Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

La ingeniería en Colombia, ¿Educación de calidad?: cuarto objetivo de desarrollo sostenible

Luz Elena Valdiri-Lugo & Daniela Fernanda Mahecha-Hernández

Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. luz.valdiri@unimilitar.edu.co, u0901915@unimilitar.edu.co

Resumen— La formación educativa en ingeniería es un elemento necesario para el desarrollo de un mundo sostenible; los organismos internacionales han hecho un especial énfasis en el conocimiento como la herramienta primordial para mejorar las condiciones actuales que vive la sociedad mundial. En este sentido, el cuarto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) tiene como propósito "garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje a lo largo de la vida para todos". Así es como, este artículo busca identificar los niveles de implementación del cuarto ODS en las facultades de ingeniería acreditadas en Colombia a través del análisis de las misiones y visiones propuestas por las instituciones. Dicho análisis científico se realiza por medio del Método de Comparación Constante, utilizando el software Atlas.ti para el estudio sistemático de la información

Palabras clave— Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); educación superior; Colombia; ingeniería; calidad educativa.

Recibido: 26 de noviembre de 2018. Revisado: 22 de febrero de 2019. Aceptado: 3 de abril de 2019.

The engineering in Colombia, ¿Quality Education?: fourth sustainable development goal

Abstract— The engineering academic preparation it's a necessary element for the development of a sustainable world; the international organisms have made a special emphasis in the knowledge as a primal tool to make the actual conditions in which the world society lives gets better. In this sense, the fourth sustainable development goal (SDG) has the purpose to "ensure inclusive and quality education for all and promote lifelong learning". This article seeks to identify the levels of implementation of the fourth SDG in the accredited engineering faculties in Colombia, through the analysis of the missions and visions proposed by the institutions. This scientific analysis is carried out by means of the Constant Comparison Method using the Atlas.ti software for the systematic study.

Keywords— Sustainable Development Goals (SDGs); higher education, Colombia; engineering; quality education.

1. Introducción

Durante la septuagésima Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se establecieron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como continuación de los Objetivos del Milenio (ODM) que buscaban implementar cambios significativos en el ámbito social, económico y ambiental, durante los primeros quince años del siglo XXI. Al igual que los ODM, los ODS pretenden consolidar un mundo sostenible y en paz, que garantice el desarrollo de una sociedad libre y partícipe de los derechos inherentes al ser humano [1]. A pesar de que los diecisiete objetivos se interrelacionen, este estudio se centra en el cuarto objetivo de desarrollo sostenible que espera "Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje a lo largo de la vida para todos" [2]. Así es como, este documento busca observar el cumplimiento del objetivo mencionado anteriormente en las facultades de ingeniería de las universidades acreditadas en Colombia, haciéndose especial énfasis en la calidad educativa. Con el fin de alcanzar dicho objetivo, se efectúa una investigación cualitativa de tipo documental y descriptivo; adicionalmente, se realiza un muestreo con las visiones y misiones de las facultades de ingeniería, para la recolección de información que se somete a un proceso de codificación a través de los pilares del Método de la Comparación Constante por medio de la utilización del software Atlas.ti, para así presentar el análisis estadístico que permita conocer el acercamiento que actualmente tiene la ingeniería colombiana en el ámbito de formación académica con la calidad educativa. Debido a la necesidad que cada día se resalta en lo que se refiere a los estándares en la educación superior, es preponderante para Colombia conocer los vacíos que a la fecha presentan los programas educativos, con el propósito de crear estrategias de manera conjunta que busquen hacer más competitivo al país en escenarios mundiales. Además, por la importancia que representa la ingeniería en el desarrollo de la humanidad, conocer las falencias específicas y el cómo se encuentran los procesos de esta rama del conocimiento resulta imperante para incrementar el rol de Colombia en la resolución de problemas de la sociedad.

Ahora bien, es necesario comprender la composición y los alcances que se plantean en el cuarto ODS para así, establecer los puntos elementales que debe caracterizar a las facultades de ingeniería en Colombia. En este sentido, fue la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) la delegada para la ejecución del objetivo. De esta forma, la Unesco tiene una guía que desglosa el cuarto ODS a través de siete metas y tres medios de implementación, que contemplan la transversalidad con los dieciséis ODS restantes. Además, las metas planteadas dentro de cinco de los diecisiete objetivos contemplan temas directos con el conocimiento y aprendizaje de la población. A pesar de que solo cuatro de las

Como citar este artículo: Valdiri-Lugo, L.E. and Mahecha-Hernández, D.F., La ingeniería en Colombia ¿Educación de calidad?: cuarto objetivo de desarrollo sostenible. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 1-6, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

siete metas propuestas por la Unesco, tiene relación con la educación superior, estas vislumbran el escenario básico para una educación de calidad.

En primer lugar, la meta 4.3 propone "para el 2030, asegurar el acceso en condiciones de igualdad para todos los hombres y las mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria" [2, p.12], de acuerdo con la Unesco la reducción en las barreras para el acceso igualitario a la educación garantiza el desarrollo de capacidades en el contexto académico que fortalecen la calidad en términos de multiculturalidad; asimismo, se resalta que para todo ser humano la educación debe ser un derecho fundamental y, por ende, no puede ser privado de él. Así es como, se observa que dicha meta es esencial para contar con programas de ingeniería de alta calidad y competitivos con los avances y logros de países líderes en la investigación tecnológica, donde las mujeres juegan un papel preponderante en el desarrollo de herramientas ingenieriles.

En segundo lugar, la meta 4.4 busca "para el 2030, aumentar sustancialmente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento" [2, p.12] en este sentido, las instituciones de educación superior (IES) deben comprometerse a formar profesionales con capacidades suficientes para asumir los restos laborales que los avances tecnológicos y la innovación imponen cada día y es aquí donde es importante conocer el estado actual de las facultades de ingeniería, puesto que esto garantiza la competitividad de los egresados a nivel nacional e internacional.

En tercer lugar, la meta 4.5 formula " para el 2030, eliminar las disparidades de género en la educación y garantiza el acceso en condiciones de igualdad de las personas vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, los pueblos indígenas y los niños en situaciones de vulnerabilidad, a todos los niveles de la enseñanza y la formación profesional" [2, p.13], en este apartado se hace hincapié en la importancia de una sociedad incluyente y equitativa, omitiendo de la esencia humana la discriminación, puesto que la segregación es sinónimo de rezago. Debido a las preconcepciones que se generalizan en las áreas de la ingeniería, se vuelve necesario crear escenarios en los que se abstenga de hacer diferenciaciones de género para el desarrollo de soluciones, como la razón de ser del ingeniero.

Por último, la meta 4.7 espera "para el 2030, garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible y la adopción de estilos de vida sostenibles los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y de la contribución de la cultura al desarrollo sostenible, entre otros medios" [2, p.14], así es como, en esta meta se resume los principales aspectos que soportan la idea de un mundo garante de paz y prosperidad, siendo la educación el único camino que puede desempeñar la función de una reevaluación y aprendizaje por parte de la comunidad internacional en aras de mejorar la actual realidad.

Por lo tanto, la educación es un asunto relevante dentro de la conformación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y para el desarrollo de Colombia, en especial desde las áreas ingenieriles. En este sentido, el alcance del cuarto ODS se ha vuelto ambicioso en comparación con el segundo ODM (Lograr la enseñanza primaria universal) [3] que sólo contenía la dimensión de la educación básica. Cabe resaltar que, sin el importante progreso de inclusión en el sistema de aprendizaje de la primera infancia durante los primeros quince años del milenio, no se podría hablar hoy de un objetivo que busca la calidad educativa, es decir, tal como se expresa desde la Unesco y la ONU, el compromiso para el cumplimiento de los ODM permite reestablecer nuevos objetivos con mayores alcances [4]. Además, la iniciativa Educación para Todos (EPT) materializada en el 2000 a través del Foro Mundial sobre Educación celebrado en Dakar, mostró un mayor acercamiento al escenario de la calidad, a pesar de distar con el cuarto ODS en la población objetivo, el alcance geográfico y las prioridades de sus políticas [5]. Asimismo, la Declaración de Incheon para la Educación 2030 propone la transformación de las vidas mediante la educación, reconociendo el importante papel que desempeña la educación como motor principal del desarrollo fundamentado en una "concepción humanista de la educación y del progreso basado en los derechos humanos y la dignidad, la justicia social, la inclusión, la protección, la diversidad cultural, lingüística y étnica, y la responsabilidad y la rendición de cuentas compartidas" [6, p.3]esto con el compromiso de promover oportunidades de aprendizaje de calidad a lo largo de la vida para todos, en todos los contextos y niveles educativos.

Para cumplir con la Agenda 2030, se requieren compromisos intergubernamentales y un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad; además, se debe lograr una ejecución integral de los diecisiete objetivos que allí se plantean, debido a que son de "carácter integrado e indivisible y se conjugan en las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental" [7, p.1]. Por consiguiente, la educación se encuentra dentro de la dimensión social, por su carácter humanístico, empero es importante resaltar que tiene una relación intrínseca con el progreso económico y ambiental, puesto que para obtener una educación de calidad los países deben asignar recursos económicos y al alcanzar un nivel educativo significativo, la sociedad toma conciencia del cuidado ambiental y de su preponderancia en términos de sostenibilidad.

Así es como, Colombia en su activa participación de los escenarios de cooperación internacional, antes de la creación de la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030, indagó en la implementación de una serie de escenarios que garantizan la proposición de metas para cumplir a cabalidad los ODS. Fue así como a través del Decreto 280 de 2015 la Presidencia de la República creó la Comisión Interinstitucional de Alto Nivel para el alistamiento y la efectiva implementación de la Agenda de Desarrollo Post 2015 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Asimismo, el gobierno ha hecho inmensurables esfuerzos en la articulación de diferentes organizaciones tanto a nivel local como internacional que han creado agendas para lograr el cumplimiento de los ODS. De esta manera, se manifiesta:

> *"Como parte de este ejercicio, el análisis de la correspondencia de las 169 metas de los ODS con el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (PND), el*

proceso de acceso a la OCDE, la estrategia transversal de Crecimiento Verde y los Acuerdos de Paz. En este análisis se evidenció una alineación de los ODS alrededor de todas estas agendas: 92 metas ODS tienen acciones específicas definidas en el PND 2014-2018; los esfuerzos realizados por el país para ser admitido en los 23 Comités de la OCDE han permitido avances importantes en 87 metas ODS; la estrategia de Crecimiento Verde está relacionada directamente con 86 metas de la agenda ODS; y la implementación de los Acuerdos de Paz suscritos por el Gobierno nacional tendrán un impacto directo en al menos 68 de las metas ODS. También se han observado sinergias entre los ODS y agendas específicas como Habitat III y el Acuerdo de París sobre Cambio Climático, entre las principales". [8, p.1]

El resultado de dichos esfuerzos se materializa a través de la Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia (CONPES 3918) que, fue presentado el 16 de marzo de 2018 por la Presidencia de la República en cabeza de Juan Manuel Santos Calderón y la compañía del presidente de la Asamblea General de las Naciones Unidas, Miroslav Lajčák [9]. Esta estrategia contempla cuatro pilares en los cuales se abordan las dieciséis grandes propuestas que se acordaron dentro de la Comisión colombiana de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, organización que desde el 2015 ha venido trabajando en el progreso de una agenda nacional que abarque las temáticas planteadas por la ONU. Fue Así como en la elaboración del CONPES 3918 durante dos años se realizaron talleres con entidades públicas y privadas para la definición de los pilares que son: un esquema de seguimiento y reporte, una estrategia territorial, unas alianzas con actores no gubernamentales y un acceso a datos abiertos para el seguimiento al cumplimiento de los Objetivos [10]. En lo que respecta a la educación de calidad, el gobierno ha centrado sus energías en "ampliar el número de jóvenes con formación técnica, tecnológica y universitaria", siendo la principal estrategia el programa "Ser Pilo Paga" que en la actualidad beneficia a más de cuarenta mil jóvenes colombianos y que se espera tener una cobertura de cerca del 80% en la educación superior para el 2030 [11].

Ahora bien, este estudio además de centrarse en el asunto de la calidad educativa busca observar de manera concreta la implementación de este ODS en la educación superior, específicamente en las facultades de ingeniería en Colombia. La importancia de este artículo recae en el papel preponderante que juegan los ingenieros en la construcción de un mundo sostenible, que es el fin planteado desde la Unesco para mejorar de manera conjunta el nivel de la sociedad. Las características que identifican a la ingeniería como la creatividad, el ingenio y la capacidad para solucionar problemas son herramientas fundamentales para el avance en lo que respecta a una sociedad sostenible [12]. Por consiguiente, se convierte en primordial educar ingenieros que sean conscientes de la importancia de la creación e innovación sin la destrucción de las bases de recursos no renovables, que garanticen un proceso de desarrollo sustentable para las sociedades futuras. En síntesis, el ingeniero moderno tiene que adoptar una perspectiva amplia, viendo el potencial para mejorar las falencias en la comunidad, sin perjudicar las generaciones venideras, es decir, la ingeniería es un "factor de desarrollo que demanda esfuerzos de la sociedad para la formación de ingenieros y la creación de una identidad profesional que además de ser fundamento material del desarrollo local, regional, nacional e internacional, permita enfrentar las competencias y realidades globales" [13, p.41].

En el caso colombiano, a pesar de que el cumplimiento de los ODS se centre en una perspectiva de incrementar el número de jóvenes que ingresa en la educación superior para adquirir un significativo porcentaje cobertura en el 2030, el Ministerio de Educación y el CONPES, busca exigir a las universidades programas de alta calidad con el fin de mejorar los actuales estándares de educación y así disminuir los programas que no garantizan un perfil profesional mínimo para el desarrollo óptimo del país latinoamericano. En el caso de los programas de ingeniería, se ha logrado un avance importante desde la creación del Consejo Nacional de Educación Superior (CESU) y el comienzo del funcionamiento del Sistema de Acreditación, ofreciéndose un número importante de programas con las características planteadas para un curso de alta calidad.

2. Procedimiento metodológico

Se adopta una metodología cualitativa con un acercamiento al Método de la Comparación Constante (MCC) acuñado por Glaser y Strauss [14]. Dicho método nace del acercamiento a los incidentes, es decir, la información recolectada a través de encuestas, entrevistas, observaciones, documentos, entre otros. Con dichos incidentes se debe encontrar un sentido de unidad que se traduce en categorías (códigos) y subcategorías para identificar convergencias y divergencias que retroalimenten el proceso investigativo, y finalmente, lograr proponer una serie de conceptos con carácter explicativo de la realidad analizada [15].

Por consiguiente, se utiliza un software para el análisis sistemático de la información, como medio que facilita la interpretación de los datos obtenidos. En este caso particular la herramienta empleada ha sido Atlas.ti, con el fin de comprender la relación de las misiones y visiones de setenta y cinco universidades colombianas que cuentan con programas de ingeniería acreditados, esto para reconocer qué tan plausible se denota el cumplimiento del cuarto ODS en dicho escenario. Asimismo, al tratarse de un análisis sistematizado de datos con aproximaciones al MCC, la codificación de la información está abierta a nuevas categorías y subcategorías, para continuar con el proceso investigativo que atañe al estudio. Por lo anterior, las categorías identificadas de manera explícita en el cuatro ODS y su transversalidad e interrelación, se observan en las metas y los medios propuestos por la Unesco. En este orden de ideas, al ser un proceso retroalimentativo hay posibilidad del surgimiento de códigos con nuevas propiedades, como también puede incluirse información que soporte la hipótesis planteada en el estudio [16].

2.1. Muestra objetivo

Como se ha mencionado a lo largo de texto, la población objetivo son las instituciones de educación superior acreditadas

de carácter universitario que ofrecen carreras de ingeniería. Así es como, Colombia cuenta con una oferta de programas en el área de conocimiento de la ingeniería, arquitectura, urbanismo y afines de 2.128, de estos son 1.012 programas específicamente de ingeniería, lo que equivale al 14,33% del total de los pregrados activos en Colombia hasta la fecha, teniendo 729 programas dentro de carácter académico universitario [17]. Por otra parte, en la actualidad este Estado tiene 136 universidades y de estas 75 tienen al menos un programa de ingeniería acreditado.

3. Análisis y discusión de resultados

Como se ha observado a lo largo del documento, el Cuarto Objetivo de Desarrollo Sostenible ha sido abordado tanto por la comunidad internacional, como por la nacional (Colombia) desde diferentes ópticas que buscan incrementar los niveles de calidad en la educación. En efecto, el cumplimiento de este objetivo trasciende a una actividad conjunta que no solo contempla a los actores pertenecientes al gobierno, sino por el contrario, incluye la participación de toda la comunidad. De este modo, la academia juega un papel fundamental en el logro de las metas propuestas tanto por la Unesco, como por el gobierno colombiano para que en el 2030 se goce de un nivel educativo más eficiente y competitivo en escenarios supraestatales. Por consiguiente, analizar los avances que han tenido las universidades en materia de implementación de los aspectos fundamentales del cuarto ODS es un tema de interés, tanto para quienes hacen parte del mundo académico, como de la sociedad en general, puesto que los avances garantizan mayor equidad y estabilidad en una nación.

Ahora bien, tal como se aborda en la metodología de la investigación se realiza un análisis sistemático de información a través de Atlas.ti, que concierne a la razón de ser (misión) y lo que espera a futuro (visión) las instituciones educativas acreditadas colombianas que tienen actualmente programas de ingeniería en su oferta académica. Así es como, se encuentran setenta y cinco IES que cumplen con las características mencionadas. Las categorías estipuladas en este estudio se relacionan directamente con aspectos primordiales que describe la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y en concreto al cuarto ODS sobre la educación de calidad. Tal como lo expresa la Unesco [18], los avances de una sociedad sostenible y de un mundo con calidad educativa, necesitan de metas transversales que convierta las interrelaciones en resultados óptimos. Por lo anterior, las cinco categorías o códigos establecidos en la investigación son: equidad, internacionalización, sostenibilidad, acceso al trabajo digno e igualdad de género. Estas categorías son el resultado de un extenso análisis realizado sobre los componentes esenciales del Cuatro ODS. A continuación, se presenta el significado de las categorías elegidas, con el fin de contextualizar los alcances planteados por la Unesco.

La equidad hace referencia a la superación estructural de los determinismos del pasado, buscando igualar las condiciones integrales de la sociedad en el ámbito educativo [19]. No obstante, existe unos parámetros concebidos que se abordan para lograr la equidad, tal como lo menciona Marc Demeuse, existen cuatro principios de equidad, la igualdad en el acceso, la igualdad en las condiciones o medios de aprendizaje, la igualdad en los resultados o logros y la igualdad en la realización social de dichos logros [20]. Es decir, la concepción de equidad aplicada al escenario educativo pretende establecer unas condiciones mínimas e igualitarias que no hagan diferenciaciones en la sociedad. Lo anterior ratifica la relación intrínseca entre las categorías y, por ende, en los ODS.

La Internacionalización Es un proceso que tiene como fin la proyección cosmopolita de las capacidades de los individuos u organizaciones colectivas, buscando ampliar el conocimiento, la visibilidad, la comunicación, el reconocimiento, los avances educativos, entre otros [21]. Lo anterior, como solución a que las realidades demuestran la carencia de algunas oportunidades dentro de un entorno hermético, impidiendo la interacción y generación de saberes abordados desde diferentes ópticas.

La Sostenibilidad Es el desarrollo de actividades que satisfacen las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras [22]. Por esta razón, esta categoría se caracteriza por tres variables o dimensiones de análisis que resumen los aspectos principales de la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030, es decir, la esfera social, económica y ambiental.

El Acceso al trabajo digno Es la capacidad de garantizar un trabajo decente en un entorno socioeconómico, otorgando los medios de vida segura y sostenible mediante una labor remunerada justamente [23]. En este sentido, se especifica en las oportunidades establecidas por las instituciones de educación superior a través de prácticas o pasantías y trabajos del egresado. Además, se exige como asunto de calidad educativa la formación de profesionales íntegros que logren el acceso al trabajo.

La Igualdad de género es un principio consagrado en los instrumentos internacionales que establece condiciones idénticas para hombres y mujeres, es decir, entendiendo que todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos [24].

Posterior a la sistematización de la información (visiones y misiones) realizada por medio de Atlas.ti, se logra así, obtener una serie de resultados de la implementación de dichas características en los ejes rectores de las facultades de ingeniería de las universidades con programas acreditados. Así es como, se observa a continuación la Fig. 1 la cual contiene las frecuencias en cada código dentro del objeto de análisis.

Como se puede apreciar en la Fig. 1, las facultades de ingeniería en Colombia, cuentan con un mayor acercamiento en acceso al trabajo y emprendimiento, es decir, se constituye en un tema preponderante y necesario para la formación de ingenieros con posibilidades de vinculación laboral al egresar de la educación superior; en este se denota que solo una universidad no cuenta con evidencia en esta categoría. Por otro lado, se puede deducir que las IES analizadas han considerado fundamental la inclusión de programas que garanticen la sostenibilidad de la comunidad, por ello se observa un alto porcentaje en lo que concierne a la dimensión social, no obstante, en lo económico y ambiental se observa un resultado menor. La principal razón es que después de dos años del establecimiento de los ODS se gesta una estrategia que hasta

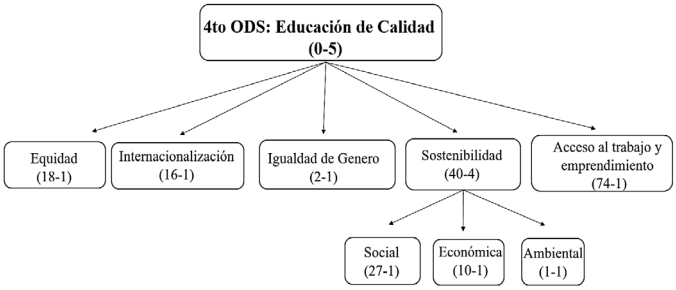


Figura 1. Resultados del Análisis en Atlas.ti
Fuente: Los autores.

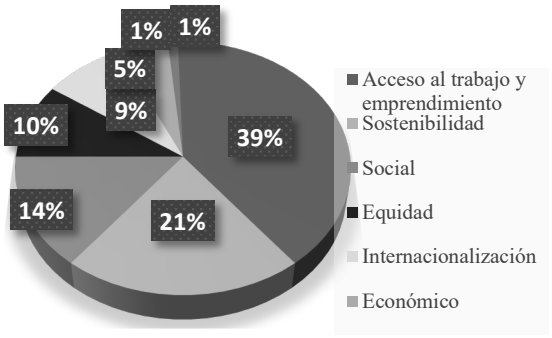


Figura 2. Porcentaje de participación de las categorías
Fuente: Los autores

ahora está comenzando a ser implementada en los actores que interfieren directamente en el cumplimiento de estos, como lo es el caso de las Instituciones Universitarias. Por otro lado, en lo que atañe a la equidad, Colombia continúa estando entre los países con mayor inequidad a nivel mundial [25], por consiguiente, los resultados de poner en práctica esta categoría en las facultades de ingeniería en Colombia es escaso, teniendo una implementación porcentual del 24 por ciento en el total de las IES estudiadas.

En el caso de la internacionalización, Unesco hace énfasis en su importancia desde uno de los medios establecidos para la ejecución del cuarto ODS, explícitamente la meta 4.c expone "para el 2030 aumentar sustancialmente la oferta de profesores calificados, entre otras cosas mediante la cooperación internacional para la formación de docentes en los países en desarrollo, especialmente los países menos adelantados y los pequeños Estados insulares en desarrollo" [26, p.377]. Además, en el caso colombiano la internacionalización abarca las movilidades académicas en el exterior de los estudiantes, docentes e investigadores [27]; sin embargo, el porcentaje de las IES acreditadas con programas de ingeniería que lo consideran dentro de su enfoque es mínimo. Por último, de acuerdo con el Índice Global de la Brecha de Genero realizado por el Foro Económico Mundial, Colombia tiene una cifra de desigualdad de género de 72,67% [28] y, por ende, es de esperar resultados precarios de este aspecto en este análisis.

Ahora bien, la construcción conceptual que este documento propone se encamina a la explicación general de los avances en materia del cuarto ODS en las facultades de ingeniería de las Universidades con mejores perfiles y niveles de calidad. A continuación, se resume la información anteriormente mencionada en la Fig.2 en la que se unifica los porcentajes para observar la real participación de cada categoría en las misiones y visiones de las Universidades acreditadas con programas de ingeniería.

En este sentido, la concepción que se logra deducir del análisis de la información recolectada y analizada es que aún las facultades de ingeniería se encuentran en una etapa incipiente de la implementación del 4 ODS. Esto como consecuencia de la ausente política nacional que rige el camino a tomar por parte de las entidades educativas. Como se menciona anteriormente, hasta el 2018 se logra establecer una base normativa que dirija las decisiones en lo que concierne con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia. En resumen, la proposición a la que se limita esta investigación es a la pronta aplicabilidad de las estrategias contempladas dentro del CONPES 3918, con el fin de lograr la unificación en términos de calidad educativa.

4. Conclusiones

En síntesis, la educación es un punto fundamental para el desarrollo de una sociedad sostenible y en paz. Por ello, el estudio en escenarios internacionales y locales es preponderante para lograr avances significativos en el mundo. Ahora bien, la ingeniería como un área de conocimiento que busca la solución de problemas que atañen a la población, es fundamental un análisis particular de su progreso en lo que respecta a las herramientas que las agendas mundiales han creado, como acontece con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2015. En el caso particular colombiano, las universidades han tenido un rol protagónico en el adelanto del cuarto ODS, sin embargo, después de dos años de la implementación no se observan adelantos grandes en los pilares de la Agenda 2030. No obstante, hay resultados positivos que se deben principalmente al proceso general de la educación colombiana desde los Planes Nacionales de Desarrollo de los últimos gobiernos. Dentro de la educación superior en la rama de la Ingeniería, es necesario educar a ingenieros que se conviertan en agentes del desarrollo sostenible a través del uso de la tecnología en medio de cambios sociales y económicos permanentes. Esto se debe materializar a través de un marco ético aplicable para docentes, estudiantes, investigadores y profesionales de esta área de conocimiento, puesto que es inconcebible la actividad humana del siglo XXI sin el uso de artefactos o el empleo de energía e instrumentos, que hacen parte de la innovación de los ingenieros; lo cual se hace plausible a través de la calidad educativa y la categorización analizada.

Por último, uno de los fines de este estudio es continuar con la exhaustiva investigación en el área educativa de la ingeniería en Colombia y los países que conforman Iberoamérica, como aplicación al método de comparativo constante, retroalimentado los datos con el propósito de tener una aproximación a la saturación teórica que plantea este tipo de metodología cualitativa, la cual se caracteriza por utilizar al menos un software para el análisis sistemático de información.

Agradecimientos

Este artículo es producto del proyecto de investigación INV-ING-2472 "Análisis de competencias específicas en ingeniería evaluadas por las pruebas saber pro en el programa de ingeniería civil de la UMNG" financiado por la Universidad

Militar Nueva Granada, por lo cual se hace un agradecimiento especial a la Institución de Educación Superior.

Referencias

[1] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD., Los objetivos de desarrollo sostenible, Organización de Naciones Unidas, Nueva York, USA, 2016.

[2] Unesco, Guía: Desglosar el objetivo de desarrollo sostenible. 4 Educación 2013, ONU, París, 2015.

[3] Cecchini, S. y Azócar, I., Indicadores de los objetivos de desarrollo del milenio en América Latina y el Caribe; una comparación entre datos nacionales e internacionales, CEPAL, Santiago de Chile, 2007.

[4] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD., Objetivos de desarrollo del milenio. Informe 2015, Nuevas Ediciones S.A, Nueva York, 2015.

[5] Cabrera, D., Calidad educativa, discurso y poder en Educación Superior, Revista Atenas, 1(41), pp. 198-212, 2018.

[6] Organización de las Naciones Unidas para la Educación– ONU., La ciencia y la cultura, educación 2030. Declaración de Incheon, Organización de las Naciones Unidas, París, 2016.

[7] Comisión Económica para Ámerica Latina y el Caribe., Conclusiones y recomendaciones acordadas entre los gobiernos reunidos en la segunda reunión del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el desarrollo sostenible, Santiago de Chile, 2018.

[8] Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES, CONPES 3918, Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia, Bogotá: comisión ODS Colombia, 2018.

[9] La Comisión ODS Colombia, La Agenda 2030, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.ods.gov.co.

[10] Departamento Nacional de Planeación., Las 16 grandes apuestas de Colombia para cumplir los objetivos de desarrollo sostenible, Bogotá, 2018.

[11] Pérez, Á., Ser pilo paga, errores de política pública, Dinero, 23, octubre, 2017.

[12] Mulder, K., Desarrollo sostenible para ingenieros, Greenleaf Publishing, Barcelona, 2007.

[13] Cañón, J. y Salazar, J., La calidad de la educación en ingeniería. Un factor clave para el desarrollo, Revista Ingeniería e Investigación, 31(1), pp. 40-50, 2011.

[14] Glaser, B. and Strauss, A., The discovery of grounded theory, Aldine Press, Chicago, 1967.

[15] Yepes, C., La comparación en el análisis de la investigación cualitativa con teoría fundada, Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 33(1), pp. 90-92, 2015.

[16] Padilla, J., Vega, P. y Rincón, D., Teoría fundamentada y sus implicaciones en investigación educativa: el caso de Atlas.ti, Revista de Investigaciones UNAD, 13(1), pp. 23-39, 2014.

[17] Ministerio de Educación Nacional., Compendio estadístico de la educación superior colombiana, Bogotá, 2016.

[18] Unesco, Foro mundial sobre la educación 2015, Incheon: Organización de las Naciones Unidas, 2015.

[19] López, N., Equidad educativa y desigualdad social. Desafíos de la educación en el nuevo escenario Latinoamericano, IIPE- Unesco, Buenos Aires, 2015.

[20] Formichella, M., Análisis del concepto de equidad educativa a la luz del enforque de las capacidades de Amartya Sen, Revista Educación, 35(1), pp. 15-34, 2011.

[21] León, R. y Madera, L., La internacionalización universitaria, un imperativo de la educación superior en el contexto latinoamericano actual, Revista Encuentros, 14(2), pp. 43-59, 2016.

[22] Gracia, J., Desarrollo sostenible: origen, evolución y enfoques, Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, Colombia, 2015.

[23] Lanari, M., Trabajo decente: significados y alcances del concepto. Indicadores propuestos para su medición, PNUD, Buenos Aires, 2012.

[24] ONU., Mujeres, la igualdad de género, Organización de las Naciones Unidas, Nueva York, 2016.

[25] UNICEF., El argumento en favor de la inversión en la educación y la equidad, Organización de las Naciones Unidas, Nueva York, 2015.

[26] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura., La educación al servicio de los pueblos y el planeta: creación de futuros sostenibles para todos, Organización de las Naciones Unidas, París, 2017.

[27] Ministerio de Educación de Colombia., Internacionalización de la educación superior, Gobierno de Colombia, Bogotá, 2009.

[28] World Economic Forum., Global gender Gap report 2017, Cologny, 2017.

Luz.E. Valdiri-Lugo, recibió el título de Ing. Química en 1997 en la Universidad de América, Bogotá, Colombia; el título de Esp. en Estadística en el 2009 de la Fundación Universitaria los Libertadores, Bogotá, Colombia; el título en Esp. en Docencia universitaria y pedagogía universitaria en el año 2012 de la Universidad la Gran Colombia, Bogotá, Colombia; y el título de MSc. en Educación en el 2014 de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Es actualmente docente de planta del programa de Ingeniería Civil en la Universidad Militar Nueva Granada desde el año 2011. Sus intereses investigativos se encuentran en el tema de educación y sociedad con un enfoque específico en la ingeniería.
ORCID: 0000-0001-8187-070X

D.F. Mahecha-Hernández, recibió el título de profesional en Relaciones Internacionales y Estudios Políticos en el 2018 de la Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia. Actualmente realiza una especialización en Finanzas y Administración Pública, además, es joven investigadora del proyecto de investigación: Modelos educativos en las facultades de ingeniería iberoamericana (Colombia, Argentina, Brasil, México, España), financiado por la Universidad Militar Nueva Granada. Sus intereses investigativos se encuentran en el tema de política y relaciones internacionales en América Latina y educación.
ORCID: 0000-0002-4404-6866

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Estrategias de aprendizaje de FMEA y elementos productivos con Lego

Ivonne Angélica Castiblanco-Jiménez, Natalia Martínez-Castro & Martha Liliana Menco-Sierra

Programa de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia. ivonne.castiblanco@escuelaing.edu.co, natalia.martinez-c@mail.escuelaing.edu.co, martha.menco@mail.escuelaing.edu.co

Resumen— Una de las herramientas de diseño robusto para el desarrollo de un producto que se enseña a los estudiantes de ingeniería industrial es la FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). Es necesario que los estudiantes de ingeniería entiendan a profundidad el funcionamiento y análisis de esta herramienta, sin embargo, el método teórico de enseñanza genera en los alumnos una percepción de dificultad superior a la adecuada. Para ello en este artículo se evalúa una metodología empírica basada en estrategias de aprendizaje de FMEA y elementos productivos con Lego Mindstorms EV3. Mediante protocolos realizados con esta herramienta lúdica, el estudiante desarrolla las competencias esperadas con una calificación de 4.5/5.0, logrando acoplar el conocimiento teórico y práctico and percibe menor dificultad en el aprendizaje con una puntuación de 2/10, donde 10 es el puntaje más alto.

Palabras clave— aprendizaje lúdico; FMEA; enseñanza; Lego mindstorm.

Recibido: 14 de diciembre de 2018. Revisado: 20 de marzo de 2019. Aceptado: 11 de abril de 2019.

Earning strategies of FMEA and productive elements with Lego

Abstract— One of the robust design tools for product development taught to industrial engineering students is the FMEA (Failure Modes and Effects Analysis). It is necessary that engineering students understand in depth the operation and analysis of this tool, however, students perceive greater difficulty through the traditional teaching method. This article evaluates an empirical methodology based on FMEA and productive elements learning strategies using Lego Mindstorms EV3. By using ludic protocols, the student develops the expected competencies with a grade of 4.5/5.0, managing to combine theoretical and practical knowledge, and perceives less difficulty in learning with a score of 2/10, where 10 is the highest score.

Keywords— ludic learning activities; FMEA, teaching; Lego mindstorm.

1. Estado del arte

La FMEA o Análisis de los efectos del modo de falla, ha sido utilizada por diversas empresas para identificar las fallas posibles de un diseño o un proceso de fabricación de forma que se clasifican de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación en un documento para luego ser analizado [1]. Para ello, el ingeniero analista debe poseer cierto nivel de criterio para identificar la falla que se presenta en el sistema, el nivel de severidad y ocurrencia de esta. Es desde este punto de partida donde se deben analizar las metodologías de enseñanza que emplean los diferentes institutos de educación para asegurar que los estudiantes aprenden el modo correcto de utilizar esta herramienta.

Para ello se ha realizado una amplia investigación acerca de los campos de aplicación de la herramienta FMEA identificando los diferentes sectores que hacen uso de ella, los distintos diseños empleados para su aplicabilidad y como principal objetivo, los métodos de enseñanza encontrados en la literatura. A partir de esta investigación se realizan la Tabla 1.

La FMEA ha sido una herramienta utilizada en diferentes sectores de la economía e implementada al producto o servicio. Como se evidencia en la Tabla 1, la ingeniería es uno de los sectores que implementan la FMEA. En esta columna se encuentran 4 investigaciones en las que se exponen los usos que se le han atribuido en este sector cuyo principal requerimiento consiste en la producción de elementos robustos que soporten manipulaciones extremas, como es el caso al evaluar el riesgo que genera un hundimiento en túneles urbanos [3] hasta productos más desarrollados como lo son el tren de aterrizaje de una aeronave aeroespacial [6]. La FMEA es también utilizada en el sector de la medicina para estudiar los riesgos en unidades de esterilización, así como para una parte más administrativa como lo es de las fallas que ocurren en el proceso de trabajo de un departamento de emergencia [8].

El área automotriz es otro campo de estudio donde se aplica la FMEA en cada uno de los componentes desde el desarrollo del producto y utilizando en la actualidad versiones personalizadas y nuevas metodologías [16]. Otras ramas donde se puede encontrar la implementación de esta herramienta son en el campo social, industrial, entre otros. Se hace la diferenciación entre cada uno de estos sectores teniendo en cuenta que el sector automotriz hace referencia a la creación y producción de medios de transporte y cuyo análisis de las fallas es más profundo y complejo, mientras que el sector industrial se entiende en este artículo como un conjunto de actividades que tienen como objetivo la transformación de materias primas en productos más sencillos de forma masiva. Por otra parte, en el sector de la medicina se hace referencia a la fabricación de productos quirúrgicos; el sector social hace alusión al diseño de un servicio en pro de la comunidad; y el sector HSE es el que

Como citar este artículo: Castiblanco-Jiménez, I.A., Martínez-Castro, N. and Menco-Sierra, M.L., Estrategias de aprendizaje de FMEA y elementos productivos con Lego. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 7-17, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

Tabla 1.
Uso de la FMEA encontrada en la literatura por sector

Artículo	Sector						
	Medicina	Ingeniería	Hse	Industria	Social	Máquinas y Equipos	Automotriz
HSE risk prioritization using robust DEA-FMEA approach with undesirable outputs: A study of automotive parts industry in Iran [2]			X				
Prediction of subsidence risk by FMEA using artificial neural network and fuzzy inference system [3]		X					
A practical solution for HVAC prognostics: Failure mode and effects analysis in building maintenance [4]						X	
Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility [5]				X			
An extension to Fuzzy Developed Failure Mode and Effects Analysis (FDFMEA) application for aircraft landing system [6]		X		X			
Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. [7]				X			
Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. [8]	X						
Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department [9]	X		X				
Optimization of photovoltaic maintenance plan by means of a FMEA approach based on real data. [10]		X					
Risk assessment of floating offshore wind turbine based on correlation-FMEA. [11]		X					
Risk Analysis of Poultry Feed Production Using Fuzzy FMEA. [12]				X			
Fuzzy-based failure mode and effect analysis (FMEA) of a hybrid molten carbonate fuel cell (MCFC) and gas turbine system for marine propulsión. [13]						X	
A Knowledge Based FMEA to Support Identification and Management of Vehicle Flexible Component Issues. [14]							X
The Use of FMEA for the Analysis of Corruption: A Case Study from Bulgaria. [15]					X		
A Systems Approach to the Development of Enhanced Learning for Engineering Systems Design Analysis. [16]							X

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

busca dentro de la salud ocupacional brindarles bienestar a los trabajadores.

Cuando se habla en este artículo del sector de la ingeniería se hace referencia a la búsqueda de soluciones, tanto a necesidades sociales, industriales o económicas. Finalmente, el sector maquinaria y equipo trata del análisis de las máquinas y equipos que permiten la operación y la utilización para un determinado fin.

En los marcos de las observaciones anteriores se presenta un diagrama de barras del uso de la FMEA en los diferentes sectores de la economía. (ver Fig. 1).

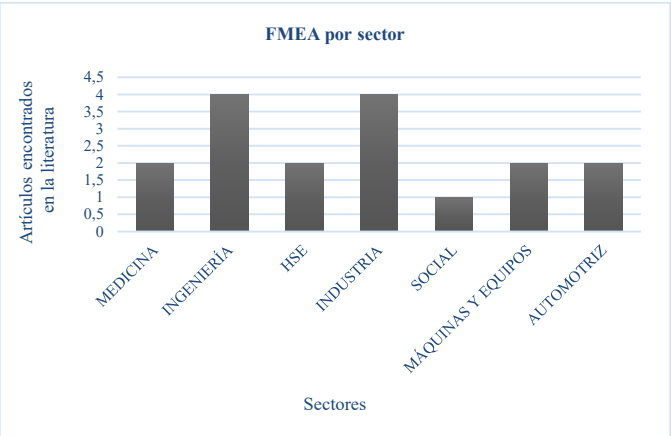


Figura 1. Uso de la FMEA encontrada en la literatura por sector
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

Tal como se observa en la Fig. 1 los sectores que presentan mayor uso de la FMEA son el sector de ingeniería y el sector de la industria anda que estos sectores son los que evalúan la confiabilidad de los equipos, así como las fallas en productos, procesos y sistemas, de esta manera clasifica de forma objetiva sus efectos y causas de modo que se evite su ocurrencia y mantener un método documentado de prevención [17]. De acuerdo con la Fig. 1 en el sector en el que menos se presenta uso es en el sector social.

La FMEA es una técnica complicada de entender y aprender [22] anda que su análisis e implementación conlleva varios criterios y aptitudes que debe poseer el personal que lo vaya a emplear, implica incertidumbres inherentes, por lo cual se le han modificado o fusionado con otras técnicas. Casos se pueden evidenciar en el método de la Fuzzy FMEA presentado en la Tabla 2 como uno de los diseños de la FMEA, en esta columna se presentan 7 investigaciones que implementan esta técnica que proporciona una herramienta que puede funcionar de una mejor manera con conceptos vagos y sin información suficiente, generando mayor confianza en el resultado del RPN [3]. Un parámetro clave para poder lograr una buena inferencia de la FMEA es el RPN, pero por el mismo modo es muy subjetivo y posee varios problemas al momento de su cálculo, por lo que se han diseñado varios programas que ayudan a la obtención de este, como lo son el cálculo del RPN difuso que puede rectificar las limitaciones citadas en la literatura. También se puede encontrar el método MULTIMOORA el cual calcula el peso de cada falla en función de tres criterios de

Tabla 2
Uso de la FMEA encontrada en la literatura por diseño

Artículo	Diseño					
	RPN	SOM	Etree	RDEA	Multimo-ORA	FUZZY FMEA
Prediction of subsidence risk by FMEA using artificial neural network and fuzzy inference system. [3]						X
Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility. [5]	X					
FlowSort-GDSS – A novel group multi-criteria decision support system for sorting problems with application to FMEA. [18]	X					
An extension to Fuzzy Developed Failure Mode and Effects Analysis (FDFMEA) application for aircraft landing system. [6]						X
Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment. [19]	X				X	X
Application of self-organizing map to failure modes and effects analysis methodology. [20]		X				
Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department. [9]						X
Clustering and visualization of failure modes using an evolving tree. [21]			X			
Fuzzy-based failure mode and effect analysis (FMEA) of a hybrid molten carbonate fuel cell (MCFC) and gas turbine system for marine propulsión. [13]						X
Improving fuzzy FMEA model for student projects. [22]						X
HSE risk prioritization using robust DEA-FMEA approach with undesirable outputs: A study of automotive parts industry in Iran. [2]	X			X		
Application of Fuzzy Inference Techniques to FMEA. [23]	X					X

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

tiempo, costo y beneficio, entre otras técnicas de inferencia difusa para la determinación de RPN [19]. Así mismo se han creado mecanismos computarizados para lograr una mejor visualización de la FMEA como son la SOM, el Etree y el Flow Sort-GDSS.

Después de las consideraciones anteriores se presenta un diagrama de barras de los diseños de la FMEA (ver Fig. 2), en el que evidencia que la Fuzzy FMEA es el diseño que más se utiliza en las investigaciones encontradas y el segundo es el RPN.

A pesar de los diferentes campos de acción de la FMEA, se puede evidenciar en la Tabla 3 que son escasos los métodos de enseñanza que se han desarrollado para entender esta herramienta. Esta investigación analizó que se han diseñado sistemas de mejoramiento y aprendizaje de la FMEA utilizando programas computacionales, sin embargo, la mayoría profundiza en el cálculo del RPN como principal objetivo de sus proyectos y no en la instrucción a estudiantes. En la Tabla 3, en la columna de programación, se indica qué artículos utilizan un método de enseñanza mediante programas computacionales y que han demostrado un desarrollo en las técnicas de aprendizaje de la FMEA en los estudiantes.

Lolli, F., Ishizaka, A., Gamberini, R., Rimini, B. and Messori, M, evaluaron la criticidad de un modo de falla (RPN) mediante un nuevo método de decisión multicriterio (MCDM) denominado FlowSort-GDSS para clasificar los modos de falla en clases de prioridad e involucrando a múltiples tomadores de decisiones. Este programa le permite al analista tener mayor certeza de la calificación asignada. [18].

Chang, W.L., Tay, K.M. and Lim, C.P, proponen el uso de ETree como un paradigma efectivo de aprendizaje de redes neuronales para facilitar las implementaciones de FMEA. En este modelo de visualización se utiliza el árbol evolutivo (ETree), para permitir que los modos de falla en FMEA se agrupen y visualicen como una estructura de árbol. Además, las ideas de intervalo de riesgo y orden de riesgo para diferentes grupos de modos de falla se proponen para permitir ordenar, analizar y evaluarlos en grupos. [21]

Chang, W.L., Pang, L.M. and Tay, K.M exponen un método computacional para identificar modos de falla potenciales, este programa es conocido como SOM y se trata de una herramienta de visualización donde se evidencia las relaciones correctivas a través de un mapa que está representado por medio de colores. La ventaja de este programa es que la representación visual la traduce a la hoja tradicional de FMEA y ayuda a organizar la información por grupos, lo cual permite evaluar las acciones correctivas [20].

Khuankrue, I., Kumeno, F., Ohashi and. and Tsujimura and exponen las deficiencias de un estudiante al momento de utilizar la FMEA en casos reales debido a la falta de experiencia y la subjetividad del cálculo del RPN, por lo cual proponen un modelo que proporcione un apoyo a los estudiantes al momento de identificar y evaluar los riesgos en un proyecto. Este modelo consta de dos enfoques principales, el primero consta de una simulación de expertos para poder mejorar el concepto de

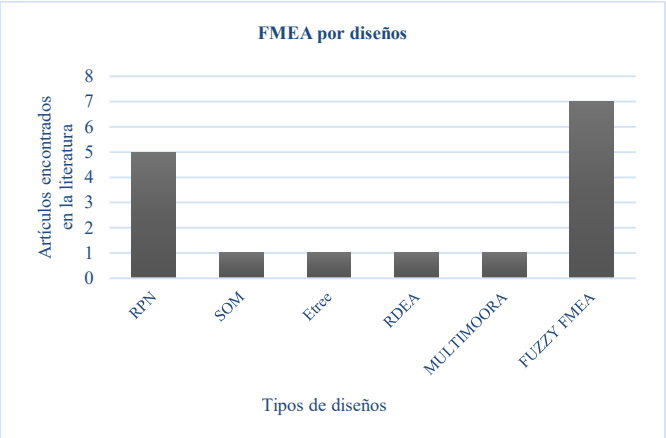


Figura 2. Diseños de la FMEA encontrados en la literatura.
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

Tabla 3.
Metodologías de enseñanza de FMEA encontradas en la literatura

Artículo	Educación	
	Programación	Lúdicas
FlowSort-GDSS – A novel group multi-criteria decision support system for sorting problems with application to FMEA. [18]	X	
Application of self-organizing map to failure modes and effects analysis methodology. [20]	X	
Clustering and visualization of failure modes using an evolving tree. [21]	X	
A Methodology for Learning from System Failures and Its Application to PC Server Maintenance. [24]	X	
Improving fuzzy FMEA model for student projects. [22]	X	
A Systems Approach to the Development of Enhanced Learning for Engineering Systems Design Analysis. [16]	X	
Application of Fuzzy Inference Techniques to FMEA. [23]	X	

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

simulación de expertos para poder mejorar el concepto de riesgo dentro de un proyecto, el segundo enfoque consiste en una votación para poder diligenciar los valores en la tabla. Estos enfoques están planeados para una un sistema de inferencia difusa [22].

En este orden de ideas se presenta un diagrama de barras de las metodologías de enseñanza de la FMEA encontradas en la literatura (ver Fig. 3). Como se puede evidenciar en el estado del arte en la Tabla 3 y en lo expuesto en la Fig. 3, el 100% de los métodos de aprendizaje para la FMEA se realiza a través de programación, entendiéndose esta última como un mecanismo de simulación que usan netamente tecnología computacional y de programación en software and las lúdicas como todo aquello relativo al juego y entretenimiento usado para la explicación de nuevos conceptos usando herramientas diferentes a las computacionales. En la literatura no se encuentran pedagogías ni lúdicas que le permitan a un ingeniero en formación crear la habilidad de elaborar de manera eficiente una FMEA, ni donde se pueda tener mayor claridad de los diferentes conceptos y de la forma correcta de poder diligenciar el formato para lograr con certeza que el trabajo realizado está dando los resultados correctos.

Dadas las condiciones que anteceden, se vio una oportunidad de estudio acerca de una metodología que ayude a comprender la FMEA de una manera más práctica, que les permita a los profesores instruir a los estudiantes y proporcionarles las herramientas necesarias para formar el criterio que caracteriza a los buenos analistas de la FMEA. De esta manera se le puede brindar a los estudiantes mejores oportunidades de tener éxito en la aplicación de la herramienta.

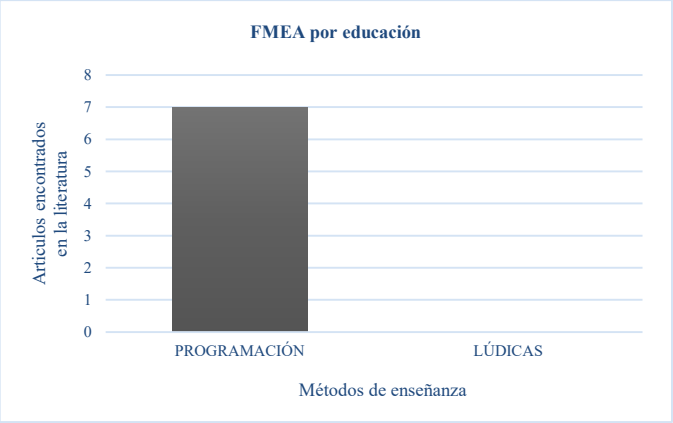


Figura 3. Metodologías de enseñanza de la FMEA.
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

2. Metodología

Esta investigación se llevará a cabo en diferentes fases (ver Tabla 4). Como punto de partida, para la fase 1 se realizó una encuesta a un grupo de ingenieros Industriales egresados de diferentes universidades con el fin de conocer su opinión acerca de la dificultad de la FMEA en el momento de aplicarla en su campo laboral. De la misma manera se analizó su postura con respecto a esta herramienta. Así mismo en la fase 2 se realizó otra encuesta, esta vez para un grupo de estudiantes de ingeniería industrial de una universidad que tenga dentro de su pensum una materia que proponga la FMEA dentro de su contenido programático, de modo se pueda analizar, ahora desde la perspectiva del estudiante, la opinión que tienen acerca de qué tan difícil fue para ellos aprender a utilizar esta herramienta.

Para continuar, en la fase 3, se llevó a cabo la búsqueda de metodologías para la enseñanza de la FMEA y se analizó la que se considere conveniente para desarrollar procesos de reflexión, innovación, creatividad, planteamiento y solución de problemas, habilidad para trabajo en equipo, análisis crítico, mediante el contacto simulado de la realidad. Por tal razón y de acuerdo a los objetivos seleccionados, en la fase 4 se procedió a crear un protocolo experimental.

Para evaluar la metodología seleccionada y el protocolo diseñado, en la fase 5 se escoguió un grupo piloto de estudiantes que en el momento estén aprendiendo la herramienta en su curso teórico y estudiantes que con anterioridad ya habían visto el tema de forma teórica. Para el desarrollo de la fase 6 se llevó a cabo una encuesta donde se analice la percepción de dificultad de aprendizaje de la FMEA con el método propuesto. El análisis preliminar, permite identificar que, como resultado de la

Tabla 4
Paso a paso del desarrollo de la metodología

Desarrollo de la metodología de investigación	
Fases	**Descripción**
1	Encuesta a un grupo de ingenieros industriales egresados de diferentes universidades
2	Encuesta a un grupo de estudiantes de ingeniería industrial que conozcan teóricamente la FMEA
3	Búsqueda de metodologías para la enseñanza de la FMEA
4	Crear un protocolo experimental
5	Realizar pruebas piloto a estudiantes
6	Encuesta a los grupos piloto sobre la percepción de la DFMEA utilizando la metodología propuesta
7	Evaluación de los resultados obtenidos por los estudiantes

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

metodología escogida, los estudiantes puedan entender más a profundidad esta herramienta y estar en la capacidad de analizar y evaluar un caso de FMEA de forma eficiente. En base en lo anterior, en la fase 7 se evaluó a los estudiantes los conceptos más importantes de la FMEA y competencias genéricas.

Se compararon los resultados de antes y después de la metodología implementada y se analizó para sus posibles cambios y modificaciones. De esta manera se espera definir un protocolo que se pueda implementar en el futuro como una estrategia lúdica para el aprendizaje de la FMEA.

2.1. Desarrollo de la metodología

Una herramienta muy útil en el campo de la ingeniería industrial es la "Failure Modes and Effects Analysis" conocida también como la FMEA, cuya traducción es "Análisis de los efectos del modo de falla", la cual ha sido utilizada por grandes industrias para identificar y evaluar las posibles fallas en la elaboración de un diseño y línea de producción. Para ello el ingeniero a cargo debe poseer la experiencia y el criterio necesario para obtener el resultado apropiado de la evaluación.

Revisando en la literatura los campos de aplicación de la herramienta, se ha podido concluir que es necesario que los ingenieros entiendan el funcionamiento y análisis de la misma; sin embargo, la base pedagógica utilizada hoy en día para instruir a los estudiantes no es lo suficientemente sólida y posee puntos débiles. Esto se puede ver evidenciado en la encuesta realizada a un grupo de 11 ingenieros industriales egresados de diferentes universidades, donde se les preguntó acerca de su conocimiento sobre la FMEA. Se pudo evidenciar que el 56,3% de ellos sabían a ciencia cierta qué era la FMEA (ver Fig. 4) y que de ellos únicamente el 23,08% de los encuestados aprendieron a utilizar esta herramienta a lo largo de su carrera universitaria (ver Fig. 5). Estos resultados nos llevan a deducir que a pesar de que la FMEA es una herramienta tan importante, muchas de las universidades omiten transmitir la información concerniente a este tema and esto puede deberse a que no existe una metodología establecida que dicte la mejor forma de entenderla.

Se escogió a la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito en la búsqueda de una universidad que dentro de su pensum de ingeniería Industrial tuviera una materia que incluyera la FMEA en sus temas de explicación. Se seleccionó un grupo de 27 estudiantes a los que se les realizó una encuesta donde se les preguntaba acerca de la dificultad que tuvieron al entender la FMEA, de lo cual el 37% dijo que fue difícil comprenderla (ver Fig. 6). Se les preguntó a además si creían que sería más fácil entender esta herramienta mediante protocolos prácticos y lúdicas, de lo cual el 88,9% estaba de acuerdo (ver Fig. 7)

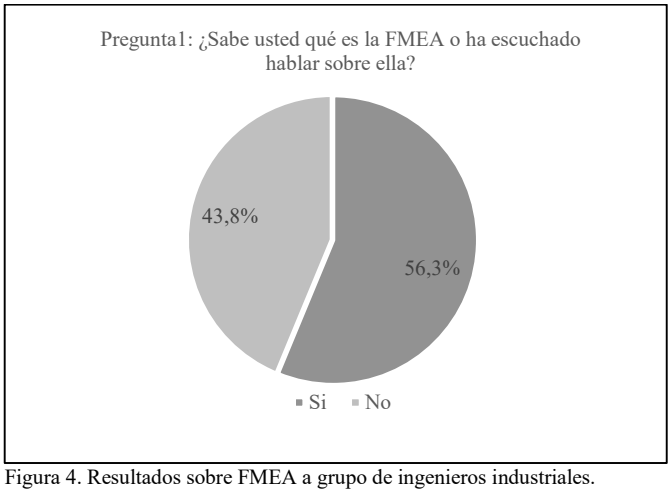


Figura 4. Resultados sobre FMEA a grupo de ingenieros industriales.
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

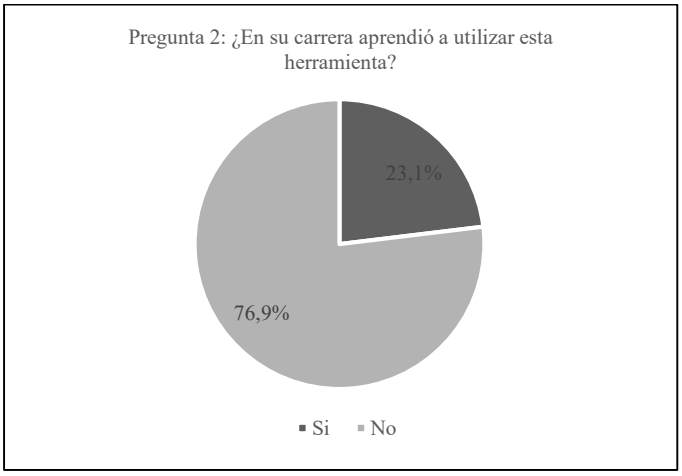


Figura 5. Resultado pregunta 2 sobre FMEA a ingenieros industriales.
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

Dentro de las encuestas hechas a los estudiantes y a los profesionales se les preguntó acerca del nivel de dificultad de la FMEA desde su concepto. Este estudio se basa en una escala de clasificación continua, donde se califica de 1 a 10, donde 1 es nada compleja y 10 es muy compleja. Los resultados obtenidos se pueden ver en las Tablas 5 y 6 presentadas a continuación. Analizando los resultados se puede evidenciar que en promedio tanto para estudiantes como por profesores la dificultad es media, es decir, es necesario que se evalué el método de enseñanza.

Analizando los datos anteriormente presentados, se debe buscar una metodología de enseñanza apropiada para la FMEA que permita al estudiante desarrollar procesos de reflexión, análisis, planteamiento y solución de problemas.

En algunas instituciones educativas se han encontrado estrategias y lúdicas para que los estudiantes aprendan de forma empírica, como por ejemplo la lección de gingivitis por medio de juegos de cartas o el famoso juego de "¿quién quiere ser millonario?" [25], el estudio de las ciencias naturales por medio de biobingo o lotería [26], en la Universidad de Córdoba con la implementación de lúdicas y simulaciones de sistemas de producción [27], entre otros. Investigando en la literatura se pudo evidenciar que no hay suficientes protocolos experimentales que le permitan al estudiante interactuar con elementos que le faciliten entender el funcionamiento de la herramienta de la FMEA de forma práctica. En este artículo un protocolo experimental hace alusión a un documento que contiene, con el máximo posible de detalle, precisión y claridad pertinente la descripción de las fases, componentes, características metodológicas, requisitos y actividades necesarias para completar un proyecto de investigación, a partir del cual se construye el manual de operaciones [28].

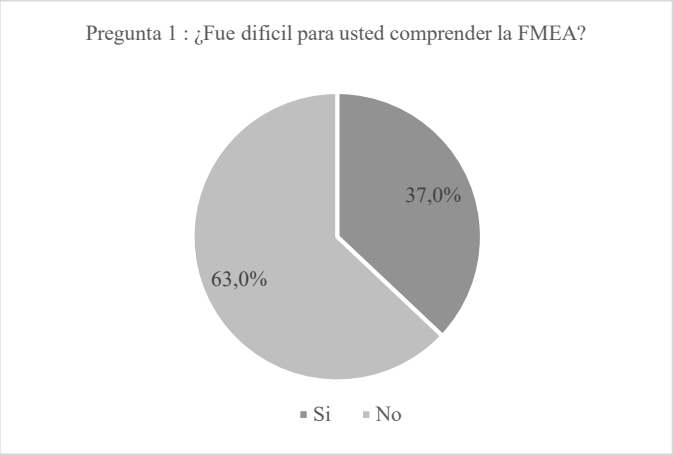


Figura 6. Encuesta a estudiantes de Ingeniería Industrial.
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

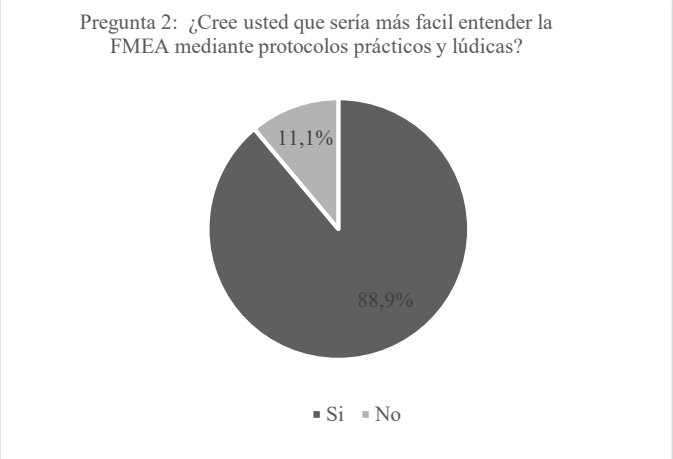


Figura 7. Encuesta a estudiantes de Ingeniería Industrial
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

Tabla 5.
Pregunta a estudiantes acerca de la dificultad de comprender la FMEA

¿Qué tan complejo es entender la FMEA?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
1	1	1	2	5	2	9	3	2	0	6

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

Tabla 6.
pregunta a profesionales acerca de la dificultad para comprender la FMEA

¿Qué tan complejo es entender la FMEA?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
0	0	0	3	5	0	0	2	0	1	5,7

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

Para este tipo de herramientas no basta la formulación teórica ya que en ella no se logran generar las bases necesarias para formar el criterio de decisión del estudiante. Desde un punto de vista pedagógico, las clases prácticas son imprescindibles para reforzar las explicaciones teóricas y fomentar la capacidad de análisis y síntesis. Sirven también para comprobar el grado de asimilación de la materia y detectar posibles carencias de formación de los alumnos, así como mecanismo para su aprendizaje práctico-profesional anda que aplica los conocimientos teóricos a la realidad [29]. De esta manera el estudiante puede desarrollar las competencias genéricas y específicas, mientras amplía su pensamiento lógico, analítico y crítico [30].

Simon Fraser University define al aprendizaje experiencial como: *"la participación estratégica y activa de los estudiantes en contextos en los que aprenden haciendo y reflexionando sobre esas actividades, lo que los faculta para aplicar sus conocimientos teóricos a los proyectos prácticos en una multitud de configuraciones dentro y fuera del aula"*.

Lo cual es justo lo que se quiere lograr mediante la pedagogía de la FMEA.

Los métodos pedagógicos más directamente relacionados con el aprendizaje experiencial son el método del caso y los modelos de simulación. Ambos se caracterizan porque permiten que el alumno viva una realidad empresarial y aprenda a través de la experiencia derivada de la misma [29].

La combinación de ambas metodologías permitirá potenciar el aprendizaje del alumno de una forma más eficaz, aplicando conocimiento a tareas prácticas [31], permitiendo desarrollar, entre otras habilidades, las relacionadas con la toma de decisiones y la resolución de problemas, el trabajo en equipo, la negociación y el ejercicio del pensamiento crítico [32].

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando y siguiendo la metodología propuesta, se crea un protocolo experimental, en el cual se crean estrategias de aprendizaje de FMEA y elementos productivos utilizando lúdicas y herramientas que le permitan al estudiante afianzar los conocimientos teóricos desde una perspectiva más práctica y tangible. Para cumplir con este objetivo, se hace uso de la línea de Lego Mindstorms EV3.

En cuanto a la utilización de LEGO en el aula de clase, estos juguetes han sido desarrollados para fomentar el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la motricidad fina que implican a la hora de armar una figura. Como parte de su estrategia de mercadeo han elaborado diferentes líneas y una de ellas está dedicada a la educación y dentro de sus finalidades está el fomentar el aprendizaje a partir de la creación, la curiosidad y la imaginación para armar un artefacto [33].

De esta forma, LEGO desde su propuesta busca que los estudiantes construyan un modelo integrado con partes mecánicas y electrónicas operadas por un controlador, en donde a partir de una programación, descubran nuevas formas de responder a una sociedad cada vez más tecnológica y de avanzada en temas relacionados con la ciencia, la cultura y los avances tecnológicos dispuestos a la carta en nuestra vida cotidiana. Así, la robótica permite el acercamiento a otros campos de saber que no necesariamente son de carácter tecnológico y permite que los estudiantes elaboren sus propios conceptos desde el ensamblaje y fabricación de sus propuestas [33].

De esta manera el material didáctico LEGO ofrece un amplio abanico de oportunidades para la integración de los conocimientos, técnicas, habilidades y destrezas de un sin fin de disciplinas, áreas científicas y tecnológicas, como son la electrónica, la mecánica, la ingeniería, la física, la informática, entre otras. Los conceptos pasan de la teoría a la práctica y

viceversa, sus aplicaciones son infinitas y el límite está en la imaginación para su uso como estrategia didáctica [33].

Sobre la base de las consideraciones anteriores se observa claramente una oportunidad de crear una guía para los estudiantes que les ayude a desarrollar competencias de comunicación, trabajo en equipo, resolución de problemas, pensamiento lógico, habilidades de razonamiento y creatividad.

Inicialmente, se escoge un tema específico dentro de la FMEA para crear un protocolo a evaluar a los estudiantes. Tomando como base el estudio anterior que se realizó a estudiantes de Ingeniería Industrial en el curso de desarrollo del producto, se direcciona la guía hacia el diseño y desarrollo de un producto, por lo cual se elige la rama de la DFMEA (Design Failure Mode and Effect Analysis) para elaborarlo.

En relación con esto último, se construye un robot con el cual se realizarán las prácticas experimentales y se crea una situación hipotética que les permita a los estudiantes el análisis crítico mientras entran en un contacto simulado de la realidad. Como objetivo de la práctica se busca acoplar el conocimiento teórico y práctico para diligenciar de manera adecuada el formato de DFMEA.

Siguiendo con la metodología planeada, se realiza el protocolo experimental (ver Fig. 8) en base a una situación hipotética con un robot de la línea de Lego Mindstorm EV3 construido para este fin. En base en las funciones del robot, se programa de tal forma que se pueda analizar diferentes fallas. Este protocolo se envía a los estudiantes que hacen parte de la prueba piloto para que los lean con anterioridad. (Ver Anexo Protocolo experimental).

El protocolo consiste en diligenciar un formato de DFMEA real (ver Fig. 9), en el cual los estudiantes puedan analizar las fallas del robot mientras hacen uso de este. Con él se evaluarán conceptos como el modo potencial de falla, efecto potencial de falla, causa potencial, el cálculo actual y nuevo del RPN y acciones recomendadas. Para evaluar estos conceptos anteriormente mencionados, se elabora un formato de calificación (Ver anexo Formato de calificación) que permitirá estandarizar la evaluación de los estudiantes y medirlos bajo puntajes estipulados por la institución educativa donde se realiza la prueba piloto (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito) y adoptando la equivalencia con la escala de valoración nacional [34], la cual se muestra en la Tabla 7.

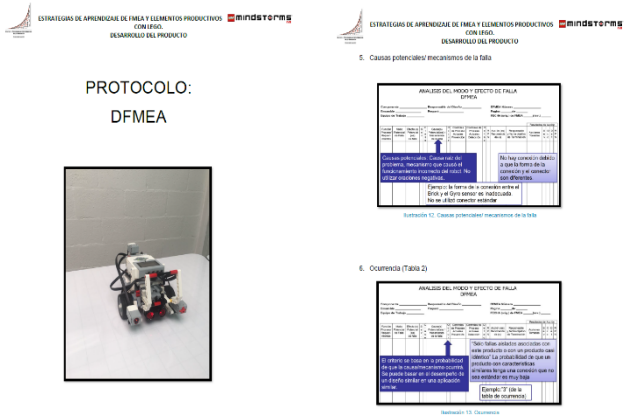


Figura 8. Protocolo experimental de la DFMEA.
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

Tabla 7.
Escala de valoración

Método cuantitativo	Método cualitativo
5.0 - 4.5	Desempeño superior (S)
4.4 - 4.0	Desempeño alto (A)
3.9 - 3.0	Desempeño básico (BS)
2.9 - 0.0	Desempeño bajo (BJ)

Fuente: [34]

ANALISIS DEL MODO Y EFECTO DE FALLA
DFMEA

Componente _____ Responsable del Diseño _____ DFMEA Número _____
Ensamble _____ Preparó _____ Pagina _____de _____
Equipo de Trabajo _____ FECHA (orig.) de FMEA _____(rev.) _____

Función Proceso/ Requeri-mientos	Modo Potencial de Falla	Efecto (s) Potencial (es) de falla	S e v	C l a s e	Causa(s) Potencial(es) / Mecanismos de la falla	O c u r	Controles de Proceso Actuales Prevención	Controles de Proceso Actuales Detección	D e t e c	R P N	Acción (es) Recomenda da (s)	Responsable y fecha objetivo de Terminación	Resultados de Acción: Acciones Tomadas	S e v	O c c	D e t	R P N
Gyro sensor.	Perdida de la señal del robot, la NASA ahora desconoce su ubicación	El robot deja de enviar información al centro de estudios de la NASA, y nunca regresa a la estación espacial	8		La forma de la conexión entre el Brick y el Gyro sensor es inadecuada. No se utilizó conector estándar	3	No aplica	No aplica	3	72	Usar las formas estándares en la industria para este tipo de conexiones.	Martha Menco. 24 de octubre de 2018.	Diseño y fabricación de un conector estándar para evitar futuros inconvenientes en el robot	8	2	3	48
		No se recogen las muestras de las rocas cuando se da la señal															
					Tornillo suelto o ajuste inadecuado entre color sensor y soporte												

Figura 9. Formato DFMEA a diligenciar
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

Por otra parte and para efectos de la medición de la práctica, se elabora un formato de encuesta (Ver anexo Formato encuesta) que los estudiantes deberán responder después de terminada la prueba piloto. Cabe aclarar que la evaluación de los conceptos será aplicada únicamente al protocolo (garantizando los temas de clase) and la evaluación comparativa será sobre percepción de dificultad del aprendizaje tanto de estudiantes que ya habían visto el tema de la DFMEA con anterioridad utilizando la metodología teórica, en contraste con los estudiantes que aplicarán la DMFEA con la metodología lúdica.

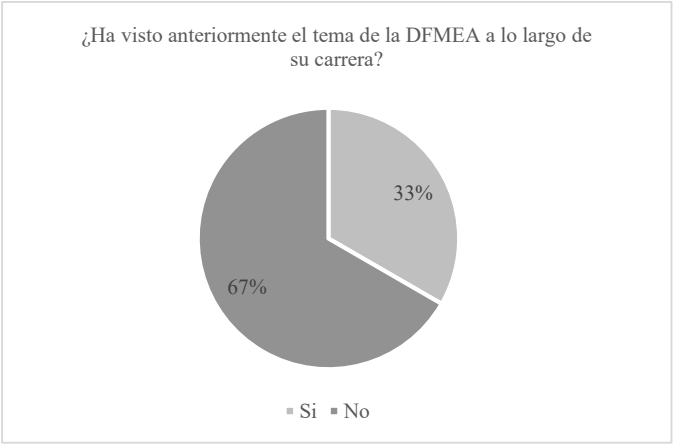


Figura 10. Encuesta a estudiantes acerca de su conocimiento previo de la DFMEA
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M.

Después de realizados el protocolo experimental, el formato de calificación y el formato de encuesta, se realizaron las pruebas piloto a distintos grupos que variaban entre estudiantes que ya habían visto con anterioridad el tema de la DFMEA de forma teórica a lo largo de su carrera (ver Fig. 10) and estudiantes que no. Esto con el fin de conocer el desempeño de los estudiantes que lo ven por primera vez y conocer su percepción de dificultad y así mismo hacer una comparación de los resultados obtenidos con los que ya la conocían con anterioridad. Además, confrontar la percepción de dificultad de la DFMEA antes del protocolo experimental y después de este para estudiantes que ya la conocían.

Adicionalmente se les separan en grupos de dos e individual, de manera que se pueda evaluar qué tan eficaz es el trabajo en equipo utilizando esta metodología de enseñanza.

3. Resultados

Realizando una toma de tiempos, se pudo analizar que estudiantes que efectuaron la práctica de forma grupal obtuvieron tiempos de ejecución más cortos. En el desarrollo de la práctica individual los tiempos estuvieron entre 17 y 25 minutos, en cambio por parejas los tiempos estuvieron entre 10 y 15 minutos. Con base en lo anterior se puede concluir que el trabajo en grupo es mucho más eficiente ya que los integrantes discuten entre ellos e intercambian opiniones que les permiten llegar a una solución óptima y pronta. Adicionalmente en un desarrollo grupal de la práctica, los estudiantes interactúan mucho más con el robot, permitiéndoles un mayor conocimiento de las funciones de este (ver Figs. 11,12).

Figura 11. Grupos piloto en parejas
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

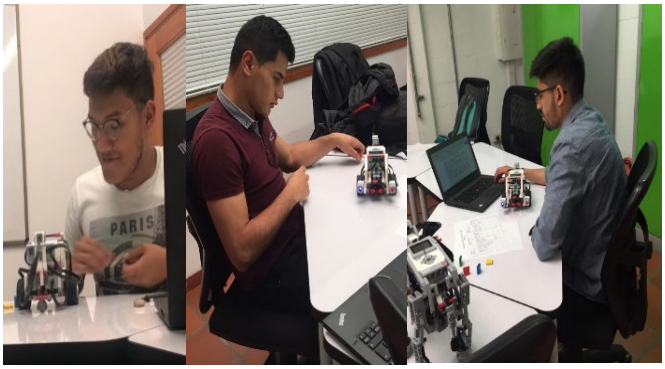


Figura 12. Grupos piloto individuales
Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

Finalizada la práctica se realizó una encuesta a los estudiantes, en la cual se les preguntaba acerca de su conocimiento previo de la DFMEA, el grado de dificultad que tuvo la práctica para entender el tema and su opinión acerca de la herramienta de Lego utilizada para esta.

En el marco de la observación del análisis de percepción de dificultad visto con anterioridad en el desarrollo de la metodología en la Tabla 5 se evidencia que los estudiantes que aprendieron la DFMEA con la metodología tradicional (teórica), expresaron que la dificultad del tema es medio, es decir, se obtuvo una puntuación de 6.

Por otro lado, se realiza una encuesta a estudiantes que hacen parte del grupo piloto que ya conocían la DFMEA de forma teórica y retomaron el tema con la metodología lúdica (ver Tabla 8). Se observa que el nivel de percepción de dificultad es bajo, es decir, se obtuvo una puntuación de 2. Significa entonces, que el protocolo experimental ayuda a los estudiantes a tener mayor claridad del tema de la DFMEA, lo cual hace que su percepción de dificultad disminuya. A continuación, se muestra la opinión de uno de los estudiantes del grupo piloto acerca de la dificultad que percibió en la práctica

"La implementación de elementos lúdicos facilita el análisis de falla y sus posibles causas"- Estudiante del grupo piloto.

