantizar la observancia de las leyes de la Didáctica, especialmente la que plantea [5] la necesaria relación entre los componentes no personales del proceso docente educativo; y la que postula la necesaria relación entre las dimensiones instructiva, educativa y desarrolladora.

En cuanto a la primera de las leyes debe ser tenida en cuenta para el desarrollo del proceso que nos ocupa, la articulación de los contenidos de la disciplina principal integradora con las disciplinas de formación general, partiendo de los puntos de cooperación entre esta asignatura y dichas disciplinas. Esta relación debe respetar en todo caso la adecuación de los componentes operacionales de la formación para la promoción de lectura a los fines esbozados en el objetivo como componente rector y al resto de los componentes de estado.

La relación entre las dimensiones curricular y extracurricular de la formación para la promoción de lectura se aprecia en la determinación de los contenidos comunes de las disciplinas de formación general desde la promoción de lectura, los cuales incluyen el sistema de conocimientos, habilidades, y los valores que deben ser abordados en una concepción pluridisciplinar.

Relaciones de tipo interdisciplinar entre las asignaturas de contenidos generales y las de formación para la profesión. Debe implicar una voluntad y compromiso de elaborar un marco más general en el que cada una de las disciplinas en contacto es a la vez modificada y pasan a depender claramente unas de otras.

Aquí se propone establecer una interacción deseada de la lectura entre dos o más disciplinas, lo que dará como resultado una intercomunicación y un enriquecimiento recíproco y, en consecuencia, una transformación de las metodologías, una modificación de conceptos, de terminologías fundamentales.

Por su parte la coordinación de la formación para la promoción de lectura para las disciplinas básicas, básicas específicas y del ejercicio de la profesión debe ser articulada desde el trabajo metodológico de carrera, interdisciplinar, de disciplina y asignatura.

Esta coordinación debe tributar a un proceso formativo general de la profesión que tenga la función específica de incidir sobre el modo de actuación del futuro profesional que vea a la formación para la promoción de lectura como una forma de potenciar la lectura en los estudiantes, con protagonismo, con autogestión de su competencia lectora como esencial del ser humano para toda la vida.

Para ello debe orientarse la formación para la promoción de lectura del estudiante universitario partiendo de identificar problemas de la profesión susceptibles de ser trabajados desde

la lectura entendiéndola como problemas al conjunto de exigencias y situaciones inherentes al objeto de trabajo del profesional, que requieren de la acción del graduado para su solución.

Las relaciones de tipo transdisciplinar desde la formación para la promoción de lectura entre los contenidos al interior de las asignaturas de las disciplinas son de una trascendencia que supera el marco delimitador de una materia determinada.

Debe articularse como nivel superior de interdisciplinariedad, de coordinación donde desaparecen los límites entre las disciplinas y se constituye un nuevo sistema total que sobrepasa el plano de las relaciones e interacciones entre tales disciplinas.

En este tipo de relación con lectura debe atravesarse de modo tal que como objeto propio, sin que esto se confunda, como hasta ahora, con una cadena de sucesiones de contenidos. La integración que se propone debe darse dentro de un sistema omnicompreensivo, en la persecución de unos objetivos comunes y de un ideal de unificación epistemológica y cultural.

La configuración necesaria para la integración de tipo transdisciplinar al interior de las asignaturas generales y en otras de formación para la profesión, supone la conformación de nuevos objetos de análisis, que se separen de la idea existente de concebir los contenidos como mezcla o sumatoria de manera arbitraria o aparentemente lógica.

Se propone entonces un marco de rediseño en cuanto al objeto de análisis de las disciplinas, y particularmente de los contenidos en ellas, cuya determinación se debe realizar mediante la abstracción de los campos de acción del profesional de una determinada carrera.

A lo anterior debe agregarse que la articulación del sistema de habilidades docentes en la formación para la promoción de lectura que debe partir de un ejercicio intelectual de abstracción de las competencias que distinguen las esferas de actuación del profesional de una determinada carrera.

Los componentes personales que en el proceso educativo universitario intervienen: profesores y estudiantes, son tenidos en cuenta desde la propuesta y deben asumir una actitud de cambio para poder interactuar y dar respuesta a los problemas presentes en el proceso que nos ocupa.

Es en el año es donde se logra la más íntima y cotidiana relación entre los elementos activos del proceso docente educativo, los estudiantes y los profesores: en él convergen de una forma u otra, distintas asignaturas que responden a distintas disciplinas enmarcadas en el plan de estudio de acuerdo con el modelo del profesional y que aparecen aquí en función del objetivo del año.

Así el colectivo del año académico desde el punto de vista del trabajo metodológico, incluye y concreta en él la relación con otros procesos que se dan a nivel de la Universidad, no solo la docencia sino también la extensión y la investigación.

La estrategia educativa desde dimensiones curricular y extracurricular y desde la que se aprecia también “la transversalidad del proceso extensionista” posibilita que la propuesta formativa que pretendemos se pueda desarrollar siempre sobre la base de las relaciones metodológicas del proceso docente educativo y bajo un fundamento que abarque desde las funciones didácticas de cada nivel hasta llegar al año

académico como célula en la que se da la totalidad del trabajo metodológico en las universidades.

El Colectivo de Año por las posibilidades que tiene de concurrir en él todos los demás niveles del currículo y por el contacto más directo con los componentes personales de éste, tiene gran responsabilidad al tener como contenido básico el desarrollo de la personalidad de los estudiantes universitarios no solo en el orden de capacidades cognitivas, sino también axiológicas.

La relación entre los componentes del trabajo metodológico a nivel del año académico permite que la propuesta de formación para la promoción de lectura encuentre su expresión más pequeña del mismo pues en sí mismo refleja su cualidad totalizadora e impide, a partir de esto, el desmembramiento en partes de ese trabajo, al mismo tiempo que integra todos los componentes y funciones. El año académico constituye la célula del trabajo metodológico en las universidades y es precisamente ahí donde se inserta nuestra propuesta.

En el desarrollo del proceso de formación para la promoción de la lectura en la Estrategia Educativa del año, el estudiante juega un papel aún más protagónico, en tanto se relaciona aquí con un mayor número de elementos confluentes de éste, la carrera y su modelo de profesional, las disciplinas docentes y su accionar instructivo-educativo en relación con la elevación técnica y metodológica del mismo, a través de las diferentes asignaturas; la relación entre profesores y estudiantes es más estrecha y directa y con un accionar más colectivo, los procesos universitarios de docencia, extensión e investigación tienen aquí un campo de relaciones más sólido.

De esta manera [6] expresa que los aspectos a desarrollar por cada uno de los componentes del proceso de formación para la promoción de lectura deben estar presentes y ligados en cada momento tanto a objetivos, contenidos y sistema de actividades y evaluación, mediante “una metodología más interdisciplinar y contextualizada.

El desarrollo del proceso de formación para la promoción de lectura, derivado de relaciones del trabajo metodológico a través del año académico es factible si se integran y evalúan las acciones metodológicas encaminadas a este desde lo curricular y extracurricular con el fin de lograr una estrategia acorde con una sólida unidad de lo educativo y lo instructivo y lo desarrollador.

La transversalidad asociada a la lectura propone flexibilizar fundamentalmente los métodos, las formas y la evaluación del aprendizaje, por el carácter dinámico que poseen dichos componentes en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

Desde lo curricular, la lectura como elemento integrador en el programa de las asignaturas, exige una mayor apertura y flexibilidad en el diseño y desarrollo curricular, abriendo las compuertas entre disciplinas que hasta ahora han sido entendidas de modo cerrado e independiente.

Para lograrlo, cobra especial importancia el papel que desempeñan los proyectos, actividades, acciones y tareas extensionistas de formación para la promoción de lectura que puedan desarrollarse. Dichas tareas no han de plantearse como ejercicios o actividades al modo tradicional, sino como zonas de intersección entre disciplinas, como puentes que faciliten al alumnado darse cuenta de la conexión intrínseca entre los diferentes contenidos desde la promoción.

Esta reforma metodológica tiene, lógicamente, algunas repercusiones en los componentes personales del proceso. Sólo indicaremos brevemente una de ellas, vista desde ambos lados de la relación didáctica:

- Propicia un cambio en el rol del profesor como mediador. Ello le exigirá un mayor esfuerzo de preparación de tareas e integración de aprendizajes, además de tener que vencer la resistencia a los cambios tanto en la planificación curricular como en la práctica.
- Promueve, de modo necesario, una mayor actividad en el estudiante, pues es una forma de incorporarse en el proceso de enseñanza-aprendizaje de una manera más dinámica y flexible.

Con una metodología basada en la promoción, los estudiantes pueden implicarse de una forma más protagónica. La implicación que supone el desarrollo del proceso a través de diversas tareas, facilita que el aprendizaje sea más significativo y, por tanto, la motivación mayor al advertir un avance en el conocimiento.

Desde una dimensión extracurricular es preciso reflexionar y profundizar en un cambio en el modo de trabajar más allá de la metodología empleada en el aula. Ésta, para tener éxito –dada su complejidad– necesita el soporte formativo, personal e institucional que haga posible el profundo cambio metodológico aludido.

La formación individual es necesaria para el proceso de formación para la promoción de lectura, pero esta precisa de un planteamiento institucional que no sólo permita, sino que fomente una mayor comunicación profesional docente con relación a la lectura.