A partir de esto se puede evidenciar que para el estudiante la práctica le facilita la compresión del tema anda que solo con la teoría la subjetividad es mayor y con el robot al tener una mayor interacción, el análisis es directo.

En este mismo orden y dirección, se realiza una encuesta a estudiantes que hacen parte del grupo piloto que no conocían la DFMEA (ver Tabla 9) and en efecto, la puntuación de percepción de dificultad es de 2.3, lo cual significa que el nivel de dificultad para ellos también es bajo. Algunos estudiantes expresaron su opinión al respecto dentro de las encuestas diligenciadas, ejemplo de esta se muestra a continuación:

"Mediante el análisis de desempeño de las funciones de un robot, es más fácil identificar la acción, las causas and las posibles correcciones a realizar para solucionar posibles problemas."- Estudiante del grupo piloto.

Lo anterior refleja la buena acogida que se tuvo con la metodología propuesta y se logra el objetivo de el correcto diligenciamiento del formato de la DFMEA.

En base a los resultados se puede concluir que la práctica fortalece la comprensión y entendimiento de la DFMEA debido a que los estudiantes pueden tener mayor interacción con el objeto de estudio y analizar sus posibles fallas. Se evidencia en

Tabla 8
Encuesta a estudiantes que ya conocían la DFMEA.

¿Qué tan difícil fue para usted comprender la DFMEA con esta lúdica?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

Tabla 9
Encuesta a estudiantes que no conocían la DFMEA

¿Qué tan difícil fue para usted comprender la DFMEA con esta lúdica?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	2,3

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

las Tablas 8 y 9 que los estudiantes se sintieron cómodos con la dificultad de la práctica con un puntaje de 2 para estudiantes que ya la conocían y de 2,3 para estudiantes que no la habían visto. Poniendo en contraste los resultados de ambas metodológicas, inicialmente con la metodología meramente teórica y con la metodología teórica-practica, la percepción de la dificultad disminuye, llegando a una dificultad baja a comparación de la anterior. Sobre la base de las consideraciones anteriores, se concluye que el protocolo experimental funciona para mejorar la claridad en el tema y que la percepción de la dificultad disminuya.

En cuanto a la calidad de la solución del protocolo experimental, al evaluar a los estudiantes con el formato de calificación, se obtuvo un desempeño alto y superior entre los diferentes grupos piloto (ver Tabla 10), calificaciones que lograron en promedio un desempeño superior igual a 4.5, lo cual evidencia el aprendizaje y entendimiento de los conceptos básicos de la DFMEA con la metodología lúdica propuesta.

Se busca generar a través de esta práctica procesos de reflexión a través de una guía para encontrar la solución correcta, desarrollando ideas lógicas que les permitieron plantear propuestas adecuadas para la solución de una falla, generando en los estudiantes un análisis crítico. Con el protocolo propuesto los estudiantes desarrollan su creatividad al tener que visualizar una falla que no está presente en el robot, pero que por medio de la manipulación de este se puede inventar. Además, los estudiantes innovan modificando elementos ya existentes con el fin de mejorarlos o renovarlos (acciones recomendadas), para lo cual se necesita la capacidad de plantear y solucionar problemas.

Partiendo de los supuestos anteriores se realizó una encuesta a los estudiantes del grupo piloto sobre la percepción del desarrollo de estas competencias mediante la práctica, en una escala de 1 a 10, teniendo en cuenta que 1 es la valoración más baja and se extrajo los siguientes resultados: para la competencia de análisis crítico se obtuvo un puntaje promedio de 8,9, para la competencia de creatividad se obtuvo un puntaje de 8,7, para la competencia de planteamiento y solución de problemas se obtuvo un puntaje de 8,9, para la competencia de innovación se obtuvo un puntaje de 8,6 y para el proceso de reflexión se obtuvo un puntaje de 8,1. Atendiendo a estas consideraciones se puede inferir que se logra una percepción del desarrollo de las competencias alto mediante la implementación de este protocolo.

Basados en las evaluaciones anteriores, se puede evidenciar que los estudiantes comprendieron el tema de DFMEA mediante el método de aprendizaje propuesto a lo largo de este artículo, logrando acoplar los conocimientos teóricos a un entorno práctico y lúdico que les permite diligenciar de forma correcta el formato de la DFMEA y la comprensión del cálculo del RPN. En efecto, se puede concluir que este método es útil y beneficioso para la aprehensión de la DFMEA en los estudiantes.

Dadas las condiciones que anteceden, resulta oportuno evaluar la herramienta que acompaña la metodología utilizada, por lo cual se les pregunta a los estudiantes cómo calificarían la realización de práctica utilizando la línea de Lego Mindstorms EV3 y se obtuvieras los resultados presentados en la Tabla 11.

Tabla 10
Calificación final de los diferentes grupos piloto

Grupo	Calificación final
G1	4.4
G2	4.8
G3	4.5
G4	4.3
G5	4.7
G6	4.4

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

Tabla 11
Encuesta a estudiantes que ya conocían la DFMEA sobre opinión acerca de los Legos

¿cómo calificaría realizar lúdicas con la herramienta de Lego Mindstorm EV3?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	9,7

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

Tabla 12
Encuesta a estudiantes que no conocían la DFMEA sobre opinión acerca de los Legos

¿cómo calificaría realizar lúdicas con la herramienta de Lego Mindstorm EV3?										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	9,3

Fuente: Castiblanco, I., Martínez, N. y Menco, M

De los resultados anteriores, se evidencia una buena acogida de la herramienta lúdica utilizada para llevar a cabo la práctica, que en este caso fue el uso de Lego Mindstorm EV3, como se observa en las Tablas 11 y 12, se logró un puntaje alto de 9.5 en promedio entre los estudiantes que ya la habían visto y quiénes no.

Algunos de las opiniones expresadas por algunos estudiantes que hicieron parte de los grupos piloto acerca del uso de los Lego se muestran a continuación:

"*La utilización de la herramienta de Lego, permite ver el funcionamiento del producto y todos sus mecanismos*"- Estudiante del grupo piloto.

"*Considero que es una manera fácil, rápida y eficaz para aprender un tema y comprenderlo*"- Estudiante del grupo piloto.

La herramienta de Legos para el desarrollo de la metodología propuesta fue efectiva a la hora de fomentar en el estudiante un pensamiento crítico y una buena resolución de problemas, facilitando la integración de conocimientos teóricos y prácticos y afianzando aptitudes creativas en el estudiante.

4. Conclusiones

Se puede concluir que al implementar una metodología lúdica en la enseñanza de la FMEA la percepción de la dificultad evaluada de 1 a 10 puntos, siendo 1 la más baja, decrece de 6 a 2 puntos tanto para los estudiantes que ya habían visto el tema como para los que la estaban viendo por primera vez y se logra disminuir la subjetividad de los criterios de severidad, detección y ocurrencia.

Adoptando una metodología de enseñanza lúdica, se espera

que los estudiantes hagan uso de las siguientes competencias: análisis crítico, procesos de reflexión, innovación, creatividad, planteamiento y solución de problemas por medio del contacto simulado de la realidad e interactuando con el objeto a analizar que en esta práctica corresponde a el robot de la línea Lego Mindstorm EV3.

Mediante la práctica realizada se logró una estrategia de trabajo en equipo, donde las ideas de los estudiantes se complementan entre sí para llegar a una respuesta acertada y lógica. La discusión entre una pareja de trabajo, se traduce en la depuración de una lluvia de ideas, para llegar a un consenso que defina la mejor ruta a seguir.

Por otra parte, mediante el protocolo experimental se logró acoplar el conocimiento teórico y práctico para diligenciar de manera adecuada el formato de la DFMEA y la comprensión del cálculo del RPN, evidenciado en que la calificación promedio fue de 4.5/5.0, obteniendo un desempeño alto.

En términos generales se pude concluir que la investigación satisfizo las expectativas planteadas en torno a el uso de las lúdicas para la enseñanza de la FMEA. Este estilo de investigación aporta a la educación en ingeniería, dado que contribuye a mejorar el interés de los estudiantes hacia algunos temas que no son tan amenos y permite desarrollar herramientas lúdicas mediante el uso de nuevas tecnologías que afiancen los procesos de enseñanza.

Referencias

[1] Martínez, C., Implementación de un análisis de modo y efecto de falla en una línea de manufactura para juguetes, Tesis de Maestría, Univ. Autónoma de Nuevo León, Nuevo León, México, 2004.

[2] Yousefi, S., Alizadeh, A., Hayati, J. and Baghery, M., HSE risk prioritization using robust DEA-FMEA approach with undesirable outputs: a study of automotive parts industry in Iran, Safety Science, 102, pp. 144-158, 2018.

[3] Rafie, M. and Samimi, F., Prediction of subsidence risk by FMEA using artificial neural network and fuzzy inference system, International Journal of Mining Science and Technology, 25(4), pp. 655-663, 2015.

[4] Yang, C., Shen, W., Chen, Q. and Gunay, B., A practical solution for HVAC prognostics: failure mode and effects analysis in building maintenance. Journal of Building Engineering, 15, pp. 26-32, 2018.

[5] Renjith, V.R., Jose, M., Kumar, P.H. and Madhavan, D., Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2018.

[6] Yazdi, M., Daneshvar, S. and Setareh, H., An extension to Fuzzy Developed Failure Mode and Effects Analysis (FDFMEA) application for aircraft landing system. Safety Science, 98, pp. 113-123, 2017.

[7] Peeters, J.F.W., Basten, R.J.I. and Tinga, T., Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner. Reliability Engineering & System Safety, 172, pp. 36-44, 2018.

[8] Dagsuyu, C., Gocmen, E., Narli, M. and Kokangul, A., Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. Computers & Industrial Engineering, 101, pp. 286-294, 2016.

[9] Chanamool, N. and Naenna, T., Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department. Applied Soft Computing, 43, pp. 441-453, 2016.

[10] Villarini, M., Cesarotti, V., Alfonsi, L. and Introna, V., Optimization of photovoltaic maintenance plan by means of a FMEA approach based on real data. Energy Conversion and Management, 152, pp. 1-12, 2017.

[11] Kang, J., Sun, L., Sun, H. and Wu, C., Risk assessment of floating offshore wind turbine based on correlation-FMEA. Ocean Engineering, 129, pp. 382-388, 2017.

[12] Wessiani, N.A. and Sarwoko, S.O., Risk Analysis of Poultry Feed Production Using Fuzzy FMEA. Procedia Manufacturing, 4, pp. 270-281, 2015.

[13] Ahn, J., Noh and., Park, S.H., Choi, B.I and Chang, D., Fuzzy-based failure mode and effect analysis (FMEA) of a hybrid molten carbonate fuel cell (MCFC) and gas turbine system for marine propulsion, Journal of Power Sources, 364, pp. 226-233, 2017.

[14] Renu et al., A knowledge based FMEA to support identification and management of vehicle flexible component issues. Procedia CIRP, 44, pp. 157-162, 2016

[15] Ochrana, F., Půček, M. and Plaček, M., The use of FMEA for the analysis of corruption: a case study from Bulgaria. Procedia Economics and Finance, 30, pp. 613-621, 2015.

[16] Henshall, E., Campean, F. and Rutter, B., A systems approach to the development of enhanced learning for engineering systems design analysis. Procedia CIRP, 60, pp. 530-535, 2017.

[17] Galeano, E. and Pérez, H., Análisis de modo y efecto de falla en el proceso de extrusión-soplado en placa S.A. Tesis de pregrado, Univ. Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2017.

[18] Lolli, F., Ishizaka, A., Gamberini, R., Rimini, B. and Messori, M., FlowSort-GDSS – A novel group multi-criteria decision support system for sorting problems with application to FMEA. Expert Systems with Applications, 42(17–18), pp. 6342-6349, 2015.

[19] Fattahi, R. and Khalilzadeh, M., Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment, Safety Science. 102, pp. 290-300, 2018.

[20] Chang, W.L., Pang, L.M. and Tay, K.M., Application of self-organizing map to failure modes and effects analysis methodology. Neurocomputing, 249, pp. 314-320, 2017.

[21] Chang, W.L., Tay, K.M. and Lim, C.P., Clustering and visualization of failure modes using an evolving tree. Expert Systems with Applications, 42(20), pp. 7235-7244, 2015.

[22] Khuankrue, I., Kumeno, F., Ohashi, Y. and Tsujimura, Y., Improving fuzzy FMEA model for student projects. Paper presented at the IFSA-SCIS 2017 - Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, 2017. DOI:10.1109/IFSA-SCIS.2017.8023361.

[23] Tay, K. and Lim, C., Application of Fuzzy inference techniques to FMEA, in: Abraham A., de Baets, B., Köppen, M., Nickolay, B. (eds), Applied soft computing technologies: the challenge of complexity. Advances in Soft Computing, vol 34. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.

[24] Nakamura, T. and Kijima, K., A Methodology for learning from system failures and its application to PC server maintenance. Risk Management, 10(1), pp. 1-31, 2008.

[25] Sánchez, M., Sánchez, K. y Agudelo, A., Estrategias lúdicas para aumentar el conocimiento de un grupo de adolescentes escolarizados sobre la gingivitis. Duazary: Revista Internacional de Ciencias de la Salud, 12(2), pp. 100-111, 2015.

[26] Flores, G., Estrategias lúdicas para la enseñanza en las ciencias naturales (biología) en el área de primaria, Tesis de Maestría, Instituto Campechano, México.

[27] Marin, Y., Montes, J., Hernandez, H. y Lopez, J., Validación de la lúdica como herramienta metodológica complementaria en la enseñanza del método de producción tradicional y del método de producción de la teoría de restricciones (TOC) para el manejo de los entornos multitarea. Ingeniería y Universidad, 14(1), 2010.

[28] Amezcua, M., Como realizar un protocolo de investigación. Ciberindex: Web de la fundación index. [en línea]. 2000. Disponible en: http://www.index-f.com/PROTOCOLO.php

[29] Gutierrez, M., Romero, S. and Solorzano, M., El Aprendizaje experiencial como metodología docente: aplicación del método Macbeth. Argos, 28(54), 2011.

[30] Medina, A., Amado, M. and Brito, R., Competencias genéricas en la educación superior tecnológica mexicana: desde las percepciones de docentes y estudiantes. Actualidades Investigativas en Educación,10(3), pp. 1-28, 2010.

[31] Aidar, A., Cases and business games: the perfect match!. Developments, Business Simulation and Experiential Learning, 33, pp. 204- 212, 2006.

[32] Blasco, F., Teoría y aplicación de los métodos de aprendizaje en las ciencias empresariales: análisis comparativo entre el método del caso y el juego de simulación de empresa. EU Empresariales, Seminario de Marketing, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, 2000.

[33] Beltrán, L. and Rodríguez, M., Lego, una estrategia didáctica para el aprendizaje de los conceptos relacionados con el fenómeno de la energía, en los estudiantes del ciclo IV del colegio María Mercedes Carranza I.E.D. Tesis de maestría, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia, 2016.

[34] Decreto Nº 1290. Ministerio de Educación Nacional, Bogotá D.C, Colombia, 16 de abril de 2009.

I.A. Castiblanco-Jiménez, es Ing. Electrónica en 2011 de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, MSc. en Ing. 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, Colombia, en el programa de Ingeniería Industrial. Centro de Investigaciones en Manufactura y Servicios – CIMSER, Bogotá, Colombia.
ORCID: 0000-0001 -5866-078X

N. Martìnez-Castro, es estudiante de último semestre de Ing. Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia. Perteneciente al semillero de investigación del énfasis en Gestión y Optimización de operaciones.
ORCID: 0000-0002-8868-3525

M.L. Menco-Sierra, es estudiante de último semestre Ing. Industrial de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia. Perteneciente al semillero de investigación del énfasis en Gestión y Optimización de operaciones.
ORCID 0000-0003-3226-0256

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Experiencia didáctica en el uso de juegos serios como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la gestión de proyectos de informáticos

Liliana Machuca-Villegas

Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. liliana.machuca@correounivalle.edu.co

Resumen— El uso de juegos serios en la educación cada vez más es mayor. A través de ellos se busca fortalecer los procesos de enseñanza aprendizaje dinamizando las clases y generando espacios propicios en el que se tenga un ambiente simulado para el desarrollo de habilidades y conceptos en función de los objetivos de aprendizaje. En este sentido, en este artículo se describe la experiencia didáctica de un juego serio utilizado en el curso de Gestión de proyectos informáticos del programa Maestría en Ingeniería de la Universidad del Valle. Se presenta el proceso de implementación del juego serio y algunos resultados preliminares de la experiencia. Como resultado se aprecia un impacto positivo de la aplicación del juego, reflejando motivación y compromiso por parte de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Palabras Clave— juego serio; gestión de proyectos informáticos; enseñanza-aprendizaje; didáctica.

Recibido: 7 de diciembre de 2018. Revisado: 20 de marzo de 2019. Aceptado: 3 de abril de 2019.

Didactic experience in the use of serious games as support in the teaching-learning process in the IT project management

Abstract— The use of serious games in education is increasing. Through them, the teaching-learning processes can strengthen by motivating the classes and creating favorable spaces in which there is a simulated environment for the development of skills and concepts according to the learning objectives. In this sense, this article describes the didactic experience of a serious game used in the IT Project Management course of the Master in Engineering at Universidad del Valle. The process of implementing the serious game and the preliminary results obtained are presented. As a result of this experience, there is a positive impact of the application of the game, they show motivation and commitment students in their learning process.

Keywords— serious game; IT project management; teaching-learning; didactic.

1. Introducción

Cada vez más es necesario innovar en los procesos de enseñanza, a través de los cuales se pueda producir motivación en los estudiantes de tal manera que se pueda llevar a tener una experiencia agradable y diferente en el aula de clase y que estos resultados se vean reflejados en su rendimiento. Hoy en día, el uso de juegos en los procesos de enseñanza está creciendo, a través de ellos se busca favorecer el desarrollo de una dinámica activa para el proceso de aprendizaje de los estudiantes [1-3].

Los juegos serios se han convertido en una herramienta útil a través de la cual se pueda crear un escenario propicio en el que se tenga un ambiente simulado para el desarrollo de habilidades y conceptos en función de los objetivos de aprendizaje que se desean alcanzar [4,5]. A nivel de ingeniería de software y la informática se ha incluido el uso de juegos serios en sus procesos de aprendizaje [1,6]. Desde esta perspectiva y con el fin de explorar el uso de los juegos serios en la enseñanza aprendizaje de la gestión de proyectos informáticos, se ha utilizado un juego serio en el curso Gestión de proyectos informáticos de la Maestría en Ingeniería de la Universidad del Valle. El proceso y resultados preliminares de esta experiencia se presentan en este artículo.

Esta experiencia surge con el fin de apoyar el proceso de aprendizaje del curso de maestría para propiciar un escenario cercano a la realidad, y a su vez dinamizar las clases y generar espacios en donde los estudiantes se sientan a gusto y disfruten del aprendizaje. Además, hace parte de la exploración de la viabilidad de una propuesta de investigación relacionada con el uso de las mecánicas de juego en contextos de gestión de proyectos de software en un entorno empresarial. Específicamente, se busca motivar la participación y trabajo en equipo durante el desarrollo de un proyecto informático, con el objetivo de obtener una mejora en la productividad de su trabajo.

Así mismo, la gestión de proyectos informáticos exige el desarrollo de habilidades tanto técnicas como personales. Su aprendizaje requiere de la combinación de aspectos teóricos como prácticos que faciliten el desarrollo de estas habilidades. En este sentido, propiciar un ambiente cercano a la realidad, a través del cual estudiantes y profesionales puedan entrenarse en esta área, conduce a proponer nuevas estrategias de aprendizaje que lleven a obtener mejores resultados en la cualificación tanto de estudiantes como de profesionales [5]. También es importante considerar que el conocimiento es construido, y que tener en cuenta la experiencia con que los estudiantes vienen a los cursos y a partir de la cual empiezan a hacer conexiones con los nuevos conocimientos podría facilitarse de alguna manera con el uso de juegos serios en el aula de clase.

Como citar este artículo: Machuca-Villegas, L., Experiencia didáctica en el uso de juegos serios como apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la gestión de proyectos de informáticos. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 18-24, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

La principal contribución de este artículo se enmarca en: i) la presentación de un proceso para implementar un juego serio en un curso de posgrado; ii) la descripción de la experiencia de la aplicación de este proceso en un curso de gestión de proyectos informáticos; y iii) la presentación de algunos resultados preliminares de la experiencia.

El resto del artículo se encuentra estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan algunos trabajos relacionados, en la sección 3 se describe el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo de la experiencia del uso del juego serio en un curso de maestría, la sección 4 incluye resultados de una encuesta de satisfacción y su respectiva discusión, y, finalmente, en la sección 5 se presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Trabajo relacionado

Un juego serio se puede definir como los juegos que tienen el objetivo principal la educación, entregar un mensaje, enseñar una lección o proveer una experiencia, antes que el entretenimiento [2]. Son juegos con el objetivo de formar a los participantes [7]. Permiten a los participantes experimentar, aprender de sus propios errores y adquirir experiencia, de manera segura dentro de entornos de riesgo [5]. García-Mundo et al. [6] presentan hallazgos de un mapeo sistemático para analizar la influencia de los juegos en el aprendizaje en el área de la informática. Los resultados indican que los juegos serios contribuyeron con una mejora en el aprendizaje y en el desarrollo de habilidades requeridas en las asignaturas que los utilizaron.

En el área de gestión de proyectos de software se han realizado algunos trabajos relacionados. Se destaca ProDec [7] un juego serio cuyo objetivo es entrenar y evaluar a los aprendices en este campo de acción. Junto con este proyecto se han realizado diferentes iniciativas asociadas como ProDecAdmin, una herramienta de administración de ProDec que permite a los entrenadores diseñar escenarios de juegos [8]. Así mismo, reportan la aplicación de ProDec en diferentes estándares para la gestión de proyectos de software [9,5]. Maxim et al. [3] exponen avances de la creación de un juego serio como un ambiente de aprendizaje virtual que permite a los estudiantes explorar prácticas de mejora de procesos ágiles. El juego está diseñado para un solo jugador cuyo rol es el de gerente de proyecto y se enfrenta a la máquina que hace las veces de cliente que le presenta las necesidades.

Adicionalmente, a nivel general en el campo de la informática existen diferentes investigaciones relacionadas con el uso de juegos serios, entre ellas la de Gasca-Hurtado et al. [10] en donde se presenta una propuesta de un juego (orientado en el desarrollo de barcos de papel) enfocada en la capacitación en el seguimiento de defectos software en el marco de las metodologías PSP/TSP. Por su parte, Hof, Kropp y Landolt [11] analizan la experiencia del uso del juego Scrum Paper City, una adaptación de Scrum Lego City. Su objetivo fue enseñar colaboración y valores de principios ágiles. En esta adaptación se construye la ciudad de papel, se integran todos los recursos para hacerlo con el fin de que haya más colaboración. Durante las clases van ejecutando el proyecto de construir la ciudad de papel.

Estos son algunos trabajos relacionados con la experiencia de este trabajo. Su contribución permite ver que los juegos serios son una estrategia viable para seguir implementando como parte de la didáctica de las clases. Algunos de ellos tienden a ser juegos de computador otros de escritorio, pero lo importante es que son herramientas útiles para generar motivación y compromiso en los participantes. Se resalta su contribución en el campo y la evolución que se ha tenido al respecto. Por otra parte, se hace necesario seguir extendiendo la aplicación de los juegos serios en asignaturas como gestión de proyectos de software a un nivel de posgrado, las cuales requieren un grado de interacción y trabajo en equipo, y demandan más exigencia, debido al nivel de educación de los estudiantes.

3. Metodología

La experiencia del uso de un juego serio en el curso de Maestría en Ingeniería llamado Gestión de proyectos informáticos se llevó a cabo durante el período febrero - junio de 2017. El juego serio estuvo basado en la analogía del desarrollo de un proyecto para armar un puzle 2D. Esta iniciativa estuvo inspirada en el webinar Juegos serios y dirección de proyectos presentado por la Project Manager Claudia Alcelay en YouTube, acceso disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=_e2ARR37dLA

El proceso que se siguió para el desarrollo de esta experiencia se presenta en la Fig. 1. A continuación, cada una de las fases descritas en una forma detallada.

3.1. Fase de preparación

Inicialmente se realizó una fase de preparación, durante la cual se organizó el escenario de trabajo, se seleccionó y adquirió el juego serio a utilizar. Para esta oportunidad se estableció el puzle 2D como técnica a seguir. Se escogió un puzle de 1000 piezas relacionado con ciudades del mundo. De igual manera, se identificó el grupo de estudiantes que integraría el curso, así como las sesiones de clase, fechas, horarios, entre otros. El curso estuvo integrado por siete estudiantes de diferentes profesiones como Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Topográfica.

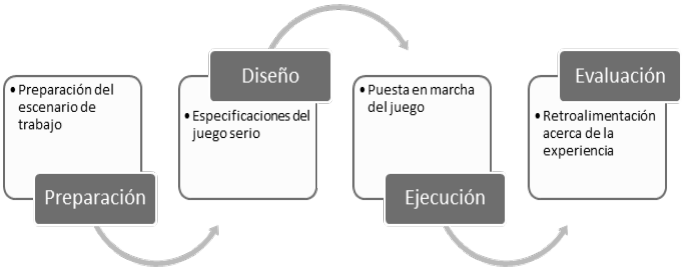


Figura 1. Proceso para el desarrollo del juego serio.
Fuente: Elaboración del autor

Otro aspecto importante a considerar es el contenido del curso a través del cual se estructurará el diseño del juego. En este caso, el curso de gestión de proyectos informáticos está enfocado en el Project Management Body of Knowledge (PMBOK) [12], y por tal razón algunas especificaciones del juego están basados en esta guía.

3.2. Fase de diseño

Posteriormente, se siguió con la fase de diseño, cuyo objetivo fue definir las especificaciones del juego serio. En estas especificaciones se definen los objetivos de aprendizaje, se identifican los roles, se establecen las reglas y se especifican las actividades del juego. Para esta etapa es importante tener en cuenta el contenido del curso.

Objetivos de aprendizaje. Son un componente importante en la implementación de un juego serio, ya que a través de ellos se estructuran los criterios que orientarán el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos se enfocaron hacia el desarrollo de ciertas habilidades en la gestión de proyectos de software y el conocimiento de algunos temas tratados en el curso. Ejemplos de estos objetivos son:

- Objetivo 1: Identificar qué es un proyecto desde una perspectiva práctica y didáctica.
- Objetivo 2. Identificar la gestión de proyectos con entregables como acta de constitución, proceso de planeación, desarrollo de la EDT (Estructura de desglose del trabajo), cronograma, etc.
- Objetivo 3: Comprender que se forma parte de un equipo de proyecto de software.
- Objetivo 3: Promover el desarrollo de habilidades de trabajo en equipo.
- Objetivo 4: Definir y manejar criterios de control.
- Objetivo 5: Extraer lecciones aprendidas.
- Objetivo 6: Experimentar sensaciones de frustración, tensión, alegría, entusiasmo, compañerismo.

Roles del juego. Teniendo en cuenta que el juego serio es un apoyo al curso de gestión de proyectos informáticos, los roles del juego definidos se encuentran relacionados con los roles que comúnmente se pueden presentar en un equipo de proyecto de software. Para esta experiencia, se definieron los siguientes:

- Gerente de proyecto: encargado de liderar el proyecto, de relacionarse con el patrocinador, cliente y usuarios del proyecto.
- Patrocinador del proyecto: su objetivo es acompañar en el desarrollo del juego, brindar apoyo para la realización del proyecto. El facilitador del juego será el encargado de hacer este rol.
- Cliente del proyecto: el facilitador hace las veces de cliente, y en este caso debe dar las especificaciones del proyecto a desarrollar, expresando sus requisitos y criterios de aceptación.
- Miembros del equipo del proyecto: dependiendo de las habilidades de cada miembro del equipo del proyecto, ellos definirán su función en el proyecto.

Reglas de juego. A través de estas reglas se establece una organización del juego y se definen las políticas que orientarán su desarrollo. Se establecieron las siguientes:

- Regla 1: El proyecto a desarrollar consiste en armar un rompecabezas en 2D.
- Regla 2: Dependiendo del número de estudiantes del curso se establecen los equipos de trabajo. Para esta experiencia se estableció solo un equipo.
- Regla 3: El facilitador quien hace las veces de cliente y patrocinador del proyecto define los criterios del proyecto a desarrollar y entrega todos los recursos a utilizar en el juego.
- Regla 4: El gerente y equipo del proyecto se organizan y definen sus funciones en el desarrollo del proyecto.
- Regla 5: Los participantes deberán realizar el proyecto definido de acuerdo con las especificaciones establecidas.
- Regla 6: Todas las actividades del juego se realizarán en las sesiones de clase. Para el caso de las sesiones relacionadas con los procesos de ejecución, control y cierre se llevará a cabo en una sola sesión de clase, cuya duración es de tres horas. Las demás sesiones de trabajo estarán compartidas por algunos temas relacionados con el curso que ayudarán en el desarrollo de la experiencia del juego, por lo que es necesario considerar el tiempo que cuentan en cada una de ellas.
- Regla 7: Para la sesión relacionada con la ejecución, se deben tener en cuenta la definición de los hitos del proyecto especificando la hora exacta del día en que se trabaje en esta sesión, esto con el fin de saber en qué momentos se hace entrega de cada entregable definido en el proyecto.

Actividades del juego. Por medio de las actividades del juego se definen las sesiones de trabajo que se realizarán y se introduce cada uno de los conceptos relacionados con el contenido del curso. El juego está basado en la analogía del desarrollo de un proyecto orientado en la construcción de un puzle 2D. Las actividades están vinculadas con los grupos de procesos establecidos por el PMBOK, se describen en la Tabla 1.

3.3. Fase de ejecución

Una vez se han establecido las especificaciones del juego, se pasa a la fase de ejecución en donde se realiza el juego basado en las consideraciones diseñadas. En esta fase, los jugadores se enfrentan a los diferentes retos que el juego exige y se busca alcanzar los objetivos planteados, siguiendo la estructura del juego en sus reglas y actividades definidas.

Durante este proceso se llevaron a cabo cinco sesiones de trabajo las cuales están relacionadas con las actividades descritas en la fase anterior. En todas las actividades del juego, se percibió una autogestión por parte del equipo de trabajo, y se organizó de tal manera que cada uno cumpliera una función de acuerdo con sus habilidades.

En la fase de ejecución, el equipo de trabajo consideró todos los recursos para llevar a cabo una buena ejecución del proyecto y, como parte de estos, usaron un software para el control del tiempo de cada tarea planificada (ver Fig. 2).

En las fases de planeación, plantearon una estructura del desglose del trabajo en función de la figura del puzle a armar, algunas de estas tareas fueron: separar colores de las figuras del puzle (Fig. 3), separar bordes del puzle, armar bordes (Fig. 4), armar bandera, entre otras.

Tabla 1.
Actividades del juego

Actividad del juego	Tareas a realizar	Recomendaciones
Actividad 1: Inicio del proyecto Se realiza una revisión general de lo qué es un proyecto y cómo dirigirlo. También se describe en qué consiste el juego serio.	La tarea inicial a realizar es el acta de constitución del proyecto. Se define quién tiene que firmar cada entregable. Y También se introducen restricciones acerca del proyecto, por ejemplo: para hacer cualquier cambio dentro del proyecto se debe solicitar la autorización del patrocinador, indicando una justificación para ello.	Se presenta el mapa de los procesos de gestión de proyectos y se brinda una explicación breve de ellos. Se debe tener claro que el proyecto consiste en armar un puzle. Se puede abrir el puzle solo para revisarlo y ver lo que contiene, No se abre ni manipula, se pueden ver las instrucciones. No se puede armar el puzle porque nos encontramos en la etapa de inicio y no en ejecución. El proyecto no ha empezado.
Actividad 2: Planeación del proyecto Se inicia con el desarrollo de algunos procesos de planeación. Se empieza a conocer un poco más de qué trata el proyecto.	Se establecen los requisitos de los interesados. Se realiza el enunciado del alcance del proyecto. Se hace la EDT (Estructura de desglose del trabajo)	Tener claro que el proyecto es armar un puzle. Se puede abrir el puzle solo para revisarlo y ver lo que contiene. No se abre ni manipula. Pueden ver las instrucciones. Se sigue sin usar el puzle
Actividad 3: Planeación del proyecto Se incluyen nuevos procesos de planeación.	Listar las actividades del proyecto. Tener en cuenta la EDT, los paquetes de trabajo. Buscar la relación entre las actividades: predecesoras, sucesoras, etc. Para lograr hacer un cronograma. Estimar la duración de las actividades. Se hace el cronograma.	Es importante que se haga el cronograma porque durante la fase de ejecución se debe definir un tiempo (en minutos) para el desarrollo de las actividades. Se marcan algunas actividades como hitos (a las cuales se les asocia un temporizador) de esta manera se va haciendo entrega de cada entregable. Se sigue sin usar el puzle
Actividad 4: Planeación del proyecto Se incluyen nuevos procesos de planeación.	Se introducen métricas de control. Cada grupo debe definir cuáles son los criterios para controlar el proyecto, los cuales se irán revisando y evaluando en tiempo de ejecución. Se hace un plan de comunicaciones, ya que los interesados forman parte importante del proyecto correspondiente.	Indicar que se debe planificar un riesgo. Se sigue sin usar el puzle
Actividad 5: Ejecución, control y cierre del proyecto	Tener en cuenta el cronograma y entregables. Controlar con temporizador los tiempos de entrega de cada entregable del proyecto. Tener en cuenta la planeación. Monitorear el riesgo planeado. Monitorear el tiempo, entregables y calidad. Momento para lecciones aprendidas.	Las actividades no pueden ser modificadas al azar. Incluir elementos dinamizadores que afecten el rumbo normal del proyecto. Revisar el uso o empleo que hacen de la EDT para ver si realmente sirve o no la tuvieron en cuenta. Analizar el comportamiento del equipo y del gerente del proyecto. Penalizar si no entregan a tiempo los entregables.

Fuente: Elaboración del autor

Por otra parte, los entregables del proyecto se establecieron de acuerdo con las figuras contenidas en el rompecabezas: bandera, torre, buses, iglesia, etc. En la Fig. 5 se presenta una serie de fotos acerca del avance en el armado de algunos entregables.

Infortunadamente, el tiempo estimado para la ejecución del proyecto no fue suficiente para el armado total del puzle 2D. El grado de dificultad del mismo y su número de piezas fue un inconveniente que obstaculizó el desarrollo normal del proyecto. Este tipo de imprevistos denotan retos y dificultades que en los proyectos reales se presentan.

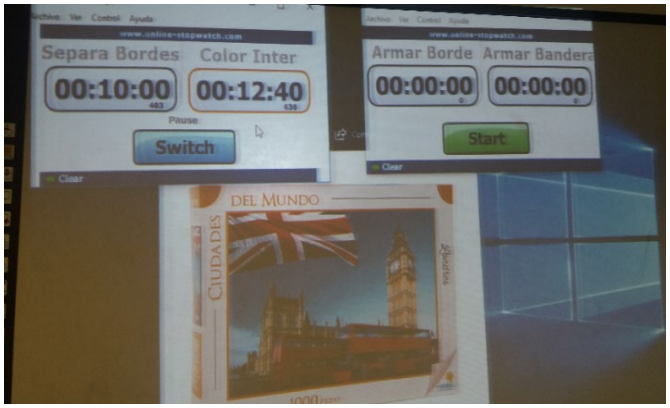


Figura 2. Control del tiempo para el desarrollo de las tareas del proyecto
Fuente: Elaboración del autor

Figura 3. Proceso de selección de las piezas del puzle por color
Fuente: Elaboración del autor

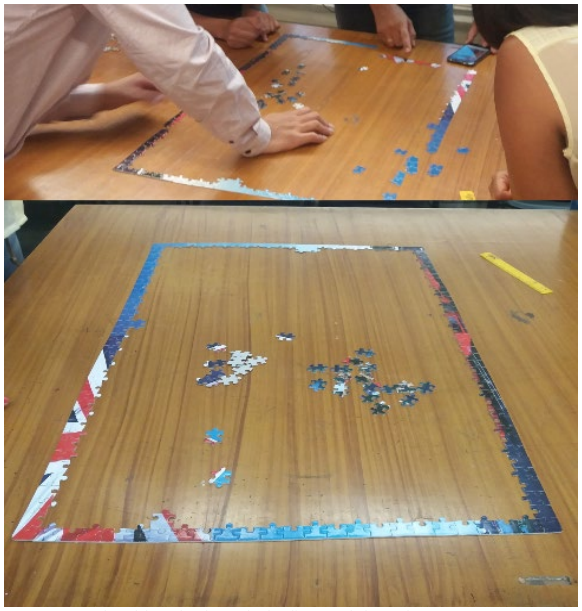


Figura 4. Armando el borde de toda la figura del puzle
Fuente: Elaboración del autor

Figura 5. Armando diferentes figuras del puzle
Fuente: Elaboración del autor

3.4. Fase de evaluación

Finalmente, se continua con la fase de evaluación del juego con el fin de recibir una retroalimentación acerca de la experiencia obtenida desde el punto de vista didáctico y de aprendizaje. Para tal fin, se realizó una encuesta de satisfacción a los estudiantes. Adicionalmente, durante todo el proceso del juego, se observó la dinámica de trabajo de cada participante.

4. Resultados y discusión

Con el objetivo de evaluar la percepción de los estudiantes que participaron en la experiencia con el juego serio aplicado en el curso Gestión de Proyectos Informáticos se utilizó una encuesta. La encuesta se basó en un cuestionario estructurado en tres secciones: la experiencia en el uso del juego, la motivación de los estudiantes y los objetivos de aprendizaje. Se utilizó la escala de Likert para evaluar el nivel de percepción: 1 (Totalmente en desacuerdo); 2 (En desacuerdo); 3 (Ni de acuerdo ni en desacuerdo), 4 (De acuerdo), 5 (Totalmente de acuerdo). El diseño de las preguntas de la encuesta estuvo basado en algunos ejemplos de la literatura como los propuestos en [13].

Tabla 2.
Preguntas encuesta parte I

Preguntas: Evaluación de la experiencia del juego antes, durante y después del juego	
1.	Me sentí interesado en la construcción del rompecabezas
2.	Me divertí durante la experiencia
3.	Estuve concentrado durante el desarrollo de la experiencia
4.	Me sentía inmerso en el juego, olvidando lo que había a mi alrededor.
5.	No me di cuenta del paso del tiempo.
6.	Me sentí competente para realizar el trabajo que demandaba la experiencia
7.	Las tareas no fueron demasiado fácil ni demasiado difícil, suponiendo un reto para mí.
8.	Se sintió la presión del tiempo durante el proceso de ejecución del proyecto
9.	Después del desarrollo de la experiencia me sentí satisfecho

Fuente: Elaboración del autor

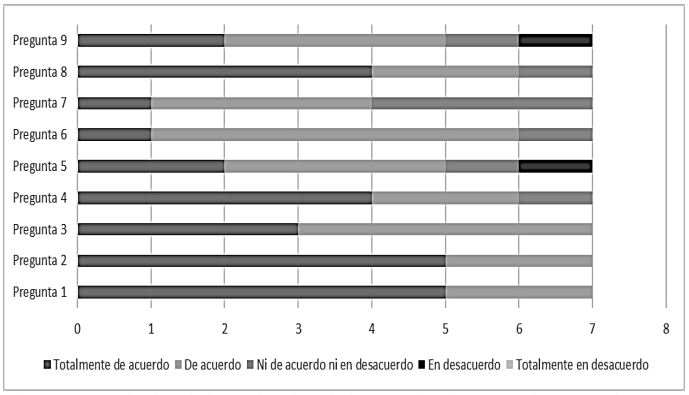


Figura 6. Resultados de la evaluación de la experiencia antes, durante y después del juego
Fuente: Elaboración del autor

Los resultados de las preguntas relacionadas con la evaluación de la experiencia del juego antes, durante y después se presentan en la Fig. 6 y las preguntas en la Tabla 2. Estos resultados indican que la mayoría de los participantes estuvieron de acuerdo y totalmente de acuerdo con la experiencia del juego. Las percepciones fueron favorables, ya que hubo un grado de aceptación por parte de los estudiantes en el desarrollo de la experiencia. Aunque esto es un caso exploratorio y es la primera vez que se realiza en el contexto del curso, este tipo de iniciativas pueden ser propicias como apoyo didáctico en la realización de la clase. Innovar en los procesos de enseñanza aprendizaje lleva a pensar más en los recursos de apoyo y centrar la mirada hacia el estudiante quien es el centro.

También se evaluó la motivación de los estudiantes generada por el uso del juego serio. Los resultados se presentan en la Tabla 3 y en la Fig. 7. En estos resultados se percibe que la experiencia con el juego serio produjo motivación en los participantes al estimular la curiosidad, la competencia, los retos, el conocimiento y el interés en el tema. Parte importante del uso de juegos serios en los procesos de enseñanza es producir motivación y compromiso en los estudiantes. Adicional a estos aspectos, se pudo observar la participación activa de cada uno de los participantes durante las sesiones del juego.

Tabla 3.
Preguntas encuesta parte II

Preguntas Evaluación de la motivación de los estudiantes
1. Había algo interesante en el comienzo del juego que captó mi atención.
2. La idea del proyecto de armar el rompecabezas estimuló mi curiosidad.
3. La idea del proyecto de armar el rompecabezas significó un reto para mí.
4. Pienso que es posible utilizar en la práctica algunas de las cosas que aprendí al jugar este juego.
5. La selección del juego de tipo rompecabezas es llamativa
6. El grado de dificultad del rompecabezas estuvo de acuerdo con el número de miembros del equipo
7. El desarrollo de todas las sesiones de la experiencia con el juego serio fue relevante para mis intereses.

Fuente: Elaboración del autor

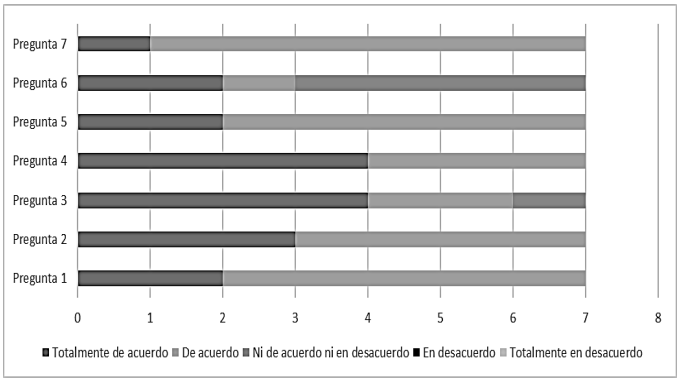


Figura 7. Resultados de la evaluación de la motivación
Fuente: Elaboración del autor

Adicionalmente, en la encuesta se evaluaron los aspectos de aprendizaje. Los resultados asociados indican que se alcanzaron los objetivos trazados y que se destacan aspectos importantes de la gestión de un proyecto informático, como la conciencia de ser parte de un equipo de proyecto, la necesidad de una participación activa y de trabajar en equipo, la importancia de tener criterios de control y gestionar los riesgos, así como la identificación de la dificultad para estimar un proyecto. En la Tabla 4 y Fig. 8 se presentan los resultados obtenidos.

También se permitió que los participantes escribieran comentarios con el fin de tener una retroalimentación y brindar una mejora del proceso realizado. Los dos comentarios que se recibieron son:

1. "Aplicar conceptos teóricos a partir de un juego serio resulta ser una experiencia muy enriquecedora, ya que colocas en práctica lo que estas aprendiendo de una manera agradable y que permite interiorizar los conceptos con mayor firmeza. Al verlo como un juego la experiencia resulta ser más amena, pero se aprende mucho más".
2. "Me gustó mucho la dinámica. Pienso que podría haberse hecho como antesala a toda la teoría, hacer una dinámica al final de la primera clase para hacer una pequeña planeación de esta actividad; realizarla en la segunda sesión, y luego de esto en una realimentación detectar y evidenciar todas las necesidades de planeación, análisis de riesgos y autogestión que se deben tener en cuenta para el desarrollo de un proyecto".

Por otra parte, desde la perspectiva del facilitador, durante el proceso se pudo observar que la idea del juego serio produjo en los estudiantes motivación e interés para participar de la

Tabla 4.
Preguntas encuesta parte III

Pregunta Evaluación de la experiencia en función de los objetivos de aprendizaje. La experiencia con el juego me ha permitido:
1. Aplicar conceptos teóricos sobre la gestión de proyectos
2. Reconocer que es importante construir un plan del proyecto para poder llevar a cabo la ejecución del mismo
3. Comprender que formo parte de un equipo trabajo
4. Integrarme al equipo del proyecto y participar activamente
5. Trabajar como miembro de un equipo que se autogestiona
6. Definir una estrategia de trabajo y organización del equipo respecto a las necesidades del proyecto
7. Reconocer que el rol del gerente de un proyecto es importante para el éxito del mismo
8. Definir y manejar criterios de control
9. Identificar que los riesgos tienen que planificarse desde el comienzo
10. Reconocer que se presentan dificultades internas y externas que pueden afectar la finalización del proyecto
11. Reconocer que no es sencillo estimar la duración de un proyecto
12. Experimentar sensaciones de frustración, tensión, alegría, entusiasmo, compañerismo

Fuente: Elaboración del autor

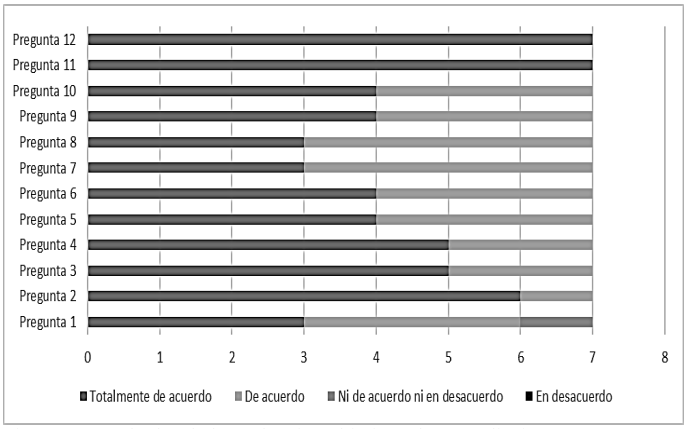


Figura 8. Resultados de la evaluación objetivos de aprendizaje
Fuente: Elaboración del autor

experiencia. El equipo de trabajo se organizó y autogestionó de acuerdo con las tareas y habilidades personales. En las primeras sesiones del juego se apreció un poco de preocupación acerca de la forma en que se debía armar el rompecabezas y el tiempo para el armado del mismo. En la última actividad del juego los estudiantes participaron de una manera más activa y determinante para sacar adelante la ejecución del proyecto. Se apreció un mayor grado de compromiso y actitud por parte del equipo de trabajo, en algunos casos, unos miembros más que otros, pero también se pudo percibir la presión del tiempo en el proceso de ejecución, y esto generó un poco de frustración en los participantes. Así mismo, durante todas las etapas del juego serio, los estudiantes fueron creativos e ingeniosos al organizar el trabajo y usar los recursos para el desarrollo del proyecto asignado.

Es preciso indicar que hay aspectos que se deben mejorar y que forman parte de las especificaciones del juego serio. Tener en cuenta el número de piezas y el grado de dificultad del rompecabezas es un aspecto a considerar, así como el tiempo y sesiones de trabajo. Por otra parte, durante la ejecución del proyecto también es necesario contemplar la inclusión de

elementos de riesgo e imprevistos que pueden presentarse en el desarrollo normal de un proyecto.

Finalmente, se puede concluir que este tipo de iniciativas sirven de apoyo al proceso de enseñanza y que motivan a los estudiantes en su proceso de aprendizaje. A su vez, los resultados obtenidos reflejan aceptación por parte de los estudiantes, indicando con ello que es positivo continuar con este tipo de iniciativas que promuevan la integración del juego en contextos académicos como elementos didácticos. Aunque los resultados finales del proyecto no fueron los esperados, ya que no se alcanzó a armar todo el rompecabezas, los procesos y actividades normales por los que pasa un proyecto informático se llevaron a cabo. Este fin no exitoso también refleja una realidad que en los proyectos de software pasan normalmente.

4.1. Limitaciones de los resultados

Los resultados de esta experiencia presentan limitaciones relacionadas con diferentes aspectos. En primer lugar, el número de estudiantes del curso es pequeño, por lo tanto, el tamaño de la muestra no es representativo. En segundo lugar, el instrumento utilizado para evaluar la percepción de los estudiantes puede generar resultados subjetivos. Y, en tercer lugar, el propósito principal de este artículo se orienta en mostrar el proceso de implementación del juego serio, por lo que no se llevó a cabo un proceso de validación en donde se aplicaran pruebas estadísticas que corroboraran los planteamientos de los estudiantes.

Sin embargo, a pesar de estas debilidades, los resultados preliminares conducen positivamente a la promoción de este tipo de estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la gestión de proyectos de informáticos. Además, estas limitaciones llevan a plantear como trabajo futuro el diseño y desarrollo de un estudio de caso o experimento en donde se pueda validar de una manera rigurosa este tipo de experiencias.

5. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se presenta la experiencia del uso de un juego serio en el contexto del proceso de enseñanza-aprendizaje de un curso de maestría orientado en la gestión de proyectos informáticos. Se describe la propuesta del juego serio, la cual está basada en la analogía de la realización de un proyecto orientado en el armado de un puzle 2D. Las actividades estuvieron dirigidas hacia el desarrollo y aprendizaje de habilidades y contenidos requeridos para la gestión de proyectos informáticos.

Los resultados preliminares dejan ver un impacto positivo de la aplicación de juegos serios en un ambiente académico a nivel de postgrado. Los estudiantes aceptaron el juego de una manera positiva, se sintieron motivados en su proceso de aprendizaje, lo que los llevó a participar activamente en la experiencia. De igual manera, se lograron los objetivos de aprendizaje planteados.

El uso de juegos serios es una estrategia viable para ser empleada en cursos de gestión de proyectos informáticos. La naturaleza del contenido del curso facilita la implementación de este tipo de experiencias. En consecuencia, se enriquece la didáctica y se favorece la diversión y el disfrute de los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Como trabajo futuro, se propone la creación de nuevas iniciativas que promuevan el uso del juego en un contexto de no juego como lo es la gamificación. Se persigue la integración de principios y estrategias de gamificación en las actividades de aprendizaje del curso de gestión de proyectos informáticos.

Adicionalmente, los resultados de la experiencia de este juego serio posibilitan el planteamiento de una propuesta de investigación dirigida hacia la creación de una estrategia de gamificación para el apoyo de la gestión de equipos de desarrollo de empresas de software

Referencias

[1] Guerrero-Peña, D., Trefftz-Gómez, H. and Anaya, R., Juegos en la enseñanza de la ingeniería del software, Rev. Tecnológicas, 22, pp. 43-60, 2009. DOI: 10.22430/22565337.228

[2] Carmona-González, G.L. and Trefftz, H., Diseño de un juego serio como herramienta de apoyo para el curso de programación de operaciones., in: Proceeding of World Engineering Education Forum, WEEF, Sept. 2013.

[3] Maxim, B.R., Kaur, R., Apzynski, C., Edwards, D. and Evans, E., An agile software engineering process improvement game, in: IEEE Front. Educ. Conf., pp. 1-4, 2016. DOI: 10.1109/FIE.2016.7757682

[4] Urquidi-Martín, A.C. y Tamarit.Aznar, C., Juegos serios como instrumento facilitador del aprendizaje evidencia empírica, Opción, 31(3), pp. 1201-1220, 2015.

[5] Calderón, A. and Ruiz, M., Coverage of ISO/IEC 12207 Software Lifecycle Process by a Simulation-Based Serious Game, in: Clarke, P., O'Connor, R., Rout, T., Dorling, A. (eds), Software Process Improvement and Capability Determination. SPICE 2016. Communications in Computer and Information Science, 609, pp. 59-71. Springer, Cham., 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-38980-6_5

[6] García-Mundo, L., Genero, M., Vargas-Enríquez, J. y Piattini, M., ¿Contribuye el Uso de juegos serios a mejorar el aprendizaje en el área de la informática?, Actas las XX JENUI …, pp. 303-310, 2014.

[7] Calderón, A. and Ruiz, M., ProDec: a serious game for software project management training, in: Proceedings of the 8th International Conference on Software Engineering Advances, Venice, Italy, 2013.

[8] Calderón, A., Ruiz, M. and O'Connor, R.V., ProDecAdmin: a game scenario design tool for software project management training, in: European Conference on Software Process Improvement, 2017, pp. 241-248. DOI: 10.1007/978-3-319-64218-5_19

[9] Calderón, A., Ruiz, M. and O'Connor, R.V., Coverage of the ISO 21500 standard in the context of software project management by a simulation-based serious game, in: International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination, 2017, pp. 399-412. DOI: 10.1007/978-3-319-67383-7_29

[10] Gasca-Hurtado, G.P., Gómez-Alvarez, M.C., Muñoz, M. and Mejía, J., Gamification Proposal for Defect Tracking in Software Development Process, in: Kreiner C., O'Connor R., Poth A., Messnarz R. (eds), Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2016. Communications in Computer and Information Science, 633, 2016, pp. 212-224. DOI: 10.1007/978-3-319-44817-6_17

[11] Hof, S., Kropp, M. and Landolt, M., Use of gamification to teach agile values and collaboration, in: Proc. 2017 ACM Conf. Innov. Technol. Comput. Sci. Educ. - ITiCSE'17, pp. 323-328, 2017. DOI: 10.1145/3059009.3059043

[12] Project Management Institute, A guide to the project management body of knowledge, fifth. Pennsylvania: Project Manager Institute, 2013.

[13] Armas-Torres, M.B., Técnicas de evaluación para videojuegos geolocalizados, Trabajo de Grado, Universidad de La Laguna, San Cristóbal de La Laguna, España, 2015.

L. Machuca-Villegas, es Ing. de Sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia. MSc. en Ingeniería de la Universidad del Valle, Colombia. Profesora asistente de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle. Pertenece al Grupo de Investigación Camaleón (HCI - Interacción Humano Computador), de la Universidad del Valle. Su interés en investigación está orientado hacia la ingeniería de software, gestión de proyectos de software y gamificación.
ORCID: 0000-0002-5150-4570

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Método "solución de problemas por objetivos" para la enseñanza de mecánica vectorial en ingeniería, caso de estudio: dinámica

Gustavo Richmond-Navarro, Juan Luis Guerrero-Fernández & Noel Ureña-Sandí

Escuela de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. grichmond@tec.ac.cr, jguerrero@tec.ac.cr, nurena@tec.ac.cr

Resumen— Se propone un método de enseñanza para la solución de problemas orientado a relacionar directamente las variables de interés con la información disponible en cada caso. El objetivo es fortalecer la capacidad del estudiante de afrontar problemas complejos donde se combinen varios tópicos, además, mejorar su capacidad de identificar el método o teoría adecuada que se debe emplear en cada escenario. Mediante un estudio de caso, se presenta la solución de manera completa y detallada de un problema del curso de Dinámica. Adicionalmente, se muestra la generalización del método mediante su aplicación en un ejemplo del curso de Mecánica o Resistencia de Materiales. Se concluye que las principales ventajas del método propuesto son: la profundización en los conceptos base de ingeniería, el análisis detallado del orden lógico de solución de un problema y la posibilidad de ser implementado ajustando levemente las herramientas tradicionales de enseñanza.

Palabras Clave— dinámica; mecánica de materiales; método de enseñanza.

Recibido: 12 de noviembre de 2018. Revisado: 22 de febrero de 2019. Aceptado: 27 de febrero de 2019.

"Problem-solving by objectives" method applied to the teaching of vector mechanics for engineers, case of study: dynamics

Abstract— A teaching method for the solution of problems is proposed, which is oriented to directly relating variables of interest to the available information in each case. The objective is to strengthen the student's capacity of facing complex problems where different topics are combined, also, increasing the student's ability to identify the adequate method or theory which should be used in each specific scenario. Through a case study the complete and detailed solution of an exercise from the Dynamics course. In addition, the generalization of the method is presented by its application to an exercise of the Mechanics of Materials course. It is concluded that, the main advantages of the proposed method are: the deepening of the engineering base concepts, the detailed analysis of the logical solution of a problem, and the possibility to implement the method by slightly adjusting the traditional teaching tools.

Keywords— dynamics; mechanics of materials; teaching method.

1. Introducción

En los últimos diez años, la necesidad por buscar nuevas metodologías para la enseñanza de la ingeniería se ha incrementado. Esto debido a que en la actualidad la educación en ingeniería sigue utilizando los mismos métodos que se han usado desde hace décadas para enseñar los conceptos básicos y resolución de problemas [1].

La enseñanza de las ciencias básicas de la ingeniería se centra principalmente en la explicación de los conceptos. Posteriormente, las clases tratan la solución de problemas o casos donde se aplican los conceptos descritos y se combinan con habilidades previamente desarrolladas como la geometría, el cálculo diferencial y la aritmética.

Al analizar la manera en la que se presentan los tópicos en la literatura de distintas asignaturas, como por ejemplo resistencia o mecánica de materiales, mecánica de fluidos, termodinámica y mecánica vectorial (estática y dinámica), destaca el hecho que, luego de presentar los conceptos, los autores muestran problemas resueltos donde se aplican por lo general los conceptos más básicos de manera directa, para luego asignar al estudiante la resolución de casos complejos donde se requiere aplicar una combinación de conceptos y de herramientas previamente adquiridas [2-4].

También se puede observar, en la mayoría de las obras de literatura de ciencias de ingeniería, que los temas se abordan divididos en capítulos, donde en cada uno se presentan problemas propios de la materia recién expuesta.

Este esquema presenta al menos dos problemáticas que se abordan en este artículo de manera alternativa. La primera es que el estudiante en muchas ocasiones no logra afrontar de manera satisfactoria los problemas complejos, pues la exposición de los tópicos se hizo basada en casos simples. La segunda es que el ingeniero en formación no desarrolla la capacidad de identificar, para un problema particular, cuál es el método o teoría adecuada que se debe emplear en la solución, pues previamente se le enseñó un tema específico y luego se le mostraron ejercicios o problemas sobre el mismo tema.

En [5] se define este tipo de aprendizaje como aprendizaje mecánico o superficial y reiterativo, que tiene lugar cuando el estudiante no relaciona la nueva información con la estructura cognitiva. De manera que los nuevos conocimientos se aprenden de forma aislada y sin relación entre sí, por lo que no contribuyen al aprendizaje significativo y, más bien, lo dificultan.

La investigación realizada por [6] analiza cómo las habilidades metacognitivas y las diferentes estrategias de solución influyen en

Como citar este artículo: Richmond-Navarro, G., Guerrero-Fernández, J.L. and Ureña-Sandí, N., Método "solución de problemas por objetivos" para la enseñanza de mecánica vectorial en ingeniería, caso de estudio: dinámica. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 25-32, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

el éxito al afrontar problemas de física. En este sentido [7] destaca la relevancia de enseñar y discutir con los estudiantes los conceptos erróneos además de los correctos. Adicionalmente en [8] se estudia la capacidad de los estudiantes para identificar la información relevante dentro del enunciado de un problema de ingeniería y se concluye, entre otras cosas, que la estructura de la descripción del problema puede afectar el desempeño del estudiante. En [9] se presenta una alternativa para captar la atención del estudiante y mejorar sus habilidades de solución de problemas, mediante la implementación del uso del teléfono celular, o móvil, durante el desarrollo de las clases, de modo que los problemas sean resueltos de forma interactiva en el teléfono, en un ambiente educativo amigable. En [10] se presenta un modelo de resolución de problemas, por etapas, en el que se utiliza software, no solamente para resolver el ejercicio, sino también como instrumento mediador en la aplicación del modelo.

Con este panorama, resulta urgente que los docentes conozcan los desafíos estratégicos que plantea la actual sociedad del conocimiento a sus estudiantes; y que los capacite de manera efectiva para solventar las nuevas necesidades. El docente debe asumir los roles de facilitador y gestor del conocimiento, para lograr el rol de líder transformacional, en el que confluyen los dos anteriores [11].

En este artículo se propone un método de enseñanza basado en relacionar directamente las variables de interés con la información disponible en cada caso, de modo que en la primera ecuación que sea escrita, aparezca de manera explícita la variable de interés, acompañada por otras variables que deberán ser determinadas.

Así, se pretende solventar las dos problemáticas mencionadas y, a su vez, el método puede ser empleado por los estudiantes para la resolución de los problemas o casos propuestos de manera general.

En particular, se desarrolla el tema en torno a un caso concreto de estudio, el curso de Mecánica Vectorial: Dinámica.

2. Metodología

En esta sección se expone el método propuesto como herramienta para el docente, describiendo la manera de incorporar las técnicas o herramientas clásicas de enseñanza de cada educador, de modo que no sea necesario reformular por completo el material que cada docente tenga ya preparado para una lección o curso de ingeniería.

2.1. El método de Solución de Problemas por Objetivos

El método Solución de Problemas por Objetivos consiste en analizar primero qué concepto de los estudiados en el curso o cursos anteriores permite relacionar la variable de interés con la información brindada en el problema, y a partir de ese concepto/ecuación estudiar cuáles son las variables necesarias para dar la respuesta que se solicita, y de esta manera incorporar conceptos/ecuaciones que permitan ir determinando los valores de las variables desconocidas, necesarias para determinar la variable deseada, antes de abordar la solución aritmética del problema, donde se incluyen los pasos, métodos y variables de interés, diferenciando claramente cuáles partes o pasos del problema requieren únicamente aplicación de conocimientos previos generales (geometría por ejemplo), cuáles requieren conocimientos previos específicos (tópicos de estática en un problema de dinámica por ejemplo), cuáles implican una toma de decisión basándose en los tópicos propios del curso en cuestión (decidir si emplear leyes de Newton o planteamientos energéticos en el caso de dinámica por ejemplo) y finalmente cuáles etapas implican el desarrollo de una o varias ecuaciones, que conllevarán a la solución buscada mediante el uso correcto de la teoría correspondiente.

En el método también se deben indicar las variables que se desconocen y las que ya son conocidas en cada paso.

La solución será orientada a lo que se busca finalmente de modo que la primera ecuación escrita contiene la variable principal de interés, que necesariamente requerirá de otros pasos previos, de modo que, al terminar de plantear la solución, se resuelve de forma numérica el último paso del método y luego se va hacia atrás hasta llegar al paso inicial que tendrá como variable de salida la respuesta buscada.

Esta propuesta se apega al método científico pues descompone el todo en partes más simples de analizar. Además, permite que se evalúe si el estudiante comprendió adecuadamente la materia expuesta, sin necesidad de invertir mucho tiempo resolviendo de forma aritmética el problema.

Cuando se explica el método se pueden señalar, por parte del profesor, algunos problemas de los libros que se enfocan en algún paso específico de un problema más grande, de modo que es posible utilizar el material que ya tiene el profesor preparado para impartir su lección usualmente.

La propuesta de aplicación de este método incluye realizar una explicación de la teoría a los estudiantes, de varios capítulos. Luego se empieza a resolver problemas de alta complejidad y de varios pasos, sin indicar de qué capítulo son, para luego con el método propuesto determinar las técnicas correspondientes para solucionar cada parte del caso planteado y así eliminar las dos problemáticas mencionadas en la introducción de este artículo.

2.2. Ejemplo de uso del método

El método propuesto se explicará al resolver un problema concreto del curso de dinámica, tomado de [12], el cual se enuncia a continuación.

Problema Ejemplo 1: Para el mecanismo mostrado en la Fig. 1 (acotada en milímetros), determine la magnitud y dirección de la fuerza horizontal que se debe aplicar en C para que el collarín C tenga una desaceleración de 4 m/s^2. Considere que la velocidad de C es de 2 m/s hacia la izquierda, que la barra AB pesa 196,2 N, la barra BC pesa 147,15 N y que la masa y dimensiones del collarín C son despreciables, además, considere que no existe fricción en ninguna superficie o punto de contacto.

La manera usual de resolver este problema es empezar por la cinemática y luego pasar a la cinética. Siguiendo el orden de los temas presentados en la literatura [2-4]. Es necesario iniciar por la cinemática pues en el planteamiento cinético se establecen más incógnitas que ecuaciones. Explicar este paso, en la mayoría de los casos, es omitido en la literatura consultada.

En la parte cinemática, se daría inicio analizando las velocidades de los objetos involucrados, definiendo si cada uno está en traslación, rotación o movimiento plano general.

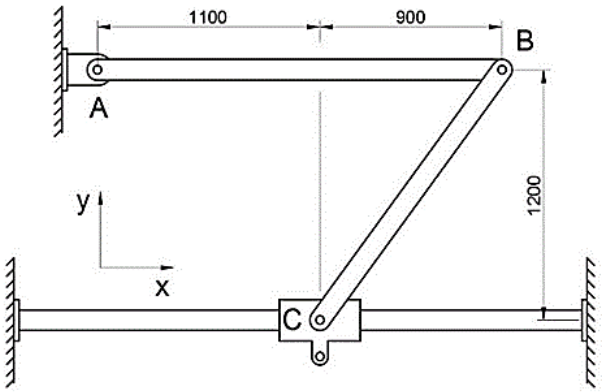


Figura 1. Mecanismo del problema Ejemplo 1, acotación: mm
Fuente: Los autores.

Con la información suministrada y las restricciones de movimiento particulares, es posible resolver la velocidad angular (ω) de cada objeto en el instante mostrado, obteniéndose ω_{AB} = 0,75 rad/s y ω_{BC} = 1,667 rad/s, ambas en sentido horario.

Resuelto el esquema de velocidades se aborda el análisis de aceleraciones, donde juega un papel importante las restricciones de movimiento de cada punto, en particular que el cuerpo AB rota y que el collarín C tiene movimiento lineal en dirección de la barra sobre la que está restringido a desplazarse, de modo que su aceleración será también en esa misma línea de acción.

Al resolver para la barra BC se obtienen las aceleraciones angulares (α) de cada barra, a saber, α_{AB} = 0,682 rad/s^2 en sentido horario y α_{BC} = 2,188 rad/s^2 en sentido antihorario. Luego con esta información es posible obtener la aceleración del centro de la barra BC $\mathbf{a}_{BC}$ = (1,438 **i** – 0,681 **j**) m/s^2.

Finalmente, se aplica la segunda ley de Newton en la barra BC (como se observa en la Fig. 2), donde por primera vez en la solución aparece la fuerza horizontal que se debe aplicar en C para obtener lo que se plantea en el enunciado. Resolviendo la suma de momentos y de fuerzas, se obtiene que se requiere una fuerza horizontal de 134 N hacia la derecha, en el collarín C, para que este tenga una desaceleración de 4 m/s^2.

Con el método que se plantea, el problema Ejemplo 1 se iniciaría buscando directamente la fuerza horizontal que se debe aplicar en C.

Para ello, se debe plantear primero cuál de los métodos vistos involucra el uso de fuerzas en un instante de tiempo. Las posibilidades serían, de acuerdo con el avance del curso cuando se aborde un problema como este, los métodos de energía, impulso y segunda ley de Newton; dado que el primero se relaciona con velocidades y no con fuerzas y el segundo implica un diferencial de tiempo donde ocurre la interacción con la fuerza, se puede concluir que el método adecuado es la segunda ley de Newton.

Al tener definido el concepto por utilizar (paso 1), se llena la primera fila de una tabla, donde se indican las variables involucradas, separando las conocidas y las que aún no se han calculado; además se realizan los diagramas correspondientes para cada paso. Esto se ilustra en la Tabla 1 y la Fig. 2 para el caso que se está resolviendo.

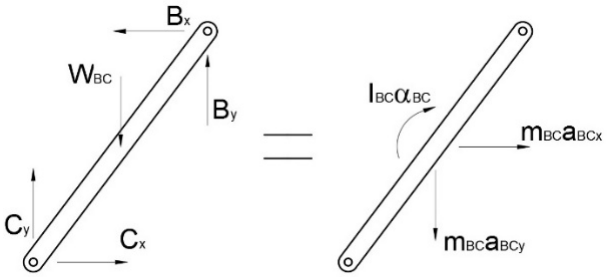


Figura 2. DCL barra BC, acotación omitida
Fuente: Los autores.

Tabla 1.
Paso 1 del problema Ejemplo 1

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
1. Segunda ley de Newton sobre la barra BC, ver Fig. 2	W_{BC} m_{BC}	B_x B_y C_x C_y α_{BC} a_{BCx} a_{BCy} I_{BC} Total: 8	$\sum F_x = m_{BC}a_{BCx}$ $\sum F_y = m_{BC}a_{BCy}$ $\sum M_o = I_{BC}\alpha_{BC}$ $I_{BC} = m_{BC}L_{BC}^2/12$ Total: 4

Fuente: Los autores.

Del paso 1 resuelto en la Tabla 1, se observa que hay 8 variables por determinar y solamente se cuenta con 4 ecuaciones, por tanto, será necesario analizar otros cuerpos y aplicar otros análisis, como por ejemplo la cinemática para determinar las aceleraciones.

Es en este punto donde se puede apreciar el principal aporte del método que se propone. Desde el inicio se toma en cuenta la variable de interés, C_x en este caso, incluso es posible escribir la o las ecuaciones que resuelven el problema, cualquiera que involucre a C_x en este ejemplo; además, se evidencia la necesidad de aplicar las técnicas de cinemática, al tener como variables desconocidas las aceleraciones, de modo que el uso de la cinemática surge de forma racional y no mecánica, se deja de lado la solución tradicional donde se sigue una secuencia estándar, muchas veces resolviendo ecuaciones sin tener exactamente claro el objetivo, sino que mediante esta propuesta se establece el objetivo desde el inicio y luego se realizan pasos posteriores que buscan reducir el número de variables desconocidas en las ecuaciones que resuelven el problema en estudio.

No obstante, lo anterior se resalta que, como cualquier otro método en ingeniería, la creatividad de la persona que afronta la situación será necesaria para lograr alcanzar el objetivo, además, no existe un único camino, en la mayoría de los casos, para llegar a la solución buscada.

Retomando la solución del problema Ejemplo 1, al analizar las variables desconocidas en la Tabla 1, se puede realizar una distinción entre variables cinéticas (fuerzas) y variables cinemáticas (aceleraciones). Dado que las variables cinéticas no pueden ser despejadas mediante métodos cinemáticos, el paso 2 debe ser la aplicación de la segunda ley de Newton en la barra AB, pues ahí están involucradas las fuerzas en el punto B. El diagrama y la tabla correspondiente se muestran en la Fig. 3 y Tabla 2 respectivamente.

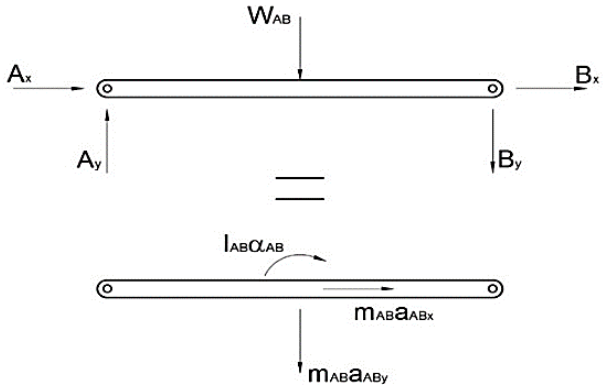


Figura 3. DCL barra AB, acotación omitida
Fuente: Los autores.

Tabla 2.
Paso 2 del problema Ejemplo 1.

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
2. Segunda ley de Newton sobre la barra AB, ver Fig. 3	W_{AB} m_{AB} I_{AB}	A_x A_y B_x B_y α_{AB} a_{ABx} a_{ABy} Total: 7	$\sum F_x = m_{AB}a_{ABx}$ $\sum F_y = m_{AB}a_{ABy}$ $\sum M_o = I_{AB}\alpha_{AB}$ Total: 3

Fuente: Los autores.

Nótese que en la Tabla 2, se ha dado por resuelto el momento de inercia de las barras, para reducir tanto la cantidad de ecuaciones como de variables por determinar. Por otra parte, el total de variables no es la suma simple del total por cada paso, pues existen variables repetidas que implican un acople en las ecuaciones.

En este nivel de avance de la solución, se debe verificar que ya fue empleado el análisis cinético y que efectivamente se dispone de 6 ecuaciones cinéticas y existen únicamente 6 variables cinéticas, esto se detalla en la Tabla 3.

De la Tabla 3 se puede concluir que el problema está resuelto desde el punto de vista cinético, acoplando las ecuaciones que se obtienen al analizar las barras AB y BC.

En este punto, la persona que está resolviendo el problema puede tomar la decisión de escribir o no de manera explícita las 6 ecuaciones de la Tabla 3.

Para efectos de evaluación del tema concreto de cinética de cuerpos rígidos, se puede solicitar a los estudiantes que escriban estas 6 ecuaciones y que les sea evaluado únicamente esto. De modo que no sea necesario resolver la cinemática del problema, pues ese tema fue evaluado con anterioridad, de acuerdo con el orden usual de los temas del curso de dinámica en los libros de texto [2-4].

Retomando una vez más la solución del problema Ejemplo 1, el paso 3 comprende abordar la cinemática de la barra BC. No se opta por iniciar con la barra AB pues se conocen valores de velocidad y aceleración en C, pero no en A o B *a priori*. Siguiendo la lógica del método que se propone, se realizará primero el análisis de aceleración, pues por el momento las variables que se requieren para resolver el problema son las

Tabla 3.
Situación cinética al paso 2 del problema Ejemplo 1

Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles	
B_x	Barra BC	$\sum F_x = m_{BC}a_{BCx}$
B_y		$\sum F_y = m_{BC}a_{BCy}$
C_x		$\sum M_o = I_{BC}\alpha_{BC}$
C_y	Barra AB	$\sum F_x = m_{AB}a_{ABx}$
A_x		$\sum F_y = m_{AB}a_{ABy}$
A_y		$\sum M_o = I_{AB}\alpha_{AB}$

Fuente: Los autores.

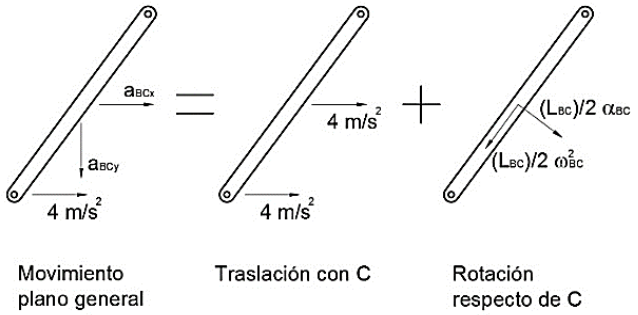


Figura 4. Análisis de aceleración en la barra BC, extremo inferior y punto central, acotación omitida.
Fuente: Los autores.