El cambio ha de ir orientado hacia la creación de equipos docentes en los que, mediante el trabajo cooperativo entre los profesores del año y diferentes áreas de la universidad, se facilite la propuesta de actividades y tareas extensionistas interdisciplinarias que ayuden a desarrollar el proceso de forma integrada.

La transmisión y comunicación de experiencias en el colectivo de año puede permitir una mayor implicación en las tareas extensionistas, lo que facilitará necesariamente un aumento de la motivación y una conducta lectora adecuada. Así, este planteamiento extensionista interdisciplinar desde lo extracurricular es en sí mismo, formativo.

Es por eso que el proceso que pretendemos no puede estar desvinculado del proceso formativo que se desarrolla en la universidad sino en estrecha relación, la enseñanza no puede separar lo cognoscitivo de lo desarrollador.

El profesor como principal gestor del proceso de formación para la promoción de lectura, asume su preparación como función extensionista relacionada con la lectura teniendo en cuenta la pertinencia de:

- Determinar las necesidades de aprendizaje en correspondencia con las necesidades sociales y relacionarlas desde la promoción de la lectura para el perfeccionamiento y la elevación del nivel cultural y educacional de sus estudiantes.
- Indagar sobre las prácticas lectoras de sus estudiantes en los diferentes escenarios de actuación y los niveles de competencias alcanzados con relación a la lectura.

- Revisar planes de estudio y las áreas de contenidos a considerar donde pueda promoverse de forma integrada la lectura.
- Explorar la percepción de sus estudiantes en relación con el deber ser en su labor cotidiana y como coordinador del proceso.
- Investigar sobre prácticas formativas similares y espacios universitarios que permitan la potenciación del proceso.
- Identificar el potencial institucional (comunidad universitaria) e integrar al proceso de formación para la promoción de lectura.
- Determinar necesidades de todo tipo que imposibiliten el mejor desenvolvimiento del proceso.
- Evaluar las condicionantes capaces de favorecer el proceso de formación para la promoción de lectura.

El profesor facilita una relación activa entre el estudiante y la lectura, teniendo en cuenta en este proceso la autogestión, la participación y la integración a las instituciones que tiene a la lectura como principal (instituciones lectoras) dentro y fuera de la universidad.

El profesor como mediador del proceso debe ser capaz de relacionarse y establecer un intercambio recíproco con las instituciones lectoras evitando actuar de forma aislada y propiciando la interacción con el resto de los agentes sociales que de una forma u otra inciden en la comunidad: bibliotecarios, libreros, y personal de instituciones afines.

En criterio de [7] la transversalidad curricular se manifiesta en dos direcciones:

I- A través de su influencia, al flexibilizar el sistema de componentes didácticos del proceso docente educativo en cada nivel de su estructuración (nivel, carrera, disciplina, asignatura, clase, tema, tarea docente), en función del desarrollo de los elementos para asumir con éxito las acciones, lo que implica tener en cuenta:

- El trabajo en equipo del colectivo pedagógico, para ejercer un sistema de influencias educativas
- La disposición, motivación y preparación del colectivo pedagógico para hacerlo.
- El reconocimiento por parte de los profesores, empleadores y estudiantes de la necesidad del desarrollo del proceso.
- La aplicación de métodos problémicos y de proyectos, en el desarrollo de las actividades docentes, investigativas y laborales.
- Lograr el fomento del clima pedagógico en el desarrollo de todas las actividades que se realizan en el currículo.
- El reconocimiento en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la diversidad para potenciar el desarrollo de cada estudiante, de acuerdo con sus características y potencialidades y sin perder de vista el encargo social en el que reflejan las aspiraciones de la sociedad respecto a la formación ciudadana.
- Implica la toma de conciencia del colectivo pedagógico y de los estudiantes de estar inmersos en un proceso de formación.
- II- A través de la integración de conocimientos, habilidades, capacidades y valores adquiridos en las disciplinas y asignaturas de cada año académico, lo que implica:

- La integración de la formación académica, laboral e investigativa en las actividades relacionadas con la profesión y con el proceso de formación.
- Vincular los problemas presentes en la práctica social al proceso docente educativo, con el objetivo de retroalimentar el desarrollo del proceso y en función de ello; corregir dificultades y movilizar las necesidades, motivaciones e intereses de los estudiantes.
- Responsabilizar a los profesores con el proceso de formación.

Calichs teoriza que "La articulación necesaria entre los objetivos, contenidos, métodos, formas, medios y evaluación con el desarrollo de los elementos necesarios (...), para propiciar, como punto de partida del proceso de formación, los modos de conocimientos asociados a la actuación del profesional; de manera que el estudiante, con un mayor nivel de definición, pueda otorgar un significado a lo que aprende y relacionarlo con lo laboral".

1.3. La metodología de la promoción sociocultural en el proceso de formación para la promoción de lectura

Comprende además del conocimiento del contexto, el papel del mediador, es decir, el docente, de los estudiantes, sus concepciones ideológicas, identidad, sentimientos y estados de ánimo, pertenencia a un grupo social, su intención y finalidad promocional.

Entre los factores que condicionan la promoción cultural se destacan las instituciones culturales que desde el enfoque de la dirección científica de los procesos culturales, se conciben como medios necesarios para la dinamización de la vida cultural. Estas poseen entre sus propósitos acrecentar los intereses culturales de la población, aunar un público activo y constante, y promover los más altos valores artísticos a escala nacional e internacional.

La promoción sociocultural es el conjunto de tareas encaminadas a estimular el vínculo activo cultura-sociedad de manera que se logre elevar el desarrollo en ambas, pues es este el medio idóneo para alcanzar niveles superiores en el desarrollo sociocultural y dar respuesta a las necesidades siempre crecientes de la población.

La promoción sociocultural aparece en escena por la necesidad de promover el hecho cultural en la sociedad, colocando en movimiento un proceso a través del cual se crean condiciones favorables para que los grupos sociales y las comunidades encuentren sus propias respuestas y expresen con toda libertad su sentido de pertenencia e identidad.

Coincidimos con [8] cuando emite un concepto de promoción sociocultural abarcador e integrador donde en un sentido más estrecho, se concibe como mecanismo de estímulo y motivación en el hombre, dadas las formas utilizadas, para hacerlo partícipe de la cultura, a través de la animación y la información. Además, desde el punto de vista metodológico permite activar las comunidades, barriadas y pequeños poblados, generando procesos participativos.

La promoción sociocultural, según fue expresado por [9], es un proceso que lleva implícito un cambio en la forma de ser y actuar del hombre, reúne un sistema de dirección, planificación, organización, administración, seguimiento y control, una

metodología y mecanismos de estímulos tales como la propaganda, la publicidad, la divulgación y relaciones públicas, entre otras.

El Modelo de Gestión para la Extensión Universitaria en la Universidad Cubana fundamentado desde las ciencias pedagógicas por [10] asume como metodología de la extensión a la promoción cultural, al ser este un proceso formativo que por su forma y contenido permite su expresión dentro y fuera de la universidad y se establece desde la comunicación, y la actividad.

La concepción que pretendemos no puede estar aislada del modelo extensionista de gestión por lo que se establece desde la promoción cultural, determinando que la promoción de lectura es promoción cultural y poniéndose de manifiesto en ella los principios y leyes generales de la extensión universitaria.

Estos principios planteados como aquellos que dinamizan y regulan la concepción pedagógica propuesta, asumen los rasgos característicos del objeto que se modela: el proceso de formación para la promoción de lectura en la extensión universitaria, tienen en cuenta las falencias que dieron origen a la investigación, las bases teóricas asumidas, el análisis tendencial del objeto de investigación, así como las regularidades del comportamiento del objeto en el contexto analizado y la naturaleza pedagógica de la concepción, de sus principios y de las etapas.

Estos principios reflejan en su esencia, las bases científicas del proceso de formación para la promoción de lectura en la Universidad, la lógica de la concepción pedagógica, el enfoque integral del proceso durante todas las etapas, que coinciden con los ciclos de formación universitaria, las contradicciones, interacciones y relaciones que se producen durante el mismo, y la formación transversal de la promoción de la lectura, de tal manera los principios son expresión no solo de las características esenciales, sino de las necesarias al proceso formativo estudiado.

La metodología de la promoción cultural vinculada al proceso formativo genera las habilidades que necesita el estudiante para desarrollar. La lectura, acerca al estudiante a su realidad profesional y al cumplimiento de sus funciones como futuro profesional.

De este modo, el estudiante en su formación, desarrolla un conjunto de habilidades desde la promoción de lectura que lo preparan mejor para su desempeño profesional y personal y lo convierte en multiplicador. Es por eso que el proceso de formación para la promoción de lectura, tiene que ser entendido desde una perspectiva científica.

El proceso de formación para la promoción de lectura, debe entenderse como un proceso que facilite al promotor- lector apropiarse de una conducta lectora y que desde el proceso formativo, el método de la promoción cultural, los principios que la rigen y sus relaciones permita reconocer científicamente los problemas de propios de su profesión así como un mejor entendimiento de la sociedad en que se desarrolla.