Tabla 4.
Paso 3 del problema Ejemplo 1

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
3. Análisis de aceleración en la barra BC	L_{BC} a_c	α_{BC} ω_{BC} a_{BCx} a_{BCy} Total: 4	2 ecuaciones al igualar las expresiones para la aceleración del centro de la barra

Fuente: Los autores.

aceleraciones (ver Tabla 2), esto hará surgir de manera natural la necesidad de calcular las velocidades, pero serán las ecuaciones las que evidenciarán esta necesidad, como ya se ha mencionado.

El análisis de aceleraciones que se muestra en la Fig. 4 se realiza mediante la descomposición del movimiento plano general en una rotación y una traslación, detallando el movimiento de dos puntos, como se explica en [13]. En este caso, los dos puntos serán el centro de la barra (por contener las variables de interés de la Tabla 2) y el punto C (pues en ese punto se conoce la aceleración según el enunciado particular).

Tal como se indicó, del paso 3 mostrado en la Tabla 4 surge la necesidad de calcular ω_{BC}, por lo que ahora sí resulta procedente realizar un análisis de velocidades, pues estas son necesarias para encontrar las aceleraciones que a su vez se requieren para hallar las fuerzas.

El análisis de velocidades de la barra BC se muestra en la Fig. 5, partiendo de los conceptos de velocidades relativas, donde se han utilizado los dos puntos extremos porque se tiene información de ambos, la velocidad de C es conocida según el enunciado y la dirección de la velocidad en B está dada por el tipo de movimiento que realiza la barra AB, que es rotación.

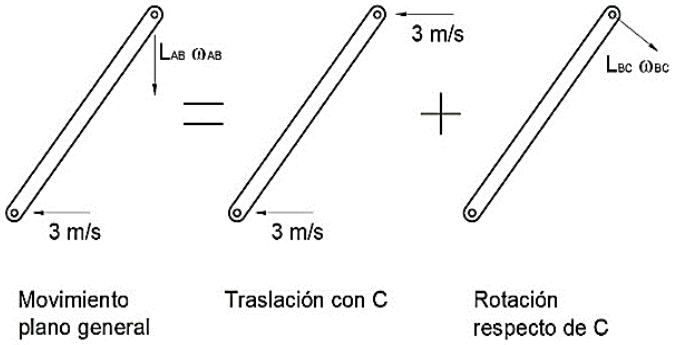


Figura 5. Análisis de velocidad en la barra BC, acotación omitida
Fuente: Los autores.

Tabla 5.
Paso 4 del problema Ejemplo 1

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
4. Análisis de velocidad en la barra BC	L_{BC} v_c	ω_{AB} ω_{BC} Total: 2	2 ecuaciones al igualar las expresiones para la velocidad del punto B de la barra

Fuente: Los autores.

Adicionalmente se han asumido de forma arbitraria las direcciones de rotación de ambas barras de manera horaria, obtener un resultado con signo negativo para cada valor de ω implicaría que la dirección real es la contraria.

En la Tabla 5 se muestra el paso 4 del método propuesto, con las expresiones correspondientes al diagrama de la Fig. 5. Aquí por primera vez en el proceso de solución, se dispone de la misma cantidad de ecuaciones que incógnitas, de modo que es posible despejar todas las variables desconocidas de este paso.

Dado que el paso 4 entrega resultados, se debe volver a los pasos anteriores y actualizar las columnas de variables desconocidas y disponibles, pues ahora las velocidades angulares pasan a la columna de variables disponibles.

De este modo, se garantiza no realizar trabajo innecesario, pues solamente se buscan las variables que inciden directamente en la solución buscada.

La Tabla 6 muestra el método de forma completa y actualizada, hasta el paso 4. Vale la pena indicar que este método se debe resolver con lápiz, para poder ir borrando variables de una columna y pasarlas a otra.

Inspeccionando la Tabla 6, se determina que aún no es posible resolver hacia atrás el paso 3, pues se mantienen más variables desconocidas que ecuaciones.

Por otra parte, se identifica que en el paso 2 está presente la variable α_{AB}, la cual se relaciona con el movimiento de la barra BC mediante el pasador en B. Por este motivo el paso siguiente es analizar a la barra AB.

Dado que la barra AB realiza un movimiento de rotación, la aceleración en el punto B tendrá una componente normal y otra tangencial, la primera en función de ω_{AB} y la segunda en función de α_{AB}.

Tabla 6.
Pasos del 1 al 4 del problema Ejemplo 1

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
1. Segunda ley de Newton sobre BC	W_{BC} m_{BC} I_{BC}	B_x B_y C_x C_y α_{BC} a_{BCx} a_{BCy} Total: 7	$\sum F_x = m_{BC}a_{BCx}$ $\sum F_y = m_{BC}a_{BCy}$ $\sum M_o = I_{BC}\alpha_{BC}$ Total: 3
2. Segunda ley de Newton sobre AB	W_{AB} m_{AB} I_{AB}	A_x A_y B_x B_y α_{AB} a_{ABx} a_{ABy} Total: 7	$\sum F_x = m_{AB}a_{ABx}$ $\sum F_y = m_{AB}a_{ABy}$ $\sum M_o = I_{AB}\alpha_{AB}$ Total: 3
3. Aceleración en la barra BC	L_{BC} a_c ω_{BC}	α_{BC} a_{BCx} a_{BCy} Total: 3	2
4. Velocidad en la barra BC	L_{BC} v_c ω_{AB} ω_{BC}	Ninguna	Resueltas

Nota: se simplificaron los textos
Fuente: Los autores.

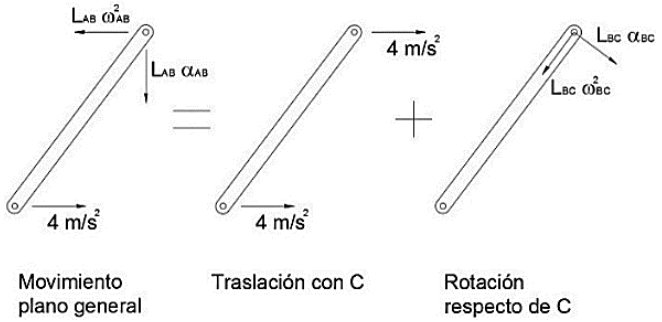


Figura 6. Análisis de aceleración en la barra BC, extremos inferior y superior, acotación omitida
Fuente: Los autores.

Al tener descrita la aceleración del punto B en función de variables de interés (una conocida y la otra por determinar) y dado que la aceleración de C se conoce de antemano, el paso siguiente, paso 5, es realizar un nuevo análisis de aceleración de la barra BC, considerando sus puntos extremos, tal como se muestra en la Fig. 6.

En la Tabla 7 se muestra el paso 5 del método propuesto, con las expresiones correspondientes al diagrama de la Fig. 6. Aquí se debe notar que las velocidades angulares son ahora variables conocidas, de modo que se dispone de la misma cantidad de ecuaciones que incógnitas, por tanto, es posible despejar del paso 5 las aceleraciones angulares de ambas barras, tal y como se buscaba.

Ahora es posible actualizar la tabla de solución, como se presenta en la Tabla 8, donde todas las aceleraciones angulares se han ubicado en la columna de variables conocidas.

Inspeccionando una vez más la tabla de solución en su estado actual, Tabla 8, se identifica que es posible resolver hacia atrás el paso 3, pues ahora se dispone de la misma cantidad de ecuaciones que incógnitas. De modo que se puede reescribir la tabla con toda la cinemática resuelta, pasos 3, 4 y 5 sin variables desconocidas.

Tabla 7.
Paso 5 del problema Ejemplo 1

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
5. Análisis de aceleración en la barra BC	L_{BC} L_{AB} ω_{AB} ω_{BC}	ω_{AB} ω_{BC} Total: 2	2 ecuaciones al igualar las expresiones para la aceleración del punto B

Fuente: Los autores.

Tabla 8.
Pasos del 1 al 5 del problema Ejemplo 1

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
1. Segunda ley de Newton sobre BC	W_{BC} m_{BC} I_{BC} ω_{BC}	B_x B_y C_x C_y a_{BCx} a_{BCy} Total: 6	$\sum F_x = m_{BC}a_{BCx}$ $\sum F_y = m_{BC}a_{BCy}$ $\sum M_o = I_{BC}\alpha_{BC}$ Total: 3
2. Segunda ley de Newton sobre AB	W_{AB} m_{AB} I_{AB} ω_{AB}	A_x A_y B_x B_y a_{ABx} a_{ABy} Total: 6	$\sum F_x = m_{AB}a_{ABx}$ $\sum F_y = m_{AB}a_{ABy}$ $\sum M_o = I_{AB}\alpha_{AB}$ Total: 3
3. Aceleración en la barra BC	L_{BC} a_c ω_{BC} ω_{BC}	a_{BCx} a_{BCy} Total: 2	2
4. Velocidad en la barra BC	L_{BC} v_c ω_{AB} ω_{BC}	Ninguna	Resueltas
5. Análisis de aceleración en la barra BC	L_{BC} L_{AB} ω_{AB} ω_{BC} ω_{AB} ω_{BC}	Ninguna	Resueltas

Fuente: Los autores.

Por tanto, recordando la información disponible en la Tabla 3, o bien analizando los pasos 1 y 2, donde queda claro que se dispone de 6 ecuaciones con 6 incógnitas, se concluye que el problema está finalmente resuelto, pues para obtener los resultados basta con resolver las ecuaciones de manera simultánea.

2.3. Comparación con el método tradicional y relevancia del método en el curso de dinámica

El lector posiblemente habrá notado que el método que se propone plantea las mismas ecuaciones que en el caso del método tradicional, pero en orden inverso. Pues efectivamente la última ecuación planteada en el método propuesto es la primera que se resolvería en el método tradicional.

Por tanto, la relevancia del método propuesto no es la innovación a nivel de mecánica teórica, sino en cuanto al orden de plantear las ecuaciones y la lógica de la búsqueda de solución, orientada directamente a los productos buscados y entendiendo el resto de pasos como accesorios para lograr el fin principal.

Claramente, no es posible en la primera clase del curso de Dinámica resolver completamente un problema como el ejemplo que aquí se plantea, pues involucra muchos conceptos que deben ser estudiados previamente, como lo es la cinemática.

Por tanto, el método es una herramienta que se puede emplear en las etapas finales del curso para lograr integrar todos los conceptos.

De manera alternativa, se puede utilizar un problema complejo como el que se presenta aquí, desde el inicio del estudio de la cinemática, para demostrar cómo y para qué se emplearán los conceptos de cinemática en la obtención de soluciones más complejas.

En el caso anterior, el docente puede dar un panorama general del caso en estudio y luego enfocar la clase en la solución del movimiento rotacional de la barra AB y posteriormente el movimiento plano general de la barra BC. De ese modo se puede integrar el material que ya se tiene preparado para el curso, pues al resolver para la barra BC, se pueden resolver otros ejemplos que sean únicamente de movimiento plano general, pero dando al estudiante el panorama más amplio de la aplicabilidad de estas técnicas para encontrar, por ejemplo, fuerzas que gobiernan el movimiento de máquinas.

2.4. Generalización del método

La idea principal del método propuesto es iniciar buscando exactamente lo que se requiere, dejando para pasos posteriores el cálculo de incógnitas que son insumos necesarios para lograr el objetivo inicial.

Basado en este principio, el método es fácilmente generalizable a otras asignaturas que involucran muchos pasos en la resolución de problemas. Buscando siempre plantear de primero la ecuación que contiene la variable de interés y realizando luego los análisis necesarios para lograr resolver analíticamente esa primera ecuación y obtener así la respuesta buscada.

Para ejemplificar de manera breve la posibilidad de generalizar el método, se considera el siguiente problema de la asignatura de Resistencia de Materiales, tomado de [14].

Problema Ejemplo 2: Un canal provisional de madera que sirve como canal para agua de irrigación se muestra en la Fig. 7.

Los tablones verticales que forman los lados del canal están hincados en el suelo, lo que proporciona su empotramiento. La parte superior del canal está estructurada por tirantes que están apretados de manera que no hay deflexión de los tablones en ese punto. Por lo tanto, los tablones verticales se pueden modelar como una viga AB, soportada y cargada como se muestra en la Fig. 8. Suponiendo que la madera es Abeto Douglas ($\sigma_y = 145$ MPa), la profundidad d del agua es 1,0 m y la altura h hasta los tirantes es 1,3 m, Determine, utilizando un factor de seguridad de 2 a la fluencia, cuál debe ser el espesor mínimo t de los tablones.

Por lo general el problema se resuelve aplicando estática a la viga AB. Al ser un sistema estáticamente indeterminado, la estática es insuficiente para poder determinar las reacciones en los puntos A y B, por lo que se debe realizar un análisis de deformaciones a lo largo de la viga. Para esto se tienen dos caminos: el primero es de manera analítica, mediante el uso de la ecuación diferencial básica de la curva de deflexión de una viga, y el segundo mediante el uso de tablas para deflexiones máximas en vigas para cargas típicas aunado al principio de superposición.

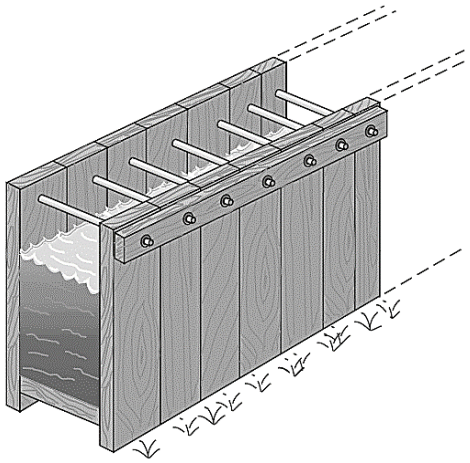


Figura 7. Canal de madera para ejercicio Ejemplo 2.
Fuente: [14].

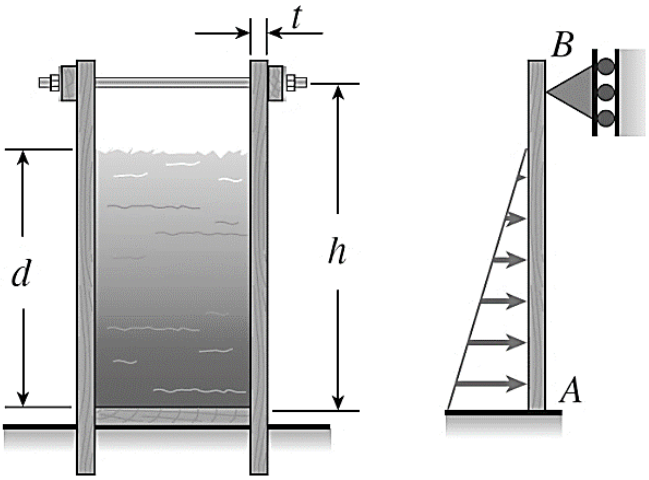


Figura 8. Vista de elevación del Canal y modelado de los tablones verticales.
Fuente: [14].

Después de realizar el análisis de deformación incluyendo la condición de frontera de cero deflexión en el punto B, se obtiene como resultado las reacciones en la viga, incluyendo el momento en la base. Posteriormente mediante el uso de la fórmula de flexión, que relaciona el esfuerzo normal en la viga, con el momento y el módulo de sección, se puede obtener el valor del módulo de sección necesario para cumplir la condición de no exceder la fluencia en el material. Y por último con el módulo de sección, se calcula el espesor mínimo t de los tablones.

Con el método que se propone, la solución al problema se inicia planteando primero la ecuación que contiene la variable deseada, el espesor del tablón t. Esta variable se utiliza para calcular el módulo de sección del área de la sección transversal de la viga. Este primer paso se muestra en la Tabla 9.

Del primer paso se observa que no hay variables conocidas que permitan dar respuesta de manera directa a lo solicitado en el problema, por lo que se debe buscar la manera de relacionar las variables que se muestran en la Tabla 9, con alguna otra información brindada en el ejercicio.

Tabla 9.
Variables del paso 1, problema Ejemplo 2

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
1. Propiedades de sección transversal	ninguna	S = módulo de la sección b = ancho del tablón t = espesor del tablón Total: 3	$S = \frac{b \cdot t^2}{6}$ Total: 1

Fuente: Los autores.

Tabla 10.
Variables del paso 2, problema Ejemplo 2

Paso	Variables conocidas	Variables desconocidas	Ecuaciones disponibles
2. Esfuerzos en vigas: fórmula de flexión	σ_{per} = esfuerzo permisible	S = módulo de la sección M = momento flector Total: 2	$S = \frac{M}{\sigma_{per}}$ Total: 1

Fuente: Los autores.

En el problema se indica que el esfuerzo en los tablones no debe exceder el esfuerzo permisible (el cual se obtiene de dividir el esfuerzo a la fluencia por el factor de seguridad), por lo que el segundo paso es relacionar el módulo de sección con el esfuerzo en la viga. La ecuación que relaciona estas dos variables se muestra en la Tabla 10.

Al combinar la ecuación disponible del paso 1 con la del paso 2, se determina que el espesor de los tablones se puede calcular, como se muestra en la ec. (1).

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{b \cdot \sigma_{per}}} \quad (1)$$

Hasta este punto de avance de la solución, se tienen dos variables desconocidas: M y b. Donde b es el ancho del tablón y M es el momento flector máximo que experimenta la viga, el cual ocurre en la base.

Para determinar el momento flector se debe combinar la estática, con un análisis de deflexiones a lo largo de la viga, incluyendo la condición de frontera en el punto B, según se explicó anteriormente.

En principio, pareciera que para dar respuesta a lo solicitado en el problema hace falta el ancho del tablón b, sin embargo, como resultado del análisis estático, se encuentra que el momento flector es proporcional a la variable b, por lo que al reemplazar el valor de M en la ec. (1), la variable b se cancela, y es posible brindar la respuesta solicitada: t = 18 mm.

Nuevamente el lector podrá notar que el método que se propone plantea las mismas ecuaciones que en el caso del método tradicional, pero implementadas en un orden inverso. De modo que con el método propuesto hay un razonamiento más claro del por qué cada uno de los pasos y ecuaciones utilizadas.

3. Trabajo futuro

Queda para una etapa posterior, aplicar el método propuesto y con las herramientas adecuadas, realizar un análisis

estadístico que permita determinar a largo plazo y de manera cuantificable, los pretendidos efectos positivos de esta metodología de enseñanza y solución de problemas.

4. Conclusiones

Se concluye que las principales ventajas del método propuesto son:

- La profundización en los conceptos base de ingeniería, al ser posible plantear y resolver virtualmente todo el problema sin realizar ningún cálculo.
- El análisis detallado del orden lógico de solución de un problema, quedando en evidencia los pasos óptimos necesarios para ejecutar el problema a la vez que se establece de manera clara cuáles ecuaciones deben ser resueltas para obtener la solución buscada.
- La posibilidad de ser implementado como método de enseñanza ajustando levemente las herramientas tradicionales que poseen los docentes para el desarrollo de sus clases.

Adicionalmente, se debe indicar que, con el método propuesto, es necesario resolver las mismas ecuaciones que con los métodos tradicionales de solución de problemas, pero el orden en el que se plantean es inverso respecto de la literatura de ingeniería.

Referencias

[1] Mason, G., Rutar-Shuman, T. and Cook, K.E., Comparing the effectiveness of an inverted classroom to a traditional classroom in an upper-division engineering course, in: Proc. IEEE Transactions on Education, 56(4), Nov. 2013. DOI: 10.1109/TE.2013.2249066

[2] Beer, F.P., Johnston, E.R. and Cornwell, P., Dinámica. McGraw-Hill, 2010.

[3] Hibbeler, R.C., Ingeniería Mecánica: Dinámica, Pearson, 2010.

[4] Bedford, A.M., Ingeniería Mecánica: Dinámcia, Prentice Hall, 2012.

[5] Sánchez-Soto, I., Antonio-Moreira, M. y Caballero-Sahelices, C., Implementación de una propuesta de aprendizaje significativo de la cinemática a través de la resolución de problemas, Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 17(1), pp. 27-41, 2009. DOI: 10.4067/S0718-33052009000100004

[6] Ali, M., Ibrahim, N.H., Abdullah, A.H., Surif, J. and Saim, N., Physics problem solving strategies and metacognitive skills: force and motion topics, in: Engineering Education (ICEED), 2014 IEEE 6th Conference, pp. 133-138, 2014. DOI: 10.1109/ICEED.2014.7194702

[7] Muller, D.A., Bewes, J., Sharma, M.D. and Reimann, P., Saying the wrong thing: Improving learning with multimedia by including misconceptions. Journal of Computer Assisted Learning, 24(2), pp. 144-155, 2008. DOI: 10.1111/j.1365-2729.2007.00248.x

[8] Kumsaikaew, P., Jackman, J. and Dark, V.J., Task relevant information in engineering problem solving. Journal of Engineering Education, 95(3), 227, 2006. DOI: 10.1002/j.2168-9830.2006.tb00895.x

[9] Deb, D., Fuad, M.M. and Farag, W., Developing interactive classroom exercises for use with mobile devices to enhance class engagement and problem-solving skills, in: Frontiers in Education Conference (FIE), IEEE 2014, pp. 1-4. DOI: 10.1109/FIE.2014.7044043

[10] Toro-Carvajal, L.A., Ortiz-Álvarez, H.H. y Jiménez-García, F.N., Solución de problemas complejos de ingeniería empleando sistemas cognitivos especializados como motivación en la enseñanza de matemáticas avanzadas para ingeniería. Rev. Educación en Ingeniería, 11(22), pp. 31-38, 2016. DOI: 10.26507/rei.v11n22.641

[11] Pedraja-Rejas, L., Desafíos para el profesorado en la sociedad del conocimiento. Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería, 20(1), pp. 136-144, 2012. DOI: 10.4067/S0718-33052012000100014

[12] Riley, W.F. y Sturges, L.D., Ingeniería mecánica: Dinámica. Reverté, 1996.

[13] Pytel, A. y Kiusalaas, J., Ingeniería Mecánica: Dinámica, Cengage Learning, 2012

[14] Gere, J.M. y Goodno, B.J., Mecánica de materiales, Cengage Learning, 2009.

G. Richmond-Navarro, es Lic. en Ing. en Mantenimiento Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en 2008, BSc. en Física en la Universidad de Costa Rica, en 2009 y MSc. de Ingeniería mención Mecánica, de la Universidad de Chile, en 2014. Desde 2018 cursa estudios de Doctorado en Ingeniería en la Universidad de Costa Rica. Desde el 2009, se unió a la Escuela de Ingeniería Electromecánica del Instituto de Tecnología de Costa Rica, como profesor e investigador, donde labora actualmente. Sus intereses de investigación son las energías renovables, particularmente la eólica, la simulación numérica, los métodos numéricos y la educación en ingeniería. Actualmente está impulsando el desarrollo del LIENE, Laboratorio de Investigación en Energía Eólica, en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Ha participado como ponente en conferencias de ingeniería en Asia, África y América.
ORCID: 0000-0001-5147-5952

J.L. Guerrero-Fernández, es Lic. en Ingeniería en Mantenimiento Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en 2008, y MSc. en Mecatrónica de la Universidad de Ciencias Aplicadas Aachen, Alemania en 2015. Desde el 2009, se unió a la Escuela de Ingeniería Electromecánica del Instituto de Tecnología de Costa Rica, como profesor e investigador y desde 2018 se encuentra realizando estudios de Doctorado en la Universidad de Sheffield, Inglaterra. En el proyecto de doctorado trabaja en el desarrollo de algoritmos para Control Óptimo y Control Predictivo por Modelo para Convertidores de Energía de las Olas (Optimal Control and MPC Algorithms for Wave Energy Converters).
ORCID: 0000-0002-4652-3005

N. Ureña-Sandí, es BSc. en Ingeniería de los Materiales, con mención en Procesos Industriales en 2009, y Lic. en 2011, ambos del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se desempeñó en un Laboratorio de Metalurgia Aplicada de 2011 a 2012, en diseño mecánico en el Instituto Costarricense de Electricidad de 2012 a 2014, como ingeniero de manufactura en Vitec Productions Solutions de 2014 a 2017 y desde ese año es docente investigador del área de mecánica del sólido de la Escuela de Ingeniería Electromecánica del Instituto Tecnológico de Costa Rica. También es parte de un proyecto de investigación en Energía Eólica de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión y en 2018 se le otorgó la beca Ale-Costa del DAAD para estudios de maestría en Alemania.
ORCID: 0000-0002-7609-6163.

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Incorporación de TIC en la enseñanza de ecuaciones químicas: experiencia con alumnos de ingeniería

María I. Vera [a] & Raquel Petris [b]

[a] *Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.*
marile.vera5@gmail.com
[b] *Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina.*
raquelpetris@hotmail.com

Resumen— Los ingresantes a carreras de ingeniería de la UNNE tienen dificultad en la escritura de ecuaciones químicas por su relación con saberes previos sobre formulación y nomenclatura que a los estudiantes les cuesta apropiarse. Esto determina el bajo rendimiento en la evaluación del tema. Ante el interés de nuestros alumnos por la tecnología se incorporaron videos explicativos, de producción propia, como apoyo de las clases presenciales. Se analizó el efecto de su visionado sobre el aprendizaje. Se presentan los resultados y análisis de respuestas a ejercicios sobre ecuaciones químicas para las cohortes 2015, 2016 y 2017, con uso de videos, y se contrasta con la 2014 de enseñanza tradicional. El uso de videos favorece el aprendizaje significativo del tema "ecuaciones químicas".

Palabras clave— enseñanza y aprendizaje de química; ecuaciones químicas; TIC; videos didácticos.

Recibido: 16 de noviembre de 2018. Revisado: 20 de marzo de 2019. Aceptado: 24 de abril de 2019.

ICT incorporation in chemical equations teaching: experience with engineering students

Abstract— The freshmen at the UNNE School of Engineering have difficulty in writing chemical equations for its relationship with previous knowledge about formulation and nomenclature that students find hard to internalize. This determines the low performance in the assessment of the subject. In the view of the interest of our students in technology, explanatory video clips of our own production were incorporated in support of classroom lectures. We explored the effect of the video clips on learning. Presented are the results and the analysis of answers of the chemical equations exercises of cohorts of 2015, 2016 and 2017, with use of video clips, and they are contrasted with cohort 2014 of traditional teaching. The use of video clips favors significant learning of the subject "chemical equations".

Keywords— chemistry teaching and learning; chemical equations; ICT; educational videos.

1. Introducción

En Argentina, con las dos reformas educativas -la Ley Federal de Educación, 1993, y la actual Ley de Educación Nacional, 2006- se ha impuesto en la educación secundaria el concepto de alfabetización científica y el enfoque ciencia tecnología sociedad para la enseñanza de las ciencias naturales. Esta cuestión ha disminuido "la importancia de los contenidos tradicionalmente considerados como estrictamente disciplinares, para dar espacio curricular a aspectos situados más en el campo de la comprensión pública de la ciencia", en palabras de Caamaño [1]. Tal es así que el joven ingresante a la universidad no está acostumbrado al pensamiento abstracto, al manejo de simbología y ecuaciones algebraicas con significado conceptual tanto en el campo de la Matemática, como de la Química y la Física. Este hecho quitó relevancia a los procesos cognitivos que están involucrados en –por citar un ejemplo– la escritura de una ecuación química; entonces, los desempeños de memorización de nombres, interpretación de reglas, comprensión de conceptos y de leyes -como la de conservación de la materia- resultan poco trabajados en las horas de clase de la educación secundaria.

Aprender Química es una tarea difícil para cualquier estudiante, tanto del nivel secundario como del universitario básico. Es numerosa la literatura en enseñanza de las ciencias que vincula la dificultad en el aprendizaje de la química con el lenguaje, que utiliza un nivel representacional de gran complejidad basado en el uso de símbolos, fórmulas, diagramas y modelos para interpretar la composición de la materia [2]. Con su lenguaje se representa a las sustancias mediante fórmulas y a las reacciones químicas mediante ecuaciones.

Aparecen en este lenguaje palabras que encierran mucho significado asociado al modelo explicativo que usa la ciencia para concebir a la realidad. Esos vocablos representan entes o bien relaciones entre esos entes. Es así que el estudiante debe comprender el significado de palabras tales como átomo, molécula, ion, estado de oxidación, mol, reacción química, reactivos, productos, enlace químico, que están representando a nivel microscópico el mundo macroscópico que le rodea. Por otra parte, esos conceptos son traducidos a simbología que es muy específica, donde letras y números tienen significados diferentes según donde están escritos. En una ecuación química no tienen el mismo significado los números colocados como

Como citar este artículo: Vera, M.I. and Petris, R., Incorporación de TIC en la enseñanza de ecuaciones químicas: experiencia con alumnos de ingeniería. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 33-38, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

coeficientes delante de las fórmulas de cada sustancia (sea reactivo o producto) que los números colocados como subíndices en las mismas fórmulas. Además, las distintas sustancias se agrupan en familias de compuestos con nombres establecidos por reglas consensuadas entre científicos desde organismos especializados, como la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada). Los nombres científicos de las sustancias no son familiares en la vida cotidiana. Por ejemplo, la sal de mesa que es usada todos los días, no se nombra cotidianamente como cloruro de sodio. Este escenario dificulta el éxito del estudiante en el primer año de las carreras científico-tecnológicas entre las que se cuentan las ingenierías.

El equipo de investigación del Grupo que integran las autoras lleva adelante el Proyecto de Investigación PI 17F001/14 de la Secretaria General de Ciencia y Técnica (SGCyT) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) "Innovación con TIC para fortalecer la enseñanza y aprendizaje de las actividades prácticas de Química y de Física en los primeros años de FaCENA", aprobado por Resolución Nº 358/15 C.S. Los objetivos principales del mismo son: 1- Usar las tecnologías para planificar estrategias que faciliten la construcción del aprendizaje significativo; 2- Indagar y evaluar cómo impacta en el aprendizaje de las ciencias experimentales el uso de TIC en actividades prácticas.

El estudiante universitario asiste a clases teóricas, de trabajos prácticos de ejercicios y problemas, de laboratorio y de consulta, teniendo en cada una de ellas la posibilidad de recibir las explicaciones del profesor y trabajar guiado por el docente para la construcción de sus aprendizajes. De todos modos, pareciera que todo ello no es suficiente para lograr el éxito en los primeros exámenes parciales de química en el primer año de las ingenierías. De acuerdo con Gómez Moliné *et al.* [3]:

> *"… los estudiantes construyen sus ideas, sus representaciones de la realidad a partir de sus propios referentes, su medio ambiente y su lógica cercana al sentido común, accediendo a patrones de aprendizaje a veces diferentes de los del profesor y de los de la ciencia […] constituyendo verdaderos obstáculos que impiden la comprensión de la nomenclatura".*

Hoy día, inmersos en la Sociedad de la Información, se abren nuevos escenarios que permiten crear espacios educativos fuera de las aulas universitarias. Las posibilidades que las TIC ofrecen para la enseñanza y la formación en el terreno de la química y la física son diversas, y van desde facilitar la comunicación profesor-estudiante, hasta presentar información o desarrollar entornos específicos como pueden ser los laboratorios virtuales [4].

Dentro de todas esas posibilidades se encuentran los videos educativos que son un valioso recurso que puede ser utilizado dentro y fuera del aula. El video es un recurso didáctico que combina imágenes y sonidos permitiendo visualizar procesos o procedimientos. La pedagogía utilizada para el diseño de la secuencia de videos editados sobre los contenidos procedimentales del tema "ecuaciones químicas" se basa la propuesta dada por [5] que denomina video educativo a:

> *"los materiales videográficos que pueden tener una utilidad en educación, incluyendo en este concepto a los videos didácticos y cualquier otro tipo, que pueda resultar útil a la enseñanza, aunque no hayan sido creados para ello".*

Dentro de la clasificación de videos que presenta este autor, la *lección monoconceptual* y *la lección temática* son formas de video muy útiles, dado que no presentan larga duración y se refieren a un tema específico que es presentado en forma sistemática y con la profundidad adecuada a los destinatarios. Con esta filosofía *"es posible elaborar videos propios con fines didácticos, donde el profesor dé explicaciones detalladas de manera corta y simple de un determinado tema, presentando*, por ejemplo, la forma de resolución de problemas específicos" [5].

Desde el año 2015 en la asignatura Química General, para carreras de ingeniería en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FaCENA) de la UNNE, se viene trabajando con la incorporación de videos explicativos, como recurso de apoyo a las clases presenciales para las horas de estudio independiente. Los videos fueron desarrollados dentro del equipo de cátedra y se refieren a temas que se evalúan en el primer examen parcial. Estos temas que incluyen contenidos sobre *Formulación y Nomenclatura Química*, *Escritura y Balanceo de Ecuaciones Químicas* y *Cálculos Estequiométricos*, involucran simbología, reglas, nombres específicos y algoritmos que el estudiante debe aprender en un corto tiempo utilizando un lenguaje nuevo, cargado de conceptos fundamentales de alto nivel de abstracción. Los conceptos de estado de oxidación, fórmula química, ecuación química, reacción química, ley de conservación de la materia, son fundamentales y tienen mucho significado conceptual; que queda expresado en toda la simbología que se maneja en la enseñanza de los temas nombrados. Es así que la asignatura Química General se torna difícil para los estudiantes y en especial para los de aquellas carreras que no tienen un perfil profesional asociado directamente con ella. Por este motivo se consideró importante poder buscar otros recursos que puedan ayudar a la comprensión de estos temas.

En trabajos anteriores de las autoras [6,7], se presentaron los resultados de la implementación de los videos referidos a Formulación y Nomenclatura Química y a Cálculos Estequiométricos con fórmulas químicas. Resultados positivos, que marcan diferencia en el nivel de respuestas correctas en el primer parcial en la cohorte 2015 (con videos implementados), respecto de la cohorte 2014 (enseñanza tradicional, sin videos), son los que alientan a seguir con esta propuesta pedagógica. Para citar algunos datos favorecedores *"de la comparación de ambas cohortes, en 2015 hay 10% más de respuestas correctas, mientras que disminuye en igual porcentaje las respuestas incorrectas y no respondidas, en el caso de formulación y nomenclatura"* [7]. En el caso de estequiometria, *"donde las respuestas correctas no superaban el 30% y más del 50% no los resolvía (en 2014), los resultados obtenidos con los alumnos que experimentaron la propuesta didáctica innovadora 2015 son satisfactorios dado que el 51% se considera que comprendió el tema mientras el porcentaje de quienes no resuelven ningún ejercicio ha disminuido a 37%"* [6].

Escribir ecuaciones químicas de obtención de compuestos inorgánicos implica conocimiento claro de las fórmulas

químicas y a la vez reconocer las diferentes familias de compuestos. Según el nombre del compuesto a obtener, el alumno debe ser capaz de identificar a los reactivos involucrados y a los productos por obtener. Además, debe saber sus nombres y fórmulas químicas, lo que presupone el reconocimiento del estado de oxidación de los elementos involucrados. Todo este cúmulo de conocimientos genera confusión en los estudiantes que, de acuerdo a sus tiempos de aprendizaje, no logran afianzar sólido conocimiento respecto de las distintas familias de compuestos inorgánicos en el lapso previsto para la evaluación –tomada a los 45 días de iniciadas las clases–.

Hay que reconocer que la química tiene un lenguaje muy específico donde símbolos y números están cargados de significado, por lo que *"la construcción del conocimiento científico está fuertemente interrelacionada con el aprendizaje del lenguaje utilizado para comunicarlo"* [2].

El propósito de esta comunicación es presentar los resultados y análisis de respuestas obtenidas en ejercicios sobre ecuaciones químicas en el primer parcial para las cohortes 2015, 2016 y 2017 en las que se usaron videos como apoyo a la enseñanza. Se contrasta con la cohorte 2014 de enseñanza tradicional.

2. Propuesta didáctica y metodología

La experiencia que se presenta consiste en la aplicación -como recurso didáctico complementario- de videos temáticos referidos a la obtención de diferentes compuestos inorgánicos mediante ecuaciones químicas apropiadas. En cada video se explica con voz en *off* y se muestra en una hoja de papel el procedimiento para escribir correctamente la ecuación química balanceada del compuesto inorgánico correspondiente. Los videos fueron elaborados por la profesora titular de la asignatura Química General para ingenierías en FaCENA, quien explica el procedimiento simulando una clase presencial y fueron grabados con una *Tablet*. La secuencia de videos respeta el orden con que se enseña, en clases previas, a escribir fórmulas de diferentes familias de compuestos inorgánicos.

Se editaron y publicaron 7 (siete) videos sobre ecuaciones químicas en el sitio de acceso libre *YouTube* creado al efecto:

https://www.youtube.com/results?search_query=maria+irene+vera+miralles

Luego se estableció el enlace desde el apartado "sitios recomendados" del aula virtual de la asignatura:

http://www.quimicageneralingenieriafacena.ecaths.com/links/

Este material estaba disponible antes de asistir a la clase práctica y lo podían visualizar tantas veces quieran, desde una computadora o un teléfono móvil inteligente. Contar con las explicaciones del profesor en contexto extra áulico es tomar los principios de la clase invertida o "*flipped classroom*"; donde aquellas actividades ligadas principalmente a la exposición y explicación de contenidos pasan a ofrecerse fuera del aula, por medio de herramientas tecnológicas, siendo el video el más utilizado" [8]. Para optimizar el aprendizaje, los alumnos fueron orientados en el visionado para que lo hagan de manera efectiva focalizando en los aspectos más relevantes del tema y registrando dudas para posteriores consultas. Con esta secuencia se pretendió que el video no sea un simple recurso tecnológico instaurado por la innovación en sí misma, sino que contribuya a organizar las ideas de los estudiantes, pudiendo prestar mayor atención a aquellas cuestiones que no hayan sido entendidas cabalmente al finalizar la clase presencial. Por ejemplo, poder dar una mirada profunda al procedimiento de agregado de coeficientes para balancear una ecuación química de acuerdo al Principio de Conservación de la Masa.

La experiencia se realizó con alumnos pertenecientes a carreras de ingenierías de la FaCENA que cursaron Química General en las cohortes 2015, 2016 y 2017. El cursado comprende 7 horas semanales distribuidas en clases de teoría, de resolución de problemas y experimentales de laboratorio. El tema objeto de análisis se desarrolla en la primera unidad del programa en clases prácticas de resolución de ejercicios/ problemas en las que los alumnos se distribuyen en grupos a cargo de Auxiliares Docentes. Las actividades de aprendizaje se refieren a ejercicios de obtención de diferentes compuestos inorgánicos (óxidos, hidróxidos, hidruros, ácidos, sales) a partir de determinados reactivos mediante la escritura de las respectivas ecuaciones químicas.

El contenido se desarrolla a continuación del tema Formulación y Nomenclatura Química con la siguiente secuencia de clases: una clase teórica de dos horas –a cargo de la profesora titular- en la que se explican las diferentes situaciones posibles en el balanceo de ecuaciones químicas. Una clase práctica -a cargo del Jefe de Trabajos Prácticos- de resolución de cinco ejercicios con diferentes ítems cada uno, presentados en la guía de actividades. Una clase de atención de consultas –no obligatoria- para atender dudas sobre la resolución de los ejercicios presentados como "ejercicios complementarios" para estudio independiente y fijación. Para esas horas de estudio los alumnos cuentan, además, con el material videográfico editado.

Es importante señalar que las clases prácticas están a cargo de docentes con diferente formación de grado y antigüedad en el ejercicio de la docencia universitaria, lo que a veces repercute en los resultados obtenidos en determinados grupos de alumnos. Tener una explicación detallada a través del video minimiza estas diferencias y favorece la unidad de criterios.

En el caso de los videos de ecuaciones químicas la profesora explica claramente cómo el nombre del compuesto a obtener es orientativo para deducir los reactivos que intervienen en una determinada ecuación química. Hace hincapié en prefijos y sufijos que se deben relacionar para poder deducir el nombre de las sustancias reaccionantes, que, a su vez, se vinculan con el número de oxidación del elemento. Para el balanceo de las ecuaciones explicita cómo deben calcularse los coeficientes estequiométricos, aplicando la Ley de Conservación de la Masa, que se refleja en la ecuación al igualar en reactivos y productos la cantidad de sustancia para cada elemento.

Si bien en este caso las clases teóricas se dictan presencialmente y no son reemplazadas en su totalidad por los videos, se asume que la filosofía de la clase invertida es introducida en el proceso de enseñanza aprendizaje según esta propuesta didáctica. No se eliminan las clases teóricas presenciales –tal como requiere el modelo de clase invertida-

porque se considera que el estudiante de primer año universitario no tiene autonomía para manejar la organización y construcción de sus aprendizajes. El video con explicaciones teóricas, que es un requisito necesario para el modelo de "clase invertida", es aquí utilizado como complemento de clases, asumiendo que esta metodología permite a los alumnos manejar nuevos entornos de aprendizaje que podrán llevarlo -en un futuro- a poder desempeñarse en situaciones de clase invertida que se le presenten.

En cada cohorte, el primer examen parcial fue el instrumento de recolección de datos. Se analizaron las respuestas dadas por los estudiantes a los ejercicios sobre ecuaciones químicas. En el ítem correspondiente se solicitó la escritura de ecuaciones químicas para tres situaciones: un óxido, un hidróxido o un ácido y una sal (oxosal o sal binaria).

Las respuestas de los estudiantes fueron agrupadas en tres categorías: Correctas, Incorrectas y No Contesta. Los indicadores fueron los siguientes: "Correcta" para al menos dos ejercicios bien resueltos; "Incorrectas" para quienes tenían solo un ejercicio bien resuelto o todos mal resueltos; "No Contesta" para quienes no muestran solución alguna.

Se analizaron los primeros parciales de estas cohortes como grupos experimentales y la del 2014 como grupo de testeo, a fin de poder comparar los resultados.

3. Resultados y discusión

Se analizaron las respuestas dadas al ejercicio referido a ecuaciones químicas en 260 parciales en 2014, 261 en 2015, 275 en 2016 y 255 en 2017. Proporcionalmente en cada uno de estos grupos el número de alumnos recursantes es el mismo, cuestión tenida en cuenta para considerar grupos equivalentes. Si bien los ingresantes provienen de diferentes orientaciones de educación secundaria, ya tenemos probado en trabajos previos realizados por este grupo en distintos años, que esa variable no incide en los conocimientos previos con los que los estudiantes llegan a la universidad.

En la Fig. 1 se presentan en porcentajes los resultados obtenidos para cada categoría.

Puede verse claramente que en las cohortes 2015, 2016 y 2017 hay un aumento en la cantidad de respuestas *correctas*; y una disminución en las respuestas *incorrectas*. En 2017 hay un leve incremento de *no contesta* respecto a 2016.

En 2014, las respuestas *correctas* apenas superan el 20% y hay 62% de respuestas *incorrectas*. Hay sólo un 4% de diferencia a favor de las respuestas *correctas* respecto de la opción *no contesta*.

En 2015 hay 34% de respuestas *correctas* (incremento de 13% respecto a 2014), mientras que las respuestas *incorrectas* disminuyen aproximadamente un 10% respecto a 2014 pero siguen mostrando un porcentaje alto (53%). El porcentaje de respuestas *correctas* es 20% superior al de *no contesta* y aproximadamente el mismo porcentaje por debajo del correspondiente a las respuestas *incorrectas*.

Es alentador ver que en 2016 el porcentaje de respuestas *correctas* se aproxima al 50% y supera levemente a las *incorrectas*. La opción *no contesta* no alcanza el 10%. La

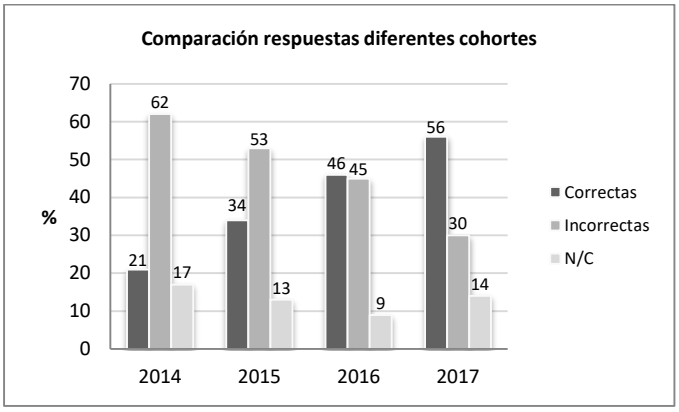


Figura 1. Comparación de respuestas de las diferentes cohortes
Fuente: Los autores

tendencia general se consolida en 2017 con 56% de respuestas *correctas* y 30% de respuestas *incorrectas*. Es en este año, cuando por primera vez se da que la suma de porcentajes de las opciones *incorrectas* y *no contesta* está más de 10 puntos por debajo de la opción *correctas*.

Puede verse claramente que a través de los años y a medida que se fue afianzando la metodología de trabajo en todas las cohortes hay un aumento significativo en la cantidad de respuestas *correctas* y una disminución en las *incorrectas.*

Se destaca que las respuestas correctas de las cohortes experimentales, en muchos casos corresponden a los tres ejercicios bien resueltos. Esto podría sugerir que el recurso contribuye a superar el obstáculo observado tradicionalmente en el balanceo de ecuaciones de obtención se sales.

Para validar la utilización de los videos se aplicó una encuesta a los estudiantes para recabar información vinculada a la cantidad de veces que han visualizado y con qué finalidad. En la Fig. 2 se muestran los porcentajes de respuestas dadas sobre visionado de los videos sobre ecuaciones químicas.

En relación al tema ecuaciones químicas, un 63% de quienes respondieron la encuesta han mirado al menos una vez los videos; y en un 91% de los casos lo hicieron con la finalidad de aclarar dudas y repasar. Un 37% de los encuestados han mirado más de una vez los videos.

Figura 2. Respuestas sobre visionado de videos de ecuaciones químicas
Fuente: Los autores

Figura 3. Respuestas sobre el motivo del visionado de videos
Fuente: Los autores

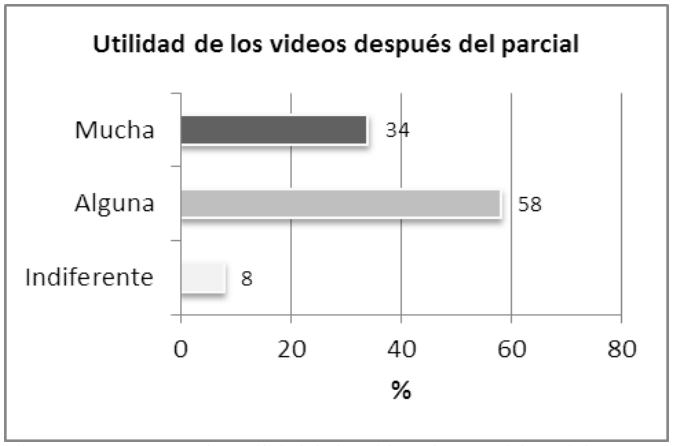


Figura 5. Respuestas sobre utilidad de los videos después del parcial
Fuente: Los autores

En la Fig. 3 se presentan respuestas sobre los motivos del visionado. Los más relevantes son para "aclarar dudas" y como "repaso".

En las Figs. 4 y 5 se presentan las respuestas dadas sobre la utilidad del visionado de los videos antes y después de la evaluación parcial respectivamente.

Respecto a la utilidad de observar los videos antes del parcial (Fig. 4) un 61% responde que fue de mucha utilidad para comprender el tema que se analiza y un 29% considera que fue de "alguna" utilidad.

Después del parcial, para un 92% de los estudiantes que volvieron a mirar los videos resultó de alguna o mucha utilidad.

La pregunta abierta de la encuesta donde se solicitaba sugerencias sobre la metodología utilizada permitió registrar expresiones tales como "*siga haciendo más videos"…"prepare videos sobre ecuaciones redox"…. "prepare videos sobre los laboratorios"…*, por parte de los estudiantes, que son alentadoras para este equipo de trabajo.

En otro análisis de uso de los videos se tomó como indicador el número de visualizaciones que arroja la página de *You Tube*, que a la fecha 13 de diciembre de 2016 registraba 9472 y en la actualidad, 14 de agosto de 2018, se tienen más de 21.000 accesos en total a los sitios correspondientes a los videos de ecuaciones químicas.

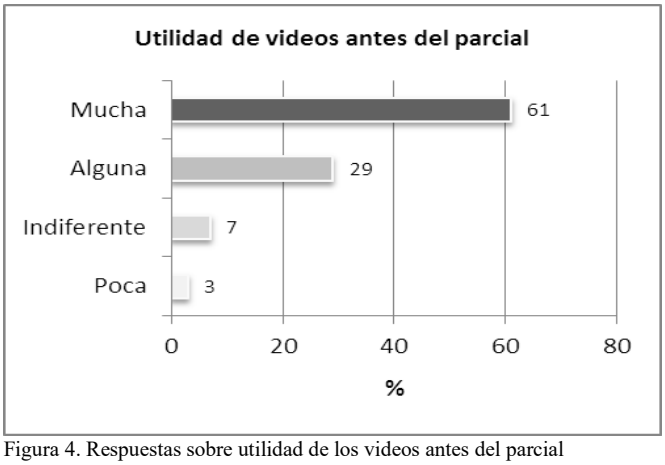


Figura 4. Respuestas sobre utilidad de los videos antes del parcial
Fuente: Los autores

4. Conclusiones

De los resultados obtenidos y de la observación participante por parte de algunos de estos autores, involucrados en el dictado de la asignatura, se puede inferir que el recurso didáctico de los videos explicativos contribuyó a una mejor comprensión del tema, lo que implica darle significado a los números que aparecen delante de las fórmulas en una ecuación química, permitiendo escribirla de manera correcta.

Se podría inferir que el alumno se apropió del lenguaje, la simbología y el significado conceptual de una ecuación química, contribuyendo a conseguir el "pasaje del mundo macroscópico al microscópico y al simbólico" [2] propio del conocimiento científico en química. Saber escribir adecuadamente una ecuación química es una condición necesaria para el desarrollo del tema "estequiometria de ecuaciones químicas" que se desarrolla con posterioridad de acuerdo con el programa vigente de la asignatura.

Podemos afirmar que el uso de los videos se afianzó desde su edición y primera implementación en 2015, no sólo en el alumnado sino en los docentes que, convencidos de su beneficio, insisten recomendando su visionado como una verdadera ayuda para la comprensión del tema.

Atendiendo al número elevado de visitas y las matrículas de nuestras cohortes se evidencia que el tema trasciende a las aulas de nuestra universidad.

El visionado de los videos, la utilidad reconocida y la solicitud de edición de otros videos por parte de los estudiantes que respondieron a la encuesta, y los buenos resultados, nos animan a continuar con la tarea iniciada y seleccionar contenidos de difícil comprensión para la futura edición de videos.

Bibliografía

[1] Galagovsky, L.R., Enseñar química vs. Aprender química: una ecuación que no está balanceada. Química Viva, [en línea], 6(supl.esp.), pp. 1-11, 2007 [Fecha de consulta: 8 de junio de 2017]. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86309909

[2] Montagut-Bosque, P., Los procesos de enseñanza y aprendizaje del lenguaje de la química en estudiantes universitarios. Educación Química, 21(2), pp. 126-138, 2010. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2010.2

[3] Gómez-Moliné, M.R., et al., Obstáculos detectados en el aprendizaje de la nomenclatura química. Educación Química, 19(3), pp. 201-206, 2008. DOI: 10.22201/fq.18708404e.2008.3.25832

[4] Cabero-Almenara, J., Las TIC´s en la enseñanza de la química: aportaciones desde la tecnología educativa. En: Bodalo, A. y otros, Eds., Química: vida y progreso. Murcia, Asociación de químicos de Murcia. 2007, pp. 1-34. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2017]. Disponible en: https://docplayer.es/21057388-Las-tics-en-la-ensenanza-de-la-quimica-aportaciones-desde-la-tecnologia-educativa.html

[5] Marqués-Graells, P., Los videos educativos: tipologías, funciones, orientaciones para su uso. Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, UAB. [en líena]. 1999. [Fecha de consulta: 8 de septiembre de 2014]. Disponible en: http://www.peremarques.net/videoori.htm.

[6] Vera, M.I. et al., Videos como apoyo a la comprensión de cálculos estequiométricos referidos a fórmulas químicas. En: Memorias del III Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias SIEC 2016-Congreso Virtual- Universidad de Vigo, España, junio, 2016.

[7] Vera, M.I. et al., Aporte de las TIC para la enseñanza y el aprendizaje del tema formulación y nomenclatura química. The Journal of the Argentine Chemical Society, 102(1-2), pp. 5-12, 2015.

[8] García-Barrera, A., El aula inversa: cambiando la respuesta a las necesidades de los estudiantes. Avances en supervisión educativa. Revista de la Asociación de Inspectores de Educación de España. 19, pp. 1-8, 2013. [Fecha de consulta: 3 de agosto de 2016]. Disponible en: https://avances.adide.org/index.php/ase/article/view/118

M.I. Vera, es Dra. por la Universidad de Málaga, Málaga, España, en Didáctica y Organización Educativa, en 2014. Esp. en Docencia Universitaria de la UNNE, Corrientes, Argentina, en 2002. Lic. en Ciencias Químicas de la UNNE, Corrientes, Argentina, en 1975. Profesora en Química, Física y Merceología de la UNNE, Corrientes, Argentina desde 1974. Lengua inglesa nivel B2 de la Unión Europea. Es profesora titular de dedicación exclusiva, en Química General para las carreras de Ingeniería y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE (FaCENA, UNNE). Profesora adjunta, de dedicación simple, en Química General para carreras de Bioquímica, Licenciatura en Cs. Químicas y Profesorado de Cs. Químicas y del Medio Ambiente. (FaCENA, UNNE). Directora de Proyectos de Investigación Educativa acreditados por la Secretaria General de Ciencia y Técnica, UNNE. Ha sido coordinadora por Iberoamérica del proyecto AECID C/018373/08, "Trabajo Cooperativo en Red como recurso didáctico en la formación del Profesorado de Ciencias". Período 2009-2010.
ORCID: 0000-0002-1938-2251.

R.H. Petris, es MSc. en Informática y Computación, de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Corrientes, Argentina en 2003, Lic. en Sistemas, en 1999, de la misma universidad. Esp. en Entornos Virtuales de Aprendizaje, en 2011, de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura (OEI), Buenos Aires, Argentina. Esp. en Docencia Universitaria, en 2013, de la Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales (UCES), Buenos Aires, Argentina. Docente titular del departamento de Informática en Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE. Investigadora categoría IV en proyectos de investigación relacionados a la educación digital y multimedios. Producción Intelectual Registrada con el Nº-5103629 en la Dirección Nacional del Derecho de Autor de la obra inédita "Jejaporá Guaraní", Software Multimedia para la enseñanza-aprendizaje de la lengua nativa guaraní.
ORCID: 0000-0003-4739-3932

Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Episteme vs. Tekné: una aproximación al aprendizaje de la programación de computadores en ingeniería de sistemas

Omar Iván Trejos-Buriticá

Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. omartrejos@utp.edu.co

Resumen— El presente artículo expone los resultados de una investigación realizada en el aula cuyo propósito consistía en comparar dos estrategias de enseñanza y aprendizaje de la programación de computadores en Ingeniería de Sistemas. Las dos estrategias a comparar son: la enseñanza conceptual de la lógica de programación (episteme) y la enseñanza tecnológica a través de un lenguaje de programación (tekné). Para medir el impacto de las dos estrategias en el aprendizaje de la programación se acudió a dos grupos diferentes de Programación I. Con cada grupo se desarrolló la misma temática, pero desde una perspectiva diferente. Los resultados se midieron desde lo cuantitativo a partir de evaluaciones escritas tal que su formulación fuera similar en los dos grupos. También se realizó una aproximación cualitativa a partir de la opinión de los estudiantes al final del curso. Se concluye que pareciera ser más relevante la enseñanza de la *episteme* de la programación que de su *tekné* puesto que el mismo estudiante puede inferir mucho yendo de aquella a éste. Como caso especial, también se encontró que algunos estudiantes, a partir del estudio del lenguaje de programación, pudieron inferir los conceptos subyacentes a la lógica computacional.

Palabras Clave— aprendizaje; computadores; episteme; programación; tekné.

Recibido: 26 de enero de 2019. Revisado: 20 de marzo de 2019. Aceptado: 24 de abril de 2019.

Episteme vs. Tekné: an aproximation for learning computer programming in engineering programs

Abstract— This article exposes the results of a research made in the classroom looking for establish elements of comparative judgment that would allow comparing two teaching strategies, and their impact on learning, of computer programming in a Systems Engineering program. The two strategies to be compared consist in the teaching of the logic of programming (episteme) or the teaching of its application reflected in a programming language (tekné). In order to measure the impact of the two strategies on the learning of programming we did with two Programming I courses. The process was carried out with the 1st semester of Systems Engineering of a public university. The results were measured quantitatively from identical written evaluations and under highly similar conditions for their resolution. A qualitative approach was also made based on the opinion of the students at the end of the course. It is concluded that the teaching of the episteme of programming seems to be much more relevant than of its application since the student can go from the 1st to the other. However, there were cases in which some students, from the study of the programming language, were able to infer the underlying concepts of computational logic.

Keywords— computers; episteme; learning; programming; tekné.

1. Introducción

Una de las inquietudes más recurrentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la programación de computadores incluye la discusión acerca de la conveniencia de enfatizar más en la parte puramente conceptual y su fundamento teórico – matemático o llevar al estudiante directamente al computador y articularlo, desde el principio con un lenguaje de programación, con el ánimo de que el mismo descubra los elementos teóricos que le subyacen [1]. Surge esta inquietud debido a que un docente ingeniero está capacitado, por su formación disciplinar, para ser ingeniero y pocas veces (…) está capacitado para ser docente [2] y la programación (de computadores) es parte esencial e integral de cualquier programa de ingeniería [3].

En cualquier otro tiempo la respuesta pudiera ser más fácil de encontrar dado que, veinte años atrás o más, no se contaba con los medios tecnológicos ni con el acceso a ellos tan simple, sencillo y masivo como se cuenta hoy. La aparición de los computadores personales y otros dispositivos, la accesibilidad y el cambio de mentalidad que permitió que cada hogar tuviera en la actualidad, por lo menos, un computador (o intentara tenerlo) adicional a la aparición de cibersalas, o café-Internet, ha puesto a la generación actual de estudiantes de la programación en una situación en la cual encontrar la respuesta invita procesos investigativos [4] como el que se expone en este artículo que sugieren la necesidad de que el tutor reflexione en torno a su práctica [5].

La inquietud fundamental gira en torno al hecho de pensar que, a partir del aprendizaje y apropiación de los conceptos fundamentales que subyacen a los lenguajes de programación, es decir, la lógica de programación, se pueda llegar a tener la proficiencia requerida para entender y utilizar los diferentes lenguajes de programación que existen en el mercado informático de los desarrolladores de software, en contraposición con la inquietud que surge si al acompañar al estudiante en un proceso de aprendizaje profundo del manejo de un lenguaje de programación es posible que él llegue a inferir los conceptos teóricos que subyacen a la lógica de programación y, por lo tanto, pueda llegar a extrapolarlos hacia otros lenguajes o hacia otros paradigmas de programación.

Debe pensarse en diseñar una metodología que permita llegar a conclusiones que, sin ser absolutas, pueden orientar en cuanto a la relevancia que, en tiempos modernos, tiene la

Como citar este artículo: Trejos-Buriticá, O.I., Episteme vs. Tekné: una aproximación al aprendizaje de la programación de computadores en ingeniería de sistemas Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 39-44, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

enseñanza y su impacto en el aprendizaje de la programación de computadores cuando se desarrollan procesos de formación profesional con estudiantes que son nativos digitales [6]. En la enseñanza de las matemáticas, por ejemplo, para una mejora en el aprendizaje debe apartarse de la abstracción y acercarse a los cursos (…) concretos, por ejemplo, basado en matrices [7].

El propósito de esta investigación estriba en aportar elementos de juicio que le permitan a los docentes de programación de computadores, de formación básica secundaria o formación superior, enfatizar más en lo puramente conceptual (episteme), reflejado en la lógica de programación y en su fundamentación matemática, o en lo enteramente aplicativo (tekné) reflejado en un lenguaje de programación desde donde el estudiante pudiera inferir los conceptos que subyacen [8] para que, de esta forma, se aprovechen las características de los nativos digitales [9] y se pueda avanzar mucho más en los procesos de apropiación, asimilación, aplicación, retroalimentación, validación y evaluación del conocimiento [10].

La novedad del presente artículo consiste en que la pregunta ha sido recurrente, motivo de discusión en las salas de docentes de programación, pero pocos estudios se han realizado desde la perspectiva de la investigación educativa tal que se puedan realizar inferencias que conduzcan a conclusiones científicas y menos intuitivas dado que una clase de ingeniería depende, entre otros, de factores como el ambiente, los recursos, las estrategias didácticas y los mecanismos de evaluación para un logro efectivo de los objetivos de formación [11].

Esta investigación se justifica porque tanto en los colegios y universidades se considera, per se, que la enseñanza de la programación de computadores, y sus procesos de aprendizaje asociados, requieren (sin discusión) de la utilización e incorporación de computadores, de lenguajes de programación, de compiladores y de ambientes integrados (IDE por sus siglas en inglés) que posibiliten el aprendizaje [12] olvidando que las oportunidades de mejora para seguir brindando calidad en la educación a los estudiantes constituye uno de los compromisos que adquiere una universidad socialmente responsable [13].

Para el desarrollo de esta investigación, además del trabajo de campo, también se contó con bibliografía especializada tanto en lo teórico investigativo, en lo práctico y en lo metodológico además de la participación de diferentes cursos a partir de los cuales se obtuvieron los resultados y se realizaron las inferencias pertinentes teniendo en cuenta que los individuos que acogen dichos procesos deben permanecer en continuo aprendizaje [14] para poder articular habilidades y cualidades para que se (…)complementen sus habilidades en el logro de diferentes objetivos [15]. Esta investigación es producto del proyecto de investigación código 6-16-13 autorizado por la Vicerrectoría de Investigaciones, Extensión e Innovación de la Universidad Tecnológica de Pereira. La investigación se realizó con cursos de 1er semestre de Ingeniería de Sistemas durante los años 2016, 2017 y 2018 en la asignatura Programación I.

Para los efectos descriptivos necesarios, el presente artículo está organizado de acuerdo al estándar IMRYD [16] que comienza con una Introducción, continúa con unos elementos teóricos para pasar a una metodología, posteriormente se exponen los resultados obtenidos para finalizar en una discusión de la cual se llega a unas conclusiones. En la última parte se relacionan las referencias bibliográficas que sirvieron de soporte para el desarrollo tanto del artículo como de la investigación.

2. Marco teórico

La esencia del conocimiento se ha contrapuesto, desde épocas inmemoriales cuando brillaba la filosofía griega como faro iluminador del pensamiento universal, a la aplicación práctica del mismo [17]. La discusión se ha centrado, desde hace más de veinte siglos, en la pugna entre el camino de buscar dicha esencia y su apropiación o aferrarse a la aplicación del mismo y, a partir de allí, encontrar los elementos teóricos que le subyacen por la vía de la razón heredada de los procesos aplicativos del saber [18]. No ha sido una discusión nueva y por ello los antiguos griegos llamaron a la esencia del conocimiento la *episteme* y a la aplicación del mismo la *tekné* que puso en escena dos corrientes que, con el tiempo, han rivalizado en ese anhelo del ser humano de apropiar y asimilar el conocimiento en la búsqueda de mejorar como seres evolucionados [19].

Esta discusión ha trascendido diferentes épocas del conocimiento, así como diferentes áreas tal como se reflejó en el siglo VIII cuando los árabes difunden los fundamentos del álgebra [20], en el siglo XVI cuando se plantean las bases de la geometría analítica [21], en el siglo XVII cuando se propone el cálculo diferencial [22] y en el siglo XIX cuando la matemática toma nuevos rumbos posibles aún no descubiertos [23]. En estos ejemplos la discusión siempre giraba alrededor de la necesidad de definir si eran más importantes los fundamentos del conocimiento matemático o las situaciones de la vida del ser humano donde éstos eran aplicables.

Hacia la mitad del siglo XX aparecen los computadores como las herramientas que permiten realizar tareas que para el ser humano son posibles, pero altamente agotadoras y, por ello, altamente proclives a generar errores tanto en los resultados como en la interpretación [24]. Las computadoras básicamente permiten realizar grandes cálculos con un margen de error establecido por los cánones que dictan las matemáticas y no por la naturaleza misma de los seres humanos. Eso hizo pensar que era posible llegar a incluir las computadoras en una inmensa cantidad de tareas que, en sus albores, eran todavía inimaginables.

A partir de la necesidad de encontrar nuevas aplicaciones para los computadores se desarrolla la lógica de programación como fundamento matemático para capitalizar al máximo sus capacidades de procesamiento y cálculo [25]. Al mismo tiempo se comienzan a desarrollar los lenguajes de programación que son el vehículo para que se instrumentalicen las soluciones que la matemática provee usando esa nueva lógica computacional requerida.

Las aplicaciones de los computadores, de la lógica de programación y de los lenguajes de programación fueron cada vez más numerosas y necesarias para la sociedad y entonces se empezó a especializar el conocimiento en esta materia al punto de llegar a configurar una nueva profesión que en principio fue un nuevo oficio: el de programador de computadores [26]. Fue

allí en donde apareció, de nuevo, la discusión acerca de lo que necesitaba aprender el programador como base para sus posteriores desarrollos.

De una parte estaban los que defendían el aprendizaje de la lógica de programación representada en sus fundamentos matemáticos pensando en que si se conoce la esencia del conocimiento es posible articularse con sus posibles aplicaciones y desarrollos y, de otra parte, estaban los que defendían el aprendizaje de los lenguajes de programación dado que era una nueva era, una nueva sociedad y un nuevo ser humano y se consideraba posible, y aún se considera, que por el camino del aprendizaje de la *tekné* se puede llegar a los fundamentos que caracterizan su *episteme* [27].

Nunca se pensó, eso sí, que los computadores llegarían a formar parte de la vida cotidiana de los seres humanos al punto que aquellas personas que han nacido en medio de la tecnología se conocen como nativos digitales, como sucede en el presente siglo XXI y para quienes ésta se ha convertido en su lenguaje natural. Todos aquellos que conocieron el mundo sin la alta penetración tecnológica, se conocen como inmigrantes digitales a raíz de la gran influencia que en el día de hoy se experimenta [28] y de su gran incidencia a través de redes sociales en la toma de decisiones y en la manipulación de diferentes momentos de su vida.

El cerebro de los jóvenes de hoy, y de aquellos que no son tan jóvenes, está permanentemente bombardeado por pantallas [29] que en todo momento están trayendo información, bien bajo los parámetros que provee la objetividad o bien como producto, y este es tal vez el más común, de la subjetividad que persigue determinados intereses tanto en lo social, en lo político, en lo comercial, en lo económico e, incluso, en la esfera puramente personal.

A partir de estos elementos de juicio, la investigación en educación está llamada a intentar buscar respuestas a la inquietud inicial considerando, eso sí, las características de los jóvenes de hoy, las bondades que las nuevas tecnologías han incorporado a sus vidas y las limitaciones que ellas mismas proveen dentro de un contexto de interacción social que se mueve más por canales digitales que por canales directos de interrelación personal [30]. Eso es lo que se persigue en esta investigación: intentar encontrar respuestas, o por lo menos poder tener acceso a elementos de juicio, que posibiliten una reflexión más objetiva al respecto del aprendizaje de la programación, que propenda por zanjar la discusión acerca de la relevancia que puede tener la *episteme* sobre la *tekné* pertinente o viceversa si fuere el caso.

3. Metodología

La investigación se realizó durante los años 2016, 2017 y 2018 con grupos paralelos de la asignatura Programación I de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Tecnológica de Pereira. Se escogió el contenido de la asignatura Programación I (que corresponde al paradigma de programación funcional) debido a que sus conceptos innovadores permitían posicionar los grupos en un mismo partidor a diferencia de otros cursos cuyo contenido es el paradigma imperativo o el paradigma orientado a objetos, pues estas temáticas se reciben como asignaturas durante el proceso de formación en básica secundaria. Lo innovador del paradigma funcional, para los estudiantes de I semestre que recién llegan a la vida universitaria, facilita algunas de las actividades prevista para el desarrollo de la investigación.

Cada grupo se dividió en dos subgrupos de manera que con uno de ellos se pudiera conducir la asignatura basado en el desarrollo del contenido establecido curricularmente, pero acudiendo exclusivamente a su fundamentación teórica y al modelo matemático que subyace al paradigma funcional, objetivo principal de la asignatura. Con el otro subgrupo se condujo la asignatura interactuando, desde el primer día del curso, con el lenguaje de programación que se ha establecido para tal fin y que corresponde al lenguaje. La Tabla 1 presenta la cantidad de estudiantes que participaron y la forma como se estructuraron los subgrupos.

El contenido, durante el semestre, se dividió temáticamente en 4 módulos que, siendo interdependientes, fueran también independientes en sus fronteras conceptuales y que permitieran una evaluación claramente delimitada. De esta forma, cada módulo tomaría 4 semanas y así se completarían las 16 semanas que dura el semestre académico. La división conceptual que se realizó fue la siguiente: 1º módulo - Fundamentos, el concepto de función y la estrategia "divide y vencerás", 2º módulo - Condicionales y Menús, 3º módulo – Recursividad y procesos cíclicos, 4º módulo – Conjuntos de datos (listas y vectores).

Las sesiones de cada grupo E se realizó bajo una estrategia de clase magistral haciendo énfasis en la fundamentación matemática asociada al paradigma de programación funcional que corresponde a la asignatura. Las sesiones de cada grupo T se realizó algunas veces en sala de computadores y otras veces con la utilización de computador y videobeam en el aula, pero siempre llevando los conceptos hasta las posibilidades que provee el lenguaje de programación.

Los talleres a realizar durante el curso tuvieron una orientación diferente para cada grupo. Los talleres que realizaron los estudiantes de los grupos E siempre estaban orientados a la resolución de problemas desde una perspectiva matemática general y a la luz de la algoritmia conceptual funcional. Los talleres que realizaron los estudiantes de los grupos T siempre estuvieron orientados hacia la resolución de problemas utilizando directamente el lenguaje de programación.

Se realizaron 4 evaluaciones parciales, todas ellas escritas, y cada una tenía un peso de 15% sobre la nota final, lo cual daría un 60%. El 40% restante correspondió a una evaluación final

Tabla 1.
Estudiantes participantes en la investigación

Año	Sem	Tot. Est.	Grp E*	Grp T*
2016	I	45	23	22
	II	40	19	21
2017	I	42	21	21
	II	42	20	22
2018	I	40	20	20
	II	43	22	21
T o t a l		252	125	127
%		100%	49,6%	50,4%

E = Con orientación a la Episteme,
T = Con orientación a la Tekné
Fuente: Elaboración propia

escrita. Esta evaluación se planteó de la siguiente forma: a los estudiantes de los grupos E, se les plantearon enunciados para ser resueltos con el lenguaje de programación (se le proporcionaron algunos elementos básicos en la misma hoja de la evaluación); a los estudiantes de los grupos T, se les plantearon enunciados para que fueran resueltos desde lo puramente conceptual. De esta manera, se podía conocer el nivel de aprendizaje de cada grupo en función de la posibilidad de resolver problemas conceptuales con una preparación tecnológica o de resolverlos a través de un lenguaje de programación con una preparación enteramente conceptual.

Es de anotar que para ambos grupos las evaluaciones escritas parciales estaban en sintonía con el perfil de los talleres que habían resuelto. Esto solo fue cambiado cuando se realizó la prueba escrita final. Al finalizar el curso, se le solicitó a cada estudiante una opinión acerca de la experiencia investigativa de forma que ellos pudieran expresarse anónimamente y con libertad para detectar elementos cualitativos que fortalecieran las inferencias realizadas al respecto.

En el desarrollo de este artículo se han omitido intencionalmente ejemplos de talleres y evaluaciones parciales realizadas, así como enunciados finales en virtud de la extensión posible del artículo como tal y como una forma de respetar el espacio que para este tipo de publicaciones dispone la revista. Los detalles están disponibles para las verificaciones a que haya lugar.

4. Resultados

Para efectos de simplificar la presentación de los resultados que se obtuvieron durante toda la investigación, se calculó el promedio de las notas obtenidas por parte de los estudiantes en cada una de sus pruebas, tal como se presenta en la Tabla 2.

La evaluación (trabajo) final, que condensaba el resultado compilado de todo el proceso pues permitía la oportunidad de que el estudiante pusiera a prueba los conocimientos aprendidos en programación funcional, arrojó los resultados que se exponen en la Tabla 3.

En este caso también se acudió al cálculo del promedio de las notas para simplificar la presentación de los resultados.

Al finalizar el curso se realizó una encuesta anónima, para garantizar mayor libertad y sinceridad en la respuesta, en la cual se les hicieron a los estudiantes las siguientes 3 preguntas:

Pregunta 1E. ¿Considera usted que es posible, a partir del estudio de los conceptos básicos que subyacen a la programación funcional y a su modelo matemático, llegar a manejar con total libertad y proficiencia el lenguaje de programación?

Pregunta 1T. ¿Considera usted que es posible, a partir del estudio del lenguaje de programación y de las utilidades que provee, llega a inferir y apropiar los conceptos que subyacen a su modelo matemático y sus respectivos conceptos básicos?

Pregunta 2. ¿Estuvo a gusto en el grupo en el cual le correspondió?

Pregunta 3. ¿De 1 a 5, en cuánto calificaría su propio nivel de aprendizaje de la programación funcional, de su modelo matemático, de la teoría que le subyace y de sus aplicaciones en el computador?