La relación entre el proceso formativo en la extensión universitaria como un proceso sustantivo que tiene como fin la promoción de la cultura se articula a partir de conceptos, principios y componentes que sirven de base al proceso que pretendemos, el que se integra de manera armónica dentro del

otro más general. La gestión del proceso extensionista por su naturaleza y características, revela la dialéctica de lo general, lo particular y lo específico.

Desde lo general la extensión se articula coherentemente en la planeación estratégica universitaria y la dirección por objetivos, tributando a partir del trabajo sociocultural universitario a los valores compartidos de la universidad; en lo particular, desde su dimensión administrativa, asume las peculiaridades propias de la extensión y se mueve a partir de las funciones de dirección y en lo específico la gestión se materializa desde los métodos propios de la promoción sociocultural, definida como metodología de la extensión..

En este sentido el proceso de formación para la promoción de lectura en la extensión universitaria se visualiza la relación dialéctica de lo general, lo particular y específico y se instrumenta en la práctica del Trabajo Sociocultural Universitario asumiendo la metodología propia de la extensión.

2. Etapas del proceso de formación para la promoción de lectura

La formación para la promoción de lectura es un proceso porque evoluciona, se desarrolla y avanza en el tiempo a través de tres etapas sucesivas, conducentes a lograr como resultado cambios en el proceso de formación profesional, a través de la incidencia en sus componentes personales. Comienza con la familiarización de los estudiantes, en la cual a través de la aplicación de las diferentes técnicas, se determina el comportamiento de los indicadores que pudieran tener mayor incidencia en su proceso de formación como profesionales. Esta etapa incluye un pronóstico, atendiendo a las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas detectadas a partir del procesamiento de los datos, que permite a los coordinadores formular predicciones futuras teniendo en cuenta la zona de desarrollo próximo en cada caso.

La etapa de desarrollo requiere la capacitación constante de los mediadores, con vistas a que sus acciones obtengan en los estudiantes el efecto positivo deseado.

El proceso docente educativo es un espacio ideal y la clase puede convertirse en el principal espacio para el proceso de formación para la promoción de lectura. De igual forma los profesores, capacitados como coordinadores y con la información aportada en el proceso de familiarización de sus estudiantes, estarán en condiciones de desarrollar de conjunto actividades, acciones y tareas extensionistas como parte de dicho proyecto extensionista.

La consolidación se convierte en una etapa fundamental para revisar los resultados alcanzados a través de la coordinación de actividades, acciones y tareas extensionistas de formación para la promoción de lectura, permite la sistematización de coordinadores y multiplicadores del proceso, repetir algunas técnicas que han ofrecido resultados favorables, corregir otras que no han tenido buena aceptación y/o repercusión en los estudiantes.

3. Principios en los que se sustenta del proceso de formación para la promoción de lectura en la extensión universitaria.

A partir del estudio teórico efectuado, la concepción pedagógica del proceso de formación para la promoción de lectura en la extensión universitaria, se desarrolla sobre la base de los siguientes principios, que funcionan como reguladores y dinamizadores de este proceso:

- Carácter transdisciplinar.
- Carácter contextual.
- Carácter creativo
- Carácter sociocultural.

3.1. Carácter transdisciplinar

Hablar de transdisciplinariedad de un proceso de formación para la promoción de lectura significa referirse a otra forma de entender y organizar el aprendizaje a partir de la lectura en el contexto universitario. Ello conduce, necesariamente, hacia la utilización de nuevas estrategias metodológicas y necesariamente formas de organización de los contenidos.

De esta manera se propicia la formación de futuros profesionales autónomos, críticos, con criterios propios y capaces de hacer frente a los problemas socioculturales que tiene planteados hoy la humanidad.

El concepto de transdisciplinariedad usado de diversas maneras, desde la necesidad de plantear formas de investigación integradoras a la necesidad de crear espacios nuevos para una investigación más allá de las disciplinas.

En sus estudios [11] plantea un enfoque multidisciplinar relacionado con el abordaje de un tópico de investigación desde varias disciplinas simultáneamente, en el enfoque interdisciplinarse produce habitualmente la transferencia de unos métodos de análisis de una disciplina a otra. En ambos casos, la indagación permanece en los ámbitos de las disciplinas ya configuradas, en un solo nivel de realidad, mientras que en el caso de la investigación transdisciplinar se reubica en las dinámicas entre los diversos niveles de la realidad.

El enfoque transdisciplinar es necesario cuando abordamos el estudio del ciberespacio o la cibercultura. Es decir, el enfoque transdisciplinar cobra sentido en situaciones de gran complejidad, como ocurre precisamente con todo lo que es el mundo de la lectura.