Tabla 2.
Notas obtenidas en las evaluaciones parciales

Año	Sem	Promedio de notas (Eval. Parciales)	
		Grp E	Grp T
2016	I	4.1	3.7
	II	4.0	3.9
2017	I	4.2	3.8
	II	4.0	3.9
2018	I	4.1	3.6
	II	4.0	3.8
Prom de prom		4.066	3.783
Diferencia		0.283	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.
Notas obtenidas en el programa final

Año	Sem	Promedio de notas (Trab. Final)	
		Grp E	Grp T
2016	I	4.6	3.4
	II	4.5	3.5
2017	I	4.3	3.5
	II	4.5	3.6
2018	I	4.7	3.9
	II	4.4	3.6
Prom de prom		4.500	3.583
Diferencia		0.917	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.
Resultados Opinión de estudiantes

Año	Sem	Pregunta 1				Pregunta 2		Pregunta 3	
		1E		1T					
		Si	No	Si	No	Si	No	GrE	Gr T
2016	I	20	3	20	2	42	3	4.5	3.5
	II	18	1	19	2	36	4	4.0	4.0
2017	I	18	3	17	4	38	4	4.5	3.5
	II	19	1	20	2	39	3	4.0	3.5
2018	I	18	2	18	2	35	5	4.4	3.9
	II	21	1	18	3	40	3	4.6	3.5
Totales		114	11	112	15	230	22	4.6	3.7
% Relativo		92%	8%	88%	12%	91%	9%	0.9	
% Absoluto		45%	4%	44%	6%				

Fuente: Elaboración propia

A los estudiantes que participaron en grupos con orientación a la episteme se les realizó la pregunta 1E y a los que formaron parte de los grupos con orientación a la tekné se les formuló la pregunta 1T. Las otras dos preguntas se les hicieron a todos los estudiantes, independiente del subgrupo en el cual les correspondió. Los resultados obtenidos con estas preguntas se presentan en la Tabla 4.

5. Discusión y análisis

En cuanto a la ventana de tiempo de investigación se consideró que 6 semestres constituían un período apropiado para realizar los análisis pertinentes teniendo en cuenta que los contenidos curriculares de un programa como Ingeniería de Sistemas pueden cambiar y que los jóvenes que vienen de los colegios (pues el estudio se realizó con estudiantes de 1er semestre), con el transcurrir del tiempo, van llegando con más capacidades de aprendizaje debido al uso de las nuevas tecnologías y al acceso a diferentes fuentes de información.

Los grupos seleccionados para este estudio fueron equivalentes tanto en cantidad como en procedencia y nivel de estudio. Se observa en la Tabla 1 que el número de estudiantes en cada grupo fue muy cercano (y algunas veces el mismo) al del grupo paralelo. Todos los estudiantes provenían del mecanismo de selección que tiene destinado la universidad pública según lo establecido en las leyes colombianas. Todos eran recién egresados de colegios tanto públicos como privados. Se presentaron casos muy esporádicos de estudiantes que habían egresado de la formación básica secundaria en tiempo superior a 1 año.

En cuanto al promedio de las notas parciales, como se presenta en la Tabla 2, puede observarse que en todo momento dicho promedio fue superior en los grupos *Episteme* que la orientación con los grupos *Tekné* y que la diferencia entre el promedio de promedios fue de 0.283 a favor de los subgrupos orientados a la episteme.

Debe aclararse que las evaluaciones parciales escritas siempre fueron equivalentes, es decir, se procuró que los enunciados tuvieran en común la mayor cantidad de factores que se involucran en su diseño de forma que, aun siendo contenidos diferentes, estuvieran al alcance de los alumnos dentro de un marco coherente de premios y castigos y para que los estudiantes pudieran resolverlos con las herramientas y los conceptos recibidos según la orientación del grupo. Llama la atención de que en todo momento la relación de superioridad en cuanto al promedio de notas de los subgrupos E fue superior al promedio de los subgrupos T.

En cuanto a los resultados que se presentan en la Tabla 3, estas notas reflejan el resultado del trabajo final cuyo objetivo era verificar hasta dónde cada grupo de estudiantes eran capaces de alcanzar el otro conocimiento, esto es, los estudiantes de los grupos orientados a la *Episteme* poder manejar con proficiencia el lenguaje de programación desde su propia autonomía (y con una orientación mínima) y los estudiantes de los grupos orientados a la *Tekné* poder inferir los conceptos que subyacen a la utilización del lenguaje de programación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que el promedio de los promedios de los grupos E es superior (4.5), en resultados cuantitativos, que el promedio de los promedios de los grupos T (3.583) quedando una diferencia de 0.917 (que podría aproximarse a 1 unidad) a favor del promedio de promedios de los subgrupos E. Según los resultados todo parece indicar que resultó mucho más fácil a los estudiantes con orientación a la *episteme* adaptarse y hacer suyo el lenguaje de programación que a los estudiantes con orientación a la *tekné* inferir los conceptos teóricos que subyacen al lenguaje de referencia.

En la Tabla 4 se obtuvieron unos resultados que vale la pena analizar. La pregunta 1 (en sus dos versiones), tuvo una respuesta más favorable con los estudiantes del grupo E que con los estudiantes del grupo T. Según los resultados obtenidos, el 92% de los estudiantes de los E consideraron que era posible ir de la *episteme* a la *tekné* apropiando y utilizando sus facilidades para construir un programa funcional. Por su parte, y en comparación con éstos, un 88% de los estudiantes de los grupos T consideraron que el mismo proceso era posible pero tomando como base la *tekné* para llegar a la *episteme* de la asignatura.

En cuanto a la pregunta 2, puede observarse que el 91% de los estudiantes estuvo a gusto con el grupo en el cual fue ubicado y que solamente el 9% respondió NO a dicha ubicación que, como se explicó en un párrafo anterior, fue completamente aleatoria buscando la mayor objetividad posible y sabiendo que los estudiantes que llegan a 1er semestre traen diferentes niveles de conocimiento en programación de computadores.

Los promedios de las notas obtenidas por los mismos estudiantes en cuanto a su nivel de aprendizaje de la programación, que buscaba responder a la pregunta ¿aprendió a programar?, muestra una valoración mayor hacia los grupos E que hacia los grupos T al punto que la diferencia entre el promedio de los promedios es de 0.9, una diferencia alta considerando que se trata de la tendencia central de un promedio ya calculado.

Lo anterior nos deja presente que los estudiantes de los grupos con orientación hacia la *episteme* parecieran haber alcanzado mayor seguridad en la apropiación de los conceptos y que eso les confirió un conocimiento que valoraron cuantitativamente más que aquellos estudiantes que estuvieron en los grupos con orientación a la *tekné*. No debe desconocerse, de todas formas, que son los jóvenes de hoy, y gracias a la penetración de las nuevas tecnologías y de la transformación de su lenguaje natural, los que pueden de manera más fácil inferir los conceptos básicos epistemológicos a partir de la interacción con lenguajes de programación.

Es de anotar que las reflexiones comparativas en relación con otros estudios, por sus características y por los elementos que coinciden y discrepan, corresponden a la temática de otro artículo con el ánimo de que se puedan plantear reflexiones que enriquezcan las discusiones al respecto.

6. Conclusiones

El tamaño de la muestra de estudiantes que participó en la investigación es adecuado, aunque podrían fortalecerse más los resultados involucrando más estudiantes y por ende más cursos por semestre. Debe tenerse en cuenta que entre los factores exógenos que podrían influir en la objetividad de esta investigación está el hecho de que algunos estudiantes tienen conocimiento previo bien fundamentado en relación con la programación de computadores, los grupos tienen comunicación entre sí durante las demás asignaturas y a través de los medios de comunicación modernos posibilitando una interacción inevitable.

Se cumplió con el objetivo fundamental en un curso de programación y es que, bien por el camino de la orientación hacia la *episteme* o bien por el camino de la orientación hacia la *tekné*, los estudiantes que participaron en esta investigación aprendieron a programar aplicando tanto el modelo matemático como sus expresiones tecnológicas (lenguaje de programación).

En relación con el aprendizaje de la programación de computadores, es posible que el estudiante que recibe una orientación puramente epistemológica pueda llegar a apropiar y aplicar con facilidad los recursos que provee un lenguaje de programación que se ajuste al paradigma estudiado.

Igualmente es posible que, a partir de una orientación enteramente tecnológica de contacto e interacción con un

lenguaje de programación desde el primer día de clases, se puedan llegar a inferir los conceptos básicos y el modelo matemático que subyace al paradigma que se esté estudiando.

Los resultados cuantitativos obtenidos en la investigación indican que es mucho más expedito el camino para apropiar el uso del lenguaje de programación a partir de una formación basada en los fundamentos teóricos y conceptuales que inferir los fundamentos del modelo matemático que subyace a un paradigma de programación a partir del uso y aplicación de los recursos que provee un lenguaje de programación.

Bibliografía

[1] Blanchard, B., System engineering management, 4th ed., Wiley Publish, New York, 2008.

[2] Trejos-Buriticá, O., Metodología para aprender programación funcional en Ingeniería de Sistemas aplicando teoría de aprendizaje por descubrimiento. Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 12(23), pp. 69-75, 2017. DOI: 10.26507/rei.v12n23.719

[3] Fuentes-Rosado, J. y Moo-Medina, M., Dificultades de aprender a programar. Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 12(24), pp. 76-82, 2017. DOI: 10.26507/rei.v12n24.728

[4] Bisquerra-Alcina, R., Metodología de la investigación educativa. Ed. La Muralla S.A., Madrid, España, 2004.

[5] Bustos-Gonzalez, R., Tutoría entre pares como estrategia para la formación de ingenieros: desafios y nudos críticos. Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 13(26), pp. 4-10, 2018. DOI: 10.26507/rei.v13n26.887

[6] Ballester-Valori, A., Meaningful Learning in practice. Islas Canarias: Universitat de les Illes Ballears, Palma, Illes Balears, España, 2011.

[7] Costa, V. y Rossignoli, R., Enseñanza del algebra lineal en una facultad de ingeniería: aspectos metodológicos y didácticos. Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 12(23), pp. 49-55, 2017. DOI: 10.26507/rei.v12n23.734

[8] Campillay, S. y Meléndez, N., Análisis de impacto de metodología activa y aprendizaje heurístico en asignaturas de ingeniería. Actualidades Investigativas en Educación, 15(2), pp. 1-16, 2015. DOI: 10.15517/aie.v15i2.18950

[9] Small, G., Digital Brain. Ed. Urano, Barcelona, España, 2009.

[10] Van Roy, P. and Haridi, S., Concepts, techniques, and models of computer programming. MIT Press, Boston, USA, 2004.

[11] Zuluaga-Rendón, Z., Corredor, J., Quintero, J., Ramirez-Echeverry, J. y Olarte, F., ¿Qué es una buena clase en ingeniería desde el punto de vista de los estudiantes? Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 12(23), pp. 83-92, 2017. DOI: 10.26507/rei.v12n23.740

[12] Ministerio de Educación Nacional. Estandares básicos de competencias matemáticas. MEN, Bogotá, 2005.

[13] Monroy-Mateus, A., Aguirre-Lara, C. y Espitia-Cubillos, A., Propuesta metodológica para identificar el valor agregado de programas de ingeniería a partir del análisis de resultados de pruebas estandarizada. Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 13(25), pp. 102-107, 2018. DOI: 10.26507/rei.v13n25.868

[14] Estrada-Esponda, R., La lectura y la escritura como herramientas pedagógicas para la enseñanza de Ingeniería de Software. Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 12(24), pp. 83-88, 2017. DOI: 10.26507/rei.v12n24.815

[15] Trejos-Buriticá, O., Metodología 4321 de trabajo en grupo para fortalecer el aprendizaje de la programación usando aprendizaje colaborativo y aprendizaje cooperativ. Revista Educación en Ingeniería - ACOFI, 13(25), pp.28-36, 2018. DOI: 10.26507/rei.v13n25.821

[16] Tlili, A., et al., Role of personality in computer based learning. Computer in Human Behavior, 64, pp. 805-813, 2016.

[17] Kline, M., El pensamiento matemático. De la antiguedad a nuestros días. Alianza Editorial, Madrid, Epaña, 2012.

[18] Acosta-Flores, J., Ingeniería de Sistemas: un enfoque interdisciplinario, AlfaOmega Grupo Editor, Ciudad de México, México, 2003.

[19] Boyer, C., Historia de la matemática. Alianza Editorial, Madrid, España, 2010.

[20] Strogatz, S., The joy of x: from One to Infinity. Mariner Books, London, England, 2013.

[21] Aczel, A., Cuaderno secreto de Descartes. Biblioteca Buridan, Madrid, España, 2013.

[22] Rey-Babini, J. y Pastor, J., Historia de la Matemática, Vol. II. Gedisa, Buenos Aires, Argentina, 2013.

[23] Stewart, I., The story of mathematics. Quercus Publishing, London, England, 2009.

[24] Jiménez-Murillo, J., Matemáticas para la computación. Alfaomega, Buenos Aires, Argentina, 2014.

[25] Trejos-Buriticá, O., Lógica de programación. Ediciones de la U., Bogotá, Colombia, 2017.

[26] Trejos.Buriticá, O., Programación imperativa con lenguaje C. ECOE Ediciones, Bogotá, Colombia, 2017.

[27] Chukaew, S., et al., A personalized e-learning environment to promote students conceptual learning on basic computer programming. In: 5th World Conference on Educational Sciences, 2014, pp.815-819. DOI: 10.29097/2011-639X.183

[28] Medina, J., Los 12 principios del cerebro. Grupo Editorial Norma, Bogotá, Colombia, 2010.

[29] Orozco-Gomez, G., TvMorfosis. México D.F. 2017.

[30] Levy, P., CyberCulture: electronic mediations. University of Minnesota Press, New York, USA, 2001.

O.I. Trejos-Buriticá, es Ing. de Sistemas en 1992, de la Universidad Incca de Colombia. Esp. en Instrumentación Física en 2000, MSc en Comunicación Educativa en 2004, PhD en Ciencias de la Educación en 2012, todos ellos de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Docente de planta de la Facultad de Ingenierías, Programa Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
ORCID: 0000-0002-3751-6014.

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

LE1: una estrategia amistosa para un curso introductorio de programación

Jesús Pérez & Maybelin Azuaje

Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. jesuspangulo@ula.ve, maybelin@ula.ve

Resumen— Los cursos introductorios de programación han presentado dificultades en distintas universidades de diferentes países. La asignatura "Programación 1" de la Universidad de Los Andes en Venezuela presenta dificultades relacionadas a la alta tasa de reprobados. El primer contacto con la asignatura es muy importante, por lo tanto, el objetivo de esta investigación es proporcionar una estrategia amistosa que facilite ese primer contacto. La estrategia propuesta incluye la creación de la biblioteca PR1-ULA y la planificación de diez sesiones de clases que deben ser proporcionadas en las tres primeras semanas. La estrategia fue probada en los semestres A-2017 y A-2018, obteniendo una incidencia positiva en el rendimiento de los estudiantes y permitiendo descubrir de manera temprana el potencial de los estudiantes.

Palabras Clave— introducción a la programación; curso de programación, estrategia amistosa.

Recibido: 1 de marzo de 2019. Revisado: 11 de abril de 2019. Aceptado: 3 de mayo de 2015.

LE1: A friendly strategy for an introductory programming course

Abstract— Introductory programming courses present difficulties in distinct universities of different countries. The "Programming 1" course of the University of Los Andes in Venezuela presents difficulties related to the high rate of disapproved. The first contact with the course is very important, therefore, the purpose of this research is to provide a friendly strategy facilitating that first contact. The strategy that is carried out includes the creation of the PR1-ULA library and the planning of ten class sessions which must be provided in the first three weeks. The strategy was tested in the A-2017 and A-2018 semesters, obtaining a positive impact on students' performance and allowing to discover in an early way the students' potential.

Keywords— programming introduction; programming course; friendly strategy.

1. Introducción

Los cursos introductorios de programación han presentado dificultades en el aprendizaje de estudiantes en distintas universidades de diferentes países: en Alemania, Universidad de Hamburgo [1]; en Arabia Saudita, Universidad Prince Sattam Bin Abdulaziz [2]; en Argentina, Universidad Tecnológica Nacional [3], Universidad Nacional del Nordeste [4], Universidad Nacional de Quilmes [5] y Universidad de Buenos Aires [6]; en Brasil, Universidad Federal de Paraíba [7]; en Colombia, Universidad de Medellín [8,9], Universidad de Nariño [8], Corporación Universitaria de la Costa [8] y Universidad Nacional de Colombia [10]; en Costa Rica, Universidad de Costa Rica [11]; en Chile, Universidad de Valparaiso [12]; en Malasia, Universidad de Tecnología MARA [13], Universidad Nacional de Malasia [14] y Universidad Tecnológica de Malasia [15]; en México, Instituto Tecnológico Superior Progreso [16]; en Perú, Universidad de Ciencias y Humanidades [17]; en Portugal, Universidad de Coimbra [18]; en Taiwan, Universidad Nacional de Tainan [19], [20]; en Turquía, Universidad Işık [21], Universidad Atilim [22] y Universidad Mehmet Akif Ersoy [23]; en Uruguay, Universidad ORT [24]; y en Venezuela, Universidad Central de Venezuela [25] y Universidad de Los Andes [26-28].

Los problemas más comunes de los cursos de programación en esas universidades son: desmotivación de los estudiantes [3,9,13,14,19,22,23,27,29], dificultad de aprendizaje de la programación [4,11,13-16,20,21,28], alta tasa de reprobados [1,2,12,17,25] y debilidades en el pensamiento computacional [7,26,30,31]. En Venezuela, en la Universidad de Los Andes, en la carrera de Ingeniería de Sistemas, también se presentan dificultades en el curso introductorio "Programación 1", cuyo objetivo principal es que los estudiantes desarrollen habilidades en el análisis, diseño y construcción de programas codificados en el lenguaje de programación C para resolver problemas con programación estructurada. En los últimos semestres la preocupación está relacionada con la alta tasa de reprobados, lo cual se evidencia en las secciones con registro completo de las estadísticas. Por una parte, en el semestre B-2015, en las secciones 2 y 4 reprobaron el 68.6% y 83.3% de los estudiantes matriculados, respectivamente; y por otra parte, en el semestre A-2016, en la sección 1 reprobó el 75% y en la sección 3 reprobó el 86.2% de los matriculados.

El primer contacto con la programación es muy importante para el desarrollo de toda la asignatura [32], por lo tanto, el objetivo de esta investigación es proporcionar una estrategia amistosa que facilite ese primer contacto. La metodología que se lleva a cabo en este estudio, incluye una revisión de investigaciones recientes, para conocer las tendencias actuales sobre el aprendizaje de la programación en el ámbito universitario. A partir de allí, se propone la estrategia LE1, basada en una biblioteca que permite programar animaciones

Como citar este artículo: Pérez, J. and Azuaje, M., LE1: una estrategia amistosa para un curso introductorio de programación. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 45-53, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

con audios y colores, utilizando sólo nueve instrucciones. La estrategia LE1 incluye la planificación de 10 sesiones cortas de clases, cuyo contenido también se facilita en 10 videos cortos y complementarios.

La organización del artículo está divida en cinco secciones: estado del arte, donde se presentan las investigaciones recientes relacionadas con cursos introductorios de programación; estrategia LE1, que describe la biblioteca propuesta y las sesiones de clases dirigidas a los estudiantes; experimento, donde se muestran los pasos que se aplican para probar el efecto de la biblioteca sobre el rendimiento académico de los estudiantes; resultados, para presentar los valores estadísticos y correlacionales; discusión, donde se analizan y comparan los resultados, y finalmente, las conclusiones.

2. Estado del arte

Los problemas más comunes encontrados en las investigaciones relacionadas a cursos introductorios de programación en el ámbito universitario se pueden clasificar en cuatro dimensiones: desmotivación de los estudiantes, dificultad en el aprendizaje de la programación, alta tasa de reprobados en las asignaturas y debilidades en el pensamiento computacional (considerado como una habilidad fundamental del siglo *XXI* [18]).

Entre las propuestas para atacar la *desmotivación* se encuentran: involucrar a los estudiantes en el desarrollo de nuevas herramientas para complementar la gestión del curso [3]; proporcionar un sistema basado en juegos para el salón de clases mediante una herramienta (Kahoot) que permite crear y compartir cuestionarios [13]; suministrar estrategias motivacionales para facilitar la interacción entre el profesor y los estudiantes, a partir de los conceptos de constructivismo y gamificación [9]; utilizar la gamificación mediante una aplicación web para enseñar programación y visualizar videos tanto en el salón clases como a distancia [19]; incorporar un robot social en el salón de clases para desempeñar algunas actividades docentes [27]; y desarrollar juegos basados en problemas de la vida real con el entorno de programación Scratch [22].

La *dificultad de aprendizaje* que presentan los estudiantes ha promovido las siguientes iniciativas: desarrollo de actividades lúdicas y utilización de juegos serios [4]; aplicación de reglas de juego para el proceso de aprendizaje, tales como puntuaciones, barras de progresos, niveles, entre otros [14]; metodología de estudio orientada a la planificación estratégica y la práctica autónoma [28]; y desarrollo de un esquema de actividad de aprendizaje basada en web, donde los estudiantes pueden aprender los conceptos de programación de manera interactiva, practicar las habilidades de codificación haciendo uso de Scratch y abordar las actividades mediante mensajes en línea [20].

La *alta tasa de reprobados* se ha intentado subsanar con estrategias que combinan distintos métodos de aprendizaje, tales como: aplicación de métodos de investigación y acción participativa para la resolución grupal de exámenes de semestres pasados [17]; rediseño del curso para combinar conferencias con un entorno de programación en línea y videos instructivos cortos [1]; modificación curricular para definir estrategias de enseñanza y aprendizaje, resolución de problemas y apoyo para los estudiantes [25]; e implementación de un taller de diseño de juegos utilizando el entorno de programación de Scratch [12].

Las *debilidades en el pensamiento computacional* han sido estimuladas de la siguiente manera: desarrollando un sistema asistente de lenguajes de programación visual, que puede capturar la pantalla de trabajo del alumno y proporcionar asistencia en el momento apropiado para conocer y estudiar los conceptos de pensamiento computacional que son aprendidos por los estudiantes [30]; estudiando dos enfoques para enseñar pensamiento computacional (guía y exploración), y desarrollando un juego basado en Scratch llamado "Dragon Architect", el cual es un hibrido entre los enfoques estudiados [31].

En general, las soluciones a los problemas encontrados en cursos introductorios de programación están orientadas hacia la creación e incorporación de nuevas estrategias, con el propósito de proporcionar mejores posibilidades o alternativas a los estudiantes, cuyos resultados frecuentemente son positivos. Por ejemplo, para el problema de razonamiento lógico presentado en la asignatura "Programación 1", con la estrategia de un juego serio, se obtuvieron mejores resultados [26]. En el mismo orden de ideas, para el problema de alta tasa de reprobados en la asignatura "Programación 1", en esta investigación se crea e incorpora una estrategia que ha sido denominada LE1.

3. Estrategia LE1

La estrategia LE1 (acrónimo de "**L**aboratorio de Sistemas Discretos Automatización e Integración **E**strategia **1**") tiene como propósito facilitar el primer contacto de los estudiantes con la asignatura "Programación 1" en las tres primeras semanas de clases. LE1 se cataloga como una estrategia amistosa por dos razones: primero, proporciona una biblioteca denominada PR1-ULA que permite programar animaciones con audios y colores, utilizando sólo nueve instrucciones; y segundo, presenta la biblioteca en sólo 10 sesiones cortas de clases, cuyo contenido también se facilita en 10 videos cortos y complementarios.

3.1. Diseño e implementación de PR1-ULA

En la asignatura "Programación 1", cuyo objetivo es resolver problemas utilizando el lenguaje de programación C, se necesita una estrategia amistosa en aras de facilitar el primer acercamiento de los estudiantes con la programación en concordancia con los conceptos que los estudiantes deben aprender durante el desarrollo del curso. Por lo tanto, los requerimientos principales de esa estrategia son: permitir la familiarización con la terminal de Linux y utilizar el lenguaje C. En ese sentido, se realiza el diseño de la biblioteca PR1-ULA (acrónimo de Programación 1 - Universidad de Los Andes) para que permita reflejar en la terminal de Linux tres aspectos: animaciones, colores y audios.

El diseño de la biblioteca se realiza con sólo nueve instrucciones: limpiar, saltar, espaciar, imprimir, imprimirColor, imprimirEntero, esperar, esperarMilisegundos y reproducirAudio. Sus prototipos fueron establecidos para reflejar en la terminal de Linux (con la menor cantidad de instrucciones) las animaciones, los colores y los audios. En la Tabla 1 se presentan los nueve prototipos con su respectiva descripción.

Tabla 1.
Prototipos de la biblioteca PR1-ULA.

Prototipo	Descripción
void limpiar();	Borra todo lo que se muestra en la terminal de Linux.
void saltar(int);	Imprime los saltos de línea indicados.
void espaciar(int);	Imprime los espacios indicados.
void imprimir(char *);	Muestra un mensaje por la terminal.
void imprimirColor(char *,char *,char *);	Muestra un mensaje con los colores indicados de fondo y letra.
void imprimirEntero(int);	Muestra el número indicado por la terminal de Linux.
void esperar(int);	Detiene la ejecución del programa durante la cantidad de segundos indicados.
void esperarMilisegundos(int);	Detiene la ejecución del programa durante la cantidad de milisegundos indicados.
void reproducirAudio(char *);	Reproduce un archivo de audio con extensión mp3.

Fuente: Los autores.

Las animaciones se reflejan utilizando la técnica "stop motion" (consiste en simular movimientos mediante una serie de imágenes fijas que pasan rápidamente de manera sucesiva), mediante la combinación de las instrucciones *limpiar* (para borrar todo lo que se muestra en la terminal), *saltar y espaciar* (para ubicar el cursor en la terminal), e *imprimir* (para mostrar los mensajes en la terminal).

Los ocho colores disponibles (negro, rojo, verde, magenta, azul, morado, cian y blanco) tienen efecto tanto en el fondo como en la letra, y la unidad mínima es un carácter, es decir, un carácter perteneciente a la tabla ASCII sólo puede tener un color de letra y un color de fondo, de manera que, para la construcción de animaciones, cada carácter es análogo a un pixel. Por otra parte, los audios deben tener extensión mp3 y tienen que estar almacenados en la misma carpeta donde se encuentra el archivo ejecutable del programa para que puedan ser reproducidos.

La implementación de la biblioteca se realiza utilizando los archivos cabecera "stdio.h" y "stdlib.h", generando como resultado una biblioteca con dos archivos (pr1-ula.h y pr1 ula.o), de manera que los programas se realizan en un archivo con extensión ".c", donde únicamente debe incluirse al archivo cabecera de la biblioteca "pr1-ula.h". La compilación del programa se realiza utilizando el siguiente comando: "gcc pr1 ula.o programa.c –o programa". La reproducción de los audios se hace con mpg123, por lo tanto, debe estar instalado en el computador donde se ejecuta el programa. El "Hola mundo" de la biblioteca PR1-ULA (programa más básico), está constituido por cinco líneas que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2.
Programa "Hola mundo" utilizando la biblioteca PR1-ULA.

Línea	Instrucción	Descripción
1	#include "pr1-ula.h"	Incluye la biblioteca.
2	int main(){	Declara la función principal.
3	imprimir("Hola mundo");	Muestra el mensaje "Hola mundo en la terminal de Linux.
4	return 0;	Indica que se ejecutó correctamente la función.
5	}	Finaliza la función principal.

Fuente: Los autores.

3.2. Diseño e implementación de las sesiones de clases

En la programación estructurada se ven reflejados tres conceptos [33]: secuencias, decisiones y repeticiones. Por lo tanto, la utilización de la biblioteca PR1-ULA en la asignatura "Programación 1" debe involucrar estos conceptos, de manera que la noción de secuencias estará implícita durante la realización de todos los programas, porque cada instrucción es ejecutada según el orden de aparición en el programa; las decisiones aparecerán únicamente mediante la decisión simple; y las repeticiones serán introducidas a través del repita para. Adicionalmente, la utilización de la biblioteca PR1-ULA abarca algunos otros conceptos que deben aprenderse durante el curso de manera introductoria, tales como: variables, procedimientos y parámetros. La relación de los conceptos que debe abarcar la asignatura y los conceptos presentados con la biblioteca PR1-ULA se muestran en la Tabla 3.

El proceso de enseñanza de la biblioteca PR1-ULA a los estudiantes se estructura en diez sesiones, donde cada sesión consiste en desarrollar uno de los conceptos mencionados anteriormente y realizar las prácticas respectivas, para alcanzar las competencias correspondientes que se muestran a continuación:

- **Sesión 1:** Escribe, compila y ejecuta programas que muestran mensajes por la terminal con la biblioteca PR1-ULA, utilizando el editor de texto "gedit", el compilador "gcc" y la terminal de Linux, respectivamente.
- **Sesión 2:** Escribe, compila y ejecuta programas que muestran mensajes que se desplazan por la terminal utilizando la biblioteca PR1-ULA.
- **Sesión 3:** Escribe, compila y ejecuta programas que utilizan variables de tipo entero y muestra su valor por la terminal.
- **Sesión 4:** Escribe, compila y ejecuta programas que utilizan decisión simple para condicionar la ejecución de instrucciones.
- **Sesión 5:** Escribe, compila y ejecuta programas que utilizan la estructura repita para en la ejecución de instrucciones que se repiten.
- **Sesión 6:** Escribe, compila y ejecuta programas que utilizan procedimientos para agrupar las instrucciones que se utilizan repetidamente en distintas partes del programa.
- **Sesión 7:** Escribe, compila y ejecuta programas que utilizan procedimientos que se ejecutan según la cantidad de veces indicada en el parámetro.
- **Sesión 8:** Escribe, compila y ejecuta programas que muestran movimientos, utilizando la estructura de

Tabla 3.
Conceptos que abarca la biblioteca PR1-ULA.

Concepto	Asignatura	PR1-ULA
Decisiones	Decisión simple, decisión compuesta y decisión múltiple.	Decisión simple.
Repeticiones	Repita para, repita mientras y hacer mientras.	Repita para.
Subprogramas	Procedimientos y funciones.	Procedimientos.
Paso de parámetros	Valor y referencia.	Parámetros por valor.
Estructuras de datos	Variables, vectores, matrices, cubos y registros.	Variables.
Tipos de datos	Entero, real, carácter y apuntador.	Entero.

Fuente: Los autores.

Tabla 4.
Estructura de los videos.

Conceptos	Ejemplos	Actividades
1) Primer programa: Descarga de la biblioteca, partes de un programa, compilación y ejecución.	Programa que muestra un mensaje por la terminal de Linux.	Ejecutar el primer programa mostrando el mensaje de su preferencia y compartir la captura de pantalla.
2) Instrucciones: Explica las instrucciones: *imprimir, limpiar y esperar*.	Programa que muestra una frase que se desplaza por la terminal de Linux.	Ejecutar un programa que muestre una animación, combinando las instrucciones: *imprimir, limpiar y esperar*; y compartir un video.
3) Variable: Abarca el concepto de variable y presentación de *imprimirEntero.*	Programa que declara un entero, le asigna un valor, lo imprime, lo actualiza y lo vuelve a imprimir.	Ejecutar un programa que declare un entero, le asigne valores e imprima. Compartir una captura de pantalla.
4) Decisión simple: Abarca el concepto y sintaxis de la decisión simple.	Programa que muestra un mensaje que depende del valor de una variable de tipo entero.	Ejecutar un programa que utilice al menos dos decisiones simples con operadores relacionales diferentes y compartir la captura de pantalla.
5) Repita para: Abarca concepto y sintaxis del repita para y explica las expresiones que lo componen.	Programa que muestra un mensaje que parpadea cinco veces.	Ejecutar un programa que utilice al menos un repita para y compartir una captura de pantalla.
6) Procedimientos: Abarca concepto y sintaxis del prototipo y declaración de procedimientos.	Programa que invoca un procedimiento.	Ejecutar un programa que utilice al menos dos procedimientos; y compartir la captura de pantalla.
7) Parámetros: Abarca conceptos de sintaxis, parámetros actuales y formales.	Programa que ejecuta un procedimiento según la cantidad de veces indicada en su parámetro.	Ejecutar un programa que utilice al menos dos procedimientos que reciban parámetros de tipo entero y compartir la captura de pantalla.
8) Saltos: Explica las instrucciones: *saltar y espaciar.*	Programa que introduce la noción de movimiento.	Ejecutar un programa para que un número se mueva por toda la pantalla, incrementando su valor en uno en cada movimiento y compartir un video de la ejecución.
9) Audio: Explica la instalación de paquetes requeridos y la instrucción *reproducirAudio.*	Programa que reproduce un archivo de audio.	Ejecutar un programa que reproduzca el audio de su preferencia y compartir un video.
10) Color: Explica la instrucción *imprimirColor.*	Programa que imprime dos mensajes con distintos colores de letra y fondo.	A modo de reto, ejecutar un programa que muestre una historia animada, utilizando todas las instrucciones de la biblioteca PR1-ULA; y compartir un video de la ejecución.

Fuente: Los autores.

repetición y las instrucciones: saltar y espaciar.

- **Sesión 9:** Escribe, compila y ejecuta programas que reproducen audios.
- **Sesión 10:** Escribe, compila y ejecuta programas que muestran colores en la terminal.

Adicionalmente, para cada sesión de clases se realiza un video complementario con el propósito de explicar cada concepto de la manera más sencilla posible, mostrar al menos un ejemplo práctico y asignar al menos una actividad evaluada (cuya filosofía es proporcionar libertad de elección del tema de cada actividad, es decir, los estudiantes entregan soluciones distintas). Los videos utilizan diapositivas para explicar los conceptos, y para mostrar los ejemplos usan los mismos recursos que deben utilizar los estudiantes: sistema operativo Linux, editor de texto "gedit" y compilador "gcc". En la Tabla 4 se muestra la estructura de cada video.

4. Experimento

Esta investigación tiene enfoque cuantitativo con un diseño cuasi experimental porque los grupos de estudio (estudiantes de nuevo ingreso) estaban previamente formados. La variable independiente es la incorporación de la estrategia LE1, y la variable dependiente es el rendimiento en la primera evaluación de la asignatura, el cual se mide con las calificaciones obtenidas. El estudio se realiza con los estudiantes de los semestres A-2017 y A-2018, y el experimento consiste en proporcionar las diez sesiones en las primeras tres semanas (tres clases por semana y una sesión por cada clase), finalizando con la primera evaluación de la asignatura.

En cada sesión, participan: el profesor, un preparador (estudiante que recibe remuneración monetaria mensualmente para colaborar con las actividades docentes) y los estudiantes. Las sesiones se realizan en un laboratorio con computadores, un pizarrón acrílico y un proyector, según la siguiente planificación:

- El profesor explica el concepto asociado a la clase en el pizarrón.
- El preparador codifica el ejemplo práctico en un computador conectado a un proyector mientras el profesor explica cada línea codificada.
- Los estudiantes replican en el computador el ejemplo práctico explicado.
- En caso de inconvenientes, los estudiantes deben preguntar al preparador y al profesor.
- El profesor asigna al menos un ejercicio.
- El profesor y el preparador supervisan la realización de los ejercicios.

Al finalizar cada sesión de clases, se proporciona mediante la plataforma Piazza, el enlace del video complementario que está alojado en la plataforma YouTube, indicando la fecha de vencimiento de la entrega de la asignación, y adicionalmente, se envía un recordatorio por dos canales: correo electrónico y grupo de Facebook de la asignatura.

Las asignaciones son recibidas mediante la plataforma Piazza, y los resultados de las evaluaciones son publicados en un documento en línea para que todos los estudiantes puedan ver el progreso del curso. Las asignaciones son las actividades relacionadas con cada video, por lo tanto, se tiene un total de diez asignaciones. La evaluación se realiza de manera binaria, es decir, se asigna 1 si el estudiante logró el objetivo de la actividad y 0 en caso contrario.

En la semana cinco se realiza la primera evaluación de la asignatura, que consta de tres enunciados con orden de complejidad creciente. El primer enunciado tiene como objetivo verificar que el estudiante puede escribir un programa sencillo; el segundo enunciado busca comprobar si el estudiante entiende las estructuras de repetición; y el tercer enunciado persigue determinar si el estudiante es capaz de programar una de las figuras clásicas utilizando asteriscos. La evaluación de los enunciados se realiza de manera binaria, es decir, todo o nada, por lo tanto, el primer enunciado vale 5, el segundo 7 y el tercero 8; en caso de responder incorrectamente todas las preguntas se califica con el mínimo valor, el cual es 1.

El análisis de los resultados se realiza por separado a los semestres A-2017 y A-2018, según las siguientes dimensiones: diagrama de barras de las asignaciones realizadas, estadísticas de la primera evaluación de la asignatura, relación entre cantidad de asignaciones realizadas y la primera evaluación, y relación entre la primera evaluación y los aprobados de la asignatura. Adicionalmente, considerando que los resultados fueron mejores de lo esperado, se hace un análisis de las tres mejores actividades para conocer en profundidad el uso (por parte de los estudiantes) de las instrucciones de la biblioteca PR1-ULA y los conceptos asociados a la asignatura, tales como: decisión simple, repita para, procedimientos y parámetros.

5. Resultados

5.1. Semestre A-2017

El estudio se realiza a 31 estudiantes del semestre A-2017 y 15 de ellos realizaron todas las actividades, los cuales representan el 48.39% del total. En la Fig. 1 se presenta un diagrama de barras que indica la cantidad de veces que se realizó cada actividad, donde en el eje horizontal, se representan los 10 videos, y en el eje vertical, la cantidad de estudiantes que realizaron cada actividad, por lo tanto, el valor máximo del eje vertical es 31.

Las calificaciones de la primera evaluación de la asignatura tienen un promedio de 5.68, lo cual indica que la mayoría de los estudiantes reprobó la evaluación. La mediana es 5 y la moda es 1, lo cual justifica que la desviación estándar sea 5.20. En este semestre sólo un estudiante tuvo calificación de 20 puntos, el cual representa el 3.22% y 11 estudiantes obtuvieron 1 punto, los cuales representan el 35.48%. En la Tabla 5 se presentan los parámetros estadísticos de la primera evaluación.

El coeficiente de correlación biserial puntual es calculado para: primero, determinar la relación entre los estudiantes que realizaron todas las actividades de las sesiones y las calificaciones obtenidas en la primera evaluación de la asignatura; y segundo, para determinar la relación entre las

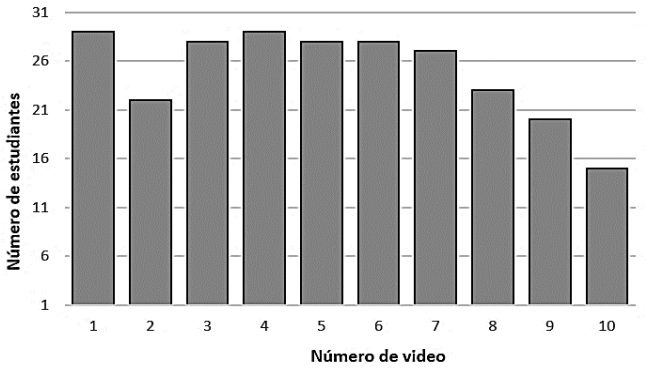


Figura 1. Actividades realizadas en el semestre A-2017.
Fuente: Los autores.

Tabla 5.
Parámetros estadísticos de la primera evaluación de la asignatura (A-2017).

Parámetro	Valor
Media	5.68
Mediana	5
Moda	1
Desviación estándar	5.20
Calificación mínima	1
Calificación máxima	20

Fuente: Los autores.

calificaciones finales de la asignatura con respecto a los que aprobaron la primera evaluación. En el primer caso, la variable que ha sido medida en una escala de intervalos es el rendimiento en la primera evaluación, representado por las calificaciones, y la variable dicotómica está relacionada con la realización de todas las actividades, de manera que, si el estudiante no realizó todas las actividades se le asigna 1 y en caso contrario se le asigna 2. El resultado obtenido es 0.38924, lo cual se interpreta de la siguiente manera: las calificaciones altas de la primera evaluación, están asociadas a los estudiantes que hicieron todas las actividades.

En el segundo caso, la variable medida en una escala de intervalos son las calificaciones finales de la asignatura y la variable dicotómica está relacionada con la condición de la primera evaluación (aprobado o reprobado), obteniendo como resultado 0.4887, lo cual indica que las calificaciones altas de las notas definitivas están asociadas a los estudiantes que aprobaron la primera evaluación.

5.2. Semestre A-2018

Los estudiantes que participaron en el semestre A-2018 fueron 20, y 6 de ellos realizaron todas las actividades, los cuales representan el 30% del total. En la Fig. 2 se presenta un diagrama de barras que indica la cantidad de veces que se realizó cada actividad. En el eje horizontal, se representan los 10 videos, y en el eje vertical, la cantidad de estudiantes que realizaron cada video, por lo tanto, el valor máximo del eje vertical es 20. Las actividades más frecuentes fueron 3, 4 y 5, realizadas por 16 estudiantes, los cuales representan el 80% del total.

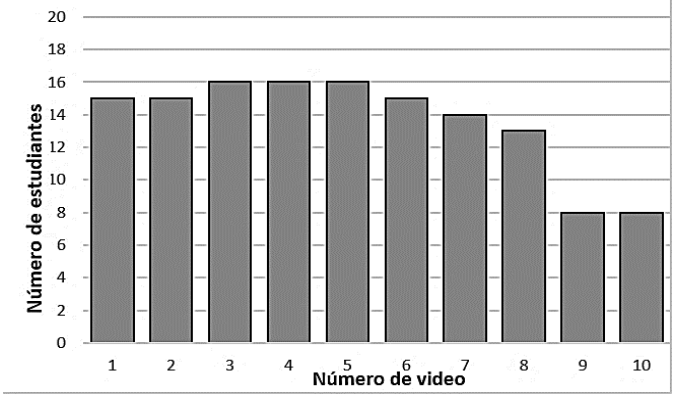


Figura 2. Actividades realizadas en el semestre A-2018.
Fuente: Los autores.

Tabla 6.
Parámetros estadísticos de la primera evaluación de la asignatura (A-2018)

Parámetro	Valor
Media	8.85
Mediana	7
Moda	1
Desviación estándar	7.83
Calificación mínima	1
Calificación máxima	20

Fuente: Los autores.

Las actividades menos frecuentes fueron la 9 y 10, realizada por 8 estudiantes, que representan el 40% del total. El diagrama de barras tiene comportamiento similar al de una campana, comenzando en un valor para las actividades 1 y 2, incrementando y manteniéndose desde la actividad 3 hasta la 5, y disminuyendo progresivamente hasta la actividad 10. En la semana cinco se realizó la primera evaluación parcial, y los parámetros estadísticos de las calificaciones se muestran en la Tabla 6. Las calificaciones tienen un promedio de 8.85, indicando que la mayoría de los estudiantes reprobó la evaluación. La mediana es 7, la moda es 1 y la desviación estándar es 7.83. En este semestre cuatro estudiantes obtuvieron la calificación máxima (20 puntos), los cuales representan el 20% y 7 estudiantes obtuvieron 1 punto, los cuales representan el 35%.

El coeficiente de correlación biserial puntual entre los estudiantes que realizaron todas las actividades de las sesiones y las calificaciones de la primera evaluación es 0.24144, lo cual indica que las calificaciones altas de la primera evaluación parcial se relacionan con los estudiantes que hicieron todas las actividades. Por otra parte, el coeficiente de correlación biserial puntual entre las calificaciones finales de la asignatura con respecto a los estudiantes que aprobaron la primera evaluación es 0.5158, lo cual indica que las calificaciones altas de las notas definitivas están asociadas a los estudiantes que aprobaron la primera evaluación.

5.3. Mejores actividades

Las actividades realizadas por los estudiantes permitieron descubrir el potencial de la biblioteca PR1-ULA, el cual fue mejor de lo esperado. De hecho, en principio, la evaluación estaba planteada de manera dicotómica mediante la entrega de un video de la ejecución del programa, y sin embargo, motivado a que la actividad 10 (consistió en realizar una historia animada), al permitir la utilización de todos los elementos de la biblioteca, generó tan buenos resultados, que se solicitaron los códigos de las tres mejores actividades para realizar su respectivo análisis, cuyo criterio de selección se basó en la votación por parte de los estudiantes.

En la Fig. 3 se presenta Kirby, una animación alusiva al videojuego denominado con el mismo nombre, que muestra una representación donde el personaje principal avanza horizontalmente, y al igual que en el videojuego, puede conseguir comida que aumenta su vitalidad, absorber a sus enemigos y copiar sus ataques. En la parte inferior de la imagen se puede observar una barra de vida que disminuye si Kirby es atacado o aumenta si éste realiza un ataque exitoso. La codificación del programa tiene 2165 líneas y la ejecución tiene una duración de 1 minuto y 37 segundos.

En la Fig. 4 se muestra una animación que también es alusiva a un videojuego, en este caso a Megaman, donde se presenta una escena de batalla con uno de sus enemigos, el cual es conocido como Cutman. En la imagen se puede ver cómo Megaman le lanza poderes a Cutman y también se puede apreciar un fondo degradado que no puede ser realizado con la biblioteca PR1-ULA, lo cual indica que el estudiante hace uso de la creatividad para modificar el fondo de su terminal de Linux y usarlo a su conveniencia. La codificación de este programa tiene 27143 líneas y su duración es de 45 segundos.

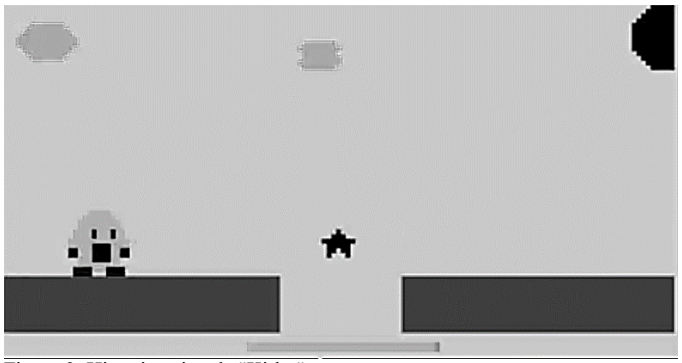


Figura 3. Historia animada "Kirby".
Fuente: Los autores.

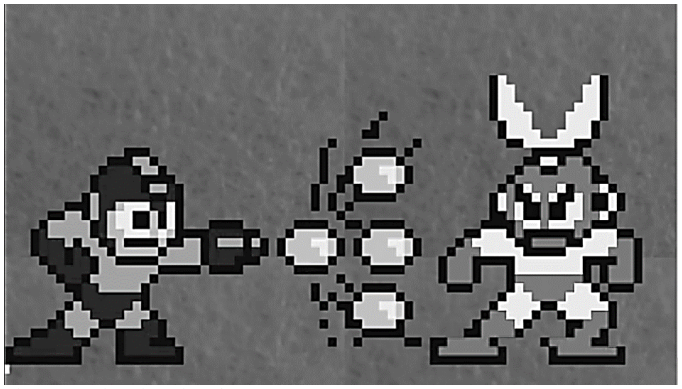


Figura 4. Historia animada "Megaman".
Fuente: Los autores.

La Fig. 5 presenta una animación tipo "video musical" de la banda Pink Floyd que muestra imágenes del prisma y la descomposición de la luz, representativa del albúm "The Dark Side of the Moon", y la pared de ladrillos que hace alusión a la canción "Another Brick in the Wall", la cual se reproduce durante toda la animación. Esta secuencia animada cambia los patrones de los ladrillos y agrega o quita elementos a conveniencia según el ritmo de la música. El código fuente de este programa tiene 3655 líneas y la ejecución tiene una duración de 51 segundos.

Los códigos fueron revisados para verificar la utilización de la biblioteca PR1-ULA, determinando la frecuencia de uso de las nueve instrucciones y de los conceptos asociados (decisión simple, repita para, procedimientos y parámetros), los cuales se muestran en la Tabla 7. Por una parte, las tres animaciones coinciden en que la instrucción más utilizada fue imprimirColor y en el poco uso de las instrucciones imprimir, imprimiEntero y reproducirAudio. Aunque Kirby tiene la mayor duración (1 minuto y 37 segundos), Megaman es quien tiene la mayor cantidad de líneas (27143), cuyo valor se separa significativamente de las otras animaciones (Kirby tiene 2165 y Floyd tiene 3655 líneas). La explicación a esta diferencia se observa en la cantidad de veces que en Megaman se utilizó la estructura de repetición "repita para" y la de decisión simple, siendo 0 y 1602 respectivamente, lo cual indica debilidades en la utilización adecuada de estas estructuras. Finalmente, el uso de parámetros en los procedimientos permite reutilizar de una mejor manera las instrucciones, tal como sucede en Kirby, donde la duración de la animación es la mayor y la cantidad de líneas es la menor.

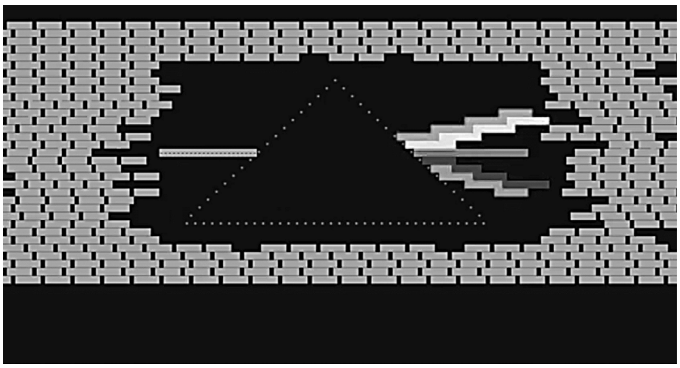


Figura 5. Historia animada "Floyd".
Fuente: Los autores.

Tabla 7.
Frecuencia de uso de elementos asociados a PR1-ULA.

Elemento	Kirby	Megaman	Floyd
void limpiar();	44	62	13
void saltar();	88	1681	253
void espaciar(int);	71	2202	19
void imprimir(char *);	2	1	0
void imprimirColor(char*,char*,char*);	368	11675	1578
void imprimirEntero(int);	0	0	0
void esperar(int);	1	17	4
void esperarMilisegundos(int);	3	43	19
void reproducirAudio(char *);	2	4	1
Decisión simple	293	1602	175
Repita para	86	0	270
Procedimientos	21	7	6
Parámetros	19	0	2

Fuente: Los autores

6. Discusión

En el semestre A-2017 la cantidad de estudiantes que participaron en el experimento fue mayor, sin embargo, aunque sus porcentajes siempre son mayores, se pueden observar comportamientos similares con el semestre A-2018 en la cantidad de estudiantes que realizaron: primero, todas las actividades; segundo, las actividades más frecuentes; y tercero, las actividades menos frecuentes. En ese sentido, se puede decir que ninguna actividad fue realizada por todos los estudiantes, que la actividad 4 coincide en ambos semestres como más frecuente y que la actividad 10 coincide como menos frecuente. En general, se observa en los estudiantes una tendencia a entregar las actividades centrales y disminuir las entregas en las actividades finales (en ambos casos menos del 50% de los estudiantes entregaron la última actividad).

En ambos semestres la mayoría de los estudiantes reprobó la primera evaluación, obteniéndose el mayor promedio (8.85) y mediana (7) en el semestre A-2018. La calificación más repetida fue 1 para ambos casos y la mayor calificación fue 20, obtenida por 1 y 4 estudiantes para los semestres A-2017 y A-2018 respectivamente. La mayor dispersión de las notas se presenta en el semestre A-2018 motivado a que el 20% de los estudiantes obtuvo 20 puntos y el 35% obtuvo 1 punto.

En ambos semestres el coeficiente de relación biserial puntual que relaciona las calificaciones de la primera evaluación parcial con la realización de todas las actividades fue favorable, es decir, las calificaciones altas de la primera evaluación parcial, están relacionadas con los estudiantes que hicieron todas las actividades de los videos. En el semestre A-2017 la correlación fue mayor, sin embargo, la diferencia entre ambos coeficientes no es muy distante (se encuentra alrededor de una décima).

En las secciones analizadas de los semestres anteriores (B-2015 y A-2016), la correlación entre las calificaciones finales de la asignatura y la aprobación de la primera evaluación parcial es alta, en promedio 0.67. En ese sentido, en los semestres A-2017 y A-2018, se verifica esa relación, y aunque el coeficiente de correlación acusa menor relación, ésta sigue siendo alta.

El análisis de los códigos de las actividades es importante porque permite evaluar la comprensión de los conceptos asociados a la programación que fueron explicados en las sesiones. Por ejemplo, la cantidad de líneas de los programas de las tres mejores actividades está relacionada con la comprensión de algunos de los conceptos explicados, donde la comprensión de esos conceptos es inversamente proporcional a la cantidad de líneas. En ese sentido, en Megaman no se utilizaron parámetros en los procedimientos y tampoco se usó la estructura de repetición "repita para", indicando que el estudiante no comprendió esos conceptos; en Floyd se utilizaron muchas estructuras de repetición y pocos parámetros, evidenciando una comprensión parcial del concepto de parámetros; y en Kirby se observan frecuencias de uso proporcionales de estructuras de repetición, parámetros y procedimientos, lo cual indica una comprensión total de esos conceptos.

7. Conclusiones

La revisión de investigaciones recientes relacionadas con cursos introductorios de programación mostró que la alta tasa de reprobados es un factor común en diferentes universidades. La estrategia LE1 proporciona un primer acercamiento amistoso a la programación mediante 10 sesiones de clases que están basadas en la biblioteca PR1-ULA, la cual permite realizar animaciones con colores y reproducir audios, utilizando sólo nueve instrucciones, en concordancia con los requerimientos de la asignatura "Programación 1": utilización de la terminal de Linux y programación en lenguaje C.

Los resultados de los experimentos aplicados en los semestres A-2017 y A-2018, permitieron demostrar que la incorporación de la estrategia LE1, para la realización de los primeros programas de los estudiantes, tiene incidencia positiva en las calificaciones de la primera evaluación, es decir, las calificaciones altas de esta evaluación están relacionadas con los estudiantes que realizaron las diez actividades asignadas en las diez sesiones de clases de la estrategia LE1. Al mismo tiempo, los resultados permitieron verificar la alta relación que existe entre las calificaciones definitivas y la condición de la primera evaluación (aprobado o reprobado).

Adicionalmente, la inclusión de la estrategia LE1 en las primeras semanas de clases, permitió descubrir el potencial de programación de algunos estudiantes en un corto periodo de tiempo, el cual se ve reflejado en las mejores actividades presentadas (Kirby, Megaman y Floyd). En ese sentido, es conveniente que estudiantes de próximos semestres conozcan estas actividades, en aras de fomentar su creatividad. Por otra parte, es importante incorporar una estrategia para analizar todos los códigos de cada actividad con el propósito de detectar las debilidades de los estudiantes y aplicar las correcciones pertinentes.

Referencias

[1] Timmermann, D., Kautz, C. and Skwarek, V., Evidence-based re-design of an introductory course "Programming in C", in: 2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pp. 1-5, 2016. DOI: 10.1109/FIE.2016.7757492

[2] Hegazi, M.O. and Alhawarat, M., The challenges and the opportunities of teaching the introductory computer programming course: case study, in: 2015 Fifth International Conference on e-Learning (econf), pp. 324-330, 2015. DOI: 10.1109/ECONF.2015.61

[3] Blas, M.J., Hauque, F., Re, S. and Castellaro, M., A support tool designed as didactic material for teaching and learning programming, in: 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), pp. 1-10, 2017. DOI: 10.1109/CLEI.2017.8226382

[4] Dapozo, G.N., Greiner, C.L., Petris, R.H., Espíndola, M.C. and Company, A.M., Introduction to programming based on playful activities in the university, in: 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), pp. 1-8, 2017. DOI: 10.1109/CLEI.2017.8226437

[5] López, P.E.M., Ciolek, D., Arévalo, G. and Pari, D., The GOBSTONES method for teaching computer programming, in: 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), pp. 1-9, 2017. DOI: 10.1109/CLEI.2017.8226428

[6] Albarracín, M., Ferrigno, L. and Wachenchauzer, R., Adopt a language: a step towards the education of a reflective technology practitioner, in: 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), pp. 1-7, 2017. DOI: 10.1109/CLEI.2017.8226445

[7] Araujo, A.L., Santos, J.S., Andrade, W.L., Guerrero, D.D. and Dagienė, V., Exploring computational thinking assessment in introductory programming courses, in: 2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pp. 1-9, 2017. DOI: 10.1109/FIE.2017.8190652

[8] Gómez-Álvarez, M.C, Sánchez-Dams, R. and Barón-Salazar, A., Trouble hunters: a game for introductory subjects to computer engineering, in: 2016 XLII Latin American Computing Conference (CLEI), pp. 1-8, 2016. DOI: 10.1109/CLEI.2016.7833398

[9] González, L., Gómez, M.C. and Echeverri, J.A., Motivation and virtual education in computer science: case Universidad de Medellín-Colombia, in: 2017 IEEE Latin America Transactions, 15(6), pp. 1176-1181, 2017. DOI: 10.1109/TLA.2017.7932706

[10] Castellanos, H., Restrepo-Calle, F., González, F.A. and Echeverry, J.J.R., Understanding the relationships between self-regulated learning and students source code in a computer programming course, in: 2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), pp. 1-9, 2017. DOI: 10.1109/FIE.2017.8190467

[11] Hidalgo-Céspedes, J., Marín-Raventós, G. and Lara-Villagrán, V., Student understanding of the C++ notional machine through traditional teaching with conceptual contraposition and program memory tracing, in: 2015 Latin American Computing Conference (CLEI), pp. 1-8, 2015. DOI: 10.1109/CLEI.2015.7360049

[12] Muñoz, R., Barcelos, T., Villarroel, R. and Frango, I., Using scratch to support programming fundamentals, International Journal on Computational Thinking (JCThink), 1(1), pp. 68-78, 2017. DOI: 10.14210/ijcthink.v1.n1.p68

[13] Abidin, H.Z. and Zaman, F.H.K., Students' perceptions on game-based classroom response system in a computer programming course, in: 2017 IEEE 9th International Conference on Engineering Education (ICEED), pp. 254-259, 2017. DOI: 10.1109/ICEED.2017.8251203

[14] Khaleel, F.L., Ashaari, N.S., Wook, T.S. and Ismail, A., Gamification-based learning framework for a programming course, in: 2017 6th International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), pp. 1-6, 2017. DOI: 10.1109/ICEEI.2017.8312377

[15] Azmi, S., Iahad, N.A. and Ahmad, N., Attracting students' engagement in programming courses with gamification, in: 2016 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e), pp. 112-115, 2016. DOI: 10.1109/IC3e.2016.8009050

[16] Fuentes-Rosado, J.I. y Moo-Medina, M., Dificultades de aprender a programar, Revista Educación en Ingeniería, 12(24), pp. 76-82, 2017. DOI: 10.26507/rei.v12n24.728

[17] Delgado, A. and Paragulla, J.V., Improving teaching and learning in systems programming courses using participatory action research, in: 2016 IEEE Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI), pp. 1-5, 2016. DOI: 10.1109/CACIDI.2016.7786000

[18] Almeida, R. and Pessoa, T., Scratch software in higher education: pedagogical experience in educational science, in: 2017 International Symposium on Computers in Education (SIIE), pp. 1-5, 2017. DOI: 10.1109/SIIE.2017.8259653

[19] Hsu, W.C. and Lin, H.C.K., Impact of applying WebGL technology to develop a Web digital game-based learning system for computer programming course in flipped classroom, in: 2016 International Conference on Educational Innovation through Technology (EITT), pp. 64-69, 2016. DOI: 10.1109/EITT.2016.20

[20] Su, J.M. and Wang, S.J., A Web-based learning activity integrated with scratch tool to support programming learning, in: 2017 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops (Ubi-Media), pp. 1-4, 2017. DOI: 10.1109/UMEDIA.2017.8074137

[21] Tek, F.B., Benli, K.S. and Deveci, E., Implicit theories and self-efficacy in an introductory programming course, in: 2018 IEEE Transactions on Education, pp. 1-8, 2018. DOI: 10.1109/TE.2017.2789183

[22] Topalli, D. and Cagiltay, N., Improving programming skills in engineering education through problem-based game projects with Scratch, Computers & Education, 120, pp. 64-74, 2018. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.01.011

[23] Erol, O. and Kurt, A.A., The effects of teaching programming with scratch on pre-service information technology teachers' motivation and achievement, Computers in Human Behavior, 77, pp. 11-18, 2017. DOI: 10.1016/j.chb.2017.08.017

[24] Adorjan, A. and Kereki, I.F., Academic misconduct in projects: perspective of students and teachers of introductory computer science courses, in: 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), pp. 1-7, 2017. DOI: 10.1109/CLEI.2017.8226375

[25] Barrera, Y.C., Skills and strategies to promote learning algorithms and programming. evolution from learning objectives, in: 2017 XLIII Latin American Computer Conference (CLEI), pp. 1-10, 2017. DOI: 10.1109/CLEI.2017.8226464

[26] Pérez, J. y Castro, J., Estímulo del razonamiento lógico mediante el juego Millonario en C para la asignatura "Programación 1"., Tekhné, 21(3), pp. 8-14, 2018.

[27] Pérez, J. y Castro, J., LRS1: un robot social de bajo costo para la asignatura "Programación 1", Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 2(32), pp. 68-77, 2018.

[28] Pérez, J. and Pedroza, O., LM1: una metodología de estudio para la asignatura "Programación 1", Revista Educere, 22(73), pp. 635-648, 2018.

[29] Pinto, A. and Escudeiro, P., The promotion of the century learning skills through the development of games using scratch, in: 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp. 1-6, 2017. DOI: 10.23919/CISTI.2017.7975870

[30] Chang C. K., Using Computational Thinking Patterns to Scaffold Program Design in Introductory Programming Course, 2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), pp. 397-400, 2016. DOI: 10.1109/IIAI-AAI.2016.27

[31] Bauer, A., Butler, E. and Popović, Z., Dragon architect: open design problems for guided learning in a creative computational thinking sandbox game, in: Proceedings of the 12th International Conference on the Foundations of Digital Games. ACM, 2017, 26 P.

[32] Cernuda, A., Hevia, S., Suárez, M. y Gayo, D., Un estudio sobre el absentismo y el abandono en asignaturas de programación. ReVisión, 6(1), pp. 30-38, 2013.

[33] Deitel, H. y Deitel, P., Cómo programar en C/C++ y Java, Pearson Educación, México, 2004.

J.A. Pérez, es Ing. Electrónico en 2012, del Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño", Mérida, Venezuela, Ing. de Sistemas en 2014 de la Universidad de Los Andes, Venezuela y MSc. en Educación Superior Mención Docencia Universitaria, en 2015 de la Universidad Fermín Toro, Mérida, Venezuela. Actualmente es profesor del Departamento de Computación de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Los Andes, Venezuela e integrante del Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración. Sus líneas de investigación incluyen: interacción humano–robot y enseñanza de la ingeniería.
ORCID: 0000-0002-6585-2648

M.A. Azuaje, es Ing. de Sistemas en 2018 de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, e integrante del Laboratorio de Sistemas Discretos, Automatización e Integración. Sus líneas de investigación son: robótica y enseñanza de la programación de computadoras.
ORCID: 0000-0002-4370-0985

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Graduados de ingeniería y competencias genéricas. Cinco estudios de la última década que recuperan sus valoraciones y experiencias

Paola Verónica Paoloni [a] Analía Claudia Chiecher [a] & Romina Cecilia Elisondo [b]

[a] *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. paopaoloni17@hotmail.com, achiecher@hotmail.com*
[b] *Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. relisondo@hum.unrc.edu.ar*

Resumen— Este trabajo presenta una síntesis de cinco investigaciones realizadas durante la última década con graduados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (FI-UNRC, Argentina). Los estudios fueron seleccionados según dos condiciones: primero, que todos sus participantes fueran graduados de la FI-UNRC; segundo, que los ingenieros/as participantes explicitaran sus percepciones y valoraciones acerca de competencias genéricas ligadas al desempeño del rol profesional. Se analizaron las perspectivas y valoraciones de los graduados/as de ingeniería en relación con las competencias genéricas y se consideraron sus apreciaciones a la luz de los actuales planteos realizados por el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingenierías (CONFEDI) sobre la necesidad de una enseñanza basada en competencias. Los hallazgos obtenidos, destacan la importancia de las competencias transversales para la inserción y desempeño profesional y abren preguntas para reflexionar sobre los modos y posibilidades de promover su desarrollo desde la formación superior.

Palabras Clave— competencias genéricas; ingenieros; formación profesional.

Recibido: 27 de diciembre de 2018. Revisado: 3 de abril de 2019. Aceptado: 13 de mayo de 2019.

Graduates of engineering and generic competences. Five studies from the last decade that recover their valuations and experiences

Abstract— This paper presents a synthesis of five researches carried out during the last decade with graduates of the Engineering Faculty of the National University of Río Cuarto (FI-UNRC, Argentina). The studies were selected according to two conditions: first, that all participants were graduates of the FI-UNRC; second, that the participating engineers explain their perceptions and evaluations about generic competences linked to the performance of the professional role. The perspectives and assesmment of the engineering graduates in relation to the generic competences were analyzed and their opinions were considered in the light of the present proposals made by the Federal Council of Deans of Engineering Faculties (CONFEDI) on the need for a competency-based teaching. The obtained findings highlight the importance of transversal competences for insertion and professional performance and open questions to reflect on the ways and possibilities of promoting their development from higher education.

Keywords— generic competences; engineers; professional training.

1. Introducción

Los grandes cambios son una constante que caracteriza a la sociedad actual. Innovaciones tecnológicas permanentes, globalización de la fuerza laboral, individualidad, una competitividad despiadada y la transformación de la ética en una materia sólo predicada -por nombrar algunas posibles causas-, hacen que la vida cotidiana -de la familia, instituciones educativas, empresas u organizaciones en general-, sea más compleja, estresante y complicada [1-3].

Ante este panorama, teóricos e investigadores de diversas áreas disciplinares, acuerdan en la necesidad de reconocer la importancia que asume para la sociedad en general, desarrollar un tipo particular de competencias que van más allá del 'saber' y del 'saber hacer', que trasciende los conocimientos técnicos, la aptitud intelectual o las habilidades cognitivas. Se trata de las llamadas competencias genéricas o transversales, un factor asociado al logro de una ciudadanía más justa, efectiva y responsable; que potencia en las personas una mejor adaptación al contexto, favorece un afrontamiento a circunstancias impredecibles o conflictivas con mayores probabilidades de éxito y facilita el desarrollo de comportamientos 'más humanos', éticos e integrales [4].

En efecto, se trata de un campo de estudio emergente en pleno proceso de estructuración que todavía no ha recibido siquiera una denominación aceptada unánimemente. Algunos de los vocablos más utilizados para referir a estas competencias son: competencias genéricas, competencias participativas, competencias personales, competencias básicas, competencias clave, competencias transferibles, competencias relacionales, habilidades de vida, competencias interpersonales, competencias transversales, competencias básicas para la vida, competencias sociales, competencias emocionales, competencias socio-emocionales [5].

El planteamiento teórico en el que nos posicionamos acerca de este tipo de competencias, se enmarca en un modelo holístico o integrado. En tal sentido, coincidimos con [6] al afirmar que la adquisición, desarrollo y expresión -o inhibición- de cualquier competencia –incluidas obviamente, las genéricas- depende tanto de características personales como de rasgos situacionales y de las interacciones dinámicas que se establece

Como citar este artículo: Paoloni, P.V., Chiecher, A.C. and Elisondo, R.C., Graduados de ingeniería y competencias genéricas. Cinco estudios de la última década que recuperan sus valoraciones y experiencias. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 54-64, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

entre ambas dimensiones -personal y contextual-. Dicho de otro modo, para que una persona demuestre competencia en una determinada tarea, función o rol, no sólo necesita dominar una serie de conocimientos conceptuales (saber), procedimentales (saber hacer) y actitudinales (saber ser/estar), sino que, además, deberá estar motivada para actuar (querer hacer), contar con características personales básicas (capacidades cognitivas, inteligencia emocional y rasgos de personalidad) y con unas características del contexto que sean mínimamente acordes o favorables para la actuación que se pretende llevar a cabo (poder hacer). Precisamente en la última condición mencionada –esto es, las características del contexto como promotoras o inhibidoras para el desarrollo de competencias genéricas- queremos centrar nuestra atención porque entendemos habilita el accionar de múltiples agentes educativos. Así, desde los contextos educativos formales es mucho lo que puede hacerse para favorecer el despliegue de este tipo de competencias; particularmente, desde el nivel superior de educación se torna entonces, un desafío ineludible.

De acuerdo con lo expuesto, en este trabajo analizamos cinco estudios llevados a cabo durante la última década con graduados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto de la República Argentina (en adelante, FI-UNRC). Se trata de estudios en los que participó el Laboratorio de Monitoreo de Inserción de Graduados (MIG) de la FI-UNRC como responsable a cargo o bien como principal colaborador de otros Laboratorios MIG de la Argentina[1]. En todos los casos, se trata de estudios independientes, que perseguían objetivos diferentes pero que fueron seleccionados teniendo en cuenta dos condiciones principales: primero, que todos sus participantes fueran graduados de la FI-UNRC; segundo, que los ingenieros e ingenieras participantes de cada estudio, explicitaran de modo oral (en el marco de entrevistas) o por escrito (mediante repuestas a cuestionarios específicos), sus percepciones y valoraciones acerca de competencias genéricas ligadas al desempeño del rol profesional.

Teniendo en cuenta las condiciones referidas, este trabajo se orienta por dos objetivos principales: primero, analizar las perspectivas de los graduados/as de ingeniería en relación con competencias genéricas, identificando sus valoraciones al respecto y sus sugerencias para próximas generaciones de ingenieros/as; segundo, considerar estos resultados a la luz de los actuales planteos realizados por el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingenierías (CONFEDI) de la República Argentina, para fundamentar la revisión y modificación de planes de estudios en las Carreras de Ingeniería que aspiren a una enseñanza basada en competencias.

1.1. Acerca de las competencias genéricas. Antecedentes y consideraciones actuales

Como dijimos, no existe todavía un término consensuado por la comunidad de investigadores especializados para referir a las competencias genéricas o transversales. [7] las denomina competencias emocionales y las define como el "conjunto de conocimientos, capacidades, habilidades y actitudes necesarias para tomar conciencia, comprender, expresar y regular de forma apropiada los fenómenos emocionales". Atentos a esta definición, podemos mencionar al menos dos importantes antecedentes en la identificación de este tipo de competencias integradas a diferentes modelos teóricos. Según el nivel de generalidad que los caracteriza -de lo más general a lo más particular-, estos desarrollos refieren a: 1) teoría de las inteligencias múltiples; 2) desarrollos sobre inteligencia emocional.

La teoría de las Inteligencias Múltiples (IM) de [8], surge como un intento de ampliar la perspectiva clásica del constructo de inteligencia vinculado al tradicional cociente intelectual (CI), centrado en las competencias racionales de las personas y desprovisto de algún modo de condicionantes o determinantes contextuales. La teoría de las IM, pluraliza entonces el concepto de inteligencia, considerando a las capacidades que son universales a la especie humana y, al mismo tiempo, valoradas en uno o varios contextos culturales. El planteo más crítico de esta teoría consiste en reconocer la existencia de multiplicidad de inteligencias, independientes e interdependientes. En [8], el autor presenta un desarrollo completo acerca de cada uno de los criterios que elabora para fundamentar los siete tipos de inteligencias que hasta ese momento proponía. Dos de estos siete tipos de inteligencias –la inteligencia interpersonal y la inteligencia intrapersonal-, integran importantes aspectos emocionales y sociales que entendemos como principales antecedentes en el estudio de las competencias genéricas o transversales desde la perspectiva teórica que consideramos en este trabajo.

En cuanto a la Inteligencia Emocional, la literatura especializada indica la existencia de diferentes definiciones al respecto, dependiendo del enfoque e interpretaciones del investigador que se considere como referente. Respecto de los investigadores destacados en este tópico, la literatura especializa señala -entre otros- los modelos de [9-11]. En cada uno de estos modelos teóricos sobre IE es posible identificar una diversidad de competencias emocionales o genéricas definidas incluso en sentido similar al que se advierte actualmente en la literatura específica sobre el tema. Aunque el debate y la discusión sobre el constructo de IE sigue abierto y aunque incluso logremos reconocer vinculaciones y diferenciaciones entre IE y competencias genéricas, lo que nadie pone en duda es la importancia y necesidad de adquirir o desarrollar este tipo de competencias, entre otras cosas, por el importante beneficio que supone su aplicabilidad en diversos órdenes de la vida: personal, familiar, profesional, laboral, comunitario, social [4].

En la actualidad, el planteamiento teórico en el que nos posicionamos acerca de las competencias genéricas, se enmarca en un modelo holístico o integrado. En tal sentido y como

[1] El Laboratorio de Monitoreo de Inserción de Graduados (MIG) es un grupo de investigación que desde el año 2004 funciona de manera ininterrumpida en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (FI-UNRC). Trabaja en red junto con otros Laboratorio MIG de la República Argentina –coorodinados por la Dra. Marta Panaia de la UBA-. En general, este Laboratorio estudia de modo sistemático tres poblaciones en particular: alumnos, graduados y abandonadores de la FI-UNRC. La metodología que caracteriza el hacer de los Laboratorio MIG, permite captar trayectorias de formación y de empleo así como datos relevantes de los acontecimientos vitales en la vida de cada sujeto. Desde una perspectiva longitudinal y basado en métodos mixtos, logra así triangular datos derivados de enfoques cuantitativos y cualitativos que posibilitan una visión holística y una compresión más compleja y profunda de los rasgos que definen a las poblaciones en estudio: sus fortalezas, debilidades, dificultades, expectativas, valoraciones, metas y proyectos futuros. Para mayor información, el lector interesado puede consultar el enlace que redirecciona al sitio web del Laboratorio MIG donde, entre otros aspectos, se muestra su estructura, integrantes, modos de trabajo y principales producciones: http://www.ing.unrc.edu.ar/laboratorios/mig_rio4/

dijimos, coincidimos con [6] al afirmar que la adquisición, desarrollo y expresión -o inhibición- de cualquier competencia –incluidas las genéricas- depende tanto de características personales como de rasgos situacionales y de las interacciones dinámicas que se establece entre ambas dimensiones -personal y contextual-.

Tratar de integrar la heterogeneidad que puebla la literatura actual sobre competencias genéricas parece una tarea titánica que excede en mucho las humildes intenciones que nos impulsaron a escribir este artículo. Al respecto sin embargo, entendemos que la propuesta elaborada por el grupo CASEL (Collaborative for Academic Social Emotions Learning), organismo de referencia internacional en investigación sobre programas académicos de "educación socioemocional", habilita un marco suficientemente amplio e integrador que se alinea con nuestra concepción holística o integral acerca de las competencias genéricas y con la concepción que al respecto parece sostener en Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina [12,13]. Así, CASEL elaboró un listado de competencias socioemocionales o genéricas agrupadas en cinco grandes dominios que tomaremos como referente; esto es: a) competencia en el dominio de la autoconciencia, b) competencia en el dominio de la autorregulación, c) competencia en el dominio de la conciencia social; d) competencia en el dominio de la comunicación; e) competencia en el dominio de la toma de decisiones responsables [14]. Veamos brevemente a qué hace referencia cada una de estos dominios.

a) *Competencia en el dominio de la autoconciencia.* En este dominio, se integran todas aquellas competencias y habilidades que nos permiten conectar y entender nuestras emociones, metas y valores. Supone destreza para reconocer cómo nuestros pensamientos, sentimientos y acciones están interconectados. Se integran además en este dominio las competencias que nos permiten valorar nuestras limitaciones y fortalezas y una mentalidad positiva que nos ayude a ser optimistas y percibirnos como auto-eficaces.
b) *Competencia en el dominio de la autorregulación*. Según [14], se integran en este dominio el grupo de competencias y habilidades necesarias para regular nuestras emociones y comportamiento; incluye destrezas necesarias para retrasar las gratificaciones, tolerar el estrés, controlar los impulsos y perseverar ante los desafíos y dificultades.
c) *Competencia en el dominio de la conciencia social*. Integra todas aquellas competencias que permiten considerar una perspectiva diferente a la propia, pudiendo empatizar tanto desde lo cognitivo como desde lo emocional con los demás. Incluye también el entendimiento de las normas sociales y el reconocimiento de la familia, la escuela y la comunidad como importantes recursos y apoyos.
d) *Competencia en el dominio de la comunicación interpersonal*. Integra habilidades y destreza necesarias para establecer relaciones sociales gratificantes y saludables, actuando de acuerdo con normas sociales; se incluyen aquí diversas competencias sociales en la comunicación verbal y no verbal como la habilidad para expresarse con claridad, la escucha activa, comportamientos cooperativos; también habilidad para negociar y manejar los conflictos de manera constructiva y habilidad para buscar ayuda cuando es necesario.
e) *Competencia en el dominio de la toma de decisiones responsable.* Este dominio de competencias requiere de conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para hacer una elección constructiva en relación con comportamientos personales y relaciones sociales a través de diferentes situaciones y contextos. El dominio de esta competencia requiere de habilidad para considerar estándares éticos, considerar aspectos relativos a la seguridad, valorar los riesgos, hacer una evaluación realista de las consecuencias de las acciones y tomar en consideración la salud y el bienestar de uno mismo y el de los demás.

En definitiva, las competencias genéricas, transversales o emocionales -entre otras denominaciones con las que es posible reconocerlas en la literatura especializada-, constituyen un campo emergente de investigación en Psicología Educacional. No cabe duda entonces que su estudio se erige en la actualidad como un campo prometedor para el logro de una ciudadanía más justa, efectiva y responsable; capaz de potenciar en las personas una mejor adaptación al contexto, favorecer un afrontamiento a circunstancias impredecibles o conflictivas con mayores probabilidades de éxito y facilitar el desarrollo de comportamientos 'más humanos', éticos e integrales [4].

1.2. El Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) y las competencias genéricas de egreso para futuros ingenieros e ingenieras argentinos

Teniendo en cuenta lo expuesto hasta aquí, y circunscribiendo nuestra atención específicamente al campo de la enseñanza de la Ingenierías: ¿cuáles son entonces las competencias genéricas de egreso que deberían desarrollar los graduados/as de Carreras de Ingeniería de la República Argentina?

Según un documento titulado 'Competencias genéricas de egreso del Ingeniero Argentino' publicado por el CONFEDI, "para favorecer el desarrollo de competencias, el primer paso es tener claridad sobre cuáles son las competencias que deben ser consideradas (…) lo que supone pensar la formación de grado del ingeniero desde el eje de la profesión, es decir desde el desempeño (…)" [12].

Para el CONFEDI, una competencia genérica es la capacidad para "articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales" [12]. Así, las competencias genéricas se caracterizarían por ser capacidades complejas que integran la ética, los valores y una multiplicidad de saberes –tanto conceptuales, como contextuales y procedimentales-; se vinculan con el 'saber hacer' -formalizado, empírico, relacional- y están referidas tanto al contexto profesional -entendido como la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer- como al desempeño profesional que se pretende lograr -entendido como la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido. Como se advierte, la concepción del CONFEDI sobre las competencias genéricas, no distancia

demasiado de las actuales conceptualizaciones que hemos revisado al respecto desde autores contemporáneos. Así, destaca el carácter transversal de este tipo de competencias y su posibilidad de ser aprendidas o desarrolladas y, en tal sentido, de ser enseñadas.

A lo expuesto, en su reciente 'Libro Rojo' el CONFEDI agrega: "Esto lleva a la necesidad de proponer un currículo con un balance equilibrado de competencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos y de gestión, con formación humanística" [13]. El "Libro Rojo" propone estándares para 25 títulos de ingeniero en la República Argentina e incorpora un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante y orientado al desarrollo de competencias, tanto genéricas -comunes a todas las carreras de ingeniería y necesarias para asegurar el perfil de egreso- como específicas de cada terminal.

Según el CONFEDI este cambio de paradigma centrado en el estudiante y en un enfoque basado en la enseñanza de competencias, contribuirá a una mejora de la efectividad en el proceso de formación, así como de los indicadores de retención, duración real y graduación del sistema. En lo que refiere puntualmente a las competencias, el documento señala que "Tanto las competencias genéricas como las específicas de cada terminal, pueden desarrollarse y perfeccionarse también fuera del ámbito académico; en el campo laboral, o bien en el marco de actividades universitarias extracurriculares, o solidarias, o de actuación ciudadana, entre otras", y que "las carreras podrán reconocer esta contribución al desarrollo y fortalecimiento de las competencias de egreso" [13].

En lo que respecta a competencias de egreso, el CONFEDI distingue entre competencias específicas y competencias genéricas. Las competencias genéricas serían competencias profesionales comunes a todos los ingenieros. Acuerda así en diez competencias genéricas para el egreso en las Ingenierías, discriminadas en: cinco competencias tecnológicas y cinco competencias sociales, políticas y actitudinales. Entre las competencias tecnológicas se incluyen: 1) Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería; 2) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería; 3) Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería; 4) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería; 5) Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas. Por su parte, entre las competencias sociales, políticas y actitudinales el CONFEDI integra: 6) Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo; 7) Comunicarse con efectividad; 8) Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global; 9) Aprender en forma continua y autónoma; 10) Actuar con espíritu emprendedor. Específicamente en este último grupo de competencias sociales, políticas y actitudinales es donde queremos focalizar nuestra atención porque entendemos se ajusta más convenientemente a las consideraciones teóricas sobre competencias transversales en las que nos hemos posicionado.

Teniendo en cuenta los planteos efectuados por el CONFEDI sobre la importancia de contribuir al desarrollo de competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales en los ingenieros tecnológicos y atendiendo a que esta necesidad coincide con las urgencias planteadas desde la Psicología Educacional para la formación de profesionales y de una sociedad más justa, entendemos que los datos recabados durante la última década con graduados de diferentes Carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (República Argentina), se tornan interesantes en tanto recuperan sus experiencias en el ejercicio de la profesión y aportan a una mirada in situ del tópico que aquí nos convoca.

2. El estudio y sus características

Para este trabajo, llevamos a cabo una investigación de síntesis. Una investigación de síntesis implica un proceso completo de investigación especialmente indicado para el propósito de ver con más claridad avances, límites o perspectivas en un área de trabajo. En este tipo de investigaciones se analizan e interpretan los análisis e interpretaciones ya informados en investigaciones previas [14].

Una investigación de síntesis implica entonces un análisis sistemático de varios estudios publicados sobre un tema que satisfacen criterios específicos según el objetivo que persigue la investigación. En nuestro caso, como dijimos, nos importa conocer las percepciones y valoraciones de diferentes cohortes de graduados de Ingeniería respecto de las competencias genéricas ligadas a procesos de inserción y desarrollo profesional. Así, seleccionamos cinco estudios realizados en los últimos diez años por el Laboratorio MIG la FI-UNRC. Seleccionamos estos estudios porque tienen en común el hecho de haber focalizado su atención en graduados de la Facultad de Ingeniería de la UNRC. En especial, consideramos el análisis de aquellos resultados que pueden aportar elementos de juicio para entender más cabalmente cuál es la percepción y valoración de los graduados acerca de las competencias genéricas –sociales, políticas y actitudinales-; un tópico que, reiteramos, hoy convoca la atención de docentes y autoridades preocupados y ocupados por definir cambios en los planes de estudio de manera que respondan más eficazmente a las nuevas demandas sociales. A continuación, presentamos los principales resultados obtenidos tras analizar los cinco estudios referidos.

3. Principales resultados

Los resultados obtenidos en el marco del estudio realizado, se ordenan desde los más antiguos a los más recientes. En cada uno, se recupera la voz y la experiencia de los graduados que, como se advierte, muestran a lo largo de estos últimos diez años un reclamo constante por una mayor formación en algunas competencias genéricas. Veamos de qué competencias se trata, cómo y qué sugieren para próximas generaciones de ingenieros.

3.1. Estudio 1. Ejercicio profesional y demanda de calificaciones. Un estudio sobre los ingenieros que trabajan en las empresas de la zona de influencia de la UNRC [15]

Integrantes del Laboratorio MIG perteneciente a Universidad Tecnológica Nacional -Regional Avellaneda (UTN-Avellaneda; Argentina)-, participaron conjuntamente con el Laboratorio MIG de la FI-UNRC en un estudio focalizado en el análisis de las demandas de calificaciones

profesionales de ingenieros tecnológicos de Río Cuarto (Córdoba) y zona de influencia. Así, sobre la base de los establecimientos productivos registrados por la Cámara de Comercio e Industria de la región de Río Cuarto, se configuró una muestra probabilística de cuarenta empresas para ser visitadas. La muestra estaba integrada fundamentalmente por PyMEs (Pequeñas y Medianas Empresas) dedicadas a la actividad manufacturera con mayor peso de aquellas ligadas al sector agroindustrial, a la industria de la alimentación y la metalmecánica. El abordaje teórico-metodológico de este estudio parte de un análisis de demanda, ya que esto permite conocer las condiciones laborales de los graduados y las dificultades o carencias con que se encuentran en el camino post-universitario.

A partir de un trabajo de re-construcción, elaboración y síntesis de la información obtenida a través de 40 entrevistas a graduados, se identificaron siete tipos de requerimientos en materia de calificación profesional de ingenieros tecnológicos, a saber: a) Aprendizaje constante y resolución de problemas; b) Trabajo en equipo y habilidades para la comunicación; c) Formación en informática; d) Compromiso y responsabilidad; e) Conocimientos técnicos específicos; f) Capacidad de innovación en procesos y maquinarias; g) Evaluación económica de proyectos. Como es posible inferir, no caben dudas que varias de las demandas explicitadas en este documento –entre otras, habilidades para el liderazgo, el trabajo en equipo, la comunicación, compromiso y responsabilidad, capacidad de innovación, etc.- se vinculan directamente con las competencias sociales, políticas y actitudinales propuestas por el CONFEDI diez años después [13], como alternativa para mejorar la formación de los ingenieros y responder con mayor solvencia precisamente a las nuevas demandas sociales con que se enfrentan estos profesionales.

3.2. Estudio 2. Análisis de la demanda de calificaciones requeridas a ingenieros químicos en empresas alimenticias de Rosario y Ciudad de Río Cuarto [16]

El Laboratorio MIG de la FI-UNRC junto con el Laboratorio MIG de UTN-Avellaneda, llevó a cabo un estudio centrado en el análisis de las calificaciones profesionales requeridas a los ingenieros químicos de Rosario (Provincia de Santa Fe) y Río Cuarto (provincia de Córdoba). Entre otros aspectos, se entrevistó a todos los ingenieros graduados de la FI-UNRC que durante el año 2006 trabajaban en planta en 10 empresas alimenticias seleccionadas como muestra representativa. En [16] se publicaron los principales resultados obtenidos en este estudio. Entre los hallazgos referidos podemos destacar lo siguiente:

a) Todos los graduados están satisfechos con la formación académica recibida que se traduce en solidez en el dominio de áreas de conocimientos específicos,
b) La mayoría de los ingenieros entrevistados (80%) mencionan la necesidad de que los futuros profesionales de ingeniería se formen en "relaciones interpersonales, manejo de personal y comunicación" como competencias que van más allá de los conocimientos técnicos específicos. En palabras de uno de los entrevistados: "(...) lo que me parece es que el estudiante sale de ingeniería con muchos conocimientos técnicos, pero con pocos de relaciones humanas, eso afecta muchísimo… tienes los conocimientos que necesitas, pero en el momento de relacionarte con otras personas no tienes esas 'cosas' que te dan las materias de relaciones humanas, dicho sea de paso, yo nunca tuve, porque fui a un colegio técnico que tampoco hubo materias humanas y en ingeniería tampoco. Creo que eso se siente a la hora de entrar a trabajar" (fragmento entrevista Ing. Químico graduado de la FI-UNRC).

Esta necesidad de contar con habilidades de comunicación resulta bastante coherente con las tareas que ciertamente desarrollan los ingenieros químicos en las empresas visitadas: en la mayoría de los casos ellos ocupan gerencias y jefaturas en las cuales poseen personal a cargo, a menudo también se ocupan de la capacitación en normas de calidad, y demás tareas que requieren de estas habilidades. Además, en los sistemas modernos de organización del trabajo se torna cada vez más necesaria la conformación de redes y generación de intercambios y experiencias comunicativas dentro de la empresa/organización, con los clientes y con los demás actores sociales [16].

c) En menor medida (20%), los entrevistados expresaron que resulta necesario que los ingenieros químicos estén capacitados en sistemas de gestión, gerenciamiento y organización industrial.

3.3. Estudio 3. Graduados de la Facultad de Ingeniería. Un estudio sobre sus características estructurales, trayectorias de formación e inserción laboral [17]

En otro estudio llevado a cabo por el Laboratorio MIG de la FI-UNRC, se partió de una muestra representativa de 50 graduados de la FI-UNRC de los 163 que recibieron sus diplomas entre agosto de 2008 y agosto de 2010 -esto es, 9 ingenieros electricistas, 13 ingenieros químicos, 17 graduados de Ingeniería en Telecomunicaciones y 11 de Ingeniería Mecánica-.

El estudio realizado se estructuró en dos partes. En una primera instancia –netamente cuantitativa- se analizaron datos estructurales y trayectorias educativas y laborales de todos los participantes. En una segunda instancia -netamente cualitativa, se focalizó en el grupo de ingenieros e ingenieras químicas; ello, por dos razones: primero, porque de las cuatros carreras consideradas, era la única que presentaba graduados desempleados al momento de efectuarse el estudio; segundo, porque en comparación con la situación laboral del resto de los graduados que participaron de esta investigación, podía advertirse una desventaja en el sentido que no encontramos entre los ingenieros e ingenieras químicas casos que hubieran logrado estabilidad dentro de sus trayectorias laborales ya que, en general, se desempeñaban como contratados o como independientes. Quienes se desempeñaban como contratados, lo hacían en la universidad o en alguna industria. Quienes trabajaban como independientes, se desempeñan en empleos de subsistencia con poca o nula vinculación con la formación académica recibida, como brindar apoyo escolar a estudiantes del nivel medio, cuidar niños o colaborar en la atención de un comercio familiar.

Entre las valoraciones, percepciones y sugerencias de estos graduados de Ingeniería Química que participaron de este

estudio, podemos destacar lo siguiente:

a) *Satisfacción con la formación académica recibida*. La gran mayoría (80%) coincidió en valorar la formación recibida entre muy buena y excelente. Cabe precisar que estos datos, a su vez, coinciden con otro estudio previo realizado por el Laboratorio MIG de la FI-UNRC donde 56 de 57 graduados de Ingeniería Electricista de la FI-UNRC que recibieron sus diplomas entre los años 2005 y 2008 manifestaron igualmente valoraciones positivas acerca de la formación académica brindada por la Facultad [18].

b) *Más del 50% de los graduados de Ingeniería Química destacaron la dificultad que experimentaron para definir proyectos profesionales compatibles con proyectos de vida más generales*. En esta categoría se integran las apreciaciones de 7 de 13 ingenieros/as químicos que coinciden en señalar la dificultad que implica compatibilizar planes, intereses o prioridades personales con proyectos de inserción y/o de crecimiento profesional. En todos estos casos, los entrevistados destacan que Río Cuarto y zona de influencia no constituye un polo industrial por lo cual para conseguir trabajo vinculado con la profesión uno debe pensar en trasladarse a otra ciudad que se caracterice por ser industrial como, por ejemplo, Buenos Aires. Aquí surge, según los ingenieros e ingenieras entrevistados, los principales problemas porque en general existe una resistencia a trasladarse, precisamente a puntos geográficos importantes como el gran Buenos Aires porque el estilo de vida que caracteriza a estas ciudades no concuerda con los intereses, la forma de vida o los proyectos familiares que han previsto desarrollar. Esta dificultad a 'simple vista' parece ajena a cualquier aporte que pudiese efectuarse desde la formación de grado. Sin embargo, como competencia genérica o transversal, se reconoce la habilidad para contactar con nuestros valores y sistema de creencias, identificar preferencias, definir metas y regular el avance hacia nuestros objetivos (competencias del dominio de la autoconciencia). La universidad puede, a través de su propuesta de enseñanza, contribuir a desarrollar estas competencias y contribuir a que los futuros egresados planteen proyectos profesionales más viables y acordes a sus proyectos de vida. Al respecto, se advierte en las últimas décadas un notable incremento de estudios relativos a proyectos profesionales y vitales. Según [19] los proyectos profesionales y vitales que elaboran las personas son construcciones de carácter dinámico en las que intervienen aspectos externos e internos. Entre los aspectos externos que tienen peso en la delimitación de un proyecto profesional, los autores mencionan a los rasgos que configuran el mercado de trabajo en un momento y lugar determinado. Por su parte, entre los aspectos personales que intervienen en la definición de estos proyectos, los autores refieren a las creencias y percepciones de los sujetos que influyen en las decisiones y acciones que llevan a cabo.

c) *Un porcentaje menor (20%) manifiesta como meta laboral lograr un emprendimiento particular*. Al respecto, parece interesante considerar que no sólo los contenidos de un plan de estudio pueden o no favorecer el desarrollo de emprendimientos personales, sino y principalmente las oportunidades que se proporcionen a los estudiantes para actuar con autonomía, promoviendo creencias de autoeficacia en sus posibilidades de actuación emprendedora en un futuro cercano o lejano y fomentando una actitud positiva hacia la innovación y el cambio. De cara a la formación de espíritus emprendedores (emprendedores en sentido estricto o bien intra-emprendedores dentro de una empresa no propia), se abre así una multiplicidad de competencias genéricas que pueden desarrollarse desde la formación de grado.

d) *Ampliar las posibilidades de los estudiantes para contactarse con el mundo laboral, conocer algunas particularidades de diferentes contextos de trabajo e integrarse a algunas de sus rutinas*. Esta es una de las principales sugerencias que la mayoría de los graduados (70%) coindicen en señalar como una alternativa para mejorar la formación de las próximas cohortes de ingenieros químicos. Esta categoría se conformó con los aportes de 9 de los 13 graduados entrevistados que coincidieron en destacar la necesidad de que la Facultad genere oportunidades orientadas a incrementar las posibilidades de los estudiantes para contactarse con industrias, conocer este particular contexto laboral e integrarse a algunas de sus rutinas. Este tipo de actividades supone la creación por parte de la Facultad de instancias de articulación con las industrias o bien la mejora de convenios existentes. De este modo, según las apreciaciones de los graduados, se favorecería el despliegue de importantes competencias genéricas que, junto con las competencias técnicas específicas, promoverían su desarrollo integral como profesionales. Desde nuestro punto de vista, precisamente, el hecho de promover este tipo de experiencias de aprendizaje *in situ* favorece, sin duda, el despliegue de múltiples competencias genéricas como por ejemplo, el desarrollo de una conciencia situacional que ayuda, entre otras cosas, a identificar patrones culturales, rutinas, hábitos y rituales en un lugar determinado, conocimientos tan necesarios para integrarnos a grupos de trabajo, pensar en propuestas innovadoras o explorar modos de gestionar la aprobación y colaboración de un grupo humano en relación con ideas o proyectos de nuestro interés.

3.4. Estudio 4. Graduados de Ingeniería Química. Aspectos centrales a considerar para la revisión del plan de estudios [20]

Durante el 2017, el Laboratorio MIG de la FI-UNRC estuvo abocado a la tarea de recabar datos solicitados por la dirección de la Carrera de Ingeniería Química de la UNRC. El objetivo general fue conocer la valoración de recientes graduados de Ingeniería Química respecto del plan de estudio. Así, se invitó a participar voluntariamente a aquellos graduados de la carrera que recibieron sus diplomas entre los años 2012 y 2016. Entre otras variables, se indagó percepciones y valoraciones relativas a competencias genéricas requeridas por el CONFEDI como competencias de egreso. Así, la idea era conocer, a grandes rasgos,

la percepción de los graduados respecto de la importancia atribuida a cada una de las diez competencias genéricas propuestas por el CONFEDI en relación con la formación recibida y el grado en que ellos valoraban esas mismas competencias como importantes para su desempeño profesional.

De tal modo, 14 graduados respondieron en tiempo y forma un cuestionario que listaba las diez competencias genéricas propuestas por el CONFEDI –mencionadas en el apartado anterior- y para cada una solicitaba responder a dos cuestiones: a) "oportunidades percibidas para desarrollar la competencia durante la formación"; b) "valor atribuido a la competencia para el desempeño profesional". Para responder a la primera cuestión –oportunidades percibidas para desarrollar la competencia durante la formación-, los graduados contaban con una escala Likert de 6 puntos, donde 1 representaba la opción 'nada' y 6 'siempre'. Para responder a la segunda cuestión –valor atribuido a la competencia para el desempeño profesional–, los ingenieros e ingenieras contaban también con una escala Likert de 6 puntos, donde 1 representaba la opción 'muy malo' y 6, 'excelente'.

En relación con las cinco competencias técnicas propuestas por el CONFEDI, los resultados obtenidos indican que en general, los graduados entienden que las competencias enunciadas son relevantes en el desempeño profesional de un ingeniero y, en ese sentido, convendría que estuvieran más presentes durante el periodo de formación. La diferencia enunciada se hace más notoria -y es estadísticamente significativa- para la competencia referida a gestionar, planificar y controlar proyectos de ingeniería, donde la diferencia entre medias para "Oportunidades para desarrollar la competencia durante la formación" y "Valor atribuido a la competencia para el desempeño profesional" fue estadísticamente significativa. Para el caso de las competencias sociales, políticas y actitudinales propuestas por el CONFEDI, los datos se orientaron en sentido similar. Así, tienden a ser más altas las puntuaciones relativas al valor que los graduados le atribuyen a la competencia para su desempeño profesional que la percepción que tienen de su presencia en el plan de estudios con el que se formaron. Las diferencias resultaron más importantes para las siguientes competencias: capacidad para identificar las metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas; capacidad para seleccionar las estrategias de comunicación en función de los objetivos y de los interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio; capacidad para asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo. Esto es, desde la perspectiva de estos graduados, este tipo de competencias sociales, políticas y actitudinales deberían promoverse desde la formación con mayor énfasis porque para el desempleo del rol profesional son muy necesarias.

3.5. Estudio 5. Tercer relevamiento de graduados de la Facultad de Ingeniería [21]

Durante el año 2016 y parte del 2017, el Laboratorio MIG de la FI-UNRC llevó a cabo el tercer relevamiento de graduados de la Facultad de Ingeniería de UNRC. En esta oportunidad se recabaron datos de todos aquellos que recibieron sus diplomas entre mediados de 2011 y octubre de 2017. Como es característico de la metodología de trabajo de Laboratorio MIG, los datos se recabaron mediante una encuesta longitudinal y una entrevista biográfica. Si bien, contamos con análisis de datos cuantitativos (encuesta), respecto de los datos cualitativos (entrevistas), hasta el momento tenemos analizadas las entrevistas realizadas a la cohorte de graduados más reciente (cohorte 2017).

Desde enero y hasta octubre del año 2017 se recibieron 28 ingenieros/as de la FI-UNRC: 11 de Ing. Química, 7 de Ing. Mecánica, 6 de Ing. en Telecomunicaciones y 4 de Ing. Electricista. A los fines de este documento, centramos nuestra atención en las respuestas que los graduados/as dieron a cinco preguntas en particular: a) valoración de la formación recibida; b) grado de satisfacción con la Carrera cursada; c) debilidades y fortalezas identificadas en relación con sus experiencia de inserción laboral; d) opiniones acerca de la formación en relación con el emprendedorismo como una posible arista del rol profesional; e) sugerencias para mejorar los planes de estudio de cara a favorecer la inserción y desempeño laboral de futuras generaciones de ingenieros/as.

En cuanto a la primera pregunta –valoración de la formación recibida- los datos se orientan en el mismo sentido de los recabados en los últimos dos relevamientos de graduados. Así y en general, casi todos los entrevistados coinciden en valorar entre muy buena y excelente la formación académica recibida. Específicamente, 20 graduados la califican como muy buena, 6 como excelente y 2 como buena. En general, justifican estas apreciaciones en el nivel de exigencia de la Carrera y el prestigio institucional que la caracteriza en comparación con otras universidades e incluso con Carreras de posgrado.

Respecto de la segunda pregunta -satisfacción experimentada durante la Carrera cursada-, todos los graduados coinciden en describir su paso por la Facultad como una experiencia muy satisfactoria. Sus apreciaciones se justifican en general, en la importancia de que sea una Facultad relativamente pequeña, donde el trato personalizado es una realidad, destacan así la disponibilidad genuina de los profesores, la apertura para atender a sus dudas, algunos mencionan también al grupo de compañeros como una variable de peso que contribuyó a crear una experiencia satisfactoria en su transitar por la institución.

Atendiendo a la tercera pregunta –debilidades y fortalezas detectadas en relación con sus experiencias de inserción profesional-, las respuestas se pueden agrupar en dos categorías: respuestas que destacan fortalezas y respuestas que destacan debilidades. Entre las primeras, principalmente los graduados destacan la calidad de los conocimientos teóricos y técnicos adquiridos, las herramientas que la universidad brinda para aprender a buscar soluciones cuando las tecnologías y los conocimientos progresan de un modo tan vertiginoso, la flexibilidad de pensamiento y la disponibilidad de los docentes para continuar orientándolos en lo que puedan aún después de recibidos. En cuanto a las debilidades percibidas en relación con la inserción profesional, las respuestas de los graduados indican lo siguiente: a) 20 de 28 graduados mencionan una importante falta de contacto con empresas, industrias u otros ámbitos laborales; esto supone -desde sus perspectivas- un

sobredimensionamiento de la teoría en comparación con aplicaciones prácticas in situ; b) 9 de 28 graduados refieren a una falta de formación en lo que tiene que ver con habilidades transversales como manejo de personal, relaciones interpersonales, habilidades en oratoria, estrategias para el convencimiento, toma de decisiones, entre otras; 4 de 28 graduados coinciden en señalar la transmisión de una perspectiva demasiado estructurada de lo que es el mundo laboral y contenidos algo desactualizados que complican a veces los procesos de inserción en tareas específicas.

Por su parte, en cuanto a la cuarta pregunta -opiniones acerca de la formación en relación con el emprendedorismo como posible arista del rol profesional-, los aportes de los graduados pueden agruparse en tres categorías: respuestas que valoran la importancia del emprendedorismo como posible arista profesional aunque perciben que se trata de una cuestión personal en la que la Facultad no tiene algo sustancial por aportar (5 de 28); respuestas que valoran al emprendedorismo como importante alternativa profesional, consideran que a lo largo de la Carrera ha sido mencionado por algunos profesores y en algunas asignaturas pero sin haberse desarrollado como tema de modo sistemático en el marco de los planes de estudio (5 de 28); respuestas que entienden al emprendedorismo como tema fundamental en la ingenierías, reclaman en que debería ser integrado a los planes de estudio, acompañado de la enseñanza de competencias necesarias que ayuden a "generar oportunidades y no sólo a buscarlas". En este último grupo, las respuestas de los ingenieros/as advierten que, entendido el emprendedorismo como una posibilidad laboral, le compete a la Facultad brindar herramientas básicas que orienten al estudiante respecto de cómo pensar y diseñar un proyecto profesional que contemple a la innovación o al emprendimiento como opción profesional (18 de 28 respuestas).

Finalmente, respecto de la última pregunta -sugerencias para mejorar los planes de estudio de cara a favorecer la inserción y desempeño laboral de futuras generaciones de ingenieros/as-, las respuestas de los graduados podrían agruparse en tres categorías no mutuamente excluyentes: a) mejorar la vinculación de la Facultad con el medio a través de una diversidad de alternativas; entre ellas, proponiendo sistema de pasantías rentadas, ampliando las horas de las prácticas en empresas, ampliando los convenios con empresas o industrias de Río Cuarto o la zona, programando diferentes eventos donde sea necesario el contacto con el mundo laboral (12 de 28 respuestas); b) incorporar espacios curriculares donde se aprendan, consoliden o desarrollen competencias transversales -como oratoria, planificación de un proyecto profesional, habilidades en relaciones interpersonales, técnicas vinculadas con búsqueda de trabajo y entrevistas laborales, entre otras- (10 de 18); actualizar y/o profundizar contenidos especialmente importantes para el desempeño laboral –fluidos, cálculo estructurales, mecánica teórica, radio-comunicaciones, gestión empresarial, mantenimiento mecánico, gestión de proyectos, finanzas y administración ingenieril, aprovechamiento de herramientas de Office, Excel y otras diferentes alternativas que actualmente ofrecen las TIC al servicio del crecimiento profesional (7 de 28).

4. Consideraciones finales

En este escrito nos propusimos analizar las perspectivas de graduados/as de ingeniería de los últimos diez años en relación con las competencias genéricas necesarias para el desempeño del rol. También quisimos considerar los resultados obtenidos a la luz de los actuales planteos realizados por el Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingenierías (CONFEDI) de la República Argentina sobre la necesidad de implementar una enseñanza basada en competencias.

Respecto las perspectivas de los ingenieros e ingenieras en relación con las competencias genéricas necesarias para el desempeño del rol, los principales resultados obtenidos en los últimos diez años con graduados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto, destacan la importancia que asumen algunas competencias transversales a la hora de insertarse laboralmente y progresar en su devenir como profesionales. Así, los hallazgos obtenidos se orientan a corroborar la propuesta efectuada por el CONFEDI en relación a la relevancia de implementar una enseñanza basada en competencias para pensar en la formación de las futuras cohortes de graduados de ingeniería. Como puede inferirse, en nuestros hallazgos se destaca como importante un tipo particular de competencias genéricas: las competencias sociales, políticas y actitudinales propuestas por el CONFEDI, que coinciden plenamente con las competencias transversales o socioemocionales propuestas por organismos internacionales de reconocida trayectoria en el tema (como, por ejemplo, el grupo CASEL).

Efectivamente, como hemos visto, las competencias genéricas que graduados de Carreras de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto (Argentina), reclaman en estos últimos diez años, tienen que ver con competencias sociales y emocionales, tan fundamentales para un desempeño satisfactorio del rol profesional como las competencias técnicas más específicas. Al respecto, entendemos que son necesarios mayores esfuerzos por orientar a la comunidad educativa respecto de cómo atender en las reformulaciones de los planes de estudio principalmente a este tipo de competencias transversales.

De acuerdo con los hallazgos obtenidos, necesitamos incorporar contenidos que permitan a las nuevas generaciones de ingenieros/as formarse en competencias 'blandas' como habilidades para trabajar en equipo, liderazgo, comunicación, conciencia situacional, procesos de negociación, motivación de logro, inteligencia emocional en el ámbito laboral, inteligencia social, asertividad, emprendedorismo, aprovechamiento de las TIC en la Carrera profesional, entre otras. Una alternativa que contribuiría a desarrollar estas competencias desde la formación de grado, podría ser considerarlas como objeto didáctico, que permita estructurar en un mismo espacio curricular y transversal -asignatura, taller, seminario, ateneo, etc.- la enseñanza de contenidos actitudinales y competencias genéricas de modo coordinado, holístico, basado en marcos conceptuales actualizados, coherentes y apoyados en investigaciones pertinentes.

¿Por qué sería importante habilitar espacios curriculares para la enseñanza de competencias transversales en Carreras de

Ingeniería? La respuesta es simple y, de acuerdo con los hallazgos analizados en este trabajo, está muy bien fundamentada desde la perspectiva de los propios graduados. Este tipo de competencias son tan necesarias como las competencias técnicas más específicas. Las transformaciones acontecidas en el entorno empresarial, sumadas a las necesidades sociales vinculadas a estos cambios, inducen a reconocer la necesidad de otro tipo de competencias que van más allá de las competencias profesionales habituales. Además de experticia técnica, de preparación académica, de conocimientos conceptuales y procedimentales, se requiere actitud, profesionales que puedan comprender el mundo e influir en él, que puedan aprender de forma autónoma a lo largo de su vida, creativos e innovadores, capaces de asumir riesgos y hábiles para identificar problemas y gestionar soluciones oportunas; se requiere de profesionales que puedan desarrollar relaciones armoniosas con quienes interactúan, líderes responsables y partícipes eficaces en la vida profesional, social y política de la comunidad a la que pertenecen.

Como todas las competencias, las transversales, genéricas o socioemocionales, se aprenden, se desarrollan y consolidan si las personas tienen una oportunidad razonable para participar en prácticas que lo posibiliten. Las competencias genéricas son jerárquicas, independientes e interdependientes, lo que supone entonces la conveniencia de organizarlas si las consideramos como objeto de enseñanza. Si nos basamos en el modelo propuesto por el grupo CASEL –o en cualquier de los modelos sobre IE más reconocidos-, advertimos que se requiere comenzar por las competencias que integran los primeros grupos para ir avanzando hacia los grupos que requieren competencias más complejas. Así, por ejemplo, la conciencia de sí mismo –o autoconciencia- es necesaria para el desarrollo de formas más avanzadas de autorregulación o de empatía. El aspecto más beneficioso de la conciencia de sí mismo es la capacidad parar reflexionar sobre los pensamientos, intenciones y emociones propias, y poder distinguirlos de las intenciones, emociones y pensamientos de los demás. En otras palabras, para poder identificar y regular los recursos internos y externos con los que disponemos o para poder actuar de manera empática, es preciso primero conectarnos con nosotros mismos y re-conocernos en nuestras necesidades, metas, emociones –ansiedades, miedos, alegrías, esperanzas, etc.-, potencialidades y debilidades. Esta conciencia de sí, al igual que cualquier habilidad, se construye, se perfecciona a través de la práctica. Pues bien, ¿qué oportunidades para poner en práctica estas habilidades proporcionamos hoy desde la universidad entendida como una comunidad educativa?, ¿qué posibilidades concretas generamos desde el cursado de las diferentes asignaturas que integran el plan de formación de las diferentes Carreras de Ingeniería?, ¿Qué espacios curriculares habilitamos para enseñar a los educandos a conocerse a sí mismos en el sentido en que aquí lo planteamos?

En igual sentido, la empatía o capacidad para comprender y responder a las experiencias afectivas de otra persona [22], está a la base de todo vínculo social en cualquier organización institucional. Su surgimiento y evolución se relaciona con otras importantes competencias socioemocionales, como la capacidad para ser servicial, liderar con eficacia o desarrollar conductas prosociales. Teniendo en cuenta los resultados derivados de nuestros análisis, nos preguntamos, ¿qué podemos hacer como institución para promover una mayor valoración de este tipo de competencias en Carreras de Ingeniería?, ¿es posible ayudar a los estudiantes de grado a prestar atención sobre estos aspectos y promover el desarrollo de competencias transversales que se encuentran a la base del éxito en cualquier contexto de logro?

Los resultados obtenidos en este estudio, así como las preguntas emergentes a partir de los mismos, disparan sin duda una multiplicidad de direcciones por las que puede discurrir futura investigación al respecto. Por ahora, nos atrevemos a sugerir el potencial que proporcionaría implementar trayectos transversales de formación en Carreras de Ingeniería como oportunidades para desarrollar este tipo de competencias. Entendemos que es preciso ayudar a estudiantes de ingeniería a identificar y valorar los recursos personales (por ejemplo, sus competencias específicas y transversales) e interpersonales (por ejemplo, sus familias, grupo de pares, etc.) con los que cuentan para aprender a 'ser' ingenieros. Si pudiéramos lograr que este tipo de competencias se integren armónicamente al proceso de construcción de identidad profesional, ampliaríamos las posibilidades de los educandos para desarrollarlas y formarse como ciudadanos y profesionales íntegros. Obvio que, para avanzar hacia la dirección sugerida, debemos pensar primero en la capacitación de los docentes, tal y como lo propone el CONFEDI: pensar en un cambio orientado a una enseñanza centrada en el estudiante y basada en competencias, implica revisar prácticas y moverse de formas tradicionales de enseñanza hacia formas dinámicas, activas, participativas e innovadoras [13]. ¡Qué gran desafío! ¿Qué espacios se habilitan para la formación del profesorado en un enfoque basado en la enseñanza de competencias transversales o socio-emocionales?, ¿qué acciones institucionales se despliegan al respecto?, ¿qué modos de acompañar a los docentes en este proceso de cambio tan necesario se están poniendo en práctica? Más preguntas que sugieren senderos promisorios para la investigación educativa…

Para finalizar, quisiéramos destacar posibles *limitaciones* y *fortalezas* del trabajo aquí presentado.

Una *limitación* tiene que ver con la posibilidad de generalización. Los estudios considerados en nuestros análisis fueron llevados a cabo con graduados de una Facultad de Ingeniería de la República Argentina por el lapso de diez años; no es posible generalizarlos a todas las Facultades de Ingeniería del país ni siquiera a todas las cohortes de ingenieros graduados de la FI-UNRC desde donde se condujeron los estudios. Al respecto, cabe aclarar no obstante que nunca fue nuestra intención generalizar los resultados obtenidos. Entendemos que no sería correcto metodológicamente ni tampoco conveniente como aspiración en sí misma. La construcción de la identidad profesional -de Ingeniero Químico, Ingeniero Electricista, Ingeniero Mecánico, entre otros-, se encuentra atravesada por innumerables influencias personales, sociales y culturales que ameritan estudios situados capaces de recuperar la riqueza de las tramas que las conforman. Nuestro trabajo, muestra sólo algunas de estas tramas recortadas principalmente a competencias valoradas para el desempeño del rol de un grupo

de ingenieros e ingenieras a lo largo de un lapso determinado.

En cuanto a las *fortalezas* de este trabajo, destacamos la potencialidad y alcance de sus resultados. En tal sentido, entendemos que el tipo de competencias que se reitera como fundamental para el desempeño del rol profesional en cada uno de los cinco estudios analizados, pueden asemejarse al tipo de competencias que para otros grupos de graduados de ingeniería sean igualmente importantes para sus desempeños profesionales -de hecho, intercambios establecidos en diversos eventos de difusión internacional en los que hemos participado, avalarían este supuesto-, lo que permitiría pensar que la enseñanza basada en competencias puede ser una necesidad compartida no sólo por otras Facultades de Ingeniería de la Argentina, sino de otros países. En este marco, podemos pensar también que la enseñanza de competencias socioemocionales, se torna un desafío compartido y que, en este sentido, las alternativas propuestas como líneas de acción en este trabajo, pueden resultar de interés para otros docentes, autoridades, organismos, instituciones o investigadores educacionales interesados en mejorar la calidad de la educación en las ingenierías de modo tal que responda más convenientemente a las nuevas demandas sociales.

Referencias

[1] Covey, S., Los siete hábitos de la gente altamente efectiva, Paidós, Buenos Aires, Argentina, 2015.

[2] Goleman, D., La inteligencia emocional en la empresa, Zeta Bolsillo, Buenos Aires, Argentina, 2013.

[3] Melamed, A., Empresas + humanas. Mejores personas, mejores empresas, Booket, Buenos Aires, Argentina, 2012.

[4] Paoloni, P., Rinaudo, C. y Martín, R., Yo, tú… ellos y nosotros. Competencias socioemocionales en la construcción de identidades profesionales, Editorial Brujas, Ciudad de Córdoba, Argentina, 2019, ISBN: 978-987-760-179-4.

[5] Bisquerra-Alzina, R. y Pérez-Escoda, N., Las competencias emocionales, Revista Educación, [en línea]. XX1(10), pp. 61-82, 2007. [Fecha de consulta: diciembre de 2018]. Disponible en: https://www.redalyc.org/pdf/706/70601005.pdf

[6] Repetto-Talavera, E. y Pérez-González, J.C., Formación de competencias socioemocionales a través de las prácticas en empresas, Revista Europea de Formación Profesional, [en línea]. 40, pp. 92-112, 2007. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/39221596_Formacion_en_competencias_socioemocionales_a_traves_de_las_practicas_en_empresas

[7] Bisquerra-Alzina, R., Educación emocional y competencias básicas para la vida, Revista de Investigación Educativa, [en línea]. 21(1), pp. 7-43, 2003. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: https://revistas.um.es/rie/article/view/99071

[8] Gardner, H., Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica, Paidós Ibérica, Barcelona, [en línea] 1998. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: http://ict.edu.ar/renovacion/wp-content/uploads/2012/02/Gardner_inteligencias.pdf

[9] Fernández-Berrocal P. y Extremera-Pacheco, N., La inteligencia emocional y la educación de las emociones desde el modelo de Mayer y Salovey. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, [en línea]. 19(3), pp. 63-93, 2005. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: http://extension.uned.es/archivos_publicos/webex_actividades/4980/ieimaciel03.pdf

[10] Goleman, D., La inteligencia emocional, Vergara Editora, Buenos Aires, Argentina, 2000.

[11] Bar-On, R., Inteligencia emocional y felicidad. [en línea]. Entrevista a Reuven Bar-On, 2012 [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: http://www.youtube.com/watch?v=h5jGibf4wyE

[12] Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI), Competencias genéricas de egreso del ingeniero argentino, [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/Cuadernillo-de-Competencias-del-CONFEDI.pdf

[13] Consejo Federal de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI), Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina, Libro Rojo de CONFEDI, [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf

[14] Shanahan, T., Research synthesis: making sense of the accumulation of knowledge in reading, en: Kamil, M.L., Mosenthal, P.B., Pearson, P.D. and Barr, R., Handbook of reading research, Erlbaum, Mahwah, 2000, pp. 209-253.

[15] Simone, V., Campetelli, V. y Tasca, A., Ejercicio profesional y demanda de calificaciones. Un estudio sobre los ingenieros que trabajan en las empresas de la zona de influencia de la UNRC, Documentos de Trabajo, [en línea]. No. 5, pp. 1-23, 2008. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: http://www.ing.unrc.edu.ar/laboratorios/mig_rio4/archivos/05_dt_rio_cuarto.pdf

[16] Tasca, A., Demanda de calificaciones y el rol de profesionales de ingeniería química en empresas alimenticias de Rosario y Río Cuarto, en: Panaia, M., Inserción de jóvenes en el mercado de trabajo, pp. 205-241, La Colmena, Buenos Aires, s.a.

[17] Paoloni, P.V., Chiecher, A. y Rivarola, V., Recientes graduados de la Facultad de Ingeniería, Documentos de Trabajo, [en línea]. No. 11, pp. 1-29, 2012. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: http://www.ing.unrc.edu.ar/laboratorios/mig_rio4/archivos/11_documento-final.pdf

[18] Paoloni, P.V., Valoraciones de trayectorias educativas, expectativas por trayectorias laborales. Un estudio con ingenieros electricistas graduados de la UNRC, en: Panaia, M., Trayectorias de graduados y estudiantes de Ingeniería, Editorial Biblos, Buenos Aires, Argentina, 2010, pp. 213- 233.

[19] Gil-Galván, M. y Castaño-Ortíz, M., Análisis de las percepciones del futuro laboral de estudiantes universitarios/as y sus implicaciones en la configuración del proyecto profesional y vital desde una perspectiva de género, [en línea]. 2011. [Fecha de consulta: diciembre 2018]. Disponible en: http://www.oei.es/congresoctg/memoria/pdf/GilGalvan.pdf

[20] Chiecher, A. y Paoloni, P., Encuesta a graduados de ingeniería química. Aspectos centrales a considerar para la revisión del plan de estudios. Documento elaborado por el Laboratorio MIG de FI-UNR, 2017.

[21] Paoloni, P.V., Chiecher, A. y Concha, L., Tercer relevamiento de graduados de la Facultad de Ingeniería. Documento de Trabajo, No. 16, pp.1-16, 2018.

[22] Decety, J. and Svetlova, M., Putting together phylogenetic and ontogenetic perspectives on empathy, Developmental Cognitive Neuroscience, 2(1), pp. 1-24, 2012. DOI: 10.1016/j.dcn.2011.05.003

P.V. Paoloni, es Lic. en Psicopedagogía en 1999, MSc. en Educación y Universidad en 2005, ambos de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Argentina y Dra. en Psicología, en 2008, de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina. Desde el 2009 investigadora efectiva en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Argentina. Actualmente investigadora independiente, directora del Laboratorio de Monitoreo de Inserción de Graduados (MIG) de la Facultad de Ingeniería de la UNRC en 2014, 2016, 2018 y hasta mayo 2019. Vicedirectora del Laboratorio MIG, en 2013, 2015 y 2017. Docente en la UNRC y docente de cursos de maestría y doctorado en la Universidad Nacional de La Rioja y en la Universidad Católica de Córdoba, Argentina. Sus intereses investigativos incluyen: motivación de logro, emociones en los aprendizajes, competencias transversales y contextos promisorios para el logro de compromiso. Es Categoría II en el Programa de incentivos a docentes e investigadores de la Argentina, directora de varios proyectos de investigación y desarrollo financiados por organismos oficiales de Ciencia y Tecnología e integrante del Instituto de Investigaciones Sociales Territoriales y Educativas de la UNRC. ORCID: 0000-0002-9384-010X

A. C. Chiecher, es Lic. en Psicopedagogía en 1998, MSc. en Educación y Universidad en 2004, ambos de la Universidad Nacional de Río Cuarto,

Argentina y Dra. en Psicología en 2007, de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina. Desde 1999 trabajó en el área de investigación educacional, primero en el marco de becas otorgadas por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y desde 2008 como miembro de la Carrera de Investigador del mencionado organismo. Se desempeña también como docente en la Universidad Nacional de Río Cuarto desde 1999. Ha publicado libros, capítulos y artículos sobre temas vinculados al campo de la psicología educacional.
ORCID: 0000-0002-5421-6865

R.C. Elisondo, es Lic. en Psicopedagogía en 1998 y MSc. en Educación y Universidad en 2003, de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. Dra. de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina en 2011 y de la Universidad de Murcia, España, en 2015. Desde 2005 desempeña actividades de investigación en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET. Argentina), desde 2013 como investigadora asistente, actualmente es investigadora adjunta del CONICET. Profesora en el Departamento de Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de Río Cuarto desde 2010. Actualmente es profesora adjunta, de las cátedras teoría y técnica de los test, exploración psicométrica y psicometría educacional. Sus intereses investigativos incluyen: análisis de procesos creativos en contextos cotidianos y educativos, estudios biográficos de la creatividad, diseño y evaluación de innovaciones educativas y construcción de instrumentos de medición de capacidades y acciones creativas. Autor 3 es coordinadora adjunta de la Maestría en Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Río Cuarto.
ORCID: 0000-0002-7841-9878

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Digitalización de instrumentos aeronáuticos para el simulador de vuelo X – Plane 11 y Air Manager

Carlos Andrés Tavera-Romero, Jeffrey Luna-Espinosa & David Villada-Luna

Grupo COMBA I+D, Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia Carlos.taver00@usc.edu.co, Jeffrey.luna00@usc.edu.co

Resumen— El uso de simuladores de vuelo es de gran importancia en un curso de aviación, es una forma de enfrentar de manera eficaz y eficiente la necesidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos, además, otros aspectos como seguridad, economía y cobertura también se ven saciados. Pero en ocasiones se requiere que los estudiantes practiquen en una aeronave que no está en la lista predeterminada del simulador, entonces, seleccionar la aeronave que menos cambios requiera y adaptarla a las necesidades pedagógicas fue la opción que La Fuerza Aérea Colombiana y la Universidad Santiago de Cali eligieron cuando se necesitó que los Cadetes de la Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" se entrenaran en un avión que no está como una de las opciones por defecto en el programa simulador de vuelo que utilizaban.

Palabras Clave— simulador de vuelo; educación en aviación; ingeniería de requisitos.

Recibido: 3 de diciembre de 2018. Revisado: 11 de abril de 2019. Aceptado: 4 de mayo de 2019.

Digitalization of aeronautical instruments for the flight simulator X - Plane 11 and Air Manager

Abstract— The use of flight simulators is of great importance in an aviation course, they are a way to effectively and efficiently face, among others, aspects such as security, economy and coverage. But sometimes students are required to practice in an aircraft that is not on the simulator's predetermined list, it is then: 1) Acquire the manufacturer the aircraft that is needed, if it is already designed or failing to assume the costs of a development 2) use the most similar aircraft (moving the student away from an experience with the real airplane) or 3) select the aircraft that requires the least changes and adapt it to the pedagogical needs. This last possibility was the one that the Colombian Air Force and the Santiago de Cali University chose when it was needed that the Cadets of the Military Aviation School "Marco Fidel Suárez" were trained in a plane that is not one of the default options in the flight simulator program they use.

Keywords— flight simulator; aviation education; requirements engineering.

1. Introducción

Desde el año 1933 La Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suárez" EMAVI tiene como misión básica la formación militar, profesional y humana de los oficiales de la Fuerza Aérea Colombiana FAC [1]. Para realizar su tarea, esta institución educativa cuenta con una flota de aeronaves diseñada para el entrenamiento de los Cadetes y Alféreces.

Para asumir su formación, los futuros pilotos desarrollan periódica y programáticamente un Curso de Vuelo que consiste en una serie de misiones prácticas a bordo y/o al mando de uno de los aviones de entrenamiento disponibles.

Una problemática que enfrenta la EMAVI es que los estudiantes antes de realizar sus primeras prácticas en las aeronaves reales realizan una serie de ejercicios en un programa simulador de vuelo; esta circunstancia obligaba al alumno a realizar un esfuerzo extra, porque tienen que trasladar lo aprendido en un software (simulador) hacia un hardware (avión).

De otro lado, la EMAVI no cuenta con tantas aeronaves para entrenamiento como se podría desear. Principalmente, se emplean dos aviones, el T-90 "Calima" (ver Fig. 1.) y el T-41 "Tecua" (ver Fig. 2.).

Para el año 2016, La EMAVI cuenta con un simulador de vuelo del "Calima", este consta de: una estructura a la que el estudiante accede y se sienta a la hora de efectuar la práctica, y un programa que simula el vuelo. El estudiante ve los escenarios a través de una proyección hecha con un VideoBeam.

El simulador del "Calima" ha venido ayudando la formación de los Cadetes y Alféreces y fue un gran aporte. Pero se encontraron algunos aspectos que merecían ser mejorados:

1) La estructura internamente no era tan similar al avión real.
2) El aspecto y distribución de los controles no eran los mismos que en la aeronave "Calima".
3) Los relojes eran físicos y no estaban conectados con el simulador (solo ofrecían lucimiento), además no eran iguales a los auténticos.
4) Las imágenes proyectadas (con las que el estudiante percibe la panorámica) no brindaban una experiencia muy cercana a la realidad.

Ante la necesidad creciente de los estudiantes al practicar el vuelo de la aeronave "Tecua" y teniendo presente las dificultades encontradas en el simulador del "Calima", en 2016 La EMAVI propone ante Colciencias el proyecto del diseño y construcción del simulador de vuelo del "Tecua". [2,3].

El proyecto es aprobado y se inicia su ejecución. La estructura (idéntica dentro y fuera al "Tecua") fue diseñada y construida en la EMAVI, los controles fueron seleccionados y adquiridos también por la EMAVI. De esta manera, se superaron las dificultades 1) y 2) que se encontraron en el simulador del "Calima".

Como citar este artículo: Tavera-Romero, C.A., Luna-Espinosa, J. and Villada-Luna, D., Digitalización de instrumentos aeronáuticos para el simulador de vuelo X – Plane 11 y Air Manager. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 65-71, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

Figura 1 Avión T-90.
Fuente: http://americamilitar.com/articulos/1776-colombia-expondra-resultados-de-la-industria-aeronautica-durante-expodefensa-2014.html

Figura 2 - Avión T-41
Fuente: https://www.jetphotos.com/photo/7142422

El programa simulador de vuelo X-plane Flight Simulator, fue seleccionado evaluando características como usabilidad, economía y agilidad. Este software brinda los escenarios y se comunica con los controles con los que interactúa el estudiante.

Pero como se tenía previsto (gracias a la Gestión de Riesgos), el avión "Tecua" no se encontró en el listado de las aeronaves disponibles en el programa simulador de vuelo escogido. Para dar solución a esto y dado que los instructores ya tenían diseñados los módulos orientados al 'Tecua', las aeronaves ya habían sido adquiridas y la infraestructura para ellas ya estaba comprada e instalada, La EMAVI y la Universidad Santiago de Cali propusieron un proyecto de investigación con el objetivo de adecuar el simulador de vuelo según los requisitos del macroproyecto; es decir, se diseñan los controles de la cabina del T-41, y posteriormente se configuró e incluyó este avión en el programa simulador de vuelo.

Para el levantamiento de requisitos se empleó la Ingeniería de Requisitos, dada la necesidad precisa de los usuarios y poder transformarlas en eventos (sucesos que ocurren en el sistema).

Un hecho que intensificó el trabajo fue el cambio continuo de los requisitos, esto se mitigó con Gestión de Riesgos. El desarrollo del proyecto se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1.
Etapas de desarrollo

Etapa	Descripción
1:	Ingeniería de requisitos.
2:	Gestión de riesgos.
3:	Diseño y digitalización de los instrumentos.
4:	Instalación de instrumentos digitalizados.
5	Integración y pruebas

Fuente: Autores

2. Desarrollo del proyecto

En esta sección se explica cómo se realizaron cada una de las etapas del proyecto, la selección y utilización del proceso de Ingeniería de Requisitos, la metodología de Gestión de Riesgos, para después discutir cómo se diseñó, programó e instaló el nuevo módulo de software en el programa simulador de vuelo, y finalmente se presenta las pruebas y resultados finales.

2.1. Ingeniería de requisitos

Dado que el software que se está adaptando es para la enseñanza de los futuros oficiales de la Fuerza Aérea es necesaria una especificación precisa y ágil de los requisitos de quienes utilizarán lo aprendido en aviones reales, por ende, la vida de los pilotos, el resto de la tripulación e incluso la población civil puede estar comprometida si los alumnos no reciben una correcta educación.

Se eligió el proceso de Ingeniería de Requisitos que propone [4]. en el que "se debe considerar por lo menos tres aspectos fundamentales":

1) Comprender el problema
2) Describir de manera formal el problema
3) Obtener un acuerdo sobre la naturaleza del problema

Es así como lo anterior nos encamina a la simplificación del proceso a tres etapas según [4]:

1) Elicitación de Requerimientos
2) Especificación
3) Validación

Las anteriores tres etapas se aplicaron durante el desarrollo del proyecto, como se discutirá en las secciones.

2.2. Gestión de riesgos

Se han propuesto diversas metodologías para la gestión de riesgos (algunas descritas en [5]), la mayoría son presentadas como procesos de muchos pasos y poco ágiles. Por este motivo

Figura 3 Ciclo de Gestión de Riesgos
Fuente: Inspirado en la Fig. 7 de [1].

y porque la naturaleza misma del proyecto exigía una gestión ágil de los riesgos, se seleccionó la metodología propuesta en el libro "Gestión de Riesgos en Proyecto de Software a Desarrollar en Empresa Privada" [6] (ver Fig. 3.).

2.3. Diseño y digitalización de instrumentos

Esta fase se considera como una apertura dentro del modelo propuesto para la implementación en el AirManager, ya que se toman las imágenes reales de los instrumentos aeronáuticos y se inicia su proceso de digitalización que se evidencia en los pasos de la Tabla 2.

2.3.1. Captura e identificación de características comunes

Realizar la captura de los instrumentos aeronáuticos por medio de fotografías será la base que se utiliza para iniciar el diseño y la digitalización de cada uno. Se debe tener en cuenta que las imágenes deben ser claras, además de contener a detalle cada componente del instrumento. De no ser así, pueden omitirse detalles importantes a la hora de digitalizar (Fig. 4).

Al observar las imágenes notamos un claro patrón de diseño, la mayoría de los instrumentos se conforman de circunferencias en su base, por ende, procedemos a crear una base la cual se utilizaría para los instrumentos con la característica mencionada. Además, todos los instrumentos tienen un vidrio frontal, el cual puede ser usado para dar una sensación de más foto realismo (Figs. 5 y 6).

Tabla 2.
Pasos de Diseño y digitalización

Paso	Descripción
1:	Captura e identificación de características comunes.
2:	Caracterización de cada instrumento
3:	Almacenamiento de archivos y entrega
4:	Documentación del diseño
5	Anexo del instrumento digitalizado

Fuente: Autores

Figura 4 Instrumentos reales T-41
Fuente: Autores

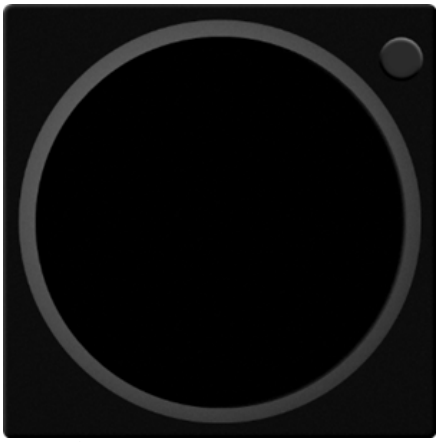


Figura 5 Base geométrica.
Fuente: Autores.

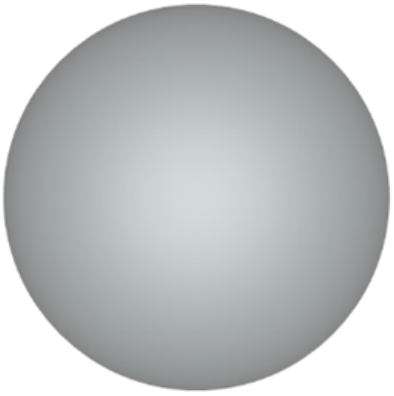


Figura 6 Vidrio reflector.
Fuente: Autores.

2.3.2. Caracterización de cada instrumento

Posterior a crear las bases de los instrumentos, debemos caracterizar las particularidades de cada instrumento para que correspondan a su contraparte real (ver Tabla 3).

Hacen que el instrumento se vea mucho más pulido al momento de implementarlo dando la sensación de realidad dentro del simulador. Cuando estas características se diseñan y se incluyen a la base, se obtiene el instrumento finalizado que representa fielmente (En alto grado de exactitud) al instrumento real, lo cual es lo que intentamos puesto que es el principal objetivo de la simulación (ver Fig. 7).

Tabla 3.
Características de instrumentos.

No°	Característica
1:	Unidades de medidas
2:	Colores
3:	Capas extra
4:	Agujas
5	Vidrio

Fuente: Autores.

Figura 7 Brújula T-41.
Fuente: Autores.

2.3.3. Almacenamiento de archivos y entrega

Cuando el instrumento es finalizado completamente, se exporta desde el software de diseño el dibujo finalizado en formato de imagen con el nombre de: "preview" y se almacena en una carpeta, el cual se usara para dar una primera vista dentro del software AirManager, también se incluye un archivo con la documentación del instrumento y una carpeta con todos los recursos que se utilizaran y ubicaran en la implementación, estos recursos se obtienen del software de diseño escogido exportando cada una de las partes que se moverán con los cálculos matemáticos y la información traída del simulador XPlane - 11.

2.3.4. Documentación del diseño

Para cada instrumento finalizado es debido crear un archivo de texto con las características que posee, los recursos que se generaron y la metadata de cada archivo, esto con el objetivo de documentar cada aspecto de la digitalización.
Además, también en la carpeta contenedora debe crearse un archivo de extensión XML con las características del avión al que pertenece el instrumento y las características del instrumento en cuestión. Este archivo es de suma importancia debido a que es utilizado por el AirManager para configurar el instrumento.

2.3.5. Anexo de instrumento digitalizado

Al concluir con esta etapa obtenemos como resultado los instrumentos aeronáuticos digitalizados y organizados en carpetas individuales junto con su documentación que será añadido al software AirManager y utilizados para dar la experiencia realista deseada a los estudiantes que utilicen el simulador.

2.4. Instalación de instrumentos digitalizados

La etapa de desarrollo de lógica de instrumentos se asocia directamente con la etapa de diseño acorde con la metodología buscando aportar un modelo estratégico y técnico sobre la implementación de los instrumentos en el simulador; sus etapas van ligadas unas a otras siguiendo un orden específico. La fase de desarrollo se inicia una vez se tengan los primeros resultados de la fase de diseño.

Esta fase se encarga de recibir e instalar, de una manera técnica, los instrumentos digitalizados dentro del simulador de vuelo XPlane-11 [7]. Para realizar estos procesos, la fase de desarrollo cuenta con una serie de pasos tales como se describen en la siguiente la Tabla 4.

Tabla 4.
Pasos de Instalación de instrumentos digitalizados.

Paso	Descripción
1:	Recibir instrumentos digitalizados de la fase de diseño
2:	Estudio sobre funciones y variables necesarias para recrear las imágenes y movimientos mecánicos del instrumento.
3:	Revisar la documentación oficial del instrumento real de la aeronave sobre funcionamiento, movimiento, mecánica y lógica.
4:	Adicionar las imágenes o capas que presenta el instrumento de manera ordenada acorde a las instrucciones de diseño, mediante las instrucciones y funciones del lenguaje de programación.
5:	Realizar la instalación del instrumento digital en el software administrador de instrumentos del simulador.
6:	Iniciar el simulador de vuelo.
7:	Calibrar y configurar el instrumento digital acorde con la documentación oficial del instrumento y revisar resultados.

Fuente: Autores

Tabla 5.
Orden de capas de instrumentos.

Orden	Capa
1:	Fondo del instrumento
2:	Tablero con numeración circular o rectangular
3:	Tablero con numeración circular o rectangular
4:	Espejo antirreflejo del instrumento

Fuente: Autores

2.4.1. Paso 1 - Recibir instrumentos digitalizados de la fase de diseño

Debido a la dependencia de la etapa de diseño, en este paso, es indispensable tener los instrumentos ya digitalizados desde la fase de diseño.

Aquí, se recibe la información sobre el instrumento digitalizado. Por lo general, se toman de la carpeta de recursos donde se encuentran las imágenes divididas en capas y las agujas en caso de que el instrumento lo requiera.
Las capas que usualmente se usan en los instrumentos, son las que se muestra en la Tabla 5.

2.4.2. Paso 2 - Estudio sobre funciones y variables necesarias para recrear las imágenes y movimientos mecánicos del instrumento.

Cada instrumento cuenta con un archivo lógico que contiene las instrucciones de carga y variables que permiten el funcionamiento de mismo. Este archivo se abre mediante un editor de texto, y se procede a estudiar las instrucciones primordiales en el lenguaje de programación LUA [8].

Tabla 6.
Lista de funciones de API Air Manager.

Función	Descripción
image_id= img_add(filename,x,y,width,height)	Add an image to specified bounds
image_id= img_add_fullscreen(filename)	Add an image fullscreen
rotate(image_id,degrees)	Rotate an image to the specified degree
remove(image_id)	Remove the image from the instrument

Fuente: Air Manager Instrument Logic API [9]

Tabla 7.
Código ejemplo.

```
-- AIRSPEED INDICATOR
as_card = img_add_fullscreen("aircard.png")
img_add_fullscreen("Base.png")
as_needle =  img_add("needle.png",0,0,512,512)
img_add_fullscreen("ejeNeedle.png")
img_add("airknobshadow.png",31,400,85,85)
function new_speed(speed)
    speed = var_cap(speed, 0, 220)
    if speed >= 160 then img_rotate(as_needle,266 + ((speed-160)*1.3))
    --img_rotate(as_needle,266 + (1.2714285714285707 * speed ))
    elseif speed >= 120 then img_rotate(as_needle,205 + ((speed-
120)*1.525))
    else img_rotate(as_needle, (speed*0.775)) end
end
```

Fuente: Autores

Las guías de simulador o del modelo de edición de instrumentos cuentan con un diccionario de instrucciones y funciones que permiten realizar la instalación del instrumento; tales como superposición de capas de imágenes, variables de colisión, variables de movimiento, entre otras. El AirManager cuenta con un API y dispone de métodos, funciones y variables para realizar la implementación de los instrumentos (Tabla 6).

Una vez estudiado dicho diccionario, se procede a entender las instrucciones más importantes que prevalecen en el instrumento a instalar (Tabla 7).

2.4.3. Paso 3 - Revisar la documentación oficial del instrumento real de la aeronave sobre funcionamiento, movimiento, mecánica y lógica

Para proceder con la instalación, debemos de tener claro como es el funcionamiento real de instrumento del avión. Se deben de sacar una lista de características fundamentales tales como, oscilación de las agujas, estados de las agujas (Inicio, estable, des estable) entre otras características.

Una vez establecido un panorama a priori, se procede a realizar dichas modificaciones a nivel de código en los archivos de lógica del instrumento de avión.

En este paso podemos realizar diferentes variantes sobre el aprendizaje del instrumento. Recibir capacitación por parte de un piloto profesional o simplemente consultar la documentación del instrumento en un avión similar o igual.

2.4.4. Paso 4 - Adicionar las imágenes o capas que presenta el instrumento de manera ordenada acorde a las instrucciones de diseño, mediante las instrucciones y funciones del lenguaje de programación

Las imágenes o los recursos de los instrumentos digitalizados se encuentran en un orden para que una imagen se sobreponga a la otra, tal cual como se especifica en la Tabla 5 - Orden de capas de instrumentos. Un ejemplo claro son los instrumentos con más de una aguja, espejo que brinda realismo digital, fondos y tableros de colores, entre otros. [Imagen sobre las diferentes capas]

2.4.5. Paso 5 - Realizar la instalación del instrumento digital en el software administrador de instrumentos del simulador

El siguiente paso se realiza la instalación del instrumento en el software de aplicación o de edición de instrumentos de simulador seleccionado mediante una guía proporcionada por el mismo software.

Para ello, ya contamos con un archivo base de lógica de instrucciones donde ya se cargan visualmente las capas del instrumento digital, unos recursos o imágenes digitales y un "Preview" del resultado esperado dentro de simulador.

En este paso se presentan en algunos casos numerosos errores, debido a que los nombres o estructuras de los archivos y carpetas no coinciden con los leídos por el editor de instrumentos. Esto finalmente se concluye en realizar al pie de la letra los pasos que contiene la guía del software.

2.4.6. Paso 6 - Iniciar el simulador de vuelo

Proceder a iniciar el simulador de vuelo con su software de edición de instrumentos funcionando.

Por lo general, el software de ediciones internas de los simuladores de vuelo cuenta con procesos automáticos que captan la información que envían los simuladores. En caso de que estos procesos no se den, se debe realizar la configuración manual del envío de información mediante la red. Un ejemplo de envió de información puede ser el panel de Datos del Xplane 11 como lo muestra la Fig. 8.

2.4.7. Paso 7 - Calibrar y configurar el instrumento digital acorde con la documentación oficial del instrumento y revisar resultados

Ya iniciado el simulador de vuelo y el software de edición funcionando, se empieza a realizar la calibración de los instrumentos insertando los valores acordes a documentación oficial. Este paso se debe de realizar de último debido a que el proceso de calibración es realizado por prueba y error con el simulador en funcionamiento. Se ingresan los valores iniciales de arranque y se procede con un tablero de pruebas hasta llegar a calibrar por completo el instrumento.

Figura 8 Configuración de datos en red.
Fuente: Simulador X-plane 11.

2.5. Integración y pruebas

La etapa consta de realizar todas las operaciones y funciones en el simulador de vuelo para la verificación de los instrumentos digitalizados e implementados. Para ello, debemos contar con un modelo del avión dentro del simulador de vuelo, el cual acoja a todos los instrumentos acorde a su funcionamiento, es decir, que ningún instrumento debe quedar fuera de uso.

Durante todo el proceso de la etapa se deben implementar dos tipos de entornos claves para las tareas de pruebas y funcionamiento (similar a un proyecto de desarrollo software): entorno de pruebas y entorno real-producción.

Según el artículo "*Entornos para el desarrollo de grandes aplicaciones de gestión de redes*" [10], tomamos el entorno como una infraestructura de elementos que hacen parte de ello. Por consiguiente, se define el diagrama de entornos en nuestro modelo (Fig. 9).

En el entorno de pruebas se encuentran todas las operaciones que se realizan en las etapas de Diseño e implementación de los instrumentos; muchas de las subetapas o pasos a seguir, es necesario realizar una prueba técnica o de funcionamiento la cual conlleva a que se realice en este entorno y no sea mezclado con elementos del entorno de producción.

El entorno real-producción se basa en el simulador de vuelo en funcionamiento. Para este modelo de digitalización e implementación también se debe tener en cuenta la herramienta con la que se administran los instrumentos aeronáuticos; esta herramienta juega el papel importante detrás del simulador de vuelo y el que se encarga del funcionamiento de dichos instrumentos. El proceso de integración del modelo tiene como objetivo que los resultados de las primeras etapas sean implementados en el entorno de producción y se realice la matriz de pruebas para verificar el funcionamiento de los instrumentos [6].

Dentro del proceso de pruebas de un software, se tiende a confundir entre cuales son las tareas o procesos fijos y cuales son tareas recurrentes o de mantenimiento, según el libro "Testing computer software (2ª ed.)" [11] (p.281) una tarea fija es aquella que se puntualiza sobre un hecho y sólo se realiza una sola vez, mientras que las tareas recurrentes tienden a ser tareas de mantenimiento o tareas planteadas en casos de algún cambio. Según esta definición se plantea una matriz con algunas de las tareas fijas y tareas de recurrencia.

La Tabla 8 corresponde a los prerrequisitos que deben estar presentes al momento de realizar la integración y pruebas.

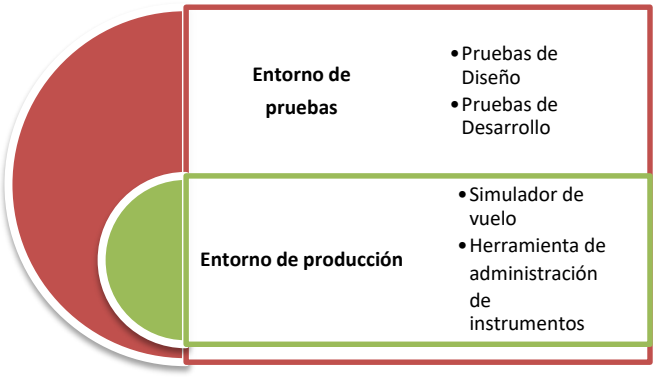


Figura 9 Entornos de prueba y producción.
Fuentes: Autores.

La Tabla 9 muestra una lista de chequeo que se debe realizar en la integración de cada uno de los instrumentos aeronáuticos.

La Tabla10 muestra las pruebas finales que se realizan una vez la integración esté completada y lista para verificar los siguientes ítems.

Finalmente, en la Tabla 11 se mencionan las tareas recurrentes que se mencionan en el artículo [11]. las cuales son periódicas y de mantenimiento.

Tabla 8.
Prerrequisitos.

Prerrequisitos		
Descripción	**Estado**	**Observaciones**
Aprobación de los componentes gráficos de los instrumentos aeronáuticos por parte del equipo desarrollador		
Aprobación a nivel técnico del código que controla la lógica de los instrumentos aeronáuticos por parte del equipo desarrollador		
Verificación de hardware del equipo de cómputo donde funciona el simulador.		
Verificación de software del equipo de cómputo donde funciona el simulador.		

Fuente: Autores

Tabla 9.
Lista de chequeo.

Lista de chequeo		
Descripción	**Estado**	**Observaciones**
Crear una carpeta dentro del equipo de cómputo administrador para almacenar los recursos de los instrumentos aeronáuticos		
Abrir el software Air Manager y verificar su correcto funcionamiento		
Entrar a la pestaña Crear/Editar del Air Manager y dar clic en nuevo		
Llenar la información correspondiente a la aeronave		
Dar clic en la opción folder		
Copiar los recursos y la lógica del instrumento en la ventana que se abrió		
Dar clic en la opción RUN y comprobar el funcionamiento del instrumento		

Fuente: Autores

Tabla 10.
Pruebas finales.

Pruebas finales		
Descripción	**Estado**	**Observaciones**
Dirigirse a la ventana panel del air mánager y crear un nuevo panel		
Agregar al panel creado el instrumento que cargamos al Air Manager		
Comprobar su correcta visualización en pantalla		
Revisar su correcto funcionamiento en el entorno de prueba real con los datos recibidos del simulador de vuelo		

Fuente: Autores.

Tabla 11.
Tareas recurrentes.

Descripción	**Estado**	**Observación**
Actualización del sistema operativo del equipo de cómputo administrador		
Actualización del software simulador de vuelo		
Actualización del software Air Manager		
Verificación de cambios en los instrumentos de la aeronave a simular		
Aplicación de los cambios en los diseños de los instrumentos		

Fuente: Autores.

3. Conclusiones

El proceso de formación de un piloto profesional debe ser de numerosas competencias que lleven al cadete en formación a un alto nivel educativo en su disciplina. Dentro de estas competencias debe de presentar un módulo de simulación, que ingrese al estudiante en un ambiente real de manejo de aeronaves; cada aspecto del simulador debe tener la característica de foto realismo marcado frente a una aeronave militar T-41[12].

Los cadetes formados en la EMAVI [1] deben disponer de un simulador de las aeronaves militares que se emplean en la institución, tales como lo son el T-41 y el T-90. Para los simuladores de las aeronaves es esencial que los instrumentos digitalizados y simulados presenten una información concisa y correcta a la hora del funcionamiento de la aeronave. Es de importancia tener un modelo en el cual basarse para los futuros cambios que se avecinen frente a los instrumentos aeronáuticos o incluso en la implementación en otra aeronave similar en el mismo software de simulación [13].

El modelo de digitalización e implementación puede ser utilizado en diferentes instituciones educativas que demanden la misma disciplina. La ingeniería de requisitos [4] y la gestión de riesgos [5] toman un papel importante a la hora de la implementación del modelo. Esto lleva a cerrar la brecha de inconvenientes en los proyectos de simulación de las aeronaves.