La transdisciplinariedad es radicalmente diferente de la multidisciplinariedad y de la interdisciplinariedad debido a su objetivo, la comprensión del mundo actual en su complejidad, que no puede alcanzarse en el entramado de los estudios disciplinares. Y agregan que cuando se trata de conocer las prácticas culturales de lectura en un entorno concreto, el objetivo no puede limitarse a una investigación disciplinar, de carácter sociológico, educativo, etc.

En el caso de la propuesta que nos ocupa se hace necesario romper esquemas que crean barreras entre disciplinas y, trabajar desde la promoción y la creatividad para unificar conceptos, métodos o datos que existen en disciplinas distintas para crear una síntesis nueva.

El principio de la transdisciplinariedad referido a la extensión radica en garantizar un enfoque multi y

transdisciplinar en la solución de los problemas identificados como necesidades sentidas del propio colectivo o de otros colectivos de la universidad o de fuera de ella, materializando una estrecha relación entre los tres procesos sustantivos, en función de incentivar la formación del educando desde una perspectiva cívica y de vocación social, irrenunciable en el contexto formativo del país y tributar a la propia transformación de la Universidad.

En este sentido el proceso de formación para la promoción de lectura es transdisciplinar porque no se enfoca en disciplina determinada, sino que todas la presuponen.

Al mismo tiempo no excluye la utilización de mecanismos interdisciplinarios desde las formas organizativas del proceso docente fundamentalmente el colectivo de año quien puede fomentar relaciones interdisciplinarias a favor de la formación para la promoción de lectura.

3.2. Principio del carácter contextual

El contexto es definido por la Real Academia de la Lengua Española, en una de sus acepciones como “Entorno físico o de situación, ya sea político, histórico, cultural o de cualquier otra índole, en el cual se considera un hecho.” Es el entorno en el que transcurre cualquier hecho o acontecimiento que generalmente incide o influye en su desarrollo según el Diccionario de las Ciencias de la Educación todas las organizaciones se encuentran inmersas en un determinado contexto que condiciona su desarrollo. La concepción que pretendemos debe considerar el contexto en el cual se desarrolla.

Así como los múltiples factores políticos, económicos, tecnológicos, etc.; que influyen con diferente nivel de impacto tanto dentro como fuera de la universidad

Este principio se basa en uno general de la extensión universitaria y también de la promoción de lectura.

Por lo tanto, no puede sustraerse el contexto del proceso de formación para la promoción de lectura, este es determinante porque condiciona dicho proceso.

El sistema de influencias contextuales en el que el estudiante universitario se desenvuelve es de gran diversidad. En él influyen diversos factores externos e internos que están presentes en el marco institucional como fuera de los recintos universitarios por lo que se requiere potenciar recursos personales para que movilicen sus potencialidades y superen las limitaciones, lo cual refuerza la necesidad tener en cuenta el contexto.

El contexto resulta diagnosticable, diseñable construible y utilizable para las personas que protagonizarán los procesos que en él se desarrollen.

El contexto resulta oportunidad susceptible de indagación, como interfaz dinámica e inestable.

3.3. Principio del carácter creativo

El trabajo sociocultural articulado desde la promoción cultural supone, como principio, la incorporación y participación voluntaria a partir del desarrollo de intereses y motivaciones.

Para concebir el desarrollo de la creatividad, resultan de

gran valor los trabajos iniciados en los años 1950 por el profesor Guilford, pues la consideró como una forma de pensar, donde la sensibilidad a los problemas constituyen el punto de partida; los estudios realizados por el psicólogo. La concepción teórica de Albertina Mitjans [1995] sobre el carácter personalológico de la creatividad, al definirla como una expresión de la personalidad asociada a importantes indicadores y expresiones funcionales de ella.

Existen tantas definiciones como puntos de vista y posiciones teóricas diferentes, lo que coloca al investigador frente a un fenómeno polisémico o de significación plural. La creatividad extiende sus ramificaciones al ámbito neurológico, psicológico, organizativo, pedagógico, artístico, técnico, humanístico y científico.

A juicio de [8] los siguientes aspectos no deben omitirse en la concepción de creatividad en los tiempos actuales:

- “Motivaciones significativas: Porque el proceso para potenciar el desarrollo de la creatividad está relacionado con la presencia de formaciones motivacionales complejas las que explican la conducta creativa en las personas y la profesión es una tendencia orientadora y motivacional de la personalidad. La creatividad también se expresa allí donde el sujeto está significativamente implicado.
- Experiencia acumulada: Porque constituye un elemento extrapersonal que permite incrementar las motivaciones reales, en dependencia del conocimiento científico o desarrollo tecnológico existente en un momento dado.
- Capacidades logradas: Porque aunque la inteligencia no es sinónimo de creatividad esta última se desarrolla a partir de las habilidades y capacidades desarrolladas en el proceso cognitivo. Aplicar las capacidades logradas y necesarias ante una nueva situación, garantiza obtener resultados creativos.
- Personalidad del sujeto: Porque el desarrollo de la creatividad no puede darse al margen de la personalidad del individuo; La creatividad es una expresión de la personalidad en su función integradora, donde intervienen las motivaciones, los procesos cognitivos, afectivos y volitivos.
- Oportunidades y posibilidades: Porque las dimensiones social y cultural de la creatividad hacen que su desarrollo dependa también de las oportunidades que brinda el contexto, a partir de su desarrollo sociohistórico y de las posibilidades que brinde al individuo de potenciar el proceso creativo.
- Un producto original y relevante tangible o no: Porque de alguna manera, para evaluar el desarrollo creativo es necesaria la presencia de un resultado tangible o no, original y relevante, lo que implica la solución del problema.
- Competencia creativa: Porque constituye el elemento indicador por excelencia de la calidad en el desempeño profesional y los niveles alcanzados en el desarrollo creativo.

3.4. Principio del carácter sociocultural

El principio del carácter sociocultural implica que el proceso de formación para la promoción de lectura en la universidad.

Lo sociocultural como su nombre indica una realidad vista desde ambos campos, lo social y lo cultural, lo que en criterio de [12] convendría hablar más bien del enfoque sociocultural de los procesos sociales y culturales. Lo que es bien cierto es que existe una interdependencia entre ambos campos.

El principio del carácter sociocultural del proceso que nos ocupa se basa en el entendimiento de que lo social y lo cultural si bien son realidades relativamente independientes se interrelacionan específicamente teniendo en cuenta un contexto histórico determinado.

Los desafíos de la extensión universitaria son esencialmente culturales y la solución radica en el fomento de la cultura, tarea encomendada de forma explícita a la universidad.

La extensión universitaria asume hoy su propia concepción de preparar y consolidar las universidades como instituciones de cultura y la ampliación de la influencia recíproca e integración con la sociedad mediante la promoción de la cultura en el sentido más amplio, humanístico, científico, técnico, profesional y deportivo.

El Programa Nacional de Extensión Universitaria para la Educación Superior cubana, surgido en abril de 2004, fue concebido con la intención de convertirse en un instrumento eficaz para la gestión del proceso extensionista en las universidades.

Se concibió para que la universidad como institución cultural contribuyera desde promoción sociocultural en la comunidad intrauniversitaria y la de su entorno.

4. Principales resultados

A partir de la concepción presentada, se diseñó una estrategia para su implementación en las carrera de ingeniería a través de tres acciones estratégicas específicas, de las cuales resultaron como productos: Programa de Promoción de Lectura en la Extensión Universitaria; el Programa de capacitación para los docentes, Sistema de talleres extensionistas de formación de promotores estudiantiles de lectura, así como el Observatorio Universitario de Promoción de la Lectura. Para evaluar la factibilidad y validez de la concepción y de la estrategia diseñada, se utilizó el método de criterio de expertos, que aportó resultados devenidos en importante contribución al perfeccionamiento de esta.

5. Conclusiones

En la actualidad se le atribuye gran interés a la formación para la promoción de lectura, la que constituye un tema actual ligado al desarrollo intelectual, espiritual y social de los individuos. Un proceso dirigido a este fin en la universidad dentro de una propuesta integrada y sistémica en la extensión universitaria que contribuya al perfeccionamiento de esta función sustantiva y de la Educación Superior en general, constituye una necesidad, dada la importancia de preparar a los futuros profesionales para su desarrollo en una sociedad en constante transformación.

El proceso de formación para la promoción de lectura no constituye objetivo en la extensión universitaria, se concreta solo a acciones y actividades extensionistas aisladas, desconocimiento de las potencialidades de la promoción

cultural, no se tiene en cuenta el tratamiento de la lectura con un fin en sí misma, ni el entendimiento de las nuevas formas de lectura, por lo que se ejecuta de manera espontánea, escasa y asistémica.

La concepción pedagógica propuesta se reconoce como el conjunto de ideas científicamente argumentadas que permiten la determinación de los fundamentos pedagógicos del proceso de formación para la promoción de la lectura, la que se sustenta en la extensión universitaria y su método la promoción sociocultural en las dimensiones curricular y extracurricular, a partir del método de la promoción cultural, estructurada en las etapas de familiarización, desarrollo y consolidación, y dinamizada por los principios del carácter contextual, transdisciplinar, creativo y sociocultural de dicho proceso.