Finalmente cabe resaltar que se cumple con los objetivos propuestas; el módulo de 2.3. Diseño y digitalización de instrumentos abarca las expectativas y juega el rol de instruir a la persona en todo el proceso de digitalización, el módulo de Instalación de instrumentos digitalizados toma el papel justo después del primer módulo, realizando un desarrollo técnico y codificado para los instrumentos aeronáuticos. Terminando con el módulo de integración y pruebas, en la cual, con una matriz se determinan los elementos y tareas a tener en cuenta, para evaluar el proceso de digitalización, desarrollo y funcionamiento de los instrumentos en el simulador de vuelo.

Referencias

[1] Araque-Jimenez, M.L., Gestión de riesgos en proyecto de Software a desarrollar en empresa privada, Bogotá, 2015.

[2] Triana-Esquivel, R., Castiblanco-Durán, C.A. y Marín-Ramírez, A.L., La Fuerza Aérea Colombiana y el término del conflicto armado: victorias desde el aire, Fuerza Aérea Colombiana, Bogotá, 2016, 189 P.

[3] Tiempo, E., FAC alista en Cali un simulador para pilotos, El Tiempo, [en línea]. [Fecha de consulta: 11 Enero 2016]. Disponible en: URL http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16478384,

[4] COLCIENCIAS, Colciencias y la FAC socializan resultados de los proyectos de investigación en CTeI. [en línea]. Sala de prensa, junio, 2016. [Fecha de consulta: 20 Febrero]. Disponible en: http://colciencias.gov.co/sala_de_prensa/colciencias-y-la-fac-socializan-resultados-de-los-proyectos-de-investigacion-en-ctei.

[5] Loucopoulos, P. and Karakostas, V., System requirements engineering, McGraw-Hill, 1995.

[6] Rodríguez, S.S., Metodología para la gestión del riesgo en proyectos, Madrid, 2012.

[7] GmbH, A., Manual Xplane 11, Büren, Laminar Research, Germany, 2016.

[8] Ierusalimschy, L.H. d.F.W.C.R., Lua 5.1 Reference Manual, 2006.

[9] Siminnovations, Air Manager Wiki, [En línea]. Dispoible en: Air Manager Instrument Logic API, s.a.

[10] Iglesias, V.G. y Capella-D'alton, A., Entornos para el desarrollo de grandes aplicaciones de Dtic, 2007.

[11] Kaner, C., Testing computer software, 2da ed., 1993.

[12] E.J.A. y Villamil, J.A.T.L.C., Simuladores de vuelo: una revisión, Ciencia y Poder Aéreo, 2018, pp. 138-149.

[13] Chávez, R.R. ,Capacitación con simuladores de vuelo para pilotos de la Fuerza Aérea en un ambiente de aprendizaje combinado, Tesis de Maestria, Tecnológico de Monterrey, Zapopan, México, 2015.

C.A. Tavera-Romero, es Ing. de Sistemas en 1999 y Dr. en Ingeniería en 2008, todos ellos en la Universidad del Valle, Colombia. Actualmente es docente de dedicación exclusiva de la Universidad Santiago de Cali y lidera la línea de investigación en desarrollo de sistemas de informáticos del grupo COMBA I+D.
ORCID: 0000-0002-4606-7222

J. Luna-Espinosa, es Ing. de Sistemas en 2019 en la Universidad Santiago de Cali Colombia, vinculado como proyectista al grupo de investigación COMBA I+D en 2017 presidente del capítulo de Computer Society de la rama IEEE – USC.
ORCID: 0000-0002-2838-6051

D. Villada-Luna, es Ing. de Sistemas en 2019 en la Universidad Santiago de Cali, Colombia, vinculado como proyectista al grupo de investigación COMBA I+D en 2017, presidente de la rama IEEE de la Universidad Santiago de Cali.
ORCID: 0000-0002-2838-6051

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas empleando el juego de estrategia Batalla Naval

Yenny Marcela Orozco-Ocampo & César Augusto Álvarez-Vargas

Grupo de Investigación en Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial, Departamento de Mecánica y Producción, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia. yorozco@autonoma.edu.co, dekinov@autonoma.edu.co

Resumen— Con el propósito de facilitar el aprendizaje con respecto a los conceptos y manejo de coordenadas absolutas y relativas (incrementales), tema necesario para la programación de rutas de corte en máquinas de control numérico computarizado (CNC), se optó por el desarrollo de una estrategia que permitiera presentar al estudiante de manera simple las definiciones asociadas y emplearlas a través de una adaptación del juego de mesa conocido como Batalla Naval. Esta estrategia puede ser implementada de manera individual o grupal, permitiendo el manejo de habilidades asociadas al trabajo en equipo, la planeación y el seguimiento de normas y ética de juego. La aplicación de dicha estrategia en el curso de CAD/CAM (Diseño Asistido por Computador/Manufactura Asistida por Computador) impartido en la Universidad Autónoma de Manizales, ha evidenciado una fácil comprensión de la temática y una mejor disposición por parte de los estudiantes con respecto al uso de dichos sistemas de referencia.

Palabras Clave— coordenadas absolutas; coordenadas relativas; programación CNC; aprendizaje basado en juegos; aprendizaje en profundidad.

Recibido: 12 de abril de 2019. Revisado: 11 de junio de 2019. Aceptado: 19 de junio de 2019.

Learning absolute and relative coordinates using Battle Ship strategy game

Abstract— With the purpose to facilitate the learning regarding the concept and management of absolute and relative coordinates (also named as incremental coordinates), a needed concept for the process of programming cutting paths on computerized numerical control machines (CNC); a strategy based on the Battleship game was performed showing the main definitions in an easy way. This strategy can be developed by individual or groups work, allowing in turn the management of skills associated to the team game, the planning and the follow-up of rules and game ethics. The implementation of this strategy in the course of CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing), taught at Universidad Autónoma de Manizales, has shown a better understanding of the subject and a good disposition to the use of such reference systems by the students.

Keywords— absolute coordinates; relative coordinates; CNC programming; game-based learning; in-depth learning.

1. Sistemas coordenados usados para programación de máquinas de Control Numérico Computarizado (CNC)

Uno de los conceptos más importantes para iniciar el aprendizaje de lenguajes de programación de rutas de mecanizado, es la identificación y uso adecuado de los tipos de posicionamiento que pueden darse a la herramienta en su trayectoria, ya sea durante el corte o en desplazamiento en vacío; para lo cual se establecen dos tipos de referenciación espacial ampliamente utilizadas en la generación de códigos para la fabricación con máquinas de control numérico computarizado (CNC). En el primer tipo se encuentran las coordenadas absolutas, en las que se tiene un punto de origen único, y como segundo tipo las coordenadas relativas también denominadas incrementales en las que se presentan múltiples puntos de referencia u orígenes.

1.2. Coordenadas absolutas

Este tipo de coordenadas permite definir los movimientos de la herramienta desde un único punto de referencia llamado origen, habitualmente designado como O, cuyos valores de coordenadas se establecen a partir de la posición física de la herramienta con respecto a la pieza, ya sea en X, Z si se trata de un proceso de corte en dos ejes (torneado) o en X, Y, Z en una operación de corte en tres ejes (fresado); o en más coordenadas para sistemas con ejes adicionales. Los valores asociados a cada eje coordenado, considerados normalmente como positivos, están determinados por: la geometría de la pieza a mecanizar, el punto establecido como parámetro de referencia físico en la máquina y el proceso de corte empleado. En la Fig. 1 se presenta un esquema simplificado del uso de las coordenadas absolutas en las que las trayectorias para cada punto parten desde O y por lo tanto deben ser medidas desde esta única referencia.

Dentro de los beneficios que presenta el uso de este tipo de coordenadas se encuentra la facilidad en la ubicación espacial con respecto a la geometría de la pieza puesto que no se requieren cálculos adicionales a las cotas presentadas en los planos de fabricación, lo cual implica un sencillo manejo del plano por parte del programador y evita la acumulación del error, puesto que todos los movimientos se referencian con respecto al mismo punto. Cabe resaltar que este sistema también puede emplearse para presentar las dimensiones de una pieza requerida, denominándose como plano con *acotado absoluto*.

Como citar este artículo: Orozco-Ocampo, Y.M. and Álvarez-Vargas, C.A., Aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas empleando el juego de estrategia batalla naval. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 72-77, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

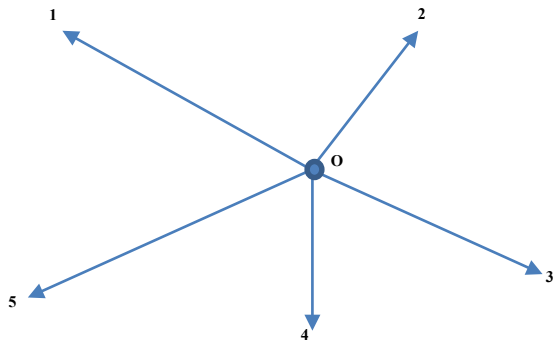


Figura 1. Representación de coordenadas absolutas.
Fuente: Los autores

1.3. Coordenadas relativas o incrementales

El uso de este tipo de coordenadas implica que para el posicionamiento de la herramienta se emplean múltiples puntos de referencia, es decir que el punto inmediatamente anterior, se convierte en el origen para el siguiente movimiento; esto representa gran facilidad para el programador en el cálculo y ejecución de trayectorias cortas, involucrando el manejo de coordenadas tanto positivas como negativas. En la Fig. 2 se presentan las trayectorias entre O y 5, en las que el cálculo de la posición de cada punto se realiza con respecto al punto anterior, es decir para llegar del punto 3 al punto 4, las coordenadas de movimiento se darán con respecto a 3 (convirtiéndose en origen), por lo que dicho punto se convertirá en una referencia provisional para el desplazamiento.

Las bondades de este tipo de coordenadas radican en la rapidez en el cálculo de cada una de las posiciones, sin embargo, se presentan dificultades para la identificación de errores en el posicionamiento lo que permite la adición de los mismos durante el proceso de maquinado. También se encuentran planos cuyas cotas se presentan de forma secuencial, es decir que tienen un *acotado incremental* y su particularidad radica en que donde termina una cota, inicia la siguiente.

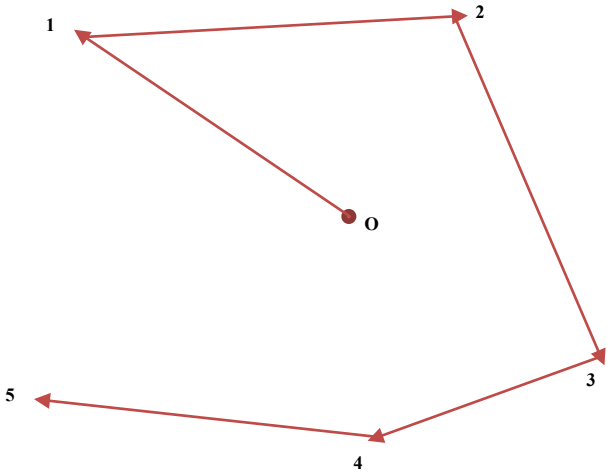
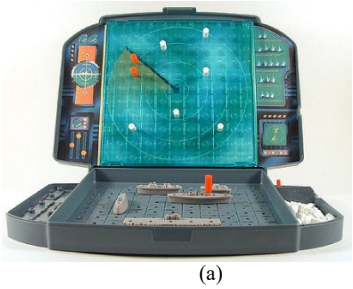


Figura 2. Representación de coordenadas relativas.
Fuente: Los autores

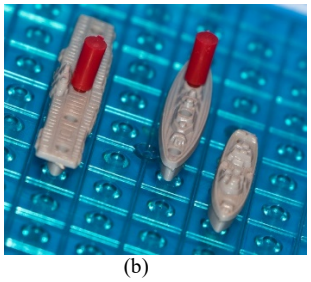
2. Batalla naval

Batalla Naval (Battleship de Hasbro©) es un juego que básicamente usa sistemas de coordenadas para ubicar posiciones de naves en un tablero 2D, y es por esto que en este artículo se presenta como estrategia de enseñanza y aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas para el mecanizado CNC. La versión moderna de los módulos de juego se presenta en las Fig. 3(a) y 3(b). Durante el juego, cada jugador o equipo de jugadores tiene como propósito hundir las flotas o naves del contrincante realizando en cada ronda "disparos" posicionados. Las coordenadas de los disparos se expresan mediante una combinación de letras (filas) y números (columnas) dando como resultado un punto de "impacto" en el espacio de juego en el que cada jugador ha ubicado navíos de diferentes tamaños, como se observa en la Fig. 4(a) y 4(b). Los oponentes desconocen la ubicación de las naves contrarias, lo que convierte inicialmente a Batalla Naval en un juego de adivinación y posteriormente en un juego de estrategia.

Al momento de impactar, el jugador debe informar a su oponente diciendo en voz alta "¡Impacto!, ¡Averiado!, ¡Toque!, entre otros; y en el momento en que una embarcación ha sido impactada en el total de las casillas que la componen se establece que dicha embarcación ha sido hundida. Finalmente, se declara como ganador el individuo o grupo que hunda primero todas las embarcaciones de su oponente.

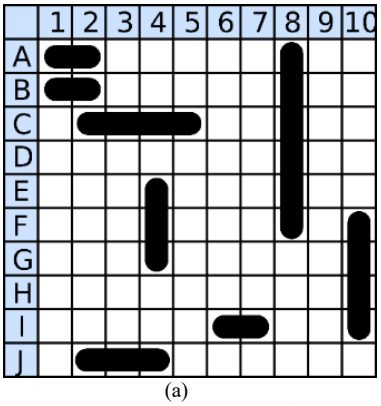


(a)



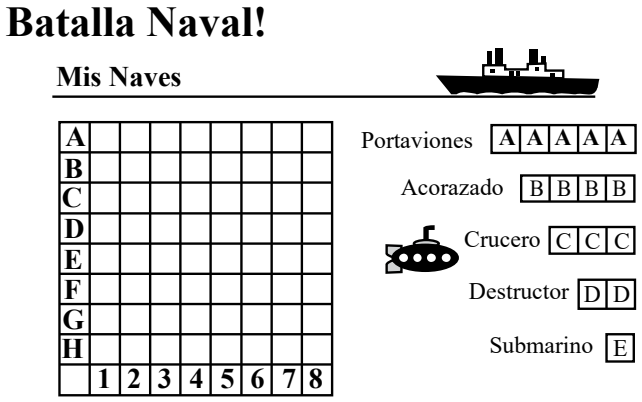
(b)

Figura 3. Batalla Naval, juego actual. (a) Módulos de juego (b) Ubicación de embarcaciones.
Fuente: (a) Tomada de [1] flickr Joe King, 11 septiembre de 2007 y (b) Tomada de [4] Tomada de flickr Anthony, 26 noviembre de 2017



(a)

Figura 4a. Batalla Naval, Diseños de plantillas. (a) Plantilla sencilla
Fuente: (a) adaptada de [2]



(b)

Figura 4b. Batalla Naval, Diseños de plantillas. (b) Plantilla detallada.
Fuente: (b) adaptada de [3]

3. Uso del juego batalla naval como estrategia de aprendizaje en profundidad

El aprendizaje basado en juegos, es una de las estrategias que más atrae el interés y la atención del estudiante, siendo así una herramienta para alcanzar un aprendizaje en profundidad, al lograr de manera integral la comprensión de los conceptos teóricos y permitiendo utilizarlos en una actividad real que adicionalmente les presenta un propósito, esto es, permite presentar y reforzar conceptos que durante el juego el estudiante debe utilizar para finalmente lograr ubicarse como ganador; adicionalmente se fomentan competencias adicionales como trabajo en equipo, razonamiento cuantitativo, lógica y fomenta la sana competencia bajo reglas éticas y morales previamente establecidas para el desarrollo de la actividad [4,5].

Es indispensable que previo al uso de los juegos como estrategia de enseñanza para aprendizaje en profundidad, y como en este caso de la Batalla Naval, se siga la ruta propuesta en la Fig. 5 con el propósito de realizar una correcta planeación.

La fase de planeación de los momentos de la actividad requiere gran atención del instructor, para determinar con precisión y claridad cada una de las tareas que deben desarrollar los jugadores con el fin de completar con éxito la estrategia sin perder el interés y compromiso de los estudiantes. Entre los momentos que se proponen para utilizar el juego de Batalla Naval en el aprendizaje profundo de coordenadas absolutas y relativas para el mecanizado, se tienen:

a. **Presentación de los conceptos**: fundamentación teórica de los conceptos que se desean trabajar en la actividad y que serán objeto del aprendizaje en profundidad.

b. **Explicación del juego, dinámica y normas:** presentar cuál es el propósito del juego, cómo se desempeñará cada participante, cómo se establecen los turnos, qué está permitido y qué no lo está, finalmente se presenta el estímulo para los ganadores.

c. **Alistamiento de plantillas de juego:** para la estrategia presentada, se dibujan en el tablero las cuadrículas para cada equipo y se crea el listado de secuencia de las coordenadas a utilizar. Cada grupo dibujará su plantilla y ubicará las naves.

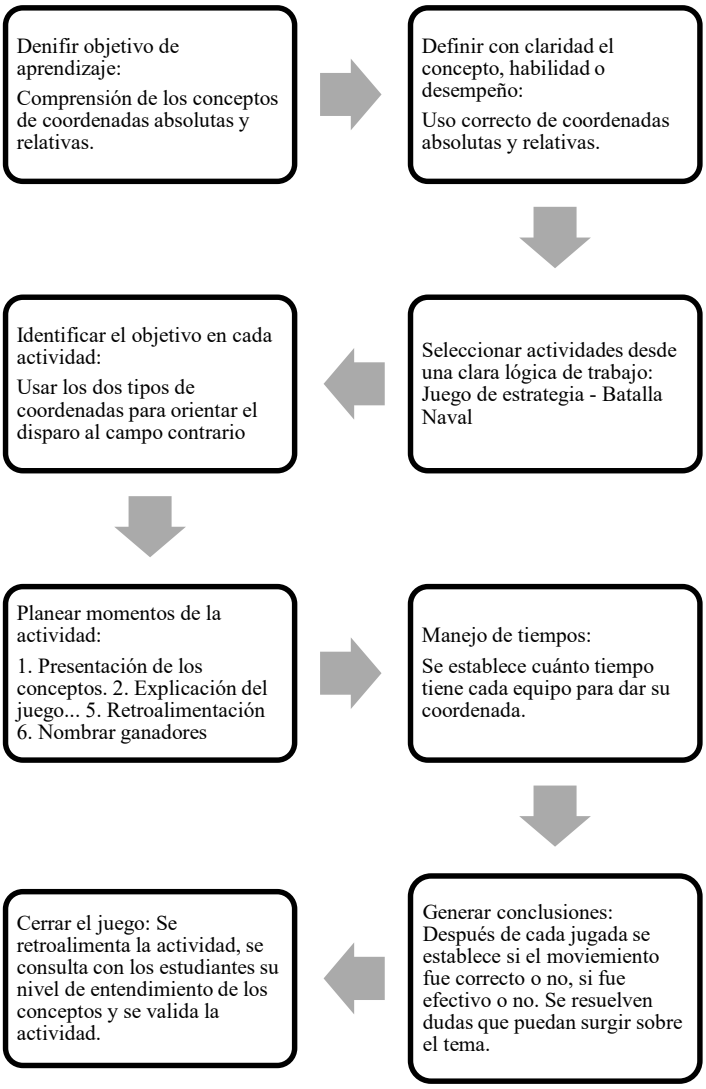


Figura 5. Modelo de actividad adaptado.
Fuente: Adaptado de [6]

d. **Retroalimentación:** puede realizarse después de cada jugada en la que se observen dificultades para posicionar el disparo o al final del juego mediante preguntas para verificar la comprensión total de los conceptos.

e. **Nombrar ganadores:** la motivación principal del estudiante en el aprendizaje basado en juegos es ganar y obtener un premio, es importante que al final de la actividad se anuncien en voz alta los ganadores y las recompensas respectivas.

Los anteriores momentos deben ilustrar la clara intencionalidad del instructor de incorporar dinámicas del juego en los espacios y momentos de aprendizaje, de tal manera que se transforme el ambiente y permita desarrollar habilidades individuales y grupales, brindando beneficios para el profesor y los estudiantes de educación superior durante la clase [7,8].

3.1. Adaptación del juego para la temática y su aplicación en clase

En sus orígenes (ca. 1931) la Batalla Naval se jugaba con lápiz y papel, y es esta misma metodología la implementada en el desarrollo de la estrategia de enseñanza y aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas. No obstante, es posible emplear herramientas modernas (v. g. tabletas, iPad, etc.) para el desarrollo del juego, favoreciendo su aplicación en cualquier espacio de trabajo disponible. A continuación, se presentan las adaptaciones realizadas al juego:

a. El juego se desarrolla con la participación de dos equipos o dos jugadores, como mínimo.

b. De acuerdo al tamaño de los equipos el campo de juego puede ampliarse a partir de una rejilla de 5 casillas x 5 casillas (aproximadamente 16 jugadas por equipo).

c. Cada equipo tendrá la oportunidad de posicionar en su campo como mínimo tres naves de diferentes tamaños (por ejemplo, para una rejilla de 5 casillas x 5 casillas se tendrán un barco de dos casillas, uno de tres casillas y otro de cuatro casillas), y podrán ubicarlos de forma vertical u horizontal pero no están permitidas las ubicaciones en diagonal.

d. Tanto las filas como las columnas tendrán una identificación numérica, similar a un plano cartesiano XY.

e. Para cada disparo se definirá el tipo de coordenada a utilizar, por ejemplo, para el primer disparo la coordenada deberá expresarse de forma absoluta y para el segundo disparo, expresarán la coordenada de forma relativa y así sucesivamente, no es necesario hacerlo intercalado, se aconseja asignar un orden aleatorio, puede ser a criterio del moderador del juego; sin embargo, se recomienda establecer la secuencia de tipo de coordenadas a utilizar, previo al inicio de la actividad, el esquema se presenta en la Fig. 6.

f. Las rejillas de control y la secuencia de las jugadas deben ser visibles para todos los equipos.

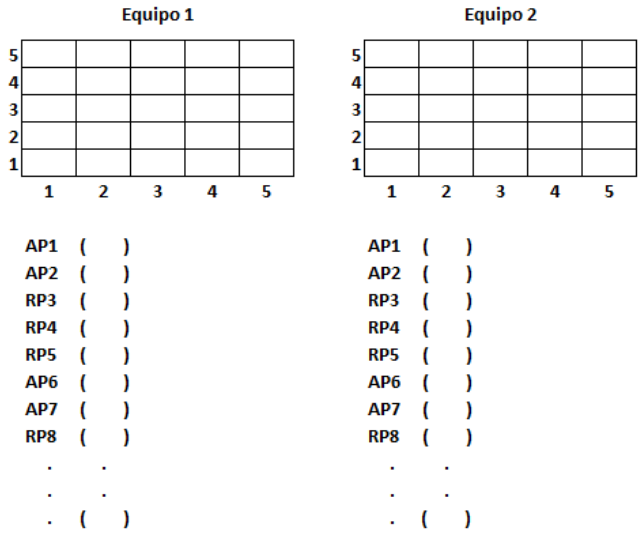


Figura 6. Plantilla de Batalla Naval adaptada para aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas.
Fuente: Los autores

Las coordenadas de cada disparo deben ser registradas por escrito y debe identificarse con una simbología y colores previamente definidos en la rejilla, por ejemplo: A para coordenadas absolutas, R para coordenadas relativas, P1 para el primer disparo, P2 para el segundo disparo; el tipo de coordenadas se establece de manera aleatoria y los disparos se ordenan de manera ascendente con respecto al disparo anterior. El registro de la secuencia AP1(5,1) se interpreta de la siguiente manera: coordenadas absolutas para el disparo número 1, quedará ubicado en la casilla 5 horizontal, 1 vertical. Con respecto a los colores, se pueden definir por ejemplo verde para los disparos no efectivos y rojo para los efectivos, esto visualmente ayuda al posicionamiento en el espacio de juego. Adicionalmente, estos registros favorecen las revisiones de jugadas previas con los estudiantes y facilita la evaluación del proceso al finalizar el juego.

g. En cada una de las casillas en las que se haya realizado un disparo, debe registrarse la nomenclatura de este, así los estudiantes podrán ubicarse fácilmente al momento de hacer su jugada en términos de coordenadas relativas o incrementales. En la Fig. 7 se presenta uno de los tableros de juego donde se relaciona el nombre del equipo, las cuadrículas escritas con verde corresponden a los disparos no efectivos y las escritas con rojo a los disparos que acertaron en el barco del equipo rival; en la parte inferior se registra cada una de las jugadas realizadas por los equipos y el correspondiente sistema de referencia empleado.

Para una mejor comprensión de la dinámica del juego se presenta un ejemplo con tres jugadas, en una planilla de 5 x 5 casillas; para las que previamente se ha aleatorizado el orden de los sistemas a emplear, como se muestra:

Jugada 1

AP1(1,3): usando sistema de referencia absoluto se dispara al punto X=1, Y=3. En la Fig. 8 se puede observar el movimiento.

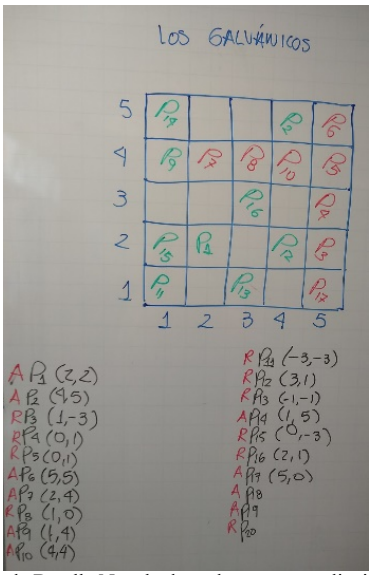


Figura 7. Plantilla de Batalla Naval adaptada para aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas. Un tablero de juego.
Fuente: Los autores

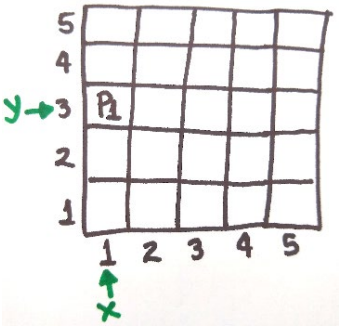


Figura 8. Plantilla de Batalla Naval para primera jugada (P1) en coordenadas absolutas, disparo al punto (1,3) en verde se muestran los ejes.
Fuente: Los autores

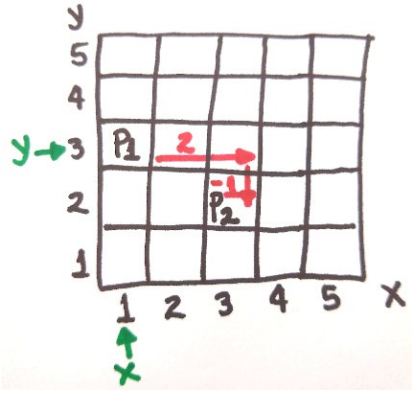


Figura 9. Plantilla de Batalla Naval para segunda jugada (P2) en coordenadas relativas, disparo al punto (2,-1) se muestra en rojo y con origen en P1.
Fuente: Los autores

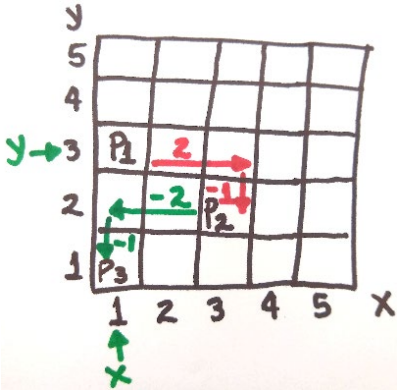


Figura 10. Plantilla de Batalla Naval para tercera jugada (P3) en coordenadas relativas, disparo al punto (-2,-1) se muestra en verde y con origen en P2.
Fuente: Los autores

Jugada 2

RP2(2,-1): usando sistema de referencia relativo o incremental se dispara a la coordenada X=2, Y=-1, medidos en este caso a partir de la posición del punto 1 (P1), los movimientos realizados se indican en la Fig. 9.

Jugada 3

RP3(-2,-1): usando sistema de referencia relativo o incremental se dispara a la coordenada X=-2, Y=-1, medidos en este caso a partir de la posición del punto 1 (P2) como la Fig. 10 indica.

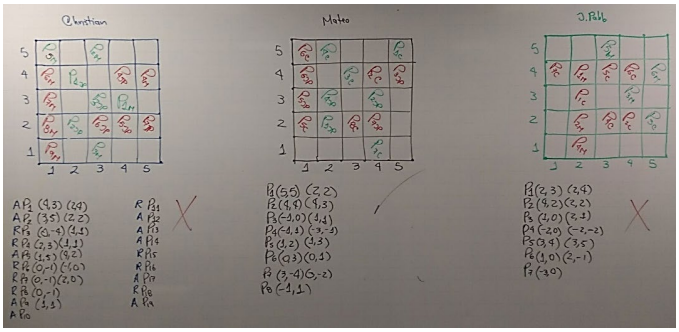


Figura 11. Plantilla de Batalla Naval adaptada para aprendizaje de coordenadas absolutas y relativas. Tres tableros en simultáneo.
Fuente: Los autores

En algunas ocasiones se ha implementado una modificación adicional a esta propuesta de juego, con el propósito de adaptar la actividad a diferentes números de jugadores y equipos. Por ejemplo, trabajar con tres (3) tableros en simultáneo de tal manera que cada jugador o equipo de jugadores recibe dos disparos en cada jugada y a su vez, debe realizar dos movimientos en dos tableros diferentes, lo que requiere de mayor concentración y eficiente uso de los sistemas de referencia absoluto y relativo. En la Fig. 11 se presenta una visualización de esta modalidad del juego, en la imagen también se observa la secuencia a seguir, el registro de las coordenadas indicadas por los jugadores, los disparos acertados (mostrados con color rojo) y los disparos errados (indicados con color verde), de igual forma se indica sobre los tableros, el ganador de la sesión.

4. Resultados observados

En años anteriores, se trabajaron los conceptos asociados a las coordenadas absolutas y relativas de la forma tradicional, es decir, la docente presentaba la temática con algunos ejemplos y posteriormente el estudiante los aplicaba en ejercicios o labores asignadas. Después de algunos cursos en los que se evidenció cierta confusión en la comprensión de dichos temas e incluso cierta resistencia al uso del sistema coordenado relativo específicamente y por consiguiente una mayor dificultad en la creación de códigos que involucraban el uso indistinto de ambos sistemas de referencia, se optó por desarrollar una estrategia diferente para la enseñanza de estos tópicos que, aunque sucintos, son de gran importancia para la formación básica en la programación CNC.

La estrategia requería ser llamativa para el estudiante e involucrar una fácil comprensión e implementación en clase, aprovechando materiales básicos en el aula como lo son tablero, marcadores o tiza. Aunque esta estrategia se puede adaptar a otros juegos como ajedrez [9] o damas chinas, la Batalla Naval ofrece las ventajas de realizar la actividad de aprendizaje en la modalidad de equipos, lo cual favorece la competencia, aunque es un juego de predicción en las jugadas iniciales, debe emplearse la lógica y la estrategia para los posteriores movimientos.

La plantilla de juego se puede adaptar fácilmente a las necesidades y tamaños de los equipos, anexando casillas para

nuevos barcos y aleatorizando la forma de designar las coordenadas. El espíritu competitivo es notorio puesto que cada equipo desea obtener la recompensa y busca acertar en cada jugada; también el trabajo en equipo y la responsabilidad conjunta de acertar al objetivo y ser los ganadores, esto se evidencia durante el juego en los momentos en los que el vocero del equipo opta por una jugada que podría ser equivocada y esto genera que entre los jugadores del mismo equipo se corrijan y sugieran coordenadas e incluso explican entre ellos las razones por las que no debería realizarse dicho movimiento.

En las actividades de evaluación posterior a la actividad, se evidenció una mejor comprensión y manejo de la temática por parte de los estudiantes lo que se evidencia en mejores calificaciones y disminución de fallas en las pruebas escritas; adicionalmente, mostraron una mejor disposición al uso de ambos sistemas de coordenadas en los procesos de programación de rutas de mecanizado CNC. Lo anterior demuestra que se ha superado el bloqueo académico de la aparente dificultad en el proceso de aprendizaje.

En algunos periodos académicos se ha solicitado a los estudiantes de la asignatura CAD/CAM expresar por escrito su percepción sobre la metodología propuesta, algunos de los comentarios recopilados se transcriben de forma textual a continuación: “Es una manera sencilla de comprender el uso de los tipos de referencias”, “Buena forma de aprender el uso de los sistemas de referencia, además la presión del juego ayuda a aprenderlo más fácil”, “Buen método de enseñanza ya que nos familiariza con la forma de aplicar cada sistema de referencia”, “La utilización del juego explica de buena manera y resulta más rápido de entender los conceptos que solamente leyéndolos”.

Finalmente, es importante resaltar que esta estrategia, puede convertirse en un juego basado en tecnología, de tal manera que pueda ser jugado en línea, empleando dispositivos móviles e incluso incorporando diferentes equipos y jugadores a la partida de manera simultánea y remota como lo ofrecen algunas páginas web [5,8]; con esta variación se involucraría en la actividad el manejo de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), respondiendo a la progresiva multiculturalidad que se evidencia actualmente y permitiendo la innovación metodológica que favorecen una educación más eficaz e inclusiva [10].

Referencias

[1] King, J., Battleship game. [Online]. [Accessed: 26-Mar-2019]. Available at: https://www.flickr.com/photos/jking89/1363983490.

[2] Wikipedia, Esquema batalla naval. [Online]. [Accessed: 24-Jul-2018]. Available at: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/31/Battleship_game.svg/2000px-Battleship_game.svg.png.

[3] Plantilla Batalla Naval. [Online]. [Accessed: 24-Jul-2018]. Available at: https://foreignpolicymag.files.wordpress.com/2012/10/battleships8.jpg?w=625&h=403&crop=0,0,20,0.

[4] Wu, W.H., Bin-Chiou, W., Kao, H.Y., Alex-Hu, C.H. and Huang, S.H., Re-exploring game-assisted learning research: the perspective of learning theoretical bases, Comput. Educ., 59(4), pp. 1153-1161, 2012. ISSN: 0360-1315.

[5] Mendoza-Barros, P. y Galvis-Panqueva, A., Juegos multiplayer: juegos colaborativos para la educación, Informática Educ. 11(2), pp. 223-239, 1998, ISSN 1667-8338.

[6] Velasco-E., L.Á. y Giraldo-O., A.M., Aprendizaje basado en juegos. Manizales, Colombia, 2018, 57 P.

[7] Cepeda-Ramírez, M.R., El juego como estrategia lúdica de aprendizaje, Rev. Int. Magisterio, [en línea]. 76, 2017. Disponible en: https://www.magisterio.com.co/articulo/el-juego-como-estrategia-ludica-de-aprendizaje. ISBN: 16921053.

[8] Begoña-Gros, I.N. y Noguera-Fructuoso, I., Mirando el futuro: evolución de las tendencias tecnopedagógicas en Educación Superior, Rev. Cient. Tecnol. Educ., 2(2), pp. 130-140, 2013. ISSN: 1900-6586.

[9] Tenaris University, Introducción al control numérico por computadora. Módulo 003. EdX, 2016.

[10] Escalona-Ríos, L., Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación bibliotecológica y la documentación en Iberoamérica. Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, UNAM, Mexico, 203. DOI: 10.22201/iibi.9786070243769e.2013.

Y.M. Orozco-Ocampo, es Ing. Mecánico y de Manufactura en 2006 de la Universidad Autónoma de Manizales, Caldas, Colombia; Msc. en Ingeniería Mecánica en 2012 de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. De 2006 a 2009 trabajó para compañía consultora en máquinas y herramientas para el sector metalmecánico y como docente catedrática en la Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. Del 2010 al 2012 trabajó como asistente de investigación en proyecto Colciencias-Uninorte y como docente catedrática en la Universidad del Norte, Colombia. En el año 2014 se desempeñó como docente en el Politécnico de la Costa Atlántica, Colombia. Se vinculó al Departamento de Mecánica y Producción de la Universidad Autónoma de Manizales desde el año 2015. Sus intereses investigativos incluyen: materiales y diseño, procesos de fabricación, manufactura avanzada y CAD/CAM, enseñanza y aprendizaje en ingeniería.
ORCID: 0000-0003-1907-6518.

C.A. Álvarez-Vargas, es Ing. Mecánico en 1999 de la Universidad Autónoma de Manizales, Caldas, Colombia; de MSc. en Sistemas Automáticos de Producción en 2008 de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Candidato a doctor en Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte, Barraquilla, Colombia. Se ha desempeñado como docente en el Departamento de Mecánica y Producción de la Universidad Autónoma de Manizales. Sus intereses investigativos incluyen: comportamiento de materiales, geometría y deformación, mecánica experimental y mecánica de polímeros compuestos.
ORCID: 0000-0002-4417-3865.

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Enseñanza de sistemas de radiocomunicaciones terrestres con línea de vista mediante software educativo

Álvaro Andrés Báez-Pérez, Ángelo Joseph Soto-Vergel & Jorge Enrique Herrera-Rubio

Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Villa del Rosario, Colombia. alvaro.baez@unipamplona.edu.co, angelo.soto@unipamplona.edu.co, jherrera@unipamplona.edu.co

Resumen— El proceso de enseñanza-aprendizaje, a nivel de ingeniería, carece de herramientas sólidas que impacten y retroalimenten adecuadamente el proceso, y el área de las radiocomunicaciones terrestres con línea de vista no es la excepción; por lo cual, los estudiantes y docentes se ven obligados a recurrir a procesos memorísticos y rutinarios enmarcados en un paradigma conductista, generando deficientes aprendizajes. Este proyecto identifica el estilo de aprendizaje que caracteriza al estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona Campus Villa del Rosario y propone una herramienta computacional educativa acorde a las necesidades particulares del mismo. Para tal efecto, se aplica el instrumento de estilos de aprendizaje de Kolb. Como resultado se caracteriza el estilo de aprendizaje del programa académico y se desarrolla un software que impacta las necesidades educativas de los estudiantes, logrando una transición desde el conductismo hacia el constructivismo, presentando los mapas conceptuales como herramienta principal.

Palabras Clave— proceso de enseñanza-aprendizaje; radiocomunicaciones terrestres con línea de vista; software educativo; modelo experiencial de Kolb; constructivismo.

Recibido: 14 de febrero de 2019. Revisado: 19 de junio de 2019. Aceptado: 26 de junio de 2019.

Teaching terrestrial line-of-sight radiocommunication systems using educational software

Abstract— The teaching-learning process, at the engineering level, lacks solid tools that adequately impact and feedback the process, and the area of terrestrial radiocommunications with line of sight is no exception; therefore, students and teachers are forced to resort to memoristic and routine processes framed in a behavioral paradigm, generating deficient learning. This project identifies the learning style that characterizes the student of Telecommunications Engineering at the University of Pamplona Campus Villa del Rosario and proposes an educational computer tool according to the particular needs of the student. For this purpose, Kolb's learning styles instrument is applied. As a result, the learning style of the academic program is characterized and a software is developed that impacts the educational needs of the students, achieving a transition from behaviorism to constructivism, presenting concept maps as the main tool.

Keywords— teaching-learning process; terrestrial radiocommunications with line of sight; educational software; Kolb experiential model; constructivism.

1. Introducción

El área de las comunicaciones inalámbricas ha tenido un amplio desarrollo en los últimos años debido a las ventajas que ofrece en relación con las redes cableadas: menor tiempo de instalación, flexibilidad, escalabilidad, portabilidad, entre otras [1]. A su vez, la relevancia de las aplicaciones y la posible gama de servicios que pueden soportar estas redes hace que el dimensionamiento de las mismas sea una actividad que requiera efectividad con el fin de garantizar el funcionamiento óptimo de estas [2], funcionamiento que se ve afectado por diferentes factores que toman lugar en el trayecto que separa los dos terminales del sistema; en esta transición entre el Emisor y el Receptor la señal de radio sufre pérdidas, cuya evaluación es una tarea fundamental en el dimensionamiento de redes inalámbricas. En términos físicos, esta pérdida de señal se entiende como la reducción del nivel de potencia de las ondas electromagnéticas durante su recorrido, debido a los mecanismos de propagación de reflexión, difracción y dispersión, y la forma de propagación que ésta emplee (onda terrestre, onda celeste, onda espacial), impactando significativamente en la cobertura y desempeño de las redes [3], [4]; cuyo fundamento está en el cálculo de las pérdidas de potencia en la trayectoria de propagación [5]. De ahí la importancia de determinar con exactitud el valor de estas pérdidas, además de entender los diferentes fenómenos que sufren las ondas electromagnéticas al propagarse, para ello el aprendizaje y la comprensión de dichos fenómenos presenta un alto grado de complejidad debido a que el área de las radiocomunicaciones encuentra a la teoría electromagnética como su pilar, siendo esta ultima un área con gran dificultad de aprendizaje para los alumnos [6].

Sin embargo, el desarrollo tecnológico ha ido influyendo de manera progresiva el sector educativo, así, las aulas demandan nuevas necesidades formativas y una adaptación tecnológica que vaya acorde con este desarrollo, haciendo que ésta sea cada vez más virtual [7]. Teniendo en cuenta la relevancia que tiene actualmente el área de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y su oportuna aplicabilidad en el sector de la educación; se busca poder aprovechar las ventajas que estas ofrecen en pro de la educación de las radiocomunicaciones.

En Colombia, se han desarrollado diferentes investigaciones en las que el software es empleado como herramienta en el aula de clase para mitigar dificultades de aprendizaje; tal es el caso de Saavedra [8] quien afirma que la utilización del software

Como citar este artículo: Báez-Pérez, A.A., Soto-Vergel, A.J. and Herrera-Rubio, J.E., Enseñanza de sistemas de radiocomunicaciones terrestres con línea de vista mediante software educativo. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 78-87, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

educativo permitió a los estudiantes ser más activos, participativos y autónomos en la adquisición de conocimientos, lo cual se reflejó en un incremento significativo de las calificaciones. Por su parte, Palacio [9] encontró que una de las razones por las cuales los estudiantes no comprenden los conceptos se debe a la falta de innovación en el aula, donde el principal recurso es la clase magistral teórica, situación que fue suplida mediante la utilización de software académico.

En Iberoamérica, se han desarrollado trabajos como RADIOWEB, herramienta software para la realización de prácticas relacionadas con la planificación de sistemas de radiocomunicaciones basado en e-learning [10]; una plataforma Moodle, para la enseñanza de la teoría electromagnética [11] y un software basado en simulaciones por imágenes, para la enseñanza del electromagnetismo [12]. Todos ellos concluyen, en términos generales, que el software ayuda a socializar la información, a tener una mejor comunicación entre estudiantes y tutores, e incluso es considerado una fuente de motivación al permitir una dinámica diferente en la tradicional aula de clase.

Sobre la validez, Hernández [13] plantea una evaluación del software educativo como medio instruccional en el proceso de enseñanza-aprendizaje, concluyendo que indudablemente, las herramientas computacionales cuyo desarrollo está inmerso en una metodología educativa, propicia la instrucción adecuada de los conceptos gracias a su facilidad de uso.

De acuerdo con lo anterior, este proyecto desarrolla un software educativo tomando en cuenta que los contenidos temáticos que se adquieren en el aula de trabajo deben estar contextualizados de manera que el estudiante logre desarrollar un pensamiento deductivo e interpretativo aplicable en el área profesional de su proceso de formación, que le permitan determinar todas las variables que afectan a un sistema de comunicación, en el proceso del dimensionamiento de los radio enlaces, como también, realizar los cálculos para la planificación del óptimo diseño de un radioenlace, entendiendo y comprendiendo los fenómenos que se presentan.

Es así, que en esta investigación se realiza una caracterización del estudiante al cual va dirigido el software con el fin de desarrollar una herramienta acorde a las necesidades particulares y específicas de la población objeto de estudio, buscando un modelo de enseñanza centrado en el desarrollo de competencias y de aprendizaje autónomo [14], suministrando la información que requiera el estudiante, en la forma correcta y en el momento que se demande. La interacción entre la herramienta y el estudiante depende de la secuencia de pasos que da él mismo, las elecciones y respuestas ante una serie de preguntas pueden, por ejemplo, activar una mayor enseñanza en un concepto que aún no se ha dominado o hacer avanzar al estudiante presentando material sobre un nuevo tema; ofreciendo mayores posibilidades de maximizar su comprensión frente a los diferentes conceptos que se encuentran inmersos en la temática a tratar, gracias a que estas tecnologías ofrecen ventajas como accesibilidad, interactividad y flexibilidad, convirtiéndolas en aliadas poderosas de las nuevas estrategias de aprendizaje, especialmente en la educación superior [7].

A partir de lo descrito, el presente artículo expone la metodología propuesta para el desarrollo del software educativo, la cual cuenta con el análisis del problema, la caracterización de la población e identificación de los objetos de aprendizaje; procediendo con el desarrollo de la herramienta computacional y finalizando con la evaluación y pruebas. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos mediante pre-test y pos-test con la finalidad de validar la metodología propuesta para el desarrollo del software, así como la utilización del mismo como apoyo para el docente en el proceso educativo en el área de las radiocomunicaciones.

2. Metodología

Con el propósito de determinar la metodología a implementar para un mejor ajuste en función de los contenidos abordados por el software educativo a diseñar, fue esencial establecer una serie de características que esta metodología debería obedecer, las cuales se mencionan a continuación:

- Característica 1 - Determinación especifica del contexto. Se debe tomar en cuenta los siguientes factores: la necesidad a atender, la forma en cómo se llevará a cabo, la caracterización de la población implicada, el análisis del contenido que será abordado, los modelos pedagógicos aplicables, las estrategias de instrucción en relación a la temática y, los requerimientos técnicos y computacionales.
- Característica 2 - No requerir de un equipo interdisciplinario. Es importante que la correcta aplicación de la metodología no dependa de un grupo de diseño y desarrollo conformado por profesionales y especialistas en Ingeniería Software, lo cual sería un factor limitante, derivando en la inviabilidad de la misma para este caso específico.
- Característica 3 - Sencillez en su aprendizaje y aplicación. Debe presentar una estructura procedimental definida, en la cual se especifiquen cada una de las etapas que la conforman y los objetivos a cumplir en cada una, eludiendo así posibles confusiones, permitiendo una fácil comprensión y correcta aplicación.
- Característica 4 - Inclusión del modelo orientado a objetos. Ofrece una mejor representación del mundo que se pretende diseñar en función de cada una de las características que lo identifica, representándolas como objetos y garantizando un lenguaje único durante el desarrollo de cada una de las etapas que conforman la metodología.
- Característica 5 - Equiparar el diseño educativo con el diseño computacional. Establece un equilibrio entre la parte pedagógica y la computacional, al otorgarles la misma relevancia durante el desarrollo, repercutiendo positivamente en la calidad del producto que se pretende conseguir.
- Característica 6 - Procesos de prueba - desarrollo. Debe proponer que se efectúen pruebas a lo largo de la fase de desarrollo, validando el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos que se van desarrollando, además de presentar modelos beta o realización de pruebas piloto a fin de lograr mayor eficiencia.
- Característica 7 - Seguimiento al estudiante. Proporciona métodos que permitan evaluar el desempeño del estudiante, antes, durante y después del uso del software, para que esto permita determinar la incidencia que tiene el software en el proceso de enseñanza - aprendizaje.

Basado en las anteriores características, se procedió a comparar las metodologías de desarrollo de software educativo que fueron objeto de estudio, identificando si obedecían o no

Tabla 1.
Comparativa de metodologías de desarrollo de software educativo

Metodologías	Características						
	1	2	3	4	5	6	7
Metodología de Diseño y Desarrollo Multimedia	○	✗	○	✗	✗	○	✗
Ingeniería de Software Educativo Orientada a Objetos	○	✗	○	○	○	○	✗
Modelo de Diseño Instruccional ADITE	○	○	✗	✗	○	○	○
Metodología Orientada A Objetos Para Desarrollar Software Multimedia E Hipermedia	○	○	○	○	○	✗	✗

Fuente: Los autores con información tomada de [15]-[18].

dichas características. En la Tabla 1 se presenta el análisis correspondiente.

Teniendo en cuenta la comparación entre las metodologías que fueron objeto de estudio, se logró apreciar que ninguna de ellas cumple todos los criterios necesarios para que fuese viable su aplicación en este proyecto, por tal motivo se propuso integrar metodologías con el objetivo de solventar las falencias que presentan cada una por separado, asegurando así que se cumplan los requisitos propuestos para la aplicación en el presente proyecto a fin de implementar una metodología con mejor adaptabilidad. Esta metodología consta de 4 etapas, según se puede apreciar en la Fig. 1.

La etapa de análisis es la base de la metodología, dentro de ella se identifica el tipo de población a la cual va dirigida la herramienta educativa a desarrollar y a su vez la problemática que esta deberá atender. Dentro de la etapa 2, diseño instruccional, se busca determinar las metas u objetivos que se quieren alcanzar con el software educativo y establecer las estrategias o métodos instruccionales necesarios para cumplirlos. Para la etapa 3, diseño y desarrollo tecnológico, se determina la estrategia metodológica para llevar a cabo el desarrollo del software educativo, haciendo énfasis en el lenguaje de programación y las herramientas necesarias para su

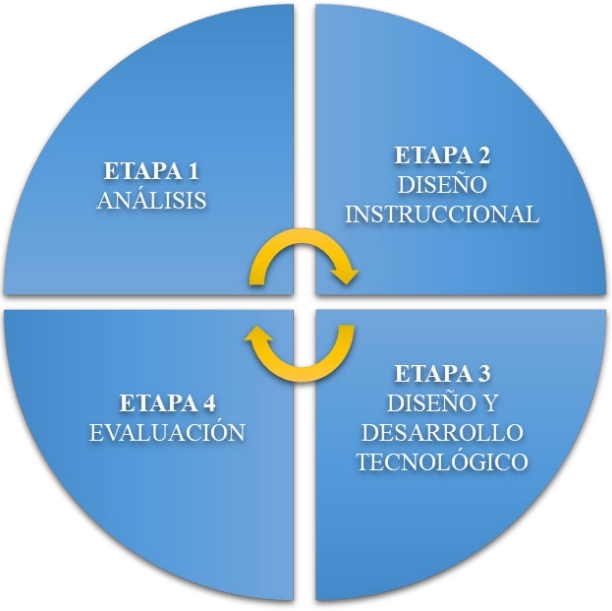


Figura 1. Etapas de la metodología de desarrollo.
Fuente: Los autores.

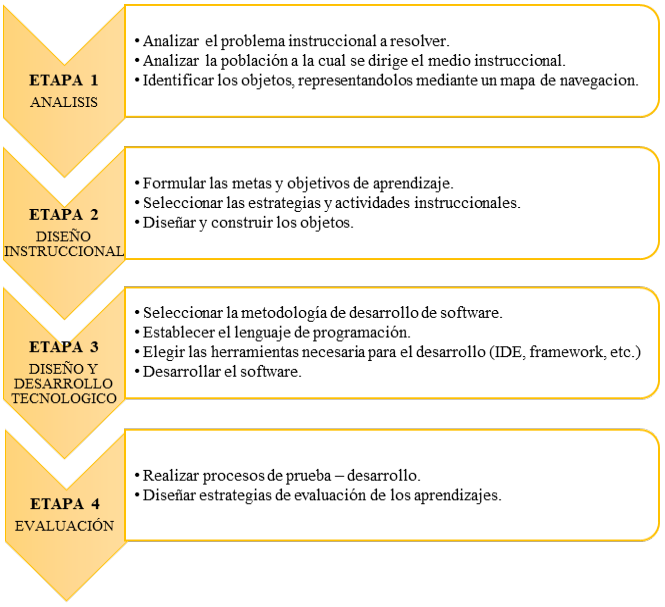


Figura 2. Actividades pertenecientes a cada etapa de la metodología propuesta.
Fuente: Los autores.

correcto desarrollo. En la etapa final, evaluación, se pone a prueba el software a fin de poder corroborar su desempeño empleando diferentes métodos evaluativos. Estas etapas se estructuran en la Fig. 2, identificando las actividades desarrolladas en cada una de ellas.

3. Implementación de la metodología

3.1. Etapa 1: Análisis

3.1.1. Actividad 1 - Problema instruccional a resolver

Está enfocado hacia los diferentes ejes temáticos abordados en el área de radiocomunicaciones y que a su vez conciernen a sistemas de comunicaciones terrestres con línea de vista, temática en la cual la tendencia de los estudiantes es hacia un aprendizaje de tipo memorístico y hacia una inclinación por los procedimientos rutinarios (aplicación de fórmulas), sin lograr la comprensión conceptual de los mismos, tendencias que en muchas ocasiones son influenciadas por el estilo de enseñanza del docente; lo cual converge en una problemática del proceso educativo que quiere mitigarse con el aporte de esta investigación, al menos en el área de interés.

3.1.2. Actividad 2 - Análisis de la población

No existe una única forma de aprender, por lo cual, se debe caracterizar a los estudiantes basándose en sus preferencias, las cuales se relacionan con formas de recopilar, interpretar, organizar y procesar la información adquirida. Para poder identificar cual es el estilo predominante en los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, se recurre al modelo propuesto por David Kolb.

Kolb define su modelo basándose en la percepción y el procesamiento de la información, considerándolas dimensiones

Tabla 2
Tipos de percepción y formas de procesamiento de información de David Kolb

Percepción de la información	Procesamiento de la información
Por experiencias concretas	Por experiencias activas
Por conceptualización abstracta	Por observación reflexiva

Fuente: Los autores con información tomada de [19].

Figura 3. Matriz de cuatro cuadrantes - estilos de aprendizaje de David Kolb.
Fuente: Los autores con información tomada de [19].

del aprendizaje, y a su vez, establece dos modos de percibir y dos formas de procesar la información; proponiendo así cuatro etapas en el aprendizaje las cuales se muestran en la Tabla 2

Basado en las dimensiones concernientes a la percepción y procesamiento de la información, Kolb, propone un modelo de 4 cuadrantes que explica las diferentes formas como las personas aprenden, originando la descripción de los estilos de aprendizaje, tal y como se muestra en la Fig. 3.

Estas dimensiones de procesamiento y percepción de la información, propuestas por David Kolb, se describen de la siguiente manera:

- Percepción

Experiencia concreta (Aprender experimentando). Las personas aprenden mediante actividades concretas, que les permita sumergirse en ellas y aprender de las mismas.

Conceptualización abstracta (Aprender generalizando). A partir de ideas o información teórica, reflexionan de manera lógica y analítica; concibiendo de mejor manera la información.

- Procesamiento

Experimentación activa (Aprender haciendo): Aplican la información que recibieron, en problemas o situaciones, que les permita comprobar la utilidad de la misma; trayendo como resultado la formulación de hipótesis.

Observación reflexiva (Aprender procesando): Analizan la información adquirida, desde diferentes puntos de vista, considerando los diversos significados que puedan estar presentes y así obtener una comprensión más profunda.

Según la orientación o inclinación que presenten, respecto a la forma en cómo se procesa y se percibe la información, se denotan 4 estilos de aprendizaje; divergente, asimilador, convergente y acomodador. Las principales características de estos estilos de aprendizaje se evidencian en la Tabla 3.

Tabla 3
Estilos de aprendizaje propuestos por David Kolb

Estilos de aprendizaje	Características
Divergente (Sentir + Observar)	a) Las capacidades dominantes de este estilo son la experiencia concreta y la observación reflexiva. b) Habilidad para observar un mismo fenómeno desde diferentes puntos de vista. c) Pueden generar gran cantidad de ideas a partir de una información adquirida. d) Pensamiento inductivo, partiendo de lo particular hasta lo general. e) Prefieren realizar trabajos en grupo con la intención de conocer distintas opiniones. f) Estilo correlacionado con carreras de arte, educación, historia, literaturas y psicología.
Asimilador (Pensar + Observar)	a) Las capacidades dominantes de este estilo son la observación reflexiva y la conceptualización abstracta. b) Capacidad para comprender la información, organizándola de manera clara y lógica. c) Mayor atracción hacia teorías lógicas que por actividades prácticas. d) Observan, racionalizan y reflexionan. e) Facilidad para definir y delimitar problemas, a partir de la creación de modelos teóricos, lógicos y secuenciales. f) Estilo que es característico de individuos con elección de carreras como derecho, matemáticas y aquellas relacionadas con la investigación.
Convergente (Pensar + Actuar)	a) Las capacidades dominantes de este estilo son la conceptualización abstracta y la experimentación activa. b) Solucionan problemas a partir del uso del razonamiento hipotético-deductivo. c) Prefieren las prácticas de laboratorio, simulaciones y problemas enfocados a situaciones reales. d) Tienden a encontrar utilidades practicas a las ideas y teorías, a fin de encontrar el "¿Por qué?" de las cosas. e) Estilo que caracteriza a individuos que están inclinados hacia carreras de tecnología e ingeniería.
Acomodador (Sentir + Actuar)	a) Las capacidades dominantes en este estilo son la experimentación activa y la experiencia concreta. b) Trabajan activamente en el campo, trazando objetivos y probando distintas alternativas para el alcance de los mismos. c) Actúan guiados por su intuición, enfocándose más en actuar que en pensar. d) Presentan inclinación hacia la resolución de problemas mediante la interacción con demás personas, en lugar de desarrollar su propio resultado. e) Estilo que caracteriza a individuo que están inclinados hacia carreras relacionadas con negocios y administración

Fuente: Los autores con información tomada de [19]-[23].

3.1.3. Actividad 3 - Objetos implicados

Cada uno de los temas en cuestión, fueron representados como una serie de lecciones, considerando a estas como objetos, para los cuales se tienen en cuenta los elementos multimedia necesarios para su elaboración. La relación existente entre los objetos, viene dada por las asociaciones que se presentan entre cada una de las lecciones tratadas. Estas asociaciones representan en los sistemas multimedia los links, hipervínculos o ramificaciones hacia otras lecciones o unidades de información [18].

A partir de lo anterior, se representa, mediante un mapa de

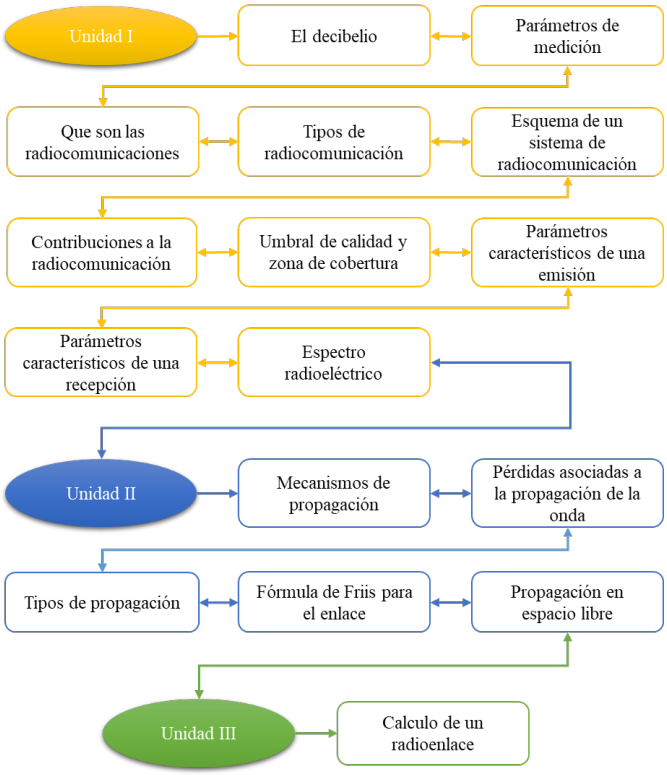


Figura 4. Mapa de navegación del software educativo.
Fuente: Los autores.

navegación, cada uno de los objetos que componen el proyecto, a fin de estructurar de una forma gráfica y detallada las relaciones entre ellos. Dicho mapa se puede apreciar en la Fig. 4.

3.2. Etapa 2: Diseño instruccional

3.2.1. Actividad 1 - Metas y objetivos

Se busca una transición desde un aprendizaje de tipo conductista (aprendizaje que es memorístico, repetitivo, mecánico y, además, no es duradero, siendo necesario reforzarlo [24]) hacia un aprendizaje constructivista (el cual se basa en generar relaciones y conexiones entre los pre-saberes del alumno con los nuevos conocimientos que se le presentan, a fin de que este pueda crear su propio conocimiento [25]); esta transición se logra con la consecución de dos modelos teóricos, que se relacionan, y fundamentan el aprendizaje constructivo; y a su vez hacen parte de un proceso en el cual, partiendo desde el aprendizaje significativo, se busca llegar al cambio conceptual.

- *Aprendizaje significativo.* Este tipo de aprendizaje ocurre por asimilación de nuevos conceptos y proposiciones en una estructura conceptual y proposicional ya existente que tiene el alumno [26]. De este modo, se busca que el alumno sea capaz de generar su propio concepto, estableciendo una relación entre los conocimientos previos y la nueva información adquirida; eso implica comprender la importancia de la misma, dejando de lado el proceso memorístico. Dentro de este tipo de aprendizaje se distinguen 3 procesos: selección, donde la memoria del estudiante determina lo que es importante aprender (memoria sensorial); organización de la información, donde se establecen representaciones coherentes y con sentido para el estudiante (memoria a corto plazo); integración, su misión es integrar conocimientos, los nuevos con los existentes, generando relaciones significativas (memoria a largo plazo) [27].
- *Cambio conceptual.* El tener malas concepciones, que en ocasiones no son más que simples hipótesis o conjeturas, tienden a interferir en el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos. El cambio es importante, si no se produce un proceso de cambio no hay aprendizaje [27], es por ello que estas concepciones deben ser modificadas o reemplazadas, es a esto lo que se conoce como cambio conceptual; el cual es descrito como la sustitución o modificación de los conceptos que posee un individuo, así como a la transformación de los procesos mediante los que se manejan dichos conceptos [28]. De este modo la aplicación del modelo de cambio conceptual involucra descubrir las preconcepciones de los estudiantes acerca un tópico o fenómeno y usar diferentes estrategias instruccionales para ayudar a modificar su estructura cognoscitiva, y por ende la transformación de sus preconcepciones [29].

3.2.2. Actividad 2 - Selección de estrategias

En aras de buscar que el estudiante “aprenda a aprender” y comprenda los contenidos de la materia, más allá de memorizarlos; el mapa conceptual se presenta como una herramienta de gran utilidad para lograr el aprendizaje significativo y por ende el cambio conceptual [30].

- *Mapas conceptuales.* Son una representación gráfica, esquemática y fluida que permite la presentación de conceptos relacionados y organizados jerárquicamente [31]. Esta estrategia de aprendizaje permite que los estudiantes capten y retengan el significado de los contenidos curriculares a través de la relación entre conceptos [26]; siendo, además, la principal herramienta de un aprendizaje basado en modelo constructivista, puesto que constituye un método eficaz para el desarrollo de habilidades cognoscitivas y deductivas, de manera que puede ser empleado para la identificación y abordaje de problemas reales y de esta manera arribar a conclusiones y soluciones creativas y autónomas[30].

3.2.3. Actividad 3 - Construcción de objetos.

A partir de la estrategia educativa seleccionada, se representa cada eje temático mediante un mapa conceptual.

3.3. Etapa 3: Diseño y desarrollo tecnológico

3.3.1. Actividad 1 - Metodología de desarrollo de software

Respecto a la metodología empleada para el desarrollo computacional, es importante que el conjunto de prácticas que esta proponga estén enfocadas a la optimización de tiempo y a su vez

contribuyan positivamente en la calidad de proyectos de desarrollo de software desempeñados individualmente, se opta por la metodología "Proceso de Software Personal (PSP, Personal Software Process)", propuesta por Watts S. Humphrey.

3.3.2. Actividad 1.2 - Proceso Personal de Software (PSP).

El PSP es un proceso de auto mejoramiento diseñado para ayudar a controlar, administrar y mejorar la forma en que se trabaja individualmente [32]. El PSP proporciona datos históricos a fin de realizar un mejor trabajo acorde a los compromisos establecidos, apoyándose en métodos detallados de planificación y estimación [33], esto se puede apreciar en la Fig. 5.

El diseño de PSP se basa en los siguientes principios de planeación y de calidad [33].

- Cada ingeniero es esencialmente diferente; para ser más precisos, los ingenieros deben planear su trabajo y basar sus planes en sus propios datos personales.
- Para mejorar constantemente su funcionamiento, los ingenieros deben utilizar personalmente procesos bien definidos y medidos.
- Para desarrollar productos de calidad, los ingenieros deben sentirse personalmente comprometidos con la calidad de sus productos.
- Cuesta menos encontrar y arreglar errores en la etapa inicial del proyecto que encontrarlos en las etapas subsecuentes. Es más eficiente prevenir defectos que encontrarlos y arreglarlos.
- La manera correcta de hacer las cosas es siempre la manera más rápida y más barata de hacer un trabajo.

El modelo PSP está dividido en niveles, implantados de manera incremental. Los niveles superiores adicionan características a los niveles ya implantados lo que minimiza el impacto de los cambios en los hábitos del desarrollador. Este deberá tan sólo adaptar nuevas técnicas a las ya existentes y conocidas [33]. Estos niveles se pueden apreciar en la Tabla 4.

Según se ha visto, el modelo PSP presenta un conjunto ordenado de procesos, definidos y estructurados en distintos niveles, lo cual propicia un tipo de mejoramiento progresivo, a medida que va aumentando de nivel dentro del modelo. A su vez, se encuentra enfocado a ciertos objetivos, los cuales se pueden apreciar en la Fig. 6.

Figura 5. Indicaciones del Proceso Personal de Software (PSP).
Fuente: Los autores con información tomada de [33].

Tabla 4
Niveles de mejoramiento PSP

Nivel	Nombre	Actividad
PSP 0	Medición personal	Registro de tiempo
		Registro de defectos
PSP 0.1	Registro de defectos	Patrón de tipos de defectos
		Patrón de codificación
		Medida de tamaño
		Propuesta de mejoramiento en procesos
PSP 1	Planteamiento personal	Estimación de tamaño
		Informe de pruebas
		Planteamiento de tareas
		Cronogramas
PSP 2	Gerenciamiento de la calidad personal	Revisiones de código
		Revisiones de proyecto
		Patrones de proyecto
PSP 3	Proceso personal cíclico	Desarrollo cíclico

Fuente: [35].

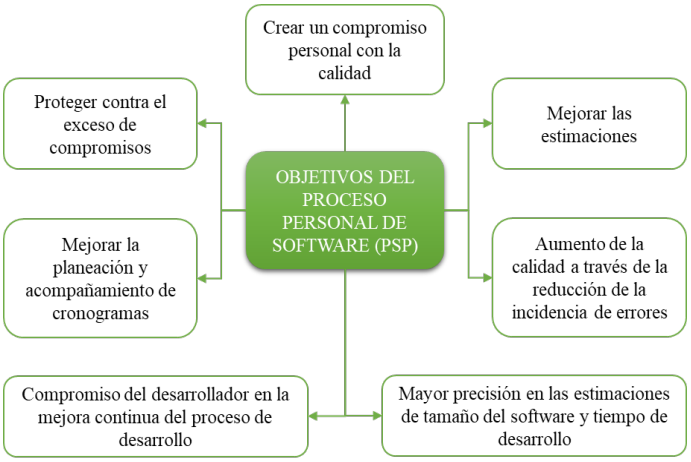


Figura 6. Objetivos del Proceso Personal de Software.
Fuente: Los autores con información tomada de [34].

3.3.3. Actividad 2 - Lenguajes de programación empleados

Este proceso está fundamentado en desarrollo web, para el cual se emplearon lenguajes como:

- *HTML*. Significa Lenguaje de Marcado para Hipertextos (HyperText Markup Language), colección de estándares para el diseño y desarrollo de páginas web, representa la manera en que se presenta la información en el explorador de internet y la manera de interactuar con ella.
- *Javascript*. (abreviado comúnmente JS) empleado para el diseño de sitios web, permitiendo crear acciones dinámicas en ellos. No requiere de compilación ya que el lenguaje funciona del lado del cliente, los navegadores son los encargados de interpretar estos códigos.
- *CSS3*. Hojas de Estilo en Cascada (del inglés Cascading Style Sheets) o CSS es un lenguaje que define la apariencia de las páginas web.
- *PHP* (Hypertext Preprocessor). Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

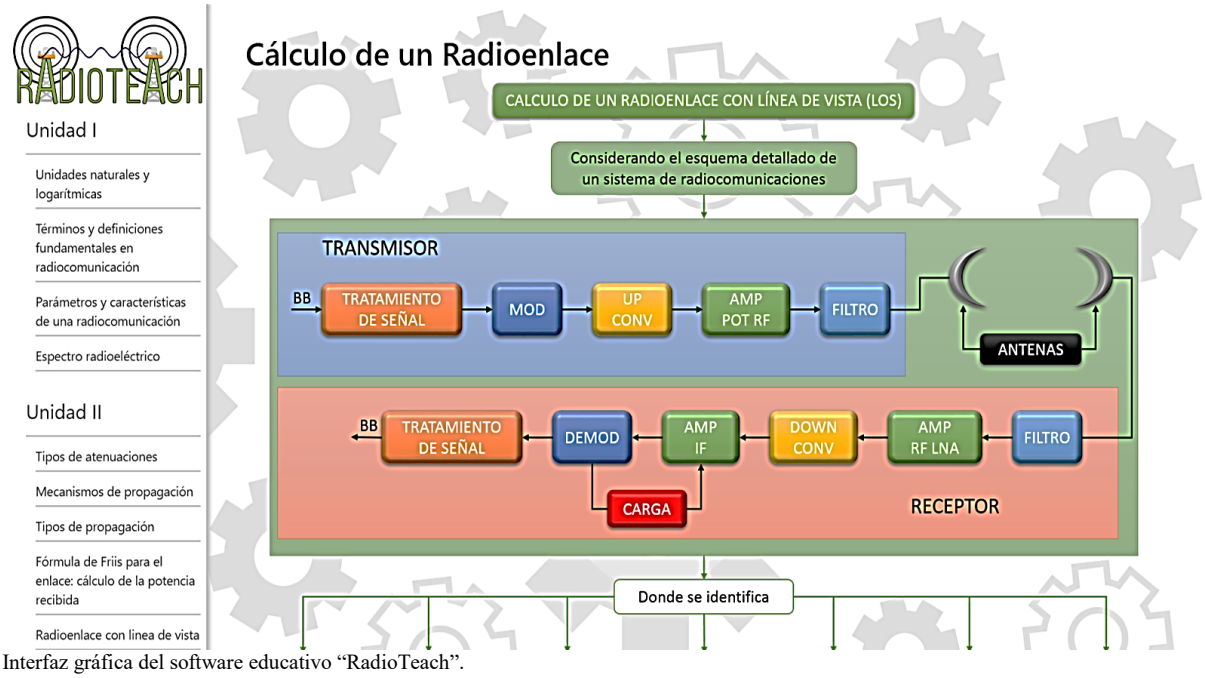


Figura 7. Interfaz gráfica del software educativo “RadioTeach”.
Fuente: Los autores.

3.3.4. Actividad 3 - Herramientas necesarias

Se requiere el uso de herramientas que permitan llevar a cabo el correcto desarrollo del software educativo, para ello se emplearon herramientas como:

- *Phpstorm.* Es un Ambiente de desarrollo interactivo que está construido sobre la plataforma de código abierto IntelliJ, desarrollado por Jetbrains. Para este proyecto se empleó una versión con licencia de tipo educativa.
- *Node.js.* Entorno de ejecución, de código abierto para JavaScript, diseñado para construir aplicaciones en red escalables.
- *Electron.* Biblioteca de código abierto desarrollada por GitHub para construir aplicaciones de escritorio multiplataforma con HTML, CSS y JavaScript.
- *Bootstrap.* Framework de código abierto que permite crear interfaces web con HTML, CSS y JavaScript.

A manera de ejemplo se muestra en la Fig. 7, una vista de la interfaz gráfica del software educativo desarrollado.

3.4. Etapa 4: Evaluación

3.4.1. Actividad 1 - Pretest y postest

El pretest (cuestionario aplicado antes de la implementación del software) y postest (cuestionario aplicado después de la implementación e interacción de los estudiantes con el software) son considerados instrumentos de medición, que permiten cuantificar los cambios en el aprendizaje de los estudiantes y evaluar la metodología de enseñanza propuesta, basada en el software educativo. Estos instrumentos siguen el modelo cognitivo “pregunta - respuesta”, con los cuales se busca indagar acerca de las ideas que tienen los estudiantes sobre conceptos relacionados con el área de las radiocomunicaciones terrestres.

Las diferentes concepciones están clasificadas en, percepción adecuada, aproximada e inadecuada, esto con el fin de poder identificar y determinar si los conceptos aportados por los estudiantes, coinciden o poseen cierta relación, con las definiciones propias de un ingeniero en telecomunicaciones, las cuales están basadas en los principales referentes bibliográficos.

Estos cuestionarios fueron elaborados a partir de la temática abordada por el software, para lo cual se contó con el apoyo de docentes expertos en el área de las radiocomunicaciones, en el desarrollo de software y en educación.

3.4.2. Actividad 2 - Prueba piloto

La prueba piloto, es un elemento de gran trascendencia dentro del presente proyecto, consiste en la primera puesta en práctica del software desarrollado ante una muestra de la población implicada. Dicha prueba permite a los estudiantes interactuar por primera vez con el software, a fin de que estos logren realizar sus aportes respecto a usabilidad del mismo.

En relación a lo anterior, las opiniones de los estudiantes estuvieron basadas en los errores de redacción y de ortografía que se encontraron mientras interactuaban con el software. Del mismo modo detectaron errores funcionales, respecto a botones de navegación entre las diversas temáticas o de cálculo de parámetros de radioenlaces análogos y digitales. A su vez, fueron considerados los aportes sobre funcionalidades que, a criterio de ellos, el software debería poseer a fin de tener una mejor usabilidad y así ser una herramienta completa y adaptada para los estudiantes de Radiocomunicaciones de la Universidad de Pamplona, sede Villa del Rosario.

4. Resultados

Una vez culminada la implementación de la metodología propuesta para el desarrollo de software educativo y la aplicación de cada uno de los métodos evaluativos (Pretest y Postest), se procedió a realizar un análisis de las respuestas aportadas por los estudiantes que conformaron la población objeto de investigación, a fin de poder determinar la incidencia que tiene el software dentro del proceso educativo y del mismo modo, corroborar si se lograron las metas u objetivos de aprendizaje que se trazaron dentro de la etapa 2 de dicha metodología. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el pretest y el postest, en función de las percepciones de los estudiantes en cada una de las preguntas.

4.2. Resultados del pretest y postest

Una vez fueron graficadas las cantidades porcentuales de las percepciones los estudiantes en cada pregunta del pretest (ver Fig. 8), se logra evidenciar que las percepciones aproximadas e inadecuadas priman sobre la percepción adecuada, donde esta última solo se hace presente en seis preguntas de un total de doce. Por otra parte, la percepción inadecuada es un factor común en cada una de las preguntas del pretest.

Haciendo un análisis temático se identifica que los contenidos sobre los cuales se tiene la mayor conjetura son: el análisis completo y detallado de un radioenlace, los tipos de propagación que se pueden emplear en un sistema de radiocomunicaciones y todo lo relacionado con radioenlaces digitales.

A manera de síntesis se presenta en la Fig. 9, una ponderación de los resultados mostrados en la Fig. 8, donde se puede evidenciar que el 48% de la población objeto de estudio tiene una percepción inadecuada de los temas analizados, así mismo el 35% posee una percepción aproximada y tan solo un 17% presenta una percepción adecuada.

A partir del análisis de los resultados obtenidos en el pretest se procede a la incorporación del software educativo desarrollado como parte de la práctica pedagógica del docente en el aula, durante un lapso de 3 semanas. Una vez culminados los encuentros en los cuales el software educativo formo parte de la dinámica de las clases, se procede a la aplicación del postest, cuyos resultados se muestran en la Fig. 10.

Con base en los resultados obtenidos en el postest, se logra evidenciar en la Fig. 11 la reducción de los porcentajes de percepciones aproximadas e inadecuadas, pasando de un 17% a 72% de percepciones adecuadas, lo cual permite inferir que el uso de software educativo en la práctica pedagógica del docente es una herramienta que favorece el proceso de enseñanza - aprendizaje.

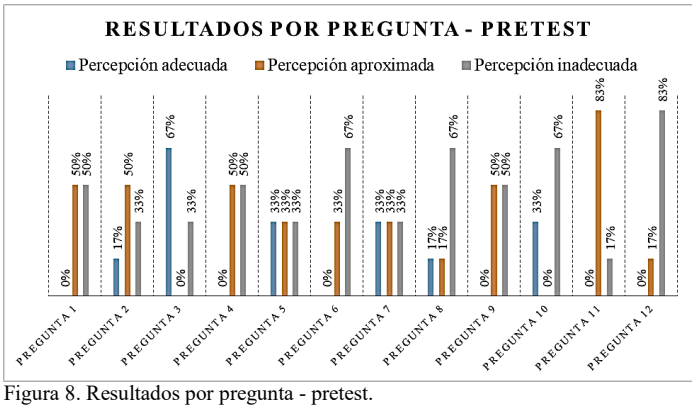


Figura 8. Resultados por pregunta - pretest.
Fuente: Los autores.

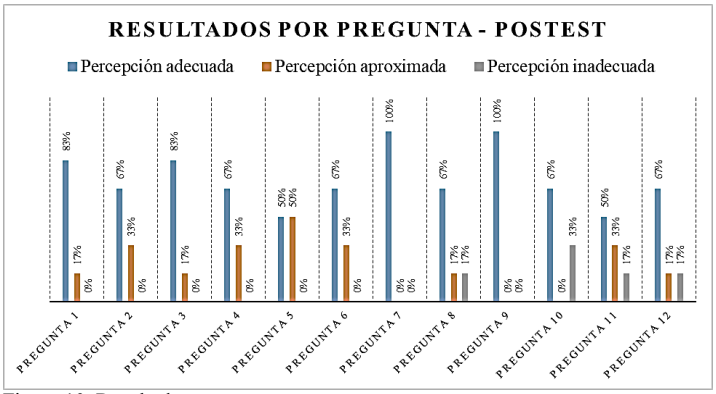


Figura 10. Resultados por pregunta - postest.
Fuente: Los autores.

Figura 9. Resultados ponderados - pretest.
Fuente: Los autores.

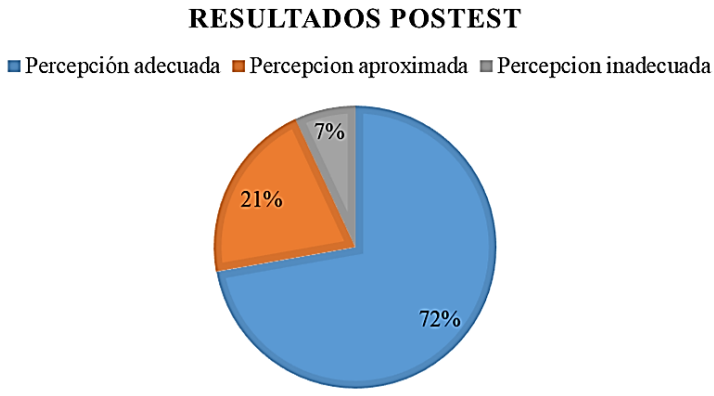


Figura 11. Resultados ponderados - postest.
Fuente: Los autores.

5. Conclusiones

Los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, campus Villa del Rosario tienen estilo de aprendizaje convergente y asimilador, según el modelo de Kolb. Convergente porque perciben y procesan la información mediante la conceptualización abstracta y la experimentación activa, respectivamente. Asimilador porque perciben y procesan la información mediante la conceptualización abstracta y la observación reflexiva, respectivamente. Es decir, son estudiantes que prueban los conceptos aprendidos experimentalmente, mediante simulaciones y prácticas de laboratorio con un excelente razonamiento inductivo, lo cual les permite destacarse en el estudio y la investigación de fenómenos físicos.

Según lo expuesto por Kolb, el estilo de aprendizaje característico de los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, Campus Villa del Rosario, es coherente con el estilo de aprendizaje que estudian carreras de tecnología e ingeniería y tienden a especializarse en las ciencias de información, investigación y análisis.

Caracterizar el estilo de aprendizaje de los estudiantes, permite trazar metas y objetivos de aprendizaje, los cuales se enfocan a un paradigma constructivista, recurriendo al mapa conceptual como herramienta instructiva. Lo anterior en aras de satisfacer las preferencias de percepción y procesamiento de información de los estudiantes de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, Campus Villa del Rosario.

El pretest se aplica después de desarrollar las clases siguiendo una metodología conductista y, aunque hubo prácticas de laboratorio, los resultados obtenidos permiten inferir que la experimentación activa, por si sola, no genera un aprendizaje significativo, puesto que el 48% presenta una percepción inadecuada, el 35% una percepción aproximada y tan solo un 17% una percepción adecuada de los conceptos analizados. Debido a ello, se enfoca el desarrollo del software en la conceptualización abstracta y con los resultados del postest se evidencia una mejora en el aprendizaje, dado que el 72% presenta una percepción adecuada, el 21% una percepción aproximada y tan solo un 7% presenta una percepción inadecuada; representando así la consecución del cambio conceptual en los estudiantes.

A la hora de tratar la temática correspondiente a análisis de radioenlaces tanto análogos como digitales, se evidencia que, pese a que existe una mejora en cuanto a las percepciones conceptuales que tienen los estudiantes sobre la misma, las percepciones inadecuadas y aproximadas se siguen presentando con un porcentaje constante. A partir de lo anterior, es necesario el uso de técnicas pedagógicas diferentes que permitan complementar esta temática, las cuales pueden estar basadas en prácticas de laboratorio o de campo, para así mejorar la comprensión conceptual en busca de un aprendizaje significativo.

El uso de software educativo en sí mismo no tiene la facultad de incidir positivamente en el desarrollo de conocimientos, es por ello que cobra importancia el momento pedagógico de su aplicación y es allí donde se destaca el impacto de este proyecto en la práctica pedagógica de los docentes del programa Ingeniería en Telecomunicaciones de la Universidad de Pamplona, demostrando que no es suficiente tener las herramientas que se consideran adecuadas para la enseñanza de los diversos conceptos y fenómenos, objetos de estudio, considerando la importancia del ¿Cómo? ¿Cuándo? y ¿Dónde? de su inclusión en el proceso de enseñanza - aprendizaje, llevando a los docentes hacia una reflexión seria sobre la planeación pedagógica, didáctica y curricular de sus asignaturas.

Se realizó un aporte en el estado del arte en lo referente al desarrollo de software educativo en su comprensión, descripción y creación; resaltando la utilidad del diagnostico previamente ejecutado en la metodología propuesta en este proyecto, basado en la caracterización de los estudiantes y en la diversificación temática que sería abordada por el software, incrementado así el impacto de su aplicación en el proceso educativo.

Referencias

[1] Vaca-Calero, J. del C., Simulación del modelo de propagación Cost 231 Walfisch-ikegami para el canal móvil de bandas 4G, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, 2015.

[2] Quintana, R.A., Bordón-López, R. y Sánchez, S.M., Estudio comparativo de los modelos de propagación de canal inalámbrico, RIELAC, 1, pp. 12-26, 2013.

[3] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) y Agencia Nacional del Espectro (ANE), Ingeniería del espectro radioeléctrico, 1ra. Ed., República de Colombia, 2012.

[4] Uquillas-Trujillo, G.B. y Calvopiña, W., Mediciones y simulación de atenuaciones producidas por edificaciones que afectan a la banda de radiodifusión en frecuencia modulada en la ciudad de Riobamba, Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2016.

[5] Castillo-Olmo, I., Caracterización experimental del canal radio a 2.4 GHz para sistemas MIMO en entornos de interiores, Tesis de grado, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, España, 2008.

[6] Mejía, L.S., Osorio-Vélez, B.E., Osorio, J.A., Campillo, G.E. y Covaleda, R., Análisis de la enseñanza y el aprendizaje del electromagnetismo en el nivel tecnológico y universitario, Entre Cienc. e Ing., 0(12), pp. 24-28, Jan. 2012.

[7] Cózar-Gutiérrez, R., V De Moya-Martínez, M. Hernández-Bravo, J.A. and Hernandez-Bravo, J.R., Conocimiento y uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) según el estilo de aprendizaje de los futuros maestros, Form. Univ., 9(13), pp. 105-118, 2016.

[8] Saavedra-Pencué, A.O., Diseño de un software educativo para el aprendizaje de funciones matemáticas en la Institución Educativa de Rozo-Palmira. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia, 2013.

[9] Muñoz-Palacio, Ó.D., Propuesta de enseñanza del concepto de producto vectorial a través de la utilización del software cabri 3-D, Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia, 2015.

[10] Navarro-Fuentes F.A. et al., RadioWeb: herramienta Web para la realización de prácticas de asignaturas relacionadas con sistemas de radiocomunicaciones., Congr. Int. Innovación Docente, pp. 387-398, 2011.

[11] Arias-Erazo, H.M., Diseño y construcción de un aula virtual para la conceptualización de teoría electromagnética en la carrera de electrónica y redes de información de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, usando la plataforma, Quito, 2014., 2014.

[12] Teixeira-da Silva, M.A., da Hora-Macedo, S. and dos Santos-Leite, E., Teaching electromagnetism by images simulations in the telecommunications technical course, J. Educ. Instr. Stud. World, 6(4), pp.

72-76, 2016.

[13] Hernández-Rodríguez, A., Usabilidad de un software educativo como medio instruccional para el proceso de enseñanza-aprendizaje de una asignatura, Rev. Iberoam. para la Investig. y el Desarro. Educ., 11(2), p. 34, 2013.

[14] Carr, N., The crisis in higher education, MIT Technol. Rev., 115(6), pp. 34-42, 2012.

[15] Fuentes-Reyes, M., Metodologías para el desarrollo de software educativo, Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 2007.

[16] Gálvis-Panqueva, Á.H., Mariño-Drews, O. y Gómez-Castro, R.A., Ingenieria de Software educativo con modelaje orientado por objetos: un medio para desarrollar micromundos interactivos, Informática Educ. Uniandes- LIDIE, 11(1), pp. 9-30, 1998.

[17] Polo, M., Aproximación a un modelo de diseño: ADITE, Docencia Univ. IV(1), p. 17, 2003.

[18] Benigni, G., Una metodología orientada a objetos para la producción de software multimedia Saber, 16(1), pp. 26-32, 2004.

[19] Cepeda-Rodríguez, R., Los modelos de aprendizaje de Kolb, Honey y Mumford: implicaciones para la educación en ciencias, Sophia-Educación, 14(1), pp. 51-64, 2017.

[20] Vergara, C., Actualidad en psicologia, 2018. [Online]. Available at: https://www.actualidadenpsicologia.com/la-teoria-de-los-estilos-de-aprendizaje-de-kolb/. [Accessed: 15-Jan-2019].

[21] Romero, L.N., Salinas, V. and Mortera, F.J., Estilos de aprendizaje basados en el Modelo de Kolb en educación virtual, Apertura, 2(1), pp. 9-17, 2010.

[22] Gómez-Pawelek, J., El aprendizaje experencial, Buenos Aires, 2016.

[23] Legorreta-Cortés, B.P., Estilos de aprendizaje, Mensaje Bioquímico, XXX, pp. 1-11, 2014.

[24] Leiva, C., Conductismo, cognitivismo y aprendizaje, Tecnol. en Marcha, 18(1), pp. 66-74, 2005.

[25] Diaz, J.R., Los mapas conceptuales como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la educación básica: propuesta didáctica en construcción, Educere, 6(18), pp. 194-203, 2002.

[26] Gallego-Arrufat, J., Crisol-Moya, E. y Gámiz-Sánchez, V., El mapa conceptual como estrategia de aprendizaje y de evaluación en la universidad. Su influencia en el rendimiento de los estudiantes, Enseñanza Teach. Rev. Interuniv. Didáctica, 31(2), pp. 145-165, 2013.

[27] Flores-Hole, C., Desde el aprendizaje significativo hasta el cambio conceptual, En: Transposición didáctica del conocimiento., Fundación editorial El Perro y la Rana, 2017, pp. 31-49,

[28] Raynaudo, G. y Peralta, O., Cambio conceptual: una mirada desde las teorías de Piaget y Vygotsky, Lib. Rev. Psicol., 23(1), pp. 137-148, 2017.

[29] Mahmud, M.C. and Gutiérrez, O.A., Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias, Form. Univ., 3(1), pp. 11-20, 2010.

[30] Vidal-Ledo, M., Vialart-Vidal, N. y Rios-Vialart, D., Mapas conceptuales. Una estrategia para el aprendizaje, Eduacion Medica Super., 21(3), 2017.

[31] Mayayo-Aranda, M.C., Estrategias de aprendizaje. El mapa conceptual, Publicaciones Didact., 49, pp. 104-108, 2014.

[32] Soto-Duran, D. y Reyes Gamboa, A., Proceso personal de Software en la formación del profesional informático, en: Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática, 2010, 4 P.

[33] Larco-Ampudia, E.A., Uso del PSP (Personal Software Process) en el desarrollo de Software, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 2007.

[34] Soto-Duran, D. y Reyes-Gamboa, A., Introduciendo PSP (proceso personal de software), Rev. Colomb. Tecnol. Av., 2(16), p. 5, 2010.

[35] Humphrey, W., Introducción al proceso software personal, 2da Ed. Addison Wesley, Madrid, España, 2001.

Anexo

Pretest

1. ¿Qué representa para usted un decibel (dB)?
2. ¿Qué entiende por radiocomunicación o radioenlace?
3. Realiza un esquema que represente un proceso de radiocomunicación
4. ¿Para usted que es el espectro radioeléctrico? ¿lo considera importante, por qué?
5. ¿Qué entiende por atenuación en radiocomunicaciones?
6. ¿Qué factores cree que pueden afectar un radioenlace? ¿estos factores dependen de la frecuencia, por qué?
7. ¿Qué entiende por mecanismos de propagación?
8. ¿Qué entiende por tipos de propagación?
9. ¿Describa la utilidad de la ecuación de Friis en las radiocomunicaciones?
10. De un ejemplo de un radioenlace con línea de vista directa
11. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa análogo.
12. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa digital.

Postest

1. ¿Qué es un decibel (dB)?
2. ¿Qué es radiocomunicación o radioenlace?
3. Represente en un esquema detallado un proceso de radiocomunicación
4. ¿Qué es el espectro radioeléctrico? ¿Cuál es su importancia?
5. ¿Qué es atenuación en radiocomunicaciones?
6. ¿Qué factores pueden afectar un radioenlace?
7. ¿Qué son mecanismos de propagación? ¿Cuáles son?
8. ¿Cuáles son los tipos de propagación? Descríbalos.
9. ¿Qué función tiene la ecuación de Friis en un sistema de radiocomunicaciones?
10. Enuncie un ejemplo de un radioenlace con línea de vista directa
11. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa análogo.
12. Describa los parámetros que se deben considerar en el cálculo de un radioenlace con línea de vista directa digital.

A.A. Báez-Pérez, es Ing. en Telecomunicaciones en 2019, de la Universidad de Pamplona, Villa del Rosario, Colombia. De 2014 a 2018 trabajó como miembro del semillero de investigación REDCOMSIS (Redes, Comunicaciones y Sistemas), en el proyecto titulado "Implementación de una central telefónica IP usando computación distribuida basada en software libre y hardware de bajo costo". Participó en 2016 como ponente en el II evento departamental de semilleros de investigación, RedCOLSI, nodo Norte de Santander. Participó como ponente en modalidad oral en el XIV Encuentro de Matemática Aplicada y XI Encuentro de Estadística que se desarrolló el 7 de diciembre del año 2018 en San José de Cúcuta, Norte de Santander Colombia.
ORCID: 0000-0002-6321-3623

A.J. Soto-Vergel, es Ing. Electrónico en 2013 de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia; Esp. en Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo de Software en 2016, de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia; y Tecg. en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información en 2017 del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Bogotá, Colombia. Ha trabajado en programas y proyectos del área de electrónica, telecomunicaciones, desarrollo de software y educación en ingeniería en el Grupo de Investigación En Telecomunicaciones y Nuevas Tecnologías (GITENT). Actualmente es docente catedrático universitario en la ciudad de Cúcuta, Colombia.
ORCID: 0000-0001-5093-0183.

J.E. Herrera-Rubio, es Ing. Electrónico en 2000, de la Universidad de Pamplona, Colombia; Esp. en Telecomunicaciones en 2001, de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, Colombia; MSc. en Electrónica en 2008, de la Universidad Experimental del Táchira (UNET), San Cristóbal, Venezuela y Dr. en Ciencias en 2017, de la Universidad Belloso Chacín (URBE) Maracaibo, Venezuela. Ha trabajado en la Empresa Telecom Colombia por 17 años, Ingeniero de Proyectos en las empresas Wnetworks, Comsistelco y Redes Digitales en las áreas de electrónica, telecomunicaciones y redes durante un período de 5 años, docente en ingenierías y de posgrado desde el año 2000, actualmente es docente de planta de la universidad de Pamplona y dirige el grupo de investigación GITENT, Cúcuta, Colombia.
ORCID: 0000-0002-9661-54.

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Funciones y niveles de desempeño requeridos a estudiantes de Ingeniería Industrial según género y tipo de empresa

Judith Flores-Regata [a] & Guadalupe Barajas-Arroyo [b]

[a] *División de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, México. judithregata@hotmail.com*
[b] *Posgrado en Investigación e Innovación Educativa, Universidad Autónoma de Puebla, México. gpebar1@prodigy.net.mx*

Resumen— El mercado laboral de los ingenieros industriales, exige realizar funciones claves con diferentes niveles de desempeño, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo: Analizar las tareas profesionales realizadas por estudiantes de esta disciplina, durante sus estadías prácticas considerando tanto el género del estudiante como el tipo de empresa donde las realizaron. La información se recolectó al término de las estadías prácticas de 80 estudiantes mediante un cuestionario, obteniéndose lo siguiente: a) mayor desempeño de tareas con rol de ejecución y supervisión para estudiantes hombres, b) los roles de evaluación del funcionamiento del proceso e implementación de herramientas de mejora, no presentaron preferencias con el género, c) medir el funcionamiento del proceso, fue la función clave con menos tareas realizadas, d) mayor número de estudiantes en grandes empresas de capital extranjero, descuidando la oportunidad de aprovechar las estadías prácticas como estrategia de vinculación con empresas estatales o nacional.

Palabras Clave— funciones; tareas profesionales; género; ingeniería industrial; niveles de desempeño; estadías prácticas.

Function and levels of performance required for Industrial Engineering students according to gender and company type

Recibido: 13 de marzo de 2019. Revisado: 19 de junio de 2019. Aceptado: 26 de junio de 2019.

Abstract— The job market of industrial engineers, demand to fulfill key functions with different levels of performance, so the present research had as objective: Analyze the professional tasks done by students of this discipline during their placement taking into consideration both the student's gender and the type of company where they worked at. The information was gathered at the end of the placement of 80 students through a questionnaire, obtaining the following: a) higher tasks performance with execution and supervision role for male students, b) the evaluation roles of the process functioning and implementation of improvement tools did not show gender preference, c) to measure the process' functioning, was the key function with less tasks performed, d) highest number of students in large companies of foreign resources, disregarding to take advantage of the internships as linkage strategies with state or national companies.

Keywords— functions; professional tasks; gender; industrial engineering; levels of performance; placement.

1. Introducción

Sin duda los fuertes cambios tecnológicos, promueven cambios en el funcionamiento de las organizaciones laborales, que a su vez, exigen cambios en la formación profesional que se oferta en las Instituciones de Educación Superior, en especial aquellas con mayor dependencia en la tecnología, cuyo reto se muestra en la constante búsqueda de modelos educativos, que logren desarrollar al máximo el talento de sus futuros profesionistas, a partir de lo cual, surge la necesidad de incorporar al currículo académico no sólo conocimientos, sino también: comportamientos, habilidades y actitudes que contribuyan al desarrollo integral de individuos capaces de realizar con eficiencia las funciones y tareas propias de su profesión.

De acuerdo a Rama [1], en los últimos años las Universidades en América Latina, han incorporado en sus estructuras curriculares el enfoque por competencias, bajo la premisa de favorecer el desarrollo de las capacidades de los estudiantes en aprendizajes situados, y lograr una mayor cercanía con los requerimientos formativos del mercado del trabajo. En México las Instituciones de educación superior tecnológica, adoptaron este modelo por competencias profesionales, con el propósito de encontrar un punto de coincidencia entre sus procesos de formación profesional y las funciones que se les exige a los profesionistas en el sector productivo, dado que la integración de los conocimientos, habilidades y actitudes a los que se hace referencia en su enfoque educativo, encuentran un significado en el desempeño de *tareas profesionales* concretas, realizadas en un contexto real, como el que ofrecen las empresas durante sus estadías prácticas, respondiendo así al modelo por competencias.

Las Universidades Tecnológicas mexicanas adoptaron desde su origen el compromiso de orientar la formación de los estudiantes hacia el desempeño de las funciones clave que exige su profesión, y que se traducen en *tareas profesionales* concretas, que en el lenguaje de las empresas, representan las acciones que ha de realizar un profesionista competente, en el desempeño de las funciones que caracterizan el ejercicio de su profesión. Las tareas y funciones clave que el sector productivo identifica en forma precisa para el desempeño de un ingeniero industrial permitió a la academia, definir las acciones requeridas y el objeto en el cual se realizan éstas acciones, dando origen a las competencias profesionales a desarrollar, mediante su desglose en los elementos y unidades de

Como citar este artículo: Flores-Regata, J. and Barajas-Arroyo, G., Funciones y niveles de desempeño requeridos a estudiantes de Ingeniería Industrial según género y tipo de empresa. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 88-94, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

competencia que definen el perfil de los ingenieros industriales, en las Universidades Tecnológicas mexicanas. Una vez definidos los elementos y unidades de cada una de las competencias profesionales, se inició con la tarea de identificar los saberes que les permitieran a los estudiantes aplicar sus conocimientos a nuevas situaciones laborales, lo que se refleja en la siguiente definición:

> "*Posesión y desarrollo de conocimientos, destrezas y actitudes que permiten al sujeto que las posee, desarrollar actividades en su área profesional, adaptarse a nuevas situaciones, así como transferir, si es necesario, sus conocimientos, habilidades y actitudes a áreas profesionales* próximas" [2].

En el párrafo anterior, se hace referencia a los conocimientos, habilidades y actitudes que requieren los estudiantes para desempeñar actividades inherentes a su profesión dentro del ámbito laboral. Las tareas profesionales que se orientan a lograr un mismo propósito, se agrupan en actividades a realizar dentro del modelo por competencias profesionales.

Los estudiantes al ingresar en el ámbito laboral, identifican con mayor facilidad el lenguaje de tareas y funciones concretas de las empresas, las cuales se rigen bajo las diferentes estrategias que les exige su camino hacia el logro de una mayor productividad y competitividad, afectando sin duda la forma de organizar su estructura laboral para cumplir con los requerimientos de sus clientes, de los alcances a los que tienen acceso en materia de tecnología, la cualificación de sus trabajadores o bien de su capacidad productiva.

Todo ello despierta el interés de identificar constantemente, las tareas profesionales que se demandan de los ingenieros industriales, dentro de todos los espacios productivos en los cuales se desempeñan, con la finalidad de retroalimentar los planes y programas educativos, en busca de la formación integral de profesionistas competentes, que respondan siempre a las necesidades y exigencias del mercado laboral. Aunado a lo anterior y a pesar de contar con la gran desventaja de solo dos mujeres ingenieras por cada diez ingenieros hombres, según las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), a la que hace mención Aketzalli González en su artículo *México requiere más ingenieras* [3], se reconoce la necesidad de contar con estrategias que disminuyan la desigualdad de género en áreas técnicas que tradicionalmente han sido ocupadas por hombres.

En el mismo documento, la autora menciona que Patricia Zúñiga, presidenta de la Academia de Ingeniería en México (AIM), señaló que si bien es cierto la matrícula promedio de mujeres en todas las carreras de ingeniería en nuestro país cuenta con una proporción de 35% mujeres y 65% hombres "*las mujeres contamos con los mismos conocimientos valiosos que los varones, pero no hemos sido igualmente reconocidas ni remuneradas*" [3]. Debido a lo cual es importante resaltar la función de las ingenieras dentro del ámbito laboral y promover su importancia entre las nuevas generaciones, mediante el conocimiento real de las funciones y tareas que realizaron tanto las estudiantes mujeres como los hombres durante sus estadías prácticas, y las diferencias con las que se realizaron de acuerdo al género de los estudiantes en cada una de las diferentes micro, pequeñas, medianas y grandes empresas que integraron el contexto laboral en el cual fueron asignados.

2. Funciones y tareas profesionales de un ingeniero industrial

Dentro del análisis de las tareas profesionales realizadas durante las estadías prácticas, se mantuvo presente que en el sector laboral se priorizan los resultados obtenidos, mientras que en el ámbito educativo las tareas profesionales realizadas, reflejan las necesidades de las empresas, y es a partir de estas, y de su relación con las funciones clave que debe desempeñar un ingeniero industrial en el logro de resultados, como se analizó el desempeño de los tareas y funciones clave que realizaron los estudiantes en contextos reales, considerando su género y el tipo de empresa donde las realizaron, contribuyendo con ello a la evaluación de su desempeño y aportando elementos reales para la actualización del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Algunos autores plantean que para lograr una valoración adecuada sobre el desempeño de los estudiantes, se requiere establecer criterios para evaluar lo que se logra, de lo que se desea lograr, todo dependerá del momento y contexto en el que se evalúe. Tejada y Ruiz [4] reconocen que los resultados de aprendizaje en contextos con mayor orientación a la solución de problemas, como sucede en materias prácticas, trabajos finales o bien estancias cortas en empresas, aportan un gran valor a la evaluación integral de las competencias profesionales.

Bajo este paradigma y considerando que los estudiantes realizaron funciones propias de su profesión durante sus estadías prácticas, se decidió que éste periodo representaba el momento adecuado para recolectar información sobre esas *funciones* y *tareas profesionales* realizadas, que tomaron como base las tareas definidas en el Análisis Situacional del Trabajo del 2016 realizado con empleadores, exalumnos y académicos, en el cual se revisaron las funciones clave y el desglose de las tareas profesionales que se muestran en la Tabla 1, las cuales forman parte del desempeño esperado de un ingeniero industrial en el ejercicio de su profesión.

Tabla 1.
Funciones y tareas profesionales de un Ingeniero Industrial

Funciones	**Tareas profesionales**					
Función 1: Planear y administrar los procesos y sistemas de producción y Calidad.	Estima el pronóstico de la producción	Determina la capacidad de producción	Realiza la planeación agregada	Elabora el plan maestro de producción	Implementa el Sistema de Gestión de Calidad	Diseña el control estadístico de proceso
Función 2: Optimizar el método y procedimientos de trabajo con un enfoque de innovación.	Diseña y/o evalúa el proceso	Diseña y/o analiza el método y procedimiento de trabajo	Diseña los centros de trabajo	Diseña la distribución de planta		
Función 3: Gestionar los recursos de la empresa de acuerdo al ciclo de vida del producto.	Distribuye y aplica los recursos presupuestados para la producción	Define y asigna funciones del personal	Coordina recursos materiales de la empresa para cubrir sus necesidades	Aplica software especializado para manufactura	Selecciona equipos de fabricación adecuados para la fabricación del producto.	
Función 4: Medir la función del proceso para asegurar la mejora continua.	Controla el presupuesto de producción	Controla el desempeño del recurso humano	Controla los programas de producción	Evalúa los resultados del proceso	Optimiza procesos con metodologías de mejora continua	

Fuente: Adaptado de [5]

3. Niveles de desempeño del Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO)

Con el propósito de conocer el nivel en el que los estudiantes realizaron las tareas profesionales asignadas, se les pidió elegir una de las siguientes cinco opciones, de acuerdo al rol en el que consideraron haber desempeñado las tareas requeridas por la empresa donde realizaron sus estadías prácticas:

Evalué los resultados de esta actividad para lograr una mayor eficacia…… 5
Participé en el desarrollo y/o implementación de proyectos de mejora…… 4
Desempeñé el rol de supervisar a quien desempeñaba la tarea…… 3
El rol que desempeñé fue ejecutar alguna la tarea …… 2
No realicé esta tarea…… 1

Cada uno de los roles desempeñados, se asociaron a uno de los niveles de complejidad de competencias propuestos por el Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO), el cual surgió en México desde el 2008, cuando un grupo de trabajo representado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y la Secretaría de Educación Pública (SEP), acordaron una clasificación única de ocupaciones para todos los trabajadores de la República Mexicana [6]. El principal propósito del Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones, fue establecer una estandarización del sistema de clasificación laboral en México, ante todos sus socios comerciales y ante la Organización Internacional del Trabajo (OIT) [7], que permitiera facilitar el intercambio de la fuerza laboral y los correspondientes registros estadísticos de cada ocupación.

En la Tabla 2 se muestran las actividades que caracterizan cada uno de los cuatro niveles de competencia, considerados en el Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones, los cuales definen las actividades y la complejidad de su desempeño, que pasa en forma paulatina, de niveles operativos y de alto grado de subordinación hasta un logro de mayor autonomía, donde las actividades enfrentan problemas complejos y en condiciones favorables para la generación de nuevos conocimientos.

Con el Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones, las tareas profesionales realizadas se asociaron a uno de los cuatro niveles de complejidad del desempeño de competencias, obteniendo con ello una aproximación al nivel de desempeño que demostraron los estudiantes de Ingeniería Industrial durante el periodo de estadías prácticas, con el objetivo de:

"*Analizar las tareas profesionales realizadas por los estudiantes de ingeniería industrial, durante sus estadías prácticas considerando tanto el género de los estudiantes como el tipo de empresa donde las realizaron*"

Cabe resaltar que la presente investigación se relaciona con un estudio exploratorio previo, realizado con estudiantes del nivel técnico superior universitario en procesos industriales de la misma Universidad, el cual se realizó a partir de la experiencia de los estudiantes durante el mismo periodo de estadías, pero con el propósito de conocer el sector al que pertenecían las empresas en las que fueron asignados, así como el área y las competencias desarrolladas a través de las tareas realizadas [8].

El modelo de las Universidades Tecnológicas en México contempla la formación de técnicos superiores universitarios como primera salida de formación profesional, con la oportunidad de que los egresados de ésta primera etapa, una vez concluida y si así lo desean, se encuentren en posibilidad de continuar con sus estudios en Ingeniería Industrial. En ambas etapas los estudiantes están obligados a cursar un periodo de estadías prácticas como parte de su titulación, así que los participantes en la presente investigación ya habían realizado un periodo de estadías prácticas, en su etapa como técnicos superiores universitarios, etapa que fue motivo de la investigación mencionada en el párrafo anterior. A partir de la cual se encontró que los estudiantes a nivel técnico, presentaron una debilidad en el desempeño de tareas relacionadas con la recolección de información para mejorar el funcionamiento de los procesos.

4. Metodología

La recolección de información sobre las tareas profesionales que los estudiantes realizaron en las estadías prácticas del periodo enero-abril 2018, se realizó una vez concluido dicho periodo y con la colaboración de 80 participantes, que respondieron un cuestionario diseñado con 25 preguntas, organizadas bajo los siguientes apartados:

a) Datos generales de los participantes, sin comprometer su identidad.
b) Datos generales de la empresa en la que realizaron sus estadías prácticas, sector al que pertenece, número de trabajadores que laboran en ella, origen de su capital.
c) Matriz con las tareas profesionales que integran cada una de las funciones clave del programa de Ingeniería Industrial, y el rol en el cual se desempeñaron dichas tareas.

El proceso de muestreo que se utilizó en la aplicación del cuestionario fue intencionado, debido a que el número de estudiantes que concluyeron sus estadías prácticas en el periodo citado, fue finito y con las siguientes características: a) ser

Tabla 2.
Niveles de complejidad de las competencias.

Nivel de competencia 1:	*Nivel de competencia 2:*	*Nivel de competencias 3:*	*Nivel de competencias 4:*
Actividades sencillas y monótonas, requieren conocimientos básicos de lectura, escritura y aritmética elemental, tareas manuales con poca autonomía para el transporte, almacenamiento o ensamble de productos.	Actividades subordinadas que se caracterizan por la manipulación, ordenamiento y almacenamiento de información, redacción de reportes de trabajos concluidos que exigen gran exactitud y una buena comunicación personal	Actividades de mayor autonomía y responsabilidad para desempeñar funciones técnicas complejas, de supervisión de personal, de comprensión de material de carácter técnico, elaboración de informes documentados.	*Ac*tividades de mayor autonomía para toma de decisiones y solución de problemas complejos, análisis e investigación en el desarrollo de nuevos conocimientos su difusión en diferentes medios de comunicación

Fuente: Adaptada de [6]

estudiantes inscritos en el onceavo cuatrimestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Puebla, b) haber concluido con el periodo de estadías prácticas en una empresa del sector productivo de la región, c) haber desempeñado funciones asociadas a su profesión, con responsabilidades y compromisos equivalentes a las de cualquier otro trabajador de la empresa, d) entregar un reporte con las actividades realizadas (con la previa autorización del asesor asignado por la empresa y del asesor por parte de la Universidad).

Las empresas en las que se realizaron las estadías prácticas se clasificaron de acuerdo a los criterios estadísticos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [9], los cuales consideran el número de trabajadores que laboran en ellas, dicha clasificación se muestra en la Tabla 3.

Los participantes respondieron preguntas que reflejan algunas de las tareas profesionales que se contemplan en las funciones clave, base de los planes de estudio, así como el rol que desempeñaron en cada una de ellas, algunas de las preguntas y su estructura se muestran en la Tabla 4.

Con base en los roles que eligieron los estudiantes en la Tabla 4 y de acuerdo a la naturaleza de las tareas correspondientes en los niveles de complejidad del desempeño de las competencias de la Tabla 2, se definieron los cuatro niveles de desempeño que se muestran en la Fig. 1, los cuales asocian cada uno de los roles desempeñados, con el incremento en la complejidad del desempeño de las tareas realizadas, durante la estadía práctica dentro de un ambiente laboral.

La Fig. 1 presenta una tendencia ascendente de los cuatro posibles roles que desempeñaron los estudiantes durante sus estadías prácticas, de acuerdo al incremento en el nivel de complejidad de las tareas realizadas, y al rol que eligieron en cada una de las variables de la Tabla 4. Cada uno de los roles se asociaron a tareas y actividades contemplados en los niveles de complejidad de las competencias del Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones, donde la complejidad de las tareas y el nivel de responsabilidad en la toma de decisiones se determinaron por el rol desempeñado, lo que permitió caracterizar los cuatro roles de acuerdo a la naturaleza de sus actividades como se muestran en la Tabla 5.

Tabla 3.
Clasificación de Unidades Productivas (empresas)

Tamaño de empresa	Trabajadores
Micro	Hasta 10
Pequeña	10 a 49
Mediana	50 a 249
Grande	Más de 250

Fuente: Adaptado de [9]

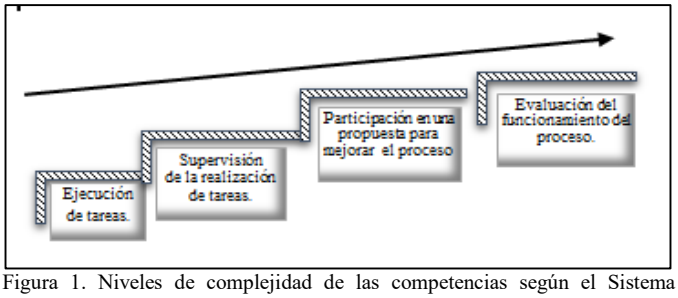


Figura 1. Niveles de complejidad de las competencias según el Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones.
Fuente: Las autoras.

Tabla 4.
Tareas profesionales de un ingeniero industrial en estadía

Indicación: *Marque con una* ***X*** *si la tarea o tareas fueron desempeñadas durante su estadía y en caso de que su respuesta sea* ***"si",*** *indique el rol o los roles que requirieron de tu actuación.*

	Tareas de un Ingeniero Industrial (plan de estudios)	Desempeñadas en estadía		Rol desempeñado en la tarea durante la estadía (elegir sólo la opción)			
		No	Si	Ejecución	Supervisión	Participación en desarrollo/ implementación	Evaluación del funcionamiento
V14	Estimar el pronóstico de la producción						
V15	Determinar la capacidad de producción						
V16	Implementar el SGC						
V17	Diseñar el control estadístico de proceso						
V18	Diseñar y/o analiza el método y procedimiento de trabajo						
V19	Diseñar centros de trabajo						
V20	Diseñar la distribución de planta						
V21	Definir y asignar funciones del personal						
V22	Coordinar los recursos materiales de la empresa para cubrir sus necesidades						
V23	Aplicar software especializado para manufactura						
V24	Controlar el desempeño del recurso human						
V25	Optimizar procesos con base en metodologías de mejora continua						

Fuente: Las autoras

A partir de lo anterior se pudieron identificar *las tareas profesionales* realizadas con mayor frecuencia, las funciones clave que presentaron una mayor demanda durante el periodo de estadías prácticas enero-abril 2018, los roles y niveles de

Tabla 5.
Roles y niveles de competencia de las tareas desempeñadas en estadías prácticas.

Rol	Nivel de complejidad de la competencia
Ejecución	Actividades subordinadas que requieren poca autonomía y buena comunicación con el personal además de habilidades para el ordenamiento y almacenamiento de información, la elaboración de reportes y el ensamble de productos (niveles 1 y 2 de SINCO)
Supervisión	Actividades que requieren mayor responsabilidad y autonomía para ejecutar tareas de naturaleza técnica con mayor complejidad que el rol de ejecución que le permiten supervisar personal, elaborar informes técnicos documentados. (nivel 3 de SINCO)
Desarrollo propuestas de mejora	Actividades que requieren mayor conocimiento técnico y habilidades para medir el funcionamiento del proceso que le permitirán detectar problemas que afectan al proceso y formular propuestas de mejora.
Evaluación	Actividades de mayor autonomía necesaria para evaluar el comportamiento de problemas complejos basándose en el análisis e investigación de nuevos conocimientos (nivel 4 de SINCO)

Fuente: Las autoras

complejidad del desempeño de acuerdo al Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones (SINCO) que se muestran en la Tabla 5, así como la posibilidad de encontrar alguna tendencia entre las funciones y roles que se les asigna a los estudiantes hombres y a las estudiantes mujeres.

5. Resultados

El análisis estadístico de los resultados obtenidos, inició estimando la proporción de hombres y mujeres de los 80 estudiantes que participaron en el presente estudio y que realizaron sus estadías prácticas durante el periodo enero-abril 2018, se encontró que el 66% fueron estudiantes hombres y el 33% estudiantes mujeres, todos ellos permanecieron en alguna de las diferentes empresas de la región, las cuales se clasificaron de acuerdo a las cuatro diferentes categorías que les concede el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), conforme al número de empleados que laboran en ellas, es así como encontramos empresas llamadas micro, pequeñas y medianas conocidas como MiPyME y aquellas que por su tamaño se encuentran clasificadas como grandes empresas, tal como se muestra en la Fig. 2.

Bajo esta clasificación, se aprecia que la proporción total de estudiantes que realizaron sus estadías prácticas en éstas diferentes empresas, aumentó conforme se incrementa el tamaño de la empresa, es decir se encontró menor número de estudiantes en las micro y pequeñas empresas que en las medianas y grandes, siempre guardando una proporción equivalente de 3 estudiantes hombres por cada estudiante mujer en cada uno de los diferentes tipos de empresas. Mientras que el 70% de estudiantes permanecieron en medianas y grandes empresas de capital prioritariamente extranjero, el 22% las realizaron en pequeñas y sólo el 9% en micro empresas las cuales corresponden a empresas de origen estatal y nacional.

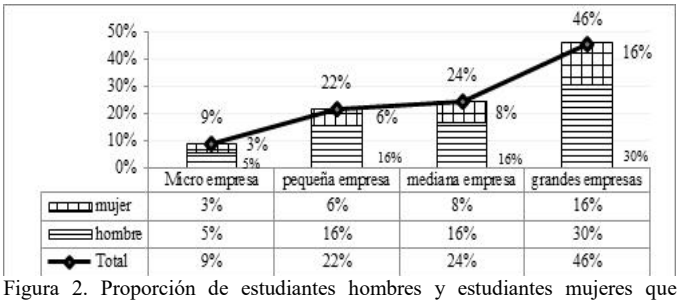
Vale la pena considerar que si bien es cierto, los estudiantes prefirieron realizar sus estadías prácticas en las grandes empresas, con la mira de lograr una futura estabilidad laboral, la Institución perdió en esta ocasión, la oportunidad de participar en el incremento de la productividad y competitividad de las empresas nacionales e incidir en su desarrollo, como parte de los compromisos que se le concedieron desde su origen.

La Fig. 2 proporciona un panorama general de la distribución de las estudiantes mujeres y estudiantes hombres aceptados en los cuatro tipos de empresa durante las estadías prácticas que realizaron a lo largo de un cuatrimestre completo, sin embargo, es importante mostrar además, los resultados obtenidos sobre las funciones y tareas profesionales que fueron más requeridas en cada una de las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas, así como el rol desempeñado por estudiantes mujeres y hombres en cada una de las cuatro funciones clave que espera el sector productivo en el desempeño de un ingeniero industrial.

En las Figs. 3, 4, 5 y 6 se muestran las frecuencias de cada uno de los roles, con los cuales se desempeñaron las *tareas profesionales* de las cuatro funciones clave de la Tabla 1, su relación con los cuatro tipos de empresa y el género de los estudiantes que permanecieron en ellas, encontrando salvo en la función clave 3, un notable incremento en el rol correspondiente a la participación en proyectos de desarrollo o de implementación, dentro de los cuales se agruparon tareas orientadas a realizar acciones asociadas con el uso de herramientas de manufactura esbelta, con el propósito de mejorar el funcionamiento de los procesos, y contribuir al incremento en la calidad de sus productos, o bien para la optimización de los recursos a utilizar en la producción, tales como: 5´s, Kaizen, Mantenimiento Productivo Total, Análisis del modo de falla (AMEF), Kanban, SMED, Poka Yoke. Este resultado marca una diferencia importante con el obtenido en el nivel de técnico superior universitario (TSU) en Procesos Industriales.

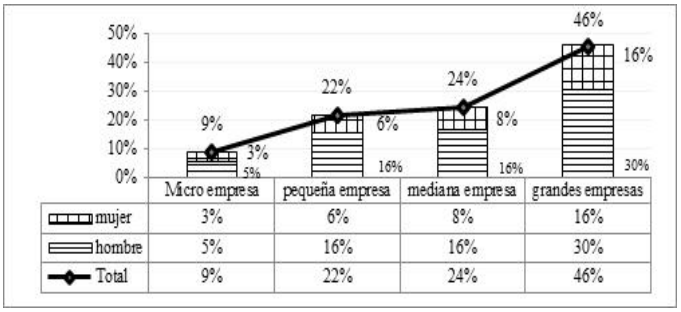
En la Fig. 3 se muestra la proporción de estudiantes que desempeñaron los roles de ejecución, supervisión, desarrollo/implementación o evaluación en cada una de las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas, así como el porcentaje de hombres y de mujeres que desempeñaron cada rol. Las tareas profesionales de la función clave 1 realizadas con mayor frecuencia, fueron las relacionadas con: estimar el pronóstico de la producción, determinar la capacidad de producción, implementar el Sistema de Gestión de Calidad o bien diseñar el control estadístico de los procesos.

Si observamos la Fig. 3, el rol que presenta mayor frecuencia en el desempeño de éstas *tareas profesionales* en las grandes y pequeñas empresas fue, como se mencionó en el párrafo anterior, el rol de desarrollo/implementación con una gran participación tanto de los estudiantes hombres como de mujeres, éstas últimas con roles de supervisión en menor medida que los estudiantes hombres, quienes además presentan niveles mucho más altos de participación en tareas de ejecución que las mujeres, lo que significa que se presentó una tendencia en asignar tareas de menor supervisión y ejecución a las mujeres en esta primera función clave, pero recuperando su participación en tareas de evaluación del funcionamiento del



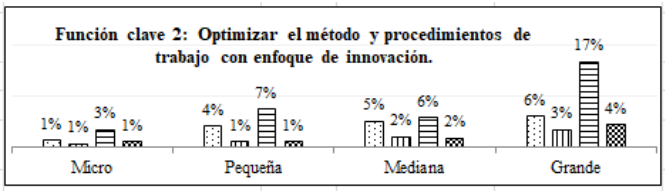
	Micro empresa	pequeña empresa	mediana empresa	grandes empresas
mujer	3%	6%	8%	16%
hombre	5%	16%	16%	30%
Total	9%	22%	24%	46%

Figura 2. Proporción de estudiantes hombres y estudiantes mujeres que realizaron sus estadías prácticas en diferentes tipos de empresas.
Fuente: Las autoras



	Micro empresa	pequeña empresa	mediana empresa	grandes empresas
mujer	3%	6%	8%	16%
hombre	5%	16%	16%	30%
Total	9%	22%	24%	46%

Figura 3. Tareas profesionales de la función clave 1 realizadas en las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas por género y rol desempeñado.
Fuente: Las autoras.



Rol desempeñado	% hombres	% mujeres
Ejecución	12%	4%
Supervisión	6%	1%
Desarrollo / Implementación	24%	9%
Evaluación	4%	4%

Figura 4. Tareas profesionales de la función clave 2 realizadas en las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas por género y rol desempeñado.
Fuente: Las autoras.

Rol desempeñado	% hombres	% mujeres
Ejecución	27%	15%
Supervisión	4%	1%
Desarrollo / Implementación	13%	6%
Evaluación	4%	4%

Figura 5. Tareas profesionales de la función clave 3 realizadas en las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas por género y rol desempeñado.
Fuente: Las autoras.

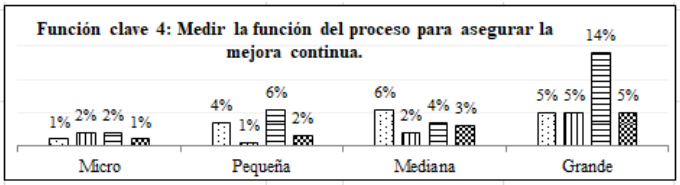
proceso, rol que incrementa su presencia de las micro a las grandes empresas, permitiendo la misma oportunidad de desarrollo a los estudiantes hombres y mujeres en tareas profesionales del nivel 4, de acuerdo a la escala de complejidad que se muestra en la Tabla 2, es decir, aunque en menor escala que los tres primeros roles, los estudiantes independientemente de su género desempeñaron actividades de evaluación del funcionamiento de los procesos, las cuales tienden a una mayor autonomía para solucionar problemas complejos asociados a esta función clave 1.

En la Fig. 4 se presentan las tareas asociadas a la Función clave 2 y se muestran las proporciones que se presentaron en cada uno de los tipos de empresa de acuerdo al rol y al género de los estudiantes, que realizaron principalmente las siguientes *tareas profesionales*: propuesta de mejora en el método y/o procedimientos de trabajo, diseño o rediseño de estaciones de trabajo y propuesta de una mejor distribución de planta. Cada una de las tareas mencionadas contribuyen a la optimización de los métodos y procedimientos de trabajo, que se indican para la función clave 2 de la Tabla 1, y su requerimiento es proporcionalmente mayor en empresas grandes y medianas que en pequeñas y micro, lo cual se debe no sólo al mayor número de estudiantes que permanecieron en ellas durante las estadías prácticas, sino a la preocupación que atienden cada una de ellas, pues además de asignarle a los estudiantes tareas relacionadas al desarrollo e implementación de herramientas de mejora, se presentó un incremento en tareas de ejecución derivadas de la implementación de dichas herramientas de mejora. Las tareas con el rol de supervisión conservan la tendencia de ser asignada a los estudiantes hombres con mayor frecuencia que a las mujeres, sin embargo, también se observa que a pesar de ser el tercer rol con mayor frecuencia, la evaluación del funcionamiento de los procesos, continúa presentando la misma oportunidad de desarrollo tanto para las estudiantes mujeres como para los hombres.

Las tareas de la función clave 3 que fueron realizadas con mayor frecuencia por los estudiantes durante su periodo de estadías prácticas fueron: asignar tareas al personal de acuerdo a un programa establecido, coordinar el desempeño de los recursos necesarios para cumplir con los requerimientos del cliente, aplicar software especializados para simulación de procesos y/o diseño de piezas, todas ellas destinadas a la gestión de los recursos necesarios de acuerdo a la demanda de los productos, y a partir de las cuales, los estudiantes desempeñaron actividades sencillas que requirieron poca autonomía en su ejecución y que corresponden al primer nivel de complejidad de las competencia que se muestran en la Tabla 2, esta tendencia se presenta en cada uno de los cuatro tipos de empresa con una notable diferencia con las funciones clave 1 y 2, donde el rol relacionado con tareas de desarrollo o implementación de herramientas de manufactura esbelta pasa a segundo lugar en número de tareas realizadas. En forma similar a las funciones 1 y 2 la tendencia en la supervisión de tareas conserva una preferencia para los estudiantes hombres, pero se mantiene el mismo porcentaje en la oportunidad de evaluar el funcionamiento de los procesos, sobre todo en las medianas y grandes empresas que mantienen el interés por medir en forma continua los procesos, con el propósito de implementar herramientas esbeltas para mejorarlos.

Las *tareas profesionales* contempladas en la función clave 4 que presentaron mayor demanda en el sector productivo durante las estadías prácticas fueron: determinar la capacidad de producción y la habilidad del personal para lograr un mejor desempeño en las funciones asignadas, así como su participación en la optimización de procesos, con base en metodologías de mejora continua. De la misma forma que en las funciones clave anteriores, se logró identificar el rol con el que se desempeñaron dichas tareas y la proporción de estudiantes mujeres y estudiantes hombres que las realizaron en cada uno de los cuatro tipos de empresa, encontrando que el rol de desarrollo/implementación, presenta el mayor porcentaje de tareas realizadas por los estudiantes, y de la misma forma que en las funciones clave 1 y 2 se presenta en mayor medida en las grandes empresas, exigiendo a los estudiantes la aplicación de conocimientos técnicos y desarrollo de habilidades para encontrar estrategias, que reflejen el funcionamiento de los procesos y que les permitan identificar los problemas que posteriormente serán la base de sus propuestas de mejora.

En segundo término las tareas profesionales de esta función clave 4, se realizaron desempeñando el rol de ejecución, como se muestra en la Fig. 6, el cual si bien es cierto se asocia a las actividades subordinadas y con poca autonomía, se consideran básicas para almacenar la información y elaborar los reportes necesarios que contribuyeron a las actividades que se requieren en los roles con mayores niveles de complejidad



Rol desempeñado		% hombres	% mujeres
Ejecución		10%	5%
Supervisión		7%	3%
Desarrollo / Implementación		**15%**	**10%**
Evaluación		6%	5%

Figura 6. Tareas profesionales de la función clave 4 realizadas en las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas por género y rol desempeñado
Fuente: Las autoras.

Cabe puntualizar que en las cuatro funciones clave representadas en las figuras anteriores, se encontró casi la misma proporción de estudiantes mujeres y estudiantes hombres en el rol de evaluación, con la misma oportunidad de realizar actividades de mayor autonomía en la solución de problemas que presenten mayor complejidad, aunque es importante señalar que el número de estudiantes que desempeñaron este rol, es menor en comparación con el número de estudiantes que desempeñaron los tres roles restantes, sin embargo, se trata de un buen resultado si partimos de la premisa que se trata de estudiantes en periodo de prácticas profesionales.

6. Conclusiones

Los resultados que se obtuvieron en la presente investigación, tomaron como referente la clasificación de los niveles de complejidad del desempeño de las competencias propuestas en el Sistema Nacional de Clasificación de Ocupaciones, debido a que relacionar el desempeño de tareas profesionales de los estudiantes de ingeniería industrial con la naturaleza de las tareas realizadas en estadías prácticas, bajo un rol de fácil reconocimiento para ellos, permitió identificar no solo las tareas realizadas por género y tipo de empresa, sino las herramientas que los estudiantes requirieron en el desempeño cotidiano de las funciones clave que les exigieron dentro del ejercicio de su profesión, así como las demandas que el sector productivo requirió para enfrentar el reto de permanecer en el mercado.

Cabe mencionar que las tareas profesionales que desempeñaron los estudiantes durante sus estadías prácticas pudieron presentar limitaciones por tratarse de estudiantes en formación, sin embargo, permitió valorar los requerimientos de formación profesional y las capacidades de nuestros estudiantes dentro del ámbito laboral en que se desempeñaron, así como el papel que desempeñaron las estudiantes mujeres dentro de los diferentes tipos de empresa.

La gran pregunta es si con esta formación profesional, se cumple no solo con las demandas del mercado del trabajo, sino con la formación de profesionales capaces de enfrentar problemas de mayor complejidad que permitan por un lado, enfrentar los retos de una sociedad globalizada con un acelerado avance tecnológico, y por otro al combate de los grandes rezagos sociales y económicos a los que parece condenar el desarrollo económico de la industrialización, además de la incorporación de las mujeres a las actividades consideradas propias de hombres, es decir, de una verdadera transformación en la formación de personas que hagan uso de sus saberes en favor del desarrollo de la ciencia y tecnología, con el propósito de lograr sociedades con mayor equidad y oportunidades tanto para mujeres como para hombres en el desempeño de su profesión, con la plena conciencia de los impactos y el cuidado que demanda este desarrollo al medio ambiente, y a la sociedad a la que pertenecen .

Referencias

[1] Rama, V.C., La incorporación de la práctica estudiantil en las universidades latinoamericanas como nuevo paradigma educativo, Universidades, 48, pp. 33-45, 2011.

[2] CGUT, Manual para la difusión del modelo de educación basada en competencias del subsistema de Universidades Tecnológicas, México: CGUT, 2008.

[3] González, A., México necesita más ingenieras, OEI: iberoaméricadivulga, [en línea]. Disponible en: http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Mexico-necesita-mas-ingenieras, 15 marzo 2018.

[4] Tejada, J. y Ruiz, C., Evaluación de competencias profesionales en educación superior: retos e implicaciones, Educación XXI, 19 (1), pp. 17-38, 2016. DOI: 10.5944/educXX1.12175

[5] División de Ingeniería Industrial UTP, Análisis situacional del trabajo, Universidad Tecnológica de Puebla, Puebla, México, 2016.

[6] INEGI, Sistema nacional de clasificación de ocupaciones SINCO, INEGI, México, 2011.

[7] OIT, Competencias profesionales: enfoques y modelos a debate, Fondo Social Europeo, España, 2000.

[8] Flores-Regata, J. y Barajas-Arroyo, G., Evaluación de competencias profesionales mediante la experiencia adquirida por los estudiantes en sus estadías prácticas. Rev.Digit.Educ.Ing, 13(26), pp. 27-34, 2018. DOI: 10.26507/rei.v13n26.914.

[9] INEGI, Micro, Pequeña, Mediana y Gran Empresa. Estratificación de los Establecimientos, México: INEGI, 2009.

J. Flores-Regata, es Ing. Química en 1985 en la Universidad Autónoma Metropolitana de la Ciudad de México, México y MSc. en Ingeniería Industrial en el 2008, en el Instituto Tecnológico de Puebla, México. Actualmente es estudiante del doctorado en investigación e innovación educativa de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla BUAP, México. Ha trabajado desde el 2000 en la Universidad Tecnológica de Puebla dentro de la división de ingeniería industrial. Forma parte del Cuerpo académico ingeniería en logística y procesos en la misma Universidad en la que labora, donde hasta la fecha cuenta con el reconocimiento de perfil deseable del Programa para el Desarrollo Profesional Docente PRODEP. Sus líneas de Investigación son: evaluación por competencias y logística y procesos.
ORCID: 0000-0001-9882-1605.

G. Barajas-Arroyo, es Cirujano Dentista por la UNAM, México, en 1973. Esp. en Terapéutica Homeopática Aplicada a la Odontología por el IPN de la Ciudad de México en 1991. MSc. en Educación Superior en 2000 y Dra. en Educación en 2004 ambos por la Universidad Autónoma de Tlaxcala, México. Fue profesora investigadora durante 26 años en el Instituto Politécnico Nacional, México, donde también coordinó la especialidad de terapéutica homeopática aplicada a la odontología. Actualmente es profesora investigadora del doctorado en investigación e innovación educativa de la benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Integrante del padrón de investigadores de la Universidad, Investigadora nacional del sistema nacional de investigadores, nivel I. Miembro del consejo mexicano de investigación educativa. Miembro de los comités evaluadores de ANUIES, REDIE, perfiles educativos de la UNAM, Revista Electrónica de Investigación Educativa del Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo de la Universidad Autónoma de Baja California, revista Ciencia Odontológica Universidad de Zulia, Venezuela.
ORCID: 0000-0001-6356-8451

Asociación Colombiana de Facultades de ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Proyecto académico ingeniería topográfica y geomática

Jairo Díaz-Jurado, Gonzalo Jiménez -Cleves & Carlos Alberto Hurtado-Bedoya

Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. jairodiaz@uniquindio.edu.co, gjcleves@uniquindio.edu.co, cahurtado@uniquindio.edu.co

Resumen— El objetivo de este artículo es describir el proceso de transformación del Programa de Tecnología en Topografía de la Universidad del Quindío, creado en 1962, con un currículo diseñado por el ingeniero civil Eduardo Villate Bonilla de la Universidad Nacional y administrativamente denominado como Escuela de Topografía. Hoy, cincuenta y seis años después, trasciende los campos Técnico y Tecnológico para emerger en el campo de la ingeniería, como producto del desarrollo y evolución académica e investigativa del Programa y del grupo docente, que gradualmente se ha convertido en el núcleo profesional más cualificado orientado hacia la investigación y el desarrollo teórico.

Palabras clave— transformación; naturaleza; identidad profesional; la espiral de aprendizaje.

Recibido: 19 de enero de 2019. Revisado: 11 de abril de 2019. Aceptado: 19 de mayo de 2019.

Academic project surveying and geomátic engineering

Abstract— The objective of this article is to describe the process of transformation of the Technology Program in Topography of the University of Quindío, created in 1962, with a curriculum designed by the civil engineer Eduardo Villate Bonilla of the National University and administratively named as the School of Topography. Today, fifty-six years later, it transcends the Technical and Technological fields to emerge in the field of engineering, as a product of the development academic and research evolution of the Program and the teaching group, which has gradually become the most qualified professional nucleus, oriented towards research and theoretical development.

Keywords— transformation; nature; professional identity; the learning spiral

1. Introducción

El Programa, Ingeniería Topográfica y Geomática, es un proyecto académico institucional de la Universidad del Quindío, con un Objetivo, trascender la técnica y la tecnología como campos de formación del Topógrafo para emerger en el campo de la ingeniería, un Propósito, participar de manera interdisciplinaria con otras profesiones en la planificación del territorio en lo local, regional y nacional y, una Razón, dar respuesta a la más justa aspiración de quienes ejercemos la profesión de la topografía, alcanzar un nivel superior de formación y un reconocimiento social como profesión en el campo de la ingeniería.

Trascender la práctica de naturaleza técnica y tecnológica de la topografía, a una práctica profesional de mayor complejidad como la ingeniería, significa cambiar el enfoque de medir, calcular y representar gráficamente los rasgos topográficos de una superficie terrestre local, considerada plana, por un enfoque científico e ingenieril, en que la interpretación, análisis y comprensión de la información topográfica, es un modo de identificar las características geométricas de las complejas formas de la superficie terrestre local y, los cambios o transformaciones de los rasgos topográficos asociados a fenómenos naturales y antrópicos, que generan impacto en el territorio, tanto en la naturaleza como en lo urbano.

Fenómenos que pueden ser detectados mediante una prospección superficial tanto en el terreno a través de la observación directa o mediante la interpretación y análisis de información topográfica en tiempo y espacio. Una nueva área del conocimiento para el diagnóstico temprano de alteraciones e irregularidades de la superficie terrestre, causadas por fenómenos terrestres y la intervención del hombre. Según Wagensberg [1] “la forma de un objeto es una propiedad de la superficie frontera que separa su interior de su exterior. La forma es una profunda propiedad superficial de un objeto”. También es una propiedad que puede ayudar a su comprensión, su origen y sus cambios geométricos por causas naturales y antrópicas. Una propiedad que puede ser definida y medida. Un objeto que muestra cambios de forma en su superficie sin discontinuidades, significa que es una materia que ha sido sometida a esfuerzos de tensión o compresión, o a un esfuerzo cortante si hay una discontinuidad en el espacio. Este planteamiento sugiere que en la construcción del programa de Ingeniería Topográfica y Geomática se debe “determinar con precisión el objeto que le es peculiar de tal manera que, sin invadir las demás” [2] ingenierías, proponga alternativas de solución a problemas complejos, con un enfoque complementario y un trabajo interdisciplinario.

Hay formas topográficas que indican el grado de estabilidad o de inestabilidad de un terreno, que tiene relación con fenómenos como la erosión o meteorización. Así la geometría de la representación topográfica de las deformaciones y fallas en la superficie terrestre, pueden ser aprehendidas con el fin de ser reconocidas en el ejercicio de una prospección superficial,

Como citar este artículo: Díaz-Jurado, J., Jiménez-Cleves, G. and Hurtado-Bedoya, C.A., Proyecto académico ingeniería topográfica y geomática. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 95-105, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

en una imagen o en el terreno. Esta es una de las varias reflexiones que dieron origen a la necesidad e importancia del proyecto, se considera que una profesión como la ingeniería topográfica con proyección en la geomática, puede aportar a través de la interdisciplinariedad nuevos enfoques en la aplicación de la tecnología, y la interpretación de los rasgos topográficos de una anomalía terrestre, en el diseño de la adecuación o transformación de la topografía de una superficie terrestre, en un contexto local o regional, como resultado de la planificación territorial y proyectos de infraestructura, entre otros.

Según la filosofía de la ingeniería, el propósito de la Ingeniería Topográfica y Geomática, es pensar en la complejidad de los problemas asociados a las modificaciones y transformaciones de la topografía de un terreno, como consecuencia del desarrollo del territorio y explotación de los recursos naturales, entre otras actividades del ser humano, y a través del diseño, formular alternativas de solución considerando el impacto en la naturaleza y el riesgo para la sociedad y, de acuerdo con la filosofía de la tecnología, el correcto uso del conocimiento tecnológico y el artefacto.

El cambio de enfoque de la topografía, es el principio fundamental para emerger como una profesión de la ingeniería, y el resultado de reconocer, que esta profesión milenaria debe ser transformada desde su propio campo del ejercicio profesional, para superar las limitaciones y deficiencias de sus prácticas frente a las nuevas realidades del mundo actual. Una transformación que conduzca a la "cientifización de la profesión", Mockus [3].

Es importante resaltar, que la formación del profesional en Ingeniería Topográfica y Geomática, requiere de un cambio en el modelo de enseñanza – aprendizaje centrado en el profesor, una educación tradicional basada en un currículo recargado de asignaturas desarticuladas y una cantidad de contenidos rígidos memorizados; por un aprendizaje centrado en el estudiante, mediante un trabajo en equipo, basado en problemas y proyectos reales en contextos específicos. Un modelo de formación integral que tiene por objeto, la formación de la persona en principios éticos y morales, crítico y propositivo, del profesional de la ingeniería con responsabilidad social, con capacidad de observación, interpretación, análisis y síntesis, como un método en la observación de las situaciones problemáticas relacionadas con el objeto de estudio, que le permita abordar los problemas complejos en una sociedad en permanente cambio y, proponer alternativas de solución a través de la racionalidad y el diseño; del científico que aplica las teorías y principios de las ciencias de la tierra y básicas a la investigación en ingeniería y desarrollo de soluciones.

Un propósito ideal, formar el ingeniero topográfico y geomático del futuro, manteniendo las cualidades tradicionales y agregando atributos profesionales que le permitan el trabajo interdisciplinario a través de la imaginación, la creatividad y la innovación, para un ejercicio profesional en el respeto por la naturaleza, el medio ambiente y el ser humano.

2. Presentación

En la formulación del proyecto académico "Ingeniería Topográfica y Geomática", se ha tenido un largo y difícil camino de aprendizaje a través del tiempo y espacio. En el tiempo, (1978 – 2018) el proyecto se inició en un proceso lento y complejo, dada la poca información histórica sobre el desarrollo y evolución de la topografía como profesión y la ausencia de investigación en el campo de la topografía en nuestro país. Con respecto a la información de nivel internacional relacionada con el objetivo del proyecto, no era significativa, puesto que, desde esa época y hasta hoy, el tema de la educación o formación del topógrafo no ha sido de mucho interés para la comunidad en general, lo que en un principio, causó dificultad en la construcción del marco teórico y conceptual.

Al no tener éxito el proyecto curricular en 1978, se formula un proyecto alternativo: "Promover la Identidad profesional de la Topografía", como base para la construcción del proyecto de ingeniería topográfica. Como resultado de este trabajo, en 1988 se presenta en el Tercer Congreso Nacional de Topografía, en la ciudad de Armenia, la Ponencia: "Profesionalización de la Topografía", un proyecto académico diseñado con este objetivo y que no trascendió en el ámbito nacional. En 1992, se formula el proyecto "Especialización en Sistemas de Información Topográfica" que alcanzó tres cohortes, con un resultado importante para el proyecto de ingeniería, una visión de nuestra realidad, más elaborada y compleja que las anteriores.

En 1998, se presenta de nuevo el Proyecto Académico de la Ingeniería Topográfica, en esta ocasión el sismo de 1999, interrumpe el proceso de gestión del proyecto y a este hecho, se agrega la crisis institucional que se extiende hasta 2008. En el 2014, se retoma el proyecto y se hace una evaluación, tomando como referencia los avances científicos y tecnológicos relacionados con la información y la comunicación, las nuevas teorías sobre el aprendizaje, el concepto de interdisciplinariedad, la teoría de la complejidad, la crisis de la ingeniería, la filosofía de la ingeniería y la filosofía de la tecnología. En síntesis, esta línea de acción, permitió además, comprender la necesidad de realizar el estudio e investigación cualitativa en campos como las teorías curriculares y pedagógicas y, establecer un marco referencial para el diseño del proyecto de Ingeniería. Este avance en el tiempo, se logró gracias al desarrollo y evolución de los profesores de topografía en el espacio académico, científico, social y cultural de la Universidad del Quindío.

En el espacio universitario; la experiencia académica, administrativa, directiva, de extensión e investigación empírica, alcanzada por los profesores de topografía, ha sido muy importante como referencia de carácter argumentativo en el proyecto. Experiencia y logros que se han alcanzado gracias a un trabajo en equipo, con la cooperación y colaboración de profesores de matemáticas y física, de ingeniería civil, e ingeniería electrónica, de filosofía, pedagogía y psicología, de la Universidad; a través de asesorías, seminarios, talleres, intercambio de información y fundamentalmente en la participación en proyectos de investigación.

En el 2016, se contaba con un conjunto de conocimientos acumulados con referencia al proyecto y adquiridos de diversas fuentes bibliográficas e información de entrevistas con expertos, como la que se obtuvo en 2002 con el entonces presidente de la Sociedad Colombiana de Ingeniería. Esto significaba, que se tenían unos insumos para la construcción de

un marco de referencia, el cual fue establecido en el primer semestre del 2017 como el Marco Histórico – Teórico – Conceptual, como guía para el proceso a seguir en el desarrollo del proyecto, el que se inició en el segundo semestre. En Junio del presente año se presentó al Consejo de Facultad de Ingeniería y en Agosto al Consejo Académico, sustentado con base en el marco de referencia establecido, el cual es objeto de este artículo.

3. Marco histórico del programa de topografía

La Universidad del Quindío [4] se creó en 1960, iniciando labores académicas en 1962 con la Escuela de Topografía y un currículo diseñado en 1962 por el ingeniero Eduardo Villate Bonilla de la Universidad Nacional. El argumento para la creación de la Escuela de Topografía, según la tradición oral, fue la Reforma Agraria (1961) que fue implementada por El INCORA a nivel nacional y que requería de topógrafos agrimensores para realizar las medidas necesarias en el proceso de legalización de tierras, en el contexto local y nacional.

Sin embargo, en el caso de la región sur del Departamento de Caldas (hoy Departamento del Quindío) los problemas y necesidades locales hicieron que, el Ingeniero Civil Eduardo Villate, diseñara el primer plan de estudios con un enfoque amplio y prospectivo, que cubría campos como: "las matemáticas y la física, suelos agrícolas y economía agraria, vías, fotogrametría, geodesia, cartografía, catastro, geofísica y astronomía y como requisito para obtener el título de Topógrafo Geodesta, diez (10) semanas de práctica controlada en el campo y elaboración de un proyecto. En ese entonces, el perfil del Topógrafo Geodesta era la de un técnico con un amplio criterio de operación y auxiliar de campo para ingenieros civiles, agrónomos, Geólogos y Geodestas" [4]

En el período 1963 -1964, se crean las Facultades de Ciencias de la Educación; Agronomía y, Topografía y Agrimensura, de la cual fue Decano el ingeniero civil Leopoldo Frattarí P. Posteriormente, (1.965) el ingeniero Frattarí rediseña, con base en los problemas y necesidades del nuevo Departamento del Quindío, el plan de estudios y se enfoca más hacia prácticas en áreas de la ingeniería civil como: mecánica de suelos, pavimentos, obras menores, vías, hidráulica y movimiento de tierra, las que se incorporan a las anteriores, con el propósito de cubrir la necesidad de topógrafos expertos en la toma de información de campo, localización y control en la construcción de obras de infraestructura para el crecimiento y desarrollo del nuevo Departamento.,

Este enfoque marcó el rumbo que tomó la formación del Topógrafo Geodesta de la Universidad del Quindío en el período 1966-1978 hacia la ingeniería, considerando que el cuerpo profesoral estaba constituido por seis ingenieros civiles, un arquitecto, un ingeniero mecánico, un maestro en pintura y siete topógrafos (graduados del Programa). En este mismo período, la Universidad se reorganiza administrativamente, diseñando un organigrama donde aparecen la División de Humanidades y la División de Ciencias y, se departamentalizan los programas académicos; en nuestro caso, el Departamento de Topografía adscrito a la División de Ciencias. Alrededor de 1976 se hace el cambio de División por Facultad de Ciencias y la Facultad de Ciencias Humanas, A finales de este período el Ministerio de Educación Nacional, evalúa el plan de estudios y considera que el Topógrafo graduado de la Universidad del Quindío tiene el perfil de un ingeniero en desarrollo y, recomienda el rediseño del currículo, con una orientación hacia campos relacionados con las ciencias de la tierra y su aplicación en la ingeniería y otorgar el título de Topógrafo.

En 1978 se crea la Facultad de Ingeniería con los programas de Topografía e Ingeniería Civil; años después se crean los programas de Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Sistemas modalidad diurna y nocturna, incluyendo tiempo después el programa de tecnología en Obras Civiles en el modelo de educación a distancia.

A mediados de la década del noventa (1990 -2000), la Universidad cambia la denominación de Departamentos, por la denominación de Programas, por lo tanto, después de este período se conoce como Programa de Topografía y a partir del 2000, se denomina Programa de Tecnología en Topografía para dar cumplimiento a la Ley 30 de 1992. Denominación que hasta la fecha (2018) conservaba, cuando por requisito del Ministerio de Educción Nacional debe cambiar la modalidad del título.

4 Marco teórico

4.1. La naturaleza y la identidad de la ingeniería como profesión

La ingeniería como profesión, tiene una naturaleza, así como una identidad, son estos, conceptos importantes en la formulación del proyecto, por lo tanto, el surgimiento a nivel internacional de la Filosofía de la Ingeniería, ha permitido dar respuesta a esta primera pregunta ¿Cuál es la naturaleza de la ingeniería? Al respecto, Jaramillo [2] se refiere a la racionalidad, es decir, el pensar en los problemas complejos de la realidad y el diseño de alternativas de solución.

A la segunda pregunta ¿Cuál es la identidad de la ingeniería como profesión? Según Evetts [4] la identidad profesional se asocia con el hecho de tener experiencias, formas de entender y conocimientos técnicos comunes, así como maneras coincidentes de percibir los problemas y sus posibles soluciones.

De esta referencia, se deduce que la identidad de una profesión, como la ingeniería, está estrechamente asociada con el objeto de estudio a través del conocimiento y comprensión de su realidad, en un contexto específico y un tiempo dado. Es decir, que el cuerpo de conocimientos, experiencias y prácticas profesionales se identifican con el objeto de estudio, los fenómenos asociados y la complejidad de los problemas relacionados con los cambios de concepto del objeto.