Referencias

- [1] Ramírez-Leyva, E.M. et all., Tendencias de la lectura en la Universidad. Compilación. Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información. [en línea]. 2015. Recuperado de: http://iibi.unam.mx/publicaciones/292/01_tendencias_lectura_universidad%20elsa_ramirez_leyva.html
- [2] Bombini, G., Sabemos poco acerca de la lectura. *Lenguas Vivas*, Publicación del Instituto de Enseñanza Superior Juan Ramón Fernández, 2(2), octubre-noviembre, Buenos Aires, 2002.
- [3] Hernández-Guzmán, Y., Metodología para la autogestión de la formación de los estudiantes universitarios. Su aplicación en la Universidad de Pinar del Río. Tesis de MSc., Centro de Estudios de Ciencias de la Educación Superior. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 54 P., 2015.
- [4] Gil-Flores, J., Hábitos lectores y competencias básicas en el alumnado de educación secundaria obligatoria. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid. *Educación XXI*, 14(1), pp. 117-134, 2011.
- [5] Chávez-Rodríguez, J., La investigación científica desde la escuela. En desafío escolar. *Revista Iberoamericana de Pedagogía*. 6(Ed. Especial), ICCP, Centro de Investigación y Desarrollo Educativo. Cuba- México. 2001.
- [6] Álvarez-de Zayas, C. y Sierra, V., La investigación científica en la sociedad del conocimiento. Material de apoyo a la docencia. La Habana, Cuba, 2002.
- [7] Martos-Núñez, E., De la República de las letras a Internet: De la ciudad letrada a la cibercultura y las tecnologías del S. XXI. *Revista Álabe*. [En línea]. 1 jun, 2010. Recuperado de: <http://revistaalabe.com/index/alabe/article/view/0/6>
- [8] López, E., Modelo para el proceso de formación de las competencias creativas en los estudiantes de la carrera de Licenciatura en Estudios Socioculturales de la Universidad de Pinar del Río. Tesis Dr. en Ciencias Pedagógicas. CECES. Universidad de Pinar del Río. Cuba, 2005.
- [9] Fernández-Larrea-González, M., Un modelo de gestión del proceso extensionista en la Universidad de Pinar del Río. Tesis Dr. en Ciencias de la Educación, Universidad de Pinar del Río, La Habana, Cuba, 2004.
- [10] González-González, G. y González-Fernández-Larrea, M., La gestión de la extensión universitaria desde la perspectiva cubana. *Revista Cubana de Educación Superior*, 2, La Habana, 2004.
- [11] Freire-Roach, E., ¿Qué son los estudios socioculturales? En: *Lo sociocultural un trabajo pendiente*. Rojas, B. y Rodríguez, L.A. (Comp.), La Habana. Editorial de Ciencias Sociales, Cuba, 2013
- [12] Yáñez-Pérez, L., En lo sociocultural un trabajo pendiente. Comp: Rojas, B. y Rodríguez, L.A. (Comp.), La Habana. Editorial de Ciencias Sociales, Cuba. 2013.

Y. Rovira-Álvarez, recibe el título académico de Lic. en Educación en la Especialidad de Español y Literatura en el año 1995. MSc. en Desarrollo Social en el año 2005 en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) de la Universidad de La Habana. Cuba. Recibe el título académico de MSc. en Ciencias de la Educación en el año 2015 en el Centro de Estudios de Ciencias

de la Educación Superior (CECES) de la Universidad de Pinar del Río, Cuba. Ha laborado en el Departamento de Extensión Universitaria de la Vicerrectoría de igual nombre de la Universidad de Pinar del Río, Cuba desde el año 2000, donde se desempeña como profesora.
ORCID: 0000-0003-3232-9372

E. López-Calichs, recibe el título académico de MSc. en Ciencias de la Educación en el año 2001 y Dr. en Ciencias Pedagógicas en el año 2004. Todos ellos en la Universidad de Pinar del Río, Cuba. Ha laborado en el Centro de Estudios de Ciencias de la Educación Superior (CECES) de la Universidad de Pinar del Río, Cuba desde el año 2000. Se desempeña como metodólogo de posgrado de dicho centro.
ORCID: 0000-0005-4537-8394

A. Jiménez-Morejón, recibió el título de Ing. Mecánico en 1997 y el de MSc. en Desarrollo Social en 2013, todos ellos de la Universidad “Hermanos Saíz Montes de Oca”, Pinar del Río, Cuba. De 1997 a 2005 trabajó para compañías constructoras y del sector automotriz cubano. Se vinculó a la Universidad “Hermanos Saíz Montes de Oca” de Pinar del Río, Cuba en el año 2006 y es profesora asistente desde el año 2012. Ha trabajado en programas y proyectos de trabajo sociocultural comunitario del área de extensión universitaria, con énfasis en la gestión y formación de los artistas aficionados universitarios. Actualmente es profesora del Departamento Docente de Extensión Universitaria.
ORCID: 0000-0003-5547-9232