Para Evett [5] las nuevas profesiones se desarrollan cuando existen jurisdicciones vacantes. Esto puede suceder porque se constituyen nuevas áreas de conocimiento y nuevas aplicaciones, o porque un anterior ocupante profesional haya dejado de controlar el trabajo en cuestión. Aparece un espacio vacío cuando el conocimiento experto en un área se expande de modo que desarrolla una nueva especialidad. […] Además, se refiere a la identidad como la exclusividad de control de ese conocimiento, que es lo que da a las profesiones su poder y su autoridad. En este sentido, la tradicional profesión de topógrafo por su misma formación, no responde a la necesidad de una

información amplia y profunda en su significado, sobre las complejas formas geométricas (rasgos topográficos) de la superficie terrestre considerada plana en el contexto local, que permita una mejor planificación del territorio; una optimización en el diseño de movimiento de tierras con el menor impacto en la naturaleza; la prospección superficial de fenómenos naturales en estudios de riesgo; entre otras áreas del conocimiento de la ingeniería civil en particular, como el monitoreo del comportamiento de estructuras de ingeniería.

De esta manera interpretando, a Abott, una nueva profesión se desarrolla, cuando ha constituido nuevas áreas del conocimiento actual estado del arte, en este caso se han incluido áreas como: topometría, metrología, teledetección, sistemas de información de la superficie terrestre en un contexto local y global, cartografía, interventoría y consultoría, así como la planificación territorial considerada como un gran campo de acción interdisciplinaria y nuevas aplicaciones como el control topográfico de obras de ingeniería y el monitoreo espacial sobre el comportamiento dinámico de las mismas; la geotecnia cualitativa que propende el desarrollo de un área de interés particular para este proyecto, denominada prospección superficial de fenómenos naturales, que modifican o transforman los rasgos topográficos generando un riesgo natural; o porque en otra profesión a fin (ingeniería civil), no se desarrolla ningún área en este campo, o cuando deja un vacío (el área de topografía) al desarrollar un nuevo conocimiento y aplicación

4.2. La naturaleza de la tecnología

Con respecto a la Filosofía de la Tecnología, Carl Mitcham, considera que "los filósofos de la tecnología debían tomar mucho más en serio la tecnología; […] tenían que empezar a dialogar con los ingenieros acerca de su análisis filosófico de la tecnología, y con el fin de hacerlo tendrían que aprender el lenguaje de la ingeniería" y Joseph Pitt, según Jaramillo [2], "considera que la filosofía de la tecnología ha tenido un carácter primordial de criticismo social, es decir, de denuncia crítica de los efectos negativos de la tecnología sobre los valores y la vida humana; y argumenta que desde el punto de vista del conocimiento hay una prioridad lógica de los aspectos epistemológicos que conciernen a la tecnología sobre los aspectos meramente sociales, ya que solo entendiendo previamente qué es lo que sabemos acerca de la tecnología, cómo sabemos que aquello que sabemos es confiable, podemos efectivamente ofrecer una evaluación sólida y consistente de los efectos de la tecnología y de las innovaciones tecnológicas en nuestro mundo y en nuestras vidas" En otras palabras, consiste en cambiar el enfoque de estudiar el impacto generado por la tecnología en la naturaleza y el medio ambiente, por el estudio de su naturaleza misma: el conocimiento tecnológico, el artefacto y el uso, lo que se entiende como "el giro empírico".

4.3. Relación entre la ingeniería y la tecnología

En ingeniería, la necesidad de información que se requiere del objeto de estudio, para conocer su realidad, es el objetivo de la tecnología, es decir, suplirla; en este sentido sus enfoques (el científico y el tecnológico) convergen en la necesidad de información. La ingeniería necesita pensar sobre la información que requiere, la tecnología necesita pensar cómo tomarla y con qué artefacto. La integración e interrelación de lo científico y tecnológico, con el propósito de estudiar una situación problema o fenómeno, es un forma de abordar la complejidad del problema. Este enfoque interdisciplinario, condujo a una visión más elaborada y compleja de la ingeniería topografía, que trasciende la tecnología para emerger como profesión en el campo de la ingeniería.

En este orden de ideas, trascender la práctica de naturaleza técnica y tecnológica de la topografía para emerger la práctica profesional de mayor complejidad como la ingeniería, significa cambiar el enfoque, de medir, calcular y representar a través de un lenguaje gráfico la información topográfica de la superficie terrestre local, por el enfoque del análisis, interpretación y comprensión de la información topográfica para convertirla en conocimiento mediante el lenguaje científico e ingenieril. a este cambio de enfoque se propone llamarlo "el giro topográfico"

> *"Un aspecto notorio, que no podemos pasar por alto, especialmente cuando consideramos especialidades como las correspondientes a las distintas ingenierías, es la cientifización de las profesiones. Esta se expresa gnoseológicamente en el hecho de que el saber profesional es cada vez menos un saber-hacer decantado a partir de la práctica profesional y sus tradiciones y es cada vez más resultado de investigaciones especializadas relativamente autónomas con respecto a la práctica profesional ordinaria. Sociológicamente esa cientifización de las profesiones se expresan en el hecho de que prácticamente cada comunidad profesional empieza a reestructurarse entorno a su núcleo más cualificado que se convierte progresivamente en una comunidad cuasidisciplinaria orientada hacia la investigación. Esta última adquiere muchos de los rasgos que Kuhn atribuye a las comunidades científicas y, en particular, se constituyen en el público cualificado que juzga las contribuciones al correspondiente campo de conocimiento de los miembros de una comunidad y de los aspirantes a ingresar a ella." [3]*

Un núcleo cualificado que ya existe en el Programa actual y la Facultad de Ingeniería, el cual ha avanzado tanto en su formación académica (maestría y doctorado) como en la experiencia docente, directiva y administrativa, así como en la investigación dentro del campo específico de la topografía y la identificación de necesidades en el conocimiento de la relación entre la superficie topográfica y los fenómenos naturales y antrópicos, que requiere de habilidades y destrezas para la observación, interpretación, análisis y síntesis de la información topográfica en contexto, con el fin de reconocer las diversas formas topográficas de origen natural, así como las de origen artificial, tanto en lo local como en lo global.

4.4. La crisis de la ingeniería, un fenómeno global

La formación profesional en el campo de la ingeniería, es uno de los temas que hace parte de la discusión con relación a la "Crisis de la ingeniería" [7] a nivel mundial, y en este sentido análisis de los artículos tomados como referencia [7], permitió,

desde nuestra perspectiva, hacer una síntesis del estado de la educación en la ingeniería en el contexto internacional y nacional, como marco de referencia para el proyecto académico de la Ingeniería topográfica y Geomática.

Como elementos de la crisis en relación con la formación y la práctica profesional, se menciona la ausencia de una visión sistémica de la educación y de la ingeniería como profesión; el desconocimiento de las implicaciones sociales de las prácticas profesionales, la dificultad para el trabajo interdisciplinario y la ausencia del sentido ético y estético en los productos de la ingeniería y como manifestaciones, la pérdida de identidad y ausencia de liderazgo de la profesión.

Con respecto a los modelos de formación y métodos de aprendizaje, aún se mantienen a pesar de los avances de la neurociencia, el desarrollo de la tecnología de la información y la comunicación. El aprendizaje aún se orienta hacia la solución de problemas planteados en los textos, en comparación con los problemas de la realidad, problemas cuya complejidad está relacionada con el objeto de estudio, los fenómenos asociados y, la comprensión de los contextos sociales, ambientales, políticos y económicos. En este sentido, es urgente que, en las instituciones de educación superior, respondan a la urgencia de modernizar la academia con el fin de atender las necesidades de la sociedad, el mercado y superar el distanciamiento entre el ejercicio académico y el ejercicio profesional y conocer los últimos avances en las teorías del aprendizaje, que ayudan a entender mejor cómo aprendemos, por qué somos capaces de integrar nuevos conocimientos y ponerlos en práctica

En el caso del ejercicio profesional, es necesario replantear la formación del ingeniero de una manera integral, como ser humano, profesional y científico con un compromiso social. En este enfoque, debe considerarse la formación en los principios éticos-morales; en un pensamiento crítico; en la capacidad de identificar y resolver problemas complejos y en el compromiso de trabajar por la paz y el bienestar social de las comunidades y el país.

Un agente de cambio social, desde sus roles como ser humano y profesional con un enfoque científico, en la construcción de un nuevo país. El primero, al reconocer su rol en la defensa y protección de la naturaleza, así como del medio ambiente, y el segundo, con su responsabilidad social y económica en los diseños para la solución de los problemas y necesidades de la comunidad. Estos pilares hacen parte de la estructura del modelo de formación integral del profesional, en la cual la honestidad, el respecto y la solidaridad como ser humano e ingeniero, son los pilares de las buenas prácticas ingenieriles y el ejemplo para las futuras generaciones de profesionales.

4.5. Teorías de aprendizaje [7]

Reconociendo la importancia que tiene el conocimiento en la sociedad y en la formación de profesionales, es necesario profundizar en los procesos de creación del conocimiento, conocidos como aprendizaje, objeto de estudio de psicólogos, pedagogos, científicos y maestros, quienes han desarrollado teorías con el fin de explicar cómo aprende el ser humano. Entre ellas existen diferencias y críticas, válidas en muchos casos, sin embargo, presentan enfoques que aplicados de manera integral en el aprendizaje, pueden surgir combinaciones de estrategias que facilitan el aprendizaje en un grupo de estudiantes con diversos estilos en la forma de aprender. Desde este punto de vista, se estudiaron las teorías de autores altamente reconocidos en el país y el mundo; así, como los diferentes modelos de formación basados en algunas de estas teorías y formulados en Latinoamérica; Estados Unidos y Europa.

4.5.1. Psicología cognitiva

En esta teoría, tanto Jerome Bruner como Frederick Bartlett, consideran que el aprendizaje se entiende como la adquisición de conocimientos, que el estudiante hace por descubrimiento, considerando que es un procesador de información que utiliza procesos cognitivos y procesos de almacenamiento en la memoria, para ello, emplea estrategias como la observación, comparación, análisis de semejanzas y diferencias, entre otras.

4.5.2. Constructivismo y aprendizaje significativo

Según esta teoría las personas construyen activamente su conocimiento en interacción con el contexto particular y a través de la reorganización de sus estructuras mentales. En este caso, el estudiante es considerado como el responsable de interpretar el conocimiento y darle sentido y no simplemente como alguien que almacenan la información dada. Aunque existen varias versiones del constructivismo, el común denominador es el enfoque centrado en el estudiante, mientras que el profesor actúa como tutor. Esta teoría de David Ausubel ha sido respaldada por teóricos como Jean Piaget y Jerome Bruner.

4.5.3. Aprendizaje social

La base de esta teoría formulada por Albert Bandura, radica en que las personas aprenden en un contexto social mediante la interacción con los demás, y que el aprendizaje se realiza por procesos de observación, el modelado y la imitación, procesos estos, que implican la atención, retención, reproducción y motivación.

4.5.4. Constructivismo social

La crítica en contra del enfoque constructivista y la psicología cognitiva por parte de Vygotsky, Rogoff y Lave, a finales del siglo 20, se centró en cuestionar el aprendizaje como procesos que ocurren dentro de la mente de forma aislada del entorno y de la interacción con ella; haciendo hincapié en el importante papel del contexto y de la interacción social. El constructivismo social como un nuevo punto de vista, sugiere que la cognición y el aprendizaje se entienden como interacciones entre el individuo y una situación; donde el conocimiento es considerado como situado, y es producto de la actividad, el contexto y la cultura en la que se forma y utiliza.

4.5.5. Aprendizaje experiencial

Las teorías de aprendizaje experimental se basan en las teorías sociales y constructivistas del aprendizaje. Su enfoque

es considerar la experiencia como el centro del proceso de aprendizaje y su objetivo, es entender como las experiencias originan el aprendizaje. Así, el aprendizaje se trata de experiencias significativas – de la vida cotidiana- que promueven el cambio en los conocimientos y comportamientos de la persona. Carl Rogers un autor importante en estas teorías, sugiere que el aprendizaje experimental es aquel "aprendizaje por iniciativa propia", y por la cual las personas tienen una inclinación natural de aprender;

4.5.6. Inteligencias múltiples

Howard Gardne, considerando que la inteligencia del ser humano es multidimensional, elaboró en 1983 la teoría de las inteligencias múltiples la cual sostiene que la comprensión de la inteligencia no está dominada por una sola capacidad general, afirmando que el nivel de inteligencia de cada persona se compone de numerosas y distintas "inteligencias", las que incluyen: lógico-matemática; lingüística; espacial; musical; cinético-corporal; interpersonal; e intrapersonal. Más tarde se sumaría la denominada inteligencia emocional de D. Goleman

4.6. Métodos o modelos de aprendizaje

4.6.1. Aprendiendo a aprender

Es encontrar la forma de comprender, interpretar, analizar y aprender del entorno, personas, experiencias, lecturas y observaciones de la realidad, por los medios que cada estudiante considere que se adaptan a su estilo de aprendizaje, como el hacer esquemas, gráficas, dibujos o su propio método de estudio. En este sentido, "Los mapas conceptuales dirigen la atención, tanto del estudiante como del profesor, sobre el reducido número de ideas importantes en las que deben concentrarse en cualquier tarea específica de aprendizaje. Un mapa conceptual también puede hacer las veces de "mapa de carreteras" donde se muestran algunos de los caminos que se pueden seguir para conectar los significados de los conceptos de forma que resulten proposiciones. Una vez que se ha completado una tarea de aprendizaje, los mapas conceptuales proporcionan un resumen esquemático de todo lo que se ha aprendido". [9]

4.6.2. Aprendizaje basado en el problema [10]

El PBL es un enfoque de aprendizaje activo, centrado en el estudiante, donde un grupo (o varios) de estudiantes aprende resolviendo problemas reales y auténticos. Como práctica, tuvo su origen en los años 70 para desarrollar las habilidades necesarias para la práctica profesional junto con el conocimiento.

"En síntesis, el PBL es una filosofía de aprendizaje relativamente nueva y una estrategia capaz de educar a los futuros ingenieros con las habilidades y competencias necesarias para abordar los desafíos sociales y profesionales. El PBL puede contribuir a una revolución en la educación de la ingeniería, por ejemplo: 1. Poner al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje e involucrarlo en la construcción del plan de estudios. 2. Integrar el conocimiento innovador y contemporáneo en cómo aprenden los estudiantes, proporcionando una comprensión holística del currículo y sus sinergias que conducen a una diversidad de modelos. 3. Crear el entorno de aprendizaje y espacios para el desarrollo de las competencias necesarias para abordar los retos del siglo.

En este modelo de aprendizaje, el profesor asume el rol de tutor del grupo de estudiantes, proponiendo un caso o situaciones reales de la práctica profesional. El grupo identifica sus necesidades y objetivos de aprendizaje, promoviendo el auto evaluación, el razonamiento crítico y el desarrollo de las habilidades para la solución del problema. El aprendizaje es autónomo, cooperativo y colaborativo hacia la adquisición de conocimientos y habilidades, y el cambio actitudinal. De este modo, a la vez que se adquieren los conocimientos propios de cada disciplina de forma integrada, se crea un terreno propicio para desarrollar habilidades sociales y colaborativas.

4.6.3. Formación basada en el proyecto. [10]

El trabajo de proyecto enseña competencias tales como la gestión de proyectos y la cooperación. La asignación del proyecto es el gran desafío. Las actividades del proyecto, entre más reflejen la realidad, mayor será la motivación de los estudiantes. Así que el trabajo del proyecto puede ser visto como una manera de organizar varios procesos de aprendizaje integrados y/o simultáneos.

En el caso de la ingeniería, la formación basada en el proyecto, propende por el trabajo colaborativo y la autorregulación de los estudiantes en la organización y finalización del proyecto. Es el aprendizaje basado en el interés o iniciativa del estudiante de construir una propuesta de grado o realizar un trabajo en equipo para el cumplimiento de los objetivos de aprendizaje de una asignatura. El proyecto debe estar orientado hacia la solución de un problema, en el que, su complejidad requiere de la interdisciplinariedad en la aplicación de un conjunto de conocimientos interrelacionados, de donde surgen las alternativas de solución.

4.6.4. Estudio de casos

En el proceso educativo, la representación de una situación problemática en una realidad como soporte para el aprendizaje, ha sido utilizada por universidades en el campo del derecho y la medicina. El planteamiento de un caso es siempre una oportunidad de aprendizaje significativo y trascendente en la medida en que el estudiante participa en su análisis, involucrándose y comprometiéndose tanto en la discusión del caso como en el proceso de reflexión.

> *"La técnica de estudio de casos, consiste precisamente en proporcionar una serie de casos que representen situaciones problemáticas diversas de la vida real para que se estudien y analicen. De esta manera, se pretende entrenar a los alumnos en la generación de soluciones."*
> *"El caso no proporciona soluciones sino datos concretos para reflexionar, analizar y discutir en grupo las posibles salidas que se pueden encontrar a cierto problema. No ofrece las soluciones al estudiante, sino que le entrena para generarlas. […]. Al llevar al alumno a la generación de alternativas de solución, le permite desarrollar la habilidad creativa, la capacidad*

de innovación y representa un recurso para conectar la teoría a la práctica real. Ese es su gran valor." [11]

5. Marco conceptual

5.1. Currículo

Rafael Rodriguez Rodríguez, al plantear la pregunta:

"¿Cómo presentar un plan de estudios por estructuras? Expone el ejemplo, de la espiral (Fig.1), en la que aparecen tres elementos geométricos: un elemento horizontal, un elemento vertical y un elemento espiral propiamente dicho. Un estudiante que ingresa a primer semestre de una carrera o de primer año de primaria va avanzando en la parte vertical, o sea, a medida que avanza debe ir profundizando en sus conceptos, procesos y desarrollos. Igualmente (parte horizontal) va ampliando sus conceptos, procesos y desarrollos y se observa que debe existir una secuencia y continuidad (la espiral) en los conceptos, procesos y desarrollos." [12]

Según Mario Díaz Villa "–es posible afirmar que, por lo general, en la universidad latinoamericana se hace currículo sin una teoría curricular, pues, más que teoría, lo que existe es una retórica curricular que cabalga sobre las dimensiones paramétricas establecidas como enfoques o modelos por agencias y agentes nacionales e internacionales.

En muchas instituciones de educación superior, el currículo se asume como un asunto estratégico, no conceptual, para la toma de decisiones en materia de formación profesional, aprendizaje y creación de programas con sus respectivos planes de estudio. […], el currículo se ha convertido en el medio fundamental para legitimar, regular, ordenar y reordenar las tareas educativas, en coherencia con las demandas de las políticas estatales apropiadas de políticas internacionales. […], para efectos de la formación profesional en cualquier campo, el currículo se configura como el dispositivo fundamental de recontextualización, que actúa selectivamente sobre los campos epistémicos o sobre los campos de prácticas.

Ahora bien, cualquiera que sea el campo de conocimiento que se recontextualiza en el currículo para efectos de formación o constitución de una identidad profesional, no puede abstraerse de los contextos en los cuales se produce y reproduce, ni de los poderes que residen en las posiciones de quienes dominan los campos que, directa o indirectamente, afectan la educación." [13]

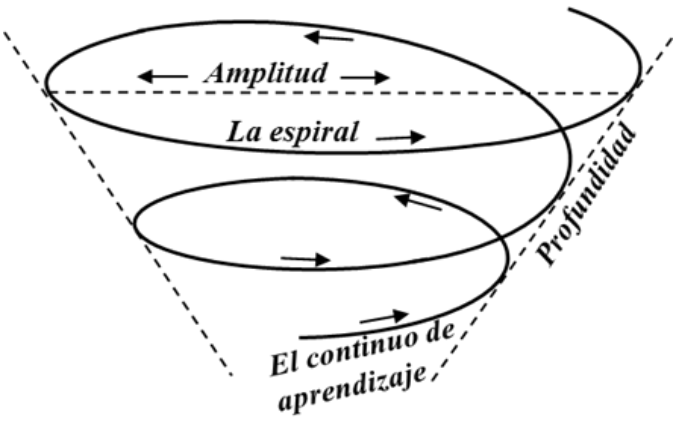


Figura 1. Espiral
Fuente: [1]. Rodríguez [1]

Nelson E. López Jiménez, En los elementos constitutivos de la propuesta curricular alternativa, insiste en la necesidad de un fortalecimiento conceptual y teórico del proceso curricular, que permita, la definición del propósito ideal de formación mediante un trabajo reflexivo, crítico y objetivo, considerando, que este propósito debe ser prospectivo y apuntar hacia las nuevas tendencias en el campo del conocimiento y la investigación de su objeto de estudio, integrado a la percepción holística de la realidad estudiada. […]. Esta propuesta curricular alternativa, debilita la estructura por asignaturas, e impulsa la construcción de NÚCLEOS TEMÁTICOS Y PROBLEMÁTICOS entendidos como el "conjunto de conocimientos afines que posibiliten definir líneas de investigación en torno al objeto de formación, estrategias metodológicas que garanticen la relación teoría –práctica y actividades de participación comunitaria" No se trata, dice López, de coger asignaturas y juntarlas, se plantea la integración de diferentes disciplinas académicas y no académicas (…), que alrededor de los problemas detectados, garanticen y aporten su saber en el estudio, interpretación, explicación y solución de los mismos. Antes que "contenidos", el NÚCLEO TEMÁTICO Y PROBLEMÁTICO, exige una mirada crítica de la realidad, desde su óptica particular, en función de un concepto claro y diáfano de totalidad e integración. Este concepto de núcleo temático y problemático, introducido en la propuesta, trata de posibilitar la integración tanto vertical como horizontal de las diferentes disciplinas académicas. [14]

5.2. Estructura curricular

Jerome Bruner. Con el objetivo de superar la estructura lineal del currículo, propuso en 1965 el currículo en espiral (Fig. 2), con el propósito de mejorar el aprendizaje; sustentado en el trabajo cooperativo entre estudiantes y el profesor, quien debe inducir a los estudiantes a participar en diferentes temas, en el inicio del aprendizaje, con un lenguaje que facilite la comprensión de los conceptos, y retornar a los mismos temas en diferentes niveles de aprendizaje, con un mayor grado de complejidad y profundidad.

Con este objetivo Bruner plantea tres alcances en el proceso educativo.

a. Aprendizaje por descubrimiento. El instructor debe motivar a los estudiantes para que sean ellos mismos los que descubran relaciones entre conceptos y construyan conocimientos. La influencia de Piaget al respecto es evidente.
b. La información o contenidos de aprendizaje se deben presentar de una forma adecuada a la estructura cognitiva (el modo de representación) del aprendiz.
c. El currículo, en consecuencia, debe organizarse de forma espiral, es decir, se deben trabajar los mismos contenidos, ideas o conceptos, cada vez con mayor profundidad". [15] "Sobre Las ideas de Bruner"

Para Bruner, los resultados más importantes del aprendizaje incluyen no solo la capacidad de comprender los conceptos, las

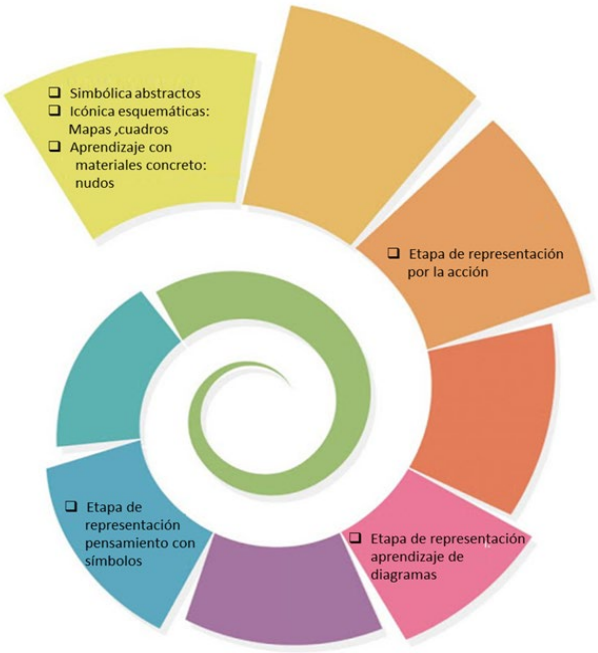


Figura 2. Currículo en espiral
Fuente: A. J. Bruner

categorías y los procedimientos en la solución de problemas, así como la capacidad de crear, e idear por sí mismo. Esto significa que, cada vez, que el estudiante siguiendo la línea de la "espiral" regresa a los temas, ampliará y profundizará su conocimiento acerca del significado de éste y, por consiguiente estará motivado y será capaz de explorar de nuevo los temas, en un nivel de mayor complejidad y profundidad ampliando la comprensión de su significado.

Los aportes teóricos que Arthur D. Efland ofrece desde sus investigaciones en torno al Arte y la Cognición, nos han llevado a determinar tres condiciones fundamentales para caracterizar el campo de la Educación Artística y por consiguiente una de sus partes, sus implicaciones cognitivas

En primer lugar encontramos que para la definición y delimitación de […] "la Educación Artística como campo de saber, se hace necesario determinar una Teoría de Conocimiento que pueda reconocer, los diferentes procesos cognitivos que se desarrollan en el aprendizaje de las disciplinas del arte, inquieto por esta condición A. Efland propone pensar una Teoría Integrada de Conocimiento que teje un universo teórico armado desde la Teoría de Proceso de Símbolos desarrollada por Piaget y la Teoría de Procesos Socioculturales desarrollada por Vygotsky."

Una segunda condición para determinar las implicaciones cognitivas del arte en la Educación Artística, parte de reconocer que la estructura de la que están compuestos los campos de saber no es la misma para todos, cada campo disciplinar posee una estructura que permite enmarcarla dentro de dos rangos, o bien estructurada o mal estructurada".

Finalmente, una tercera condición la ofrece la descripción que hace Arthur D. Efland, del potencial cognitivo de la imaginación en la educación. La imaginación es para este autor, "la acción o el poder de formar imágenes mentales de lo que no está realmente presente para nuestros sentidos o lo que se ha experimentado. También es la acción o poder de crear nuevas ideas o imágenes a través de la combinación y reorganización de experiencias. [16]

La función de la transferencia en el currículo reticular: Un currículo que tenga el potencial de exponer a los sujetos a un número mayor de ideas solapadas e interconectadas tendrá una probabilidad mayor de facilitar la transferencia. La transferencia se produce cuando se aprecia que dos ideas o conceptos diferentes tienen elementos en común. (Fig. 3)

El retículo nos permite también imaginar la solución a una serie de problemas planteados por el hecho de que la educación artística basada en disciplinas extraiga las ideas de cuatro disciplinas independientes.

Robert Marzano, Modelo de Dimensiones del Aprendizaje: El modelo, propuesto por Marzano [17], en el que se puede basar el desarrollo de un curso, permite mantener la atención en el aprendizaje, estudiar ese proceso, y planear la instrucción y tareas. No es un modelo único, pero es una herramienta activa con la cual se puede asegurar que "aprender" es el centro de lo que se quiere realizar con los alumnos. Se basa en cinco dimensiones de aprendizaje (Fig. 4).

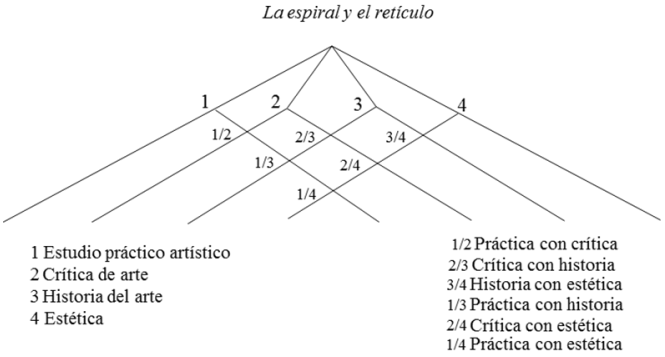


Figura 3. El currículo en red: Una alternativa para organizar los contenidos de aprendizaje.
Fuente: Arthur D. Efland

Figura 4. Cinco dimensiones de aprendizaje.
Fuente: [1]. Marzano [17]

La propuesta de Marzano [17], para evaluar el desarrollo de los alumnos en línea, se basa en la evaluación del aprendizaje a lo largo de la vida, para ello se establece un estándar y se relaciona con las dimensiones del aprendizaje; los estándares son para:

1. Pensamiento complejo,
2. Proceso de información,
3. Comunicación efectiva,
4. Cooperación/colaboración, y
5. Hábitos de pensamiento efectivo.

6. Ruta de aprendizaje en el diseño curricular y pedagógico

En base al conocimiento adquirido en la construcción del marco de referencia, se estableció una ruta de aprendizaje significativo como estrategia en la construcción del proyecto académico, particularmente en el diseño curricular, donde la investigación cualitativa, la innovación y el desarrollo teórico, condujo a la formulación y construcción del modelo curricular que se propone, en concordancia con la Política Académica Curricular de la Universidad [18] así, como la elaboración del manuscrito del proyecto educativo Ingeniería Topográfica y Geomática (Fig. 5).

Esta labor académica –curricular se realizó de manera interdisciplinaria con el Grupo de profesores del Programa de Tecnología en Topografía, coordinado por tres profesores (Jairo Díaz J., Carlos Alberto Hurtado B. y José Joaquín Vila O.) encargados de dirigir el Proyecto Académico, siguiendo las orientaciones de la Guía para la elaboración del Documento maestro de registro calificado del Ministerio de Educación Nacional.

A manera de información se ha incluido en el artículo, partes de los resultados del diseño curricular en el sentido de lo general a lo particular. En el primer caso, la estructura curricular del Programa (Fig. 6) se diseñó, retomando las propuestas de Rodríguez y Brunner y, la "propuesta curricular orientada a la formación integral en el marco de una profesión, según un perfil y los propósitos establecidos, demanda la articulación e integración de los diferentes saberes y conocimientos en el continuo de formación, como condición para la identidad profesional y humanista de los estudiantes" [18].

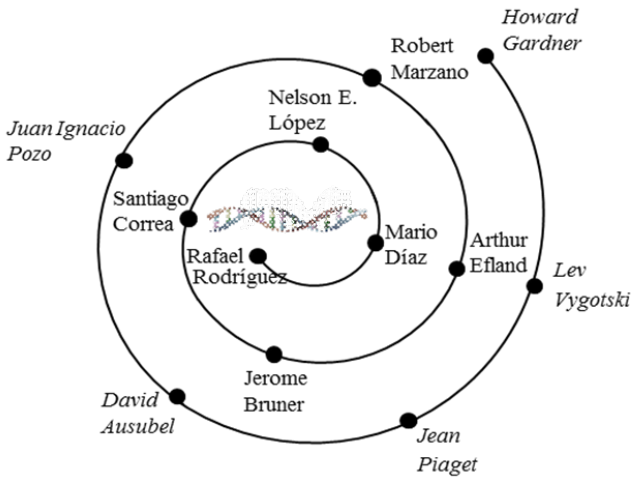


Figura 5. La ruta de aprendizaje en el diseño curricular y pedagógico
Fuente: Jairo Díaz Jurado

"El continuum de formación es la línea de aprendizaje sistemática por disciplinas y campos de conocimiento que se integran y articulan en una secuencia, en forma de espiral, que se extiende a través de las áreas curriculares sin interrupción y de manera permanente". [18]

La articulación y la integración, entendidas en el marco del currículo como un todo, se refieren a que los diferentes componentes del plan de estudios se orientan, cada uno y en conjunto, a la construcción del perfil del egresado. Si la integración es un propósito estratégico y la articulación es la expresión operacional de dicha integración, se hace necesario especificar las posibilidades de acción, tanto en la teoría como en la práctica.

En la integración vertical o longitudinal se busca una relación de interdependencia entre actividades académicas de diferentes niveles o semestres. […].

En la integración horizontal la relación de interdependencia se da con respecto a las actividades académicas en el mismo nivel o semestre. Este tipo de integración es más compleja porque demanda la coordinación de los equipos de trabajo

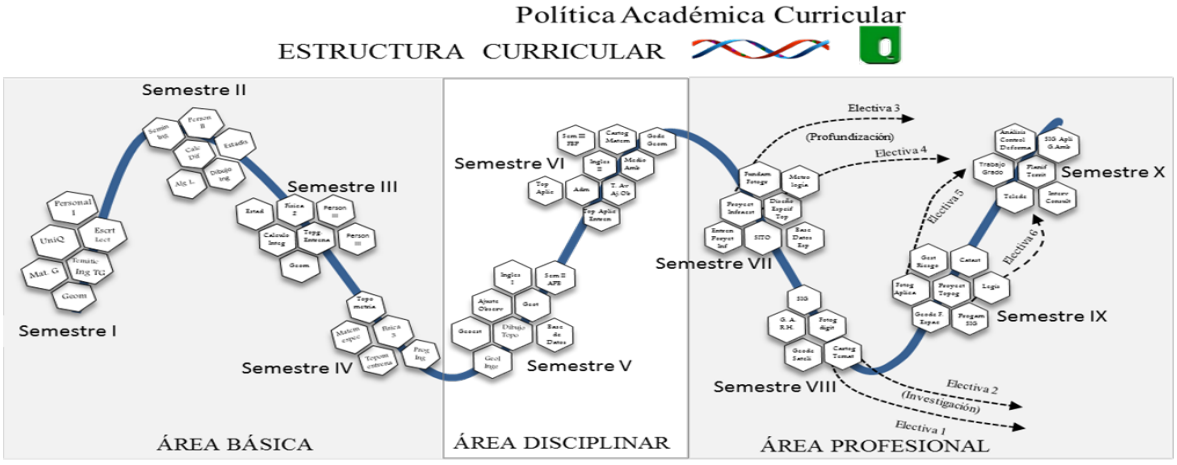


Figura 6. Estructura curricular.
Fuente: Jairo Díaz Jurado

académico. La dificultad está en la preocupación que puede resultar por la coordinación de los enfoques que se adoptan como complementarios […]. Con respecto de la integración interna, esta puede darse en una actividad académica disciplinaria o profesional, cuando situaciones de aprendizaje requieren una articulación de saberes de diverso origen para dar respuesta a una problemática" [18].

En el segundo caso. Una visión del currículo interdisciplinario (Fig. 7). Según Yunis [19] la interdisciplinariedad es la concurrencia simultaneas o sucesiva de saberes, sobre un mismo problema, proyecto, o área temática". Esta condición ha sido considerada en la estructura reticular, al reconocer que la estructura de la que están compuestos los campos de saber no es la misma para todos, Un currículo que tenga el potencial de exponer a los sujetos a un número mayor de ideas interconectadas tendrá una probabilidad mayor de facilitar la transferencia, cuando se aprecia que dos ideas o conceptos diferentes tienen elementos en común.

Por ejemplo, (Fig. 7) la formación del estudiante como persona, que responde de manera propositiva frente a los problemas complejos y actúa con responsabilidad, liderando proyectos que beneficien a las comunidades en riesgo; requiere establecer campos de conocimiento en filosofía; antropología, sociología, entre otros, cuyos contenidos como pensamiento crítico, estética y ética y moral, deben ser orientados en su aprendizaje, hacía esta formación y con un enfoque hacia la comprensión y solución de problemas complejos en contextos específicos.

En un ejercicio de este estilo, las conexiones (Fig. 7) entre los contenidos (conocimientos) que conforman las actividades académicas en un espacio y tiempo de aprendizaje (semestre), dan forma a la estructura reticular, que permite la actividad interdisciplinariedad (Integración interna) en un trabajo colaborativo, compartido y afectivo, es decir, un aprendizaje social. De esta manera, las interrelaciones entre espacios o actividades académicas, conforman la estructura reticular a un nivel de mayor complejidad (integración horizontal). Por ejemplo, utilizando la estructura de la (Fig. 7): Un estudiante que toma una posición crítica a través de un argumento ordenado, estructurado y con un lenguaje claro y preciso, con relación a la exposición realizada por un compañero, sobre la complejidad de la forma natural de un objeto de estudio, denota la integralidad en su formación.

En el tercer caso, la relación entre la estructura en espiral y la reticular (Fig. 8), las conexiones entre la estructura reticular y la espiral, facilita el desarrollo de habilidades mentales como la imaginación, percepción, ideación, transferencia de experiencias y construcción de conocimiento.

La estructura reticular se hace visible en el conversatorio integrado por los profesores y estudiantes que hacen parte de las actividades académicas y que en conjunto comparten el espacio y tiempo, para la discusión sobre los resultados del proceso de aprendizaje realizado a través de la integralidad de saberes y conocimientos que conforman el Núcleo Temático, enfocados a la comprensión del objeto de estudio y de los problemas asociados, los cuales integran el Núcleo Problemático.

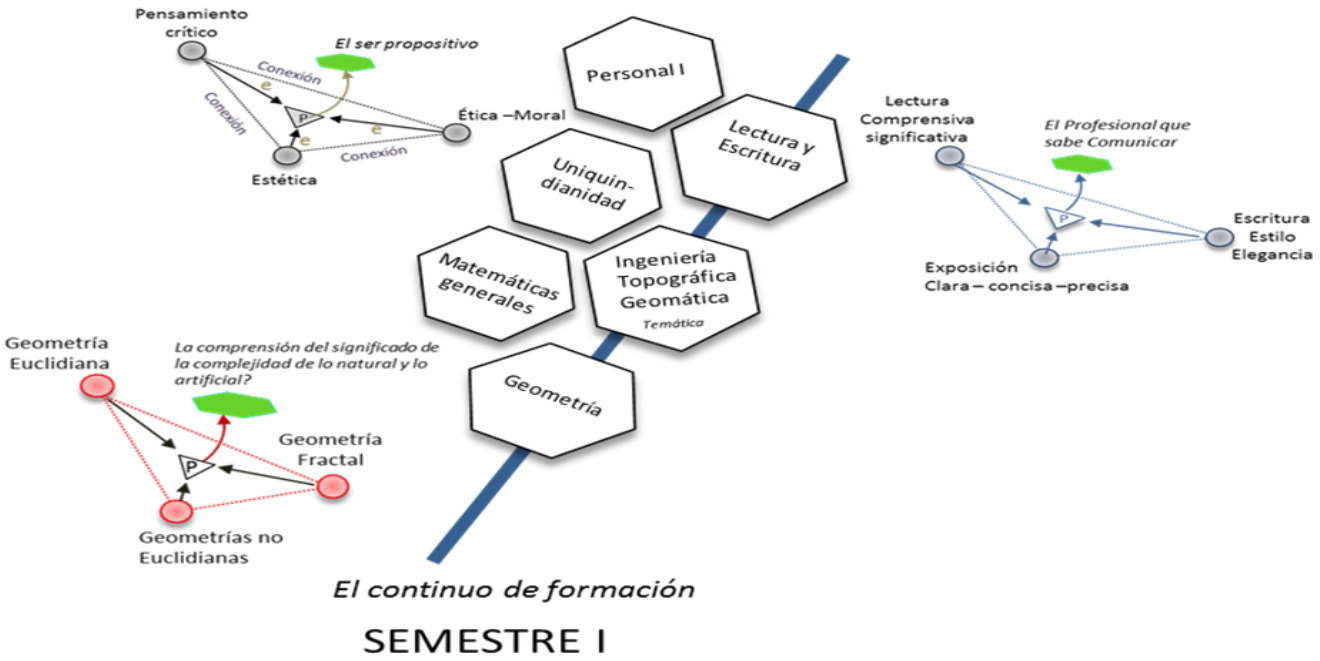


Figura 7. Currículo interdisciplinario
Fuente: Jairo Díaz Jurado

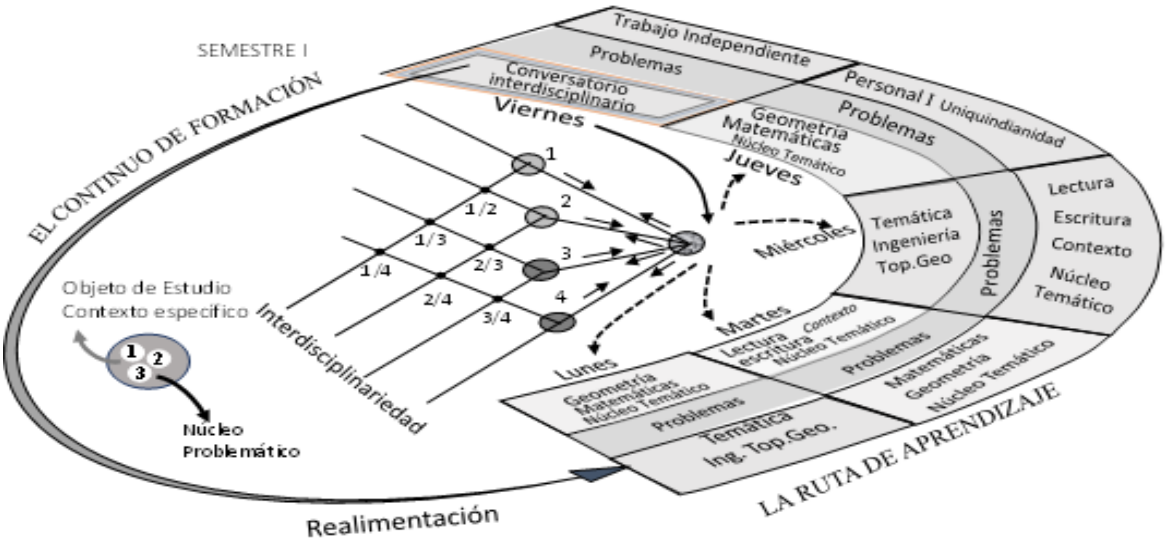


Figura 8. El espiral y el retículo. Una estructura flexible para la interdisciplinariedad y la complejidad.
Fuente: Jairo Díaz Jurado

El conversatorio es el lugar y el momento para la autocrítica de parte de profesores y estudiantes, una evaluación integral y formulación del plan de mejoramiento continuo como realimentación en el sistema de aprendizaje. Es un ciclo iterativo que permite corregir, ajustar, ampliar y profundizar en lo que considera necesario e importante. Es posible que de este conversatorio emerja una línea de profundización en actividad académica, específica, a la que se integran una o dos de las otras actividades académicas.

Referencias

[1] Wagensberg, J., La revolución de las formas, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, 2007.

[2] Jaramillo-Patiño, D.F., Seduciendo al seductor. Filosofía y Sujeto, Kinesis, Armenia, 2015.

[3] Mockus, A.S., Pensar la universidad, Universidad Eafit, Medellín, 2012.

[4] La Universidad del Quindío, Boletín informativo, Bedout, Armenia Caldas, 1964.

[5] Evetts, J., Identidad, diversidad y segmentación profesional: el caso de la ingeniería, Murcia, 2003.

[6] Valencia-Restrepo, D., Crisis y futuro de la ingeniería, Ingeniería y Sociedad, 1, pp. 1-6, 2010.

[7] Serna, E. y Serna-A, L.A., Crisis en la ingeniería Colombiana - Estado de la cuestión, Ingeniería y Competitividad, 17(1), pp. 63-75, 2015. DOI: 10.25100/iyc.v2i2.2344

[8] Romero, G., Teorías de aprendizaje más influyente, Desafíos educativos del siglo XXI, 2018.

[9] Novak, J.D. y Gowin, B., Aprendiendo a aprender, Roca, Barcelona, España, 1968.

[10] Rodríguez-Mesa, F., Kolmos, A. y Guerra, A., Aprendizaje basado en problemas, Universidad de Dinamarca, Aalborg, 2017.

[11] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, El estudio de casos como técnica didáctica. [En línea]. 30 agosto de 2018 [Fecha de consulta: 8 enero de 2019]. Disponible en: http://sitios.itesm.mx/va/dide2/documentos/casos.PDF.

[12] Rodríguez-Rodríguez, R., Importancia de la planeación curricular en programas universitarios, 1987.

[13] Díaz-Villa, M., Curriculum: debates actuales. Trazos desde América Latina, Pedagogía y Saberes, 40, pp. 35-45, 2014. DOI: 10.17227/01212494.40pys35.45

[14] López-Jimenez, N., La reestructuración curricular de la educación superior: hacia la integración del saber, Bogotá: ICFES/USCO, 2017, pp. 45-63.

[15] Guilar, M.E., Las ideas de Bruner de la revolución cognitiva a la revolución cultural, Ideas y Personajes, 13(44), pp. 235-241, 2009.

[16] Merchán-Price, C., Castaño, E.M. y Carillo, M.A., Implicaciones del carácter cognitivo del arte en la educación artística: Escénica, Musical y Visual, Pensamiento Palabra y Obra, 1, pp. 138-141, 2008.

[17] Marzano, R.J. and Debra J,P., Dimensions of learning. Teacher´s manual, ASCD, Virginia, USA, 1997.

[18] Universidad del Quindío, Política académica curricular 2016-2025, Centro de publicaciones Universidad del Quindío, Armenia, Colombia, 2016.

[19] Yunes, E., Una visión interdisciplinaria de la ciencia, en: Simposio internacional sobre investigación científica, Bogotá, 1993.

J. Díaz-Jurado, recibe título de Esp. en Sistemas de Información Topográfica en 1995, de la Universidad del Quindío Armenia, Colombia. Es docente universitario por más de 48 años en la Universidad del Quindío, Colombia, en la Facultad de Ingeniería en el programa de Topografía. Ha trabajado en diferentes diseños curriculares de los programas de Topografía e Ingeniería Civil, fue asesor de vicerrectoría Académica Unidad curricular en 2008-2014.
ORCID: 0000-0002-2539-7353

G. Jimenez-Cleves, recibe título de MSc. en Ingeniería de Sistemas en 2003, de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. Es docente universitario por más de 31 años en la Universidad del Quindío, Colombia, en la Facultad de Ingeniería en el programa de Topografía. Líder del grupo de investigación Geoide G64 desde 2017 a la fecha. Actualmente es director del programa de Topografía de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia
ORCID: 0000-0002-0769-9729

C.A. Hurtado-Bedoya, recibe título MSc. en Ciencias de la Organización en 2005, de la Universidad del Valle, Cali, Colombia. Es docente universitario por más de 30 años en la Universidad del Quindío, Colombia, en la Facultad de Ingeniería en el programa de Topografía. Ha trabajado en diferentes diseños curriculares de los programas de Topografía, fue Director de Bienestar Universitario en 2008-2014.
ORCID: 0000-0003-2778-1524

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Metodología para el diseño curricular de programas de cualificación de operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, basada en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas

James Cuesta-Mena, Martha Lucía Orozco-Gutiérrez & Édinson Franco-Mejía

Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia, james.cuesta@correounivalle.edu.co, martha.orozco@correounivalle.edu.co, edinson.franco@correounivalle.edu.co

Resumen— La cualificación de operarios es una actividad frecuente en las empresas, la cual tiene por objetivo final mejorar la productividad. Sin embargo, estos procesos de cualificación no están alineados con las competencias laborales definidas para los diferentes sectores, incluso en muchas ocasiones estas cualificaciones no corresponden con la verdadera necesidad de la empresa. En este artículo, se propone una metodología de cinco fases para el diseño curricular de programas de cualificación de operarios. El diseño curricular se construye como un proceso basado en la norma NTC ISO 9001:2015. Se definen para cada fase las entradas, las salidas y las actividades. La metodología se aplica a un caso específico de cualificación de corta duración, y se concluye que esta puede ser aplicada en el diseño curricular para otras ocupaciones.

Palabras Clave— diseño curricular; competencias laborales; programas de cualificación; capacitación para empresas.

Recibido: 4 de abril de 2019. Revisado: 26 de junio de 2019. Aceptado: 5 de Julio de 2019.

Methodology for the curricular design of qualification programs for equipment operators and industrial process systems, based on labor competencies and the particular needs of companies

Abstract— The qualification of operators is a frequent activity in companies, which has the ultimate goal of improving productivity. However, these qualification processes are not aligned with the labor competencies defined for the different sectors, even in many cases these qualifications do not correspond to the real need of the company. In this article, a five-phase methodology for the curricular design of operator qualification programs is proposed. The curricular design is built as a process based on the NTC ISO 9001: 2015. Inputs, outputs and activities are defined for each phase. The methodology is applied to a specific case of short-term qualification, and it is concluded that this one can be applied in the curricular design for other occupations.

Keywords— curricular design; labor competencies; qualification programs; training for companies.

1. Introducción

Cada vez más en los procesos de operación de procesos industriales en las empresas, se requiere capacitar los operarios mediante el desarrollo de programas de cualificación que faciliten la mejora de sus conocimientos, desempeños laborales y valores de integralidad. Para la mejora antes mencionada, existen en Colombia oportunidades de desarrollar las correspondientes competencias laborales (CL) [1], con fundamento en estándares nacionales conocidos como Normas Sectoriales de Competencia Laboral (NSCL) [2] articuladas con las necesidades particulares de las empresas. Sin embargo, los programas de cualificación de operarios que tienen como propósito mejorar la productividad de los procesos, generalmente no incorporan las competencias laborales tanto por parte de las mismas empresas como tampoco por parte de las instituciones educativas que ofrecen el servicio de cualificación.

De acuerdo con lo antes mencionado, se requiere del diseño curricular de programas de cualificación de operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, basada en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas, para facilitar a los operarios su participación en la solución de problemáticas que pueden llegar a ser significativas por su impacto en los costos de producción. Las necesidades particulares de las empresas, o a la medida, se definen teniendo en cuenta las políticas, estrategias, programas y proyectos de desarrollo organizacional y de desarrollo del talento humano de la empresa.

De acuerdo con el Ministerio de Educación Nacional (MEN) se define el diseño curricular, en el contexto de la educación para el trabajo, en los siguientes términos "El diseño curricular es el ejercicio por el cual una propuesta de competencias, asociadas a un perfil de egreso, se transforma en un conjunto de orientaciones claras y precisas del proceso de formación, tanto de la facilitación de los aprendizajes como de su evaluación" [3]. Este diseño curricular se caracteriza por "estar orientado a las competencias; organizado por módulos por competencias; énfasis en el saber-hacer, saber-saber y saber-ser; integración del saber, el hacer y el ser desde la formación; orientado a facilitar aprendizajes; centrado en el resultado de aprendizaje; centrado en el estudiante; planea la evaluación de la capacidad de acción efectiva y basa la

Como citar este artículo: Cuesta-Mena, J., Orozco-Gutiérrez, M.L. and Franco-Mejía, E., Metodología para el diseño curricular de programas de cualificación de operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, basada en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 106-118, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

evaluación en evidencias del aprendizaje" [3].

De acuerdo con lo anterior, un diseño curricular para el trabajo debe tomar como referente las NSCL y con base en sus componentes normativos se definen las partes de la estructura curricular modular de los productos de cualificación de corta duración: talleres, conferencias, seminarios, cursos y diplomados, los cuales se desarrollan al interior de las empresas. Esta estructura igualmente debe incorporar las necesidades de las empresas y la cualificación de los trabajadores-estudiantes.

La formación por competencias laborales toma como referente la estructura curricular modular definida para el desarrollo de competencias en conocimientos, desempeños directos y desempeños de producto, las cuales se demuestran a través de la construcción de las respectivas evidencias. Es una formación centrada en resultados y en el estudiante como actor protagonista de sus aprendizajes significativos y autónomos.

En el contexto del diseño curricular de programas de cualificación de corta duración que se desarrollan al interior de las empresas, con fundamento en sus necesidades particulares y competencias laborales, se han explorado metodologías que tienen alguna afinidad con el contexto antes mencionado y se caracterizan en términos generales por:

a) Desarrollo de contenidos orientados hacia el dominio de conocimientos únicamente y no incorporan con suficiencia la cualificación en desempeños directos y de producto que son fundamentales en la cualificación basada en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas.
b) Su alcance es de programas de larga duración desarrollados al interior de las instituciones educativas y no de corta duración orientados en las instalaciones de las empresas de acuerdo con sus necesidades particulares.
c) Su estructura curricular no está soportada en competencias laborales y las que sí están apuntan hacia programas académicos de formación de larga duración que tienen como propósito la titulación en una ocupación completa a desarrollarse en las instituciones educativas y no orientadas hacia la solución puntual de un problema en las instalaciones de la empresa.
d) Su metodología cubre dinámicas académicas tradicionales en el aula y al interior de las instituciones educativas y no hace énfasis en el proceso enseñanza-aprendizaje-evaluación desarrollado al interior de las empresas, que requieren mayor flexibilidad metodológica y capacidad de adaptación didáctica a los procesos reales de producción en la empresa.

Teniendo en cuenta las anteriores características generales, surgidas de las actividades exploratorias realizadas, se han incorporado en la metodología propuesta las siguientes:

a) Orientado al diseño curricular, basado en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas, de productos de cualificación de corta duración: talleres, conferencias, seminarios, cursos y diplomados; que se desarrollan en las instalaciones de las empresas.
b) Que articule normas sectoriales de competencia laboral con la solución de problemas específicos en las empresas a través de la cualificación de sus trabajadores.
c) Centrado en el estudiante y sus resultados de aprendizaje, articulando los saberes: hacer, saber y ser.
d) Que incorpore procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación basados en la construcción de evidencias de conocimiento, desempeño directo y desempeño de producto.
e) Basado en las dinámicas de los procesos de producción de las empresas, con flexibilidad metodológica y didáctica en la enseñanza-aprendizaje-evaluación.
f) Con énfasis en teorías de aprendizaje activo que incluyen: el constructivismo y los aprendizajes: significativo, autónomo, en equipo y colaborativo, y basados en: competencias laborales, problemas y proyectos.

El presente artículo se desarrolla de acuerdo con la siguiente estructura: en la sección dos se presentan los referentes utilizados como insumos del diseño curricular cuyo eje principal es la competencia laboral. En la tres se describen los pasos secuenciales de la metodología de diseño curricular. En la cuatro se plantea como caso de aplicación de la metodología el diseño curricular del *módulo de cualificación Lubricación de Activos*, el cual tiene alta demanda en la cualificación de los operarios de equipos y sistemas de procesos industriales; esta aplicación posibilita la verificación de la metodología propuesta. Finalmente, se presentan en la sección cinco las conclusiones y trabajos futuros.

2. Referentes de la metodología para el diseño curricular

Se entiende como referentes a la información que tiene relación directa con la elaboración de la metodología; la cual es tenida en cuenta como insumo para el diseño curricular.

En Colombia el Ministerio de Educación Nacional (MEN), el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), el Sistema Nacional de Formación para el Trabajo (SNFT) [4] y las Mesas Sectoriales (MS) [2], producen referentes fundamentales para la elaboración del diseño curricular y la orientación de los procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación (EAE), basados en competencias laborales, tales como: Decreto 1075 de 2015 (Parte 6. Reglamentación de la Educación para el trabajo y el desarrollo humano-Pág. 378), el proceso de Normalización de Competencias Laborales (NCL) [2], el proceso de Evaluación y Certificación de Competencias Laborales (ECCL) [5] y la Clasificación Nacional de Ocupaciones (CNO) [6].

2.1. Competencia laboral (CL)

Existen en el mundo diversas concepciones sobre el término CL, fundamentadas en diferentes corrientes del pensamiento, las cuales le aportan a la discusión permanente sobre la significación y resignificación de este término; reconociendo la existencia de esta discusión permanente y en el contexto de la presente investigación, se tiene en cuenta la concepción sobre CL establecida por el SENA como líder de la NCL en Colombia:

> "*Capacidad demostrada para poner en acción conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes en un contexto determinado. Las competencias se asocian a lo que una persona es capaz de ejecutar, su grado de preparación, suficiencia o responsabilidad para responder con tareas complejas"* [1].

2.2. Norma sectorial de competencia laboral

A nivel mundial los países miembros de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en cumplimiento de la Recomendación 195 de 2004 [7], han implementado procesos de elaboración de normas de competencia laboral (procesos de

normalización), entre otros procesos.

Colombia como miembro de la OIT, atiende la recomendación 195 de 2004 con el liderazgo del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) específicamente del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo (SNFT), en este contexto se ha acogido el concepto de NSCL (antes norma de competencia laboral-NCL) el siguiente:

> *"Estándar reconocido a nivel nacional, que describe los resultados que un trabajador debe lograr en el desempeño de una función laboral, los conocimientos que aplica y las evidencias requeridas para demostrar su competencia. Este estándar estará relacionado, mínimo, con una estructura funcional de la ocupación"* [2].

2.3. Evaluación de competencias laborales

La evaluación de las competencias laborales posibilita evidenciar la capacidad de un trabajador para desempeñar una o más funciones laborales o productivas; en el contexto real o simulado de un proceso de producción y lograr la respectiva certificación de la competencia.

"Este procedimiento se ha convertido en una importante herramienta para que el sector productivo identifique las brechas de formación y cualificación de los trabajadores y así pueda definir e implementar políticas y estrategias para el desarrollo y gestión del talento humano" [5].

2.4. Programa de cualificación laboral

En el contexto de la metodología propuesta, un programa de cualificación laboral es la "Estructura organizada de un proceso de capacitación de corta duración, fundamentado en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas; que incorpora el saber-saber, saber-hacer y saber-ser, en la actualización o profundización de conocimientos, habilidades, destrezas y valores de integralidad; para el logro de mejora continua en el desempeño laboral y participación de los trabajadores en la solución de problemas específicos en las empresas.

Un programa de cualificación laboral de corta duración, responde a la siguiente pregunta "¿Quién es una persona cualificada? Es una persona preparada, alguien idóneo para desempeñar un determinado cargo y que dispone de todas las competencias que se requieren para desempeñar eficientemente un empleo" [8].

3. Metodología para el diseño curricular

En esta sección se describe la metodología propuesta para el diseño curricular. Esta toma como insumo los referentes descritos en la sección dos, y tiene en cuenta el diseño curricular como un proceso y su trascendencia hacia la satisfacción de las necesidades de cualificación de los trabajadores-estudiantes y de las empresas; tal como se describe a continuación.

3.1. El diseño curricular como proceso

La norma NTC ISO 9001:2015 [9] plantea la concepción sobre lo que es un proceso en general, este se representa en la Fig. 1, y es tenido en cuenta en la metodología propuesta.

El diseño curricular como proceso tiene un punto de inicio (la concertación de la necesidad de cualificación) y un punto final (la socialización y entrega del diseño curricular del producto de cualificación); este proceso está definido por las correspondientes actividades de diseño curricular.

El proceso de diseño curricular tiene unas entradas compuestas por el problema a solucionar, la necesidad de cualificación, la NSCL tomada como referente, directrices para el diseño curricular en la educación para el trabajo y el desarrollo humano (ETDH) [10] y el resumen de la estructura funcional de la ocupación según el caso.

Las fuentes de entrada están compuestas por: Trabajadores-estudiantes, la empresa interesada en el diseño curricular, el observatorio laboral y ocupacional colombiano, la CNO, el MEN, el SNFT y las MS según el caso.

Las salidas del proceso de diseño curricular la conforman los diseños curriculares de los programas de cualificación, de acuerdo con los productos de cualificación: talleres, conferencias, seminarios, cursos o diplomados.

Entre los receptores de las salidas están: empresas interesadas en los diseños, trabajadores-estudiantes de las empresas, profesores, Instituciones educativas.

Los controles se realizan en cada una de las partes del proceso, definiendo los puntos de control, los cuales posibilitan las respectivas mediciones y seguimientos a los desempeños.

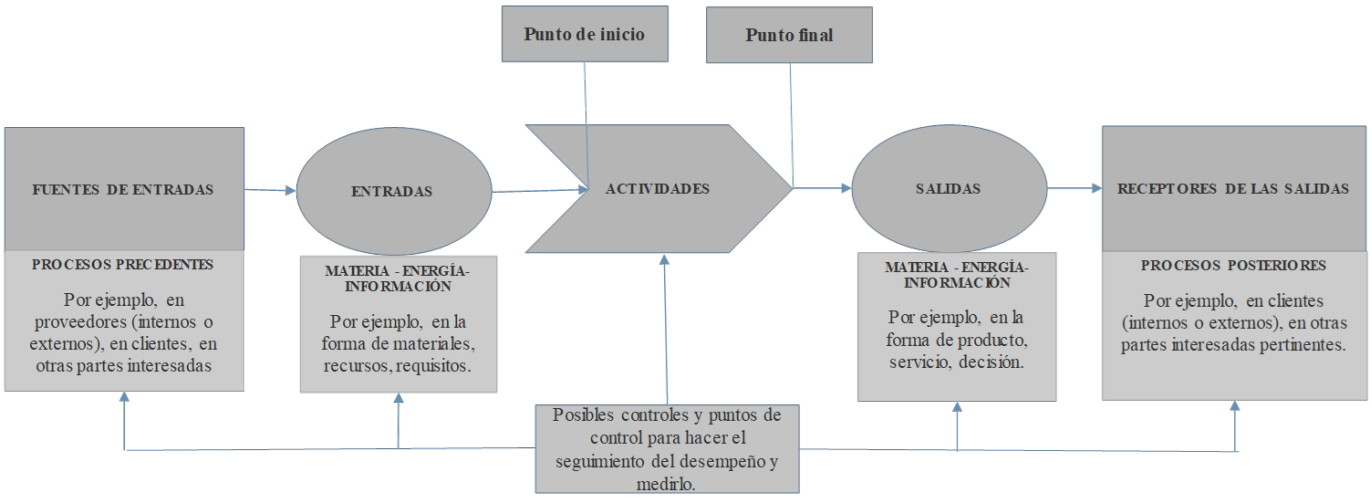


Figura 1. Representación esquemática de los elementos de un proceso
Fuente: NTC ISO 9001:2015.

3.2. Trascendencia del diseño curricular

La estandarización en el mundo y en diversos campos del saber, ha trascendido después de mucho tiempo hacia el reconocimiento progresivo de la importancia que tiene la cualificación del ser humano como actor protagónico en los procesos de producción debido al impacto directo de sus funciones laborales en la calidad de los procesos considerando el medio ambiente.

En la Fig. 2, leída de abajo hacia arriba, se plantea la trascendencia del diseño curricular basado en las competencias laborales y las necesidades de cualificación de las empresas y de los trabajadores-estudiantes.

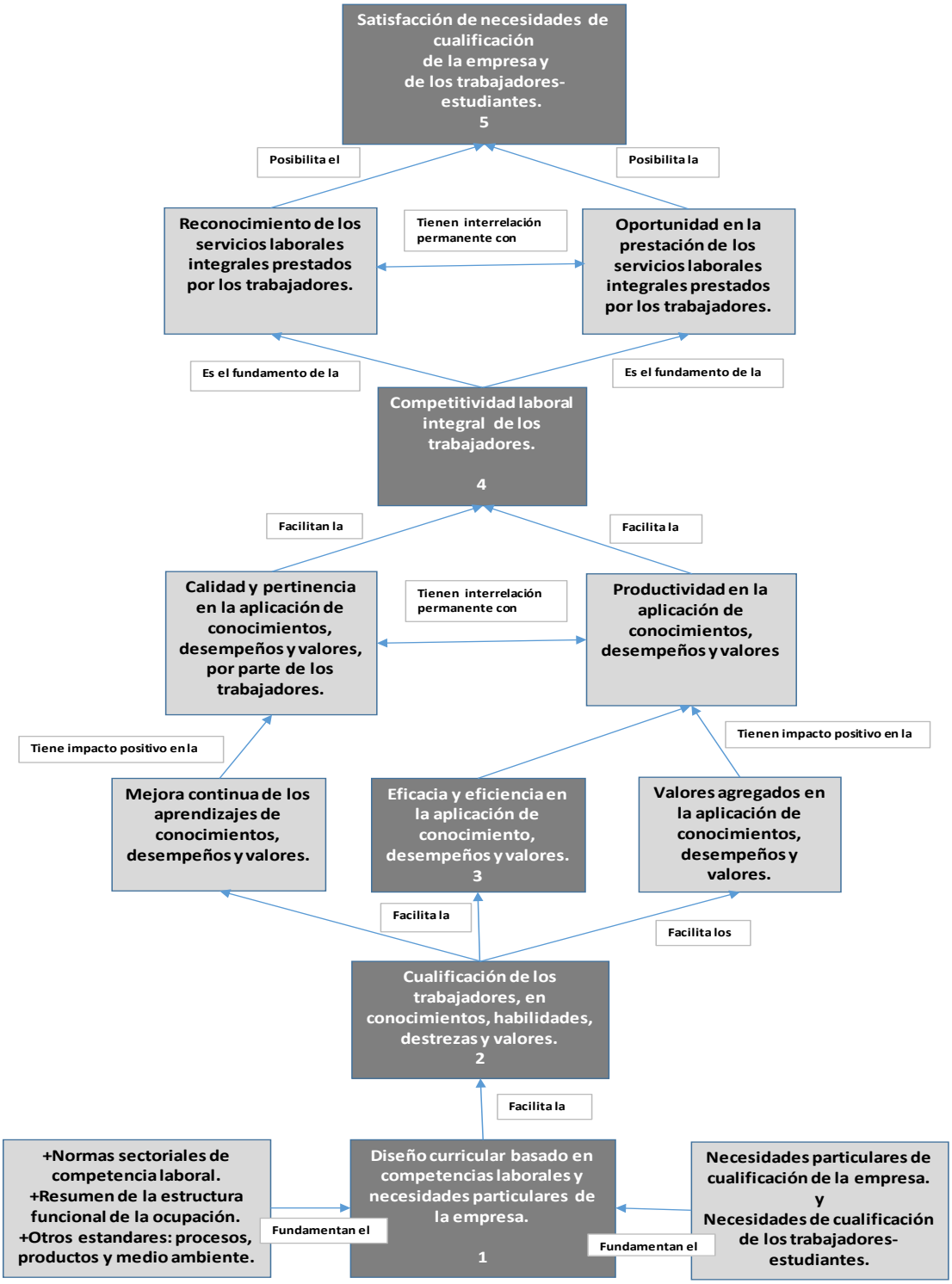


Figura 2. Fundamentos de la trascendencia del diseño curricular basado en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas
Fuente: Los autores

El diseño curricular (1) trasciende hacia la cualificación de los trabajadores (2); la eficacia y eficiencia de sus conocimientos, desempeños y valores (3); la competitividad laboral integral de los trabajadores (4) y la satisfacción de las necesidades de cualificación de las empresas y de los trabajadores-estudiantes (5).

La eficacia y eficiencia en la aplicación de los saberes por parte de los trabajadores-estudiantes, más la construcción de valores agregados, tienen un impacto importante en la productividad de los saberes aplicados.

Por su parte, la mejora continua de los aprendizajes tiene gran impacto en la calidad y pertinencia de los saberes aplicados por los trabajadores-estudiantes.

En consecuencia, la competitividad laboral integral de los trabajadores-estudiantes, se logra cada vez más con la mejora de la calidad, pertinencia y productividad en la aplicación de los saberes. Y origina reconocimiento y oportunidades de los servicios laborales prestados por ellos.

Finalmente, el sector educativo debe construir oportunidades de alternar el aula tradicional con las plantas de producción en las empresas, y aprovechar por lo tanto sus procesos como escenarios de EAE pluritecnológicos.

La trascendencia del diseño curricular antes descrita, está soportada, entre otros referentes, en los siguientes:

"Los programas de formación laboral deben estructurarse por competencias laborales específicas, teniendo como referente las normas técnicas de competencias laborales definidas por las mesas sectoriales que lidera el servicio Nacional de Aprendizaje-SENA" [11].

"La evaluación de los aprendizajes debe considerar no sólo evidencia de los conocimientos requeridos para demostrar las competencias por desarrollar, sino también de los desempeños asociados a éstas y de los productos derivados de la aplicación de las competencias, en un escenario real o simulado" [12].

"Los programas de formación laboral tienen por objeto preparar a las personas en áreas específicas de los sectores productivos y desarrollar competencias laborales específicas relacionadas con las áreas de desempeño referidas en la clasificación nacional de ocupaciones, que permitan ejercer una actividad productiva en forma individual o colectiva como emprendedor independiente o dependiente" [13].

3.3. Fases de la metodología de diseño curricular

La metodología para el diseño curricular de programas de cualificación de operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, basada en competencia laborales y necesidades particulares de las empresas, se ha planteado en 5 fases con sus respectivas actividades, tal como se muestra en la Fig. 3.

La metodología considera en todas sus fases el desarrollo de actividades de EAE en escenarios reales, que demandan especial cuidado para el aprovechamiento de la oportunidad de aprendizajes más significativos, pero que requieren de actividades de EAE flexibles y de adaptabilidad a las dinámicas de los procesos de producción de la empresa. A continuación, se describen cada una de las fases.

3.3.1. Fase 1-Análisis y concertación, de la necesidad de cualificación, de acuerdo con los requerimientos de la empresa interesada

Las actividades de la Fase 1 se describen a continuación y se presentan en la Fig.4.

El desarrollo de las actividades de esta fase provee los datos de identificación y de contacto de la empresa, los cuales soportan la oportunidad de las comunicaciones y de la información en el proceso de análisis y concertación de las necesidades de cualificación.

La empresa socializa las necesidades de cualificación suministrando la siguiente información como resultado de la aplicación del diagnóstico interno realizado por la empresa o contratado: nombre del cargo u ocupación objeto de mejora y sus funciones; la o las funciones laborales o productivas a mejorar; el nombre y código de la NSCL tomada como referente; los saberes a mejora (saber, hacer y ser), según requerimientos de la empresa y lo establecido en la NSCL y otras denominaciones según la clasificación nacional de cualificaciones.

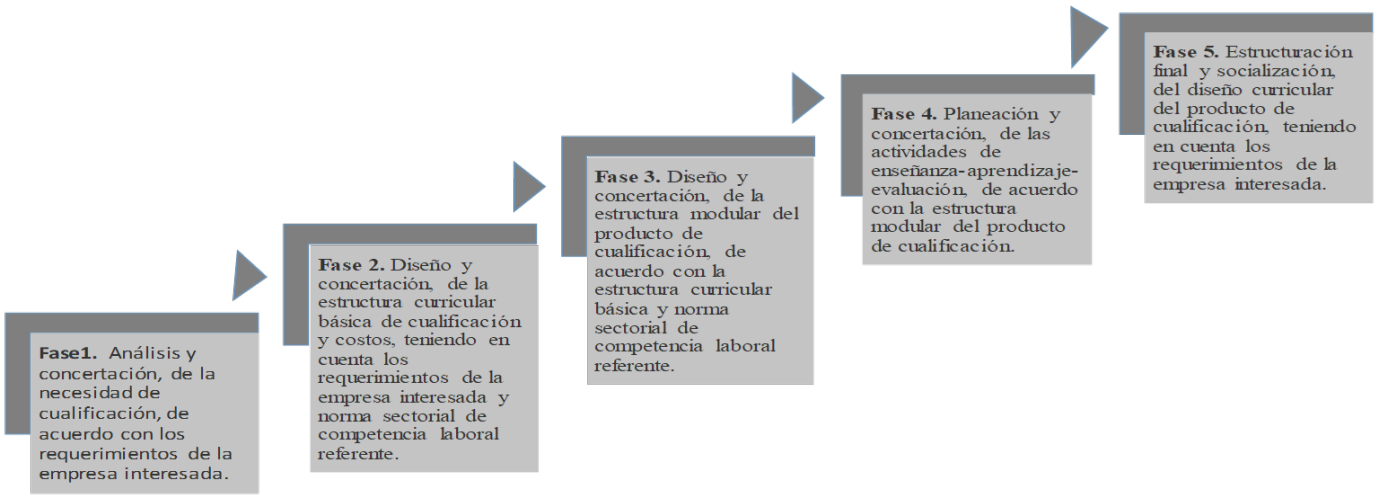


Figura 3. Fases de la metodología de diseño curricular de programas de cualificación.
Fuente: Los autores

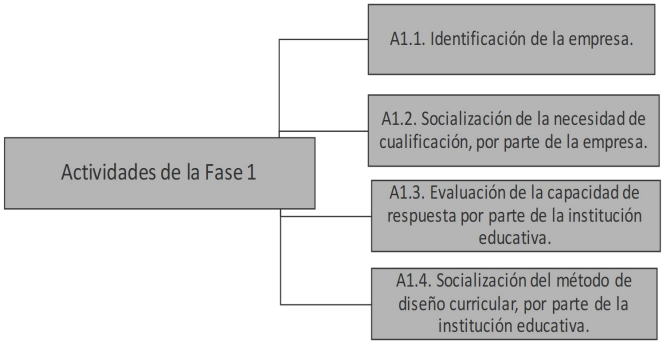


Figura 4. Fase 1-Análisis y concertación de necesidades.
Fuente: Los autores

Con base en esta información, la institución educativa evalúa su capacidad de respuesta teniendo en cuenta la tecnología, el recurso docente y el cumplimiento de condiciones, entre otros aspectos. Si la institución educativa decide continuar en el proceso de concertación, informa oportunamente y presenta a la empresa la metodología de diseño curricular.

3.3.2. Fase 2-Diseño y concertación, de la estructura curricular básica de cualificación y costos, teniendo en cuenta los requerimientos de la empresa interesada y norma sectorial de competencia laboral referente

Las actividades de la Fase 2 se describen a continuación, de acuerdo con lo establecido en la Fig. 5.

Para definir las condiciones básicas de contratación del diseño curricular en el contexto de la cualificación de trabajadores-estudiantes en la empresa, en esta Fase 2 se define la estructura curricular básica teniendo en cuenta la NSCL y las necesidades particulares de la empresa.

La estructura curricular está compuesta por: nombre de la estructura curricular de acuerdo con el título de la NSCL, nombre de la institución educativa y sus datos de contacto, nombre de la empresa y sus datos de contacto; objetivo de la estructura curricular; descripción del problema a resolver; formulación del problema a resolver; definición de los resultados de aprendizaje: específicos y generales de acuerdo con la NSCL; tiempos de cualificación: teoría (conceptualización teórica y procedimental y práctica cognoscitiva), práctica motriz, trabajo independiente y tiempo total; perfil de salida del trabajador-estudiante; cantidad de trabajadores-estudiantes por grupo; tipo de certificación a entregar; nombre, cargo, firma y fecha, de quien elaboró en la institución educativa; nombre, cargo, firma y fecha, de quien revisó en la institución educativa; nombre, cargo, firma y fecha, de quien aprobó en la institución educativa; nombre, cargo, firma y fecha, de quien aprobó en la empresa.

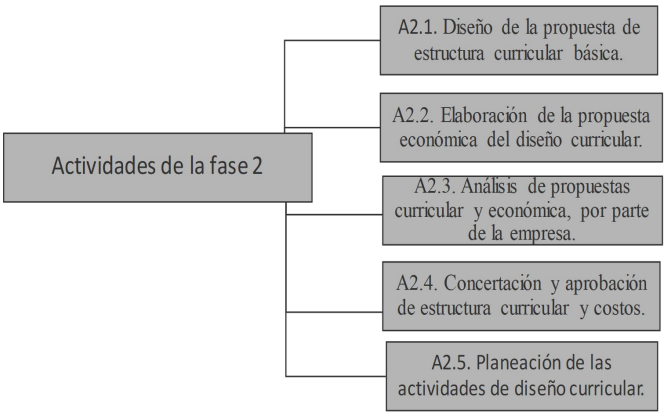


Figura 5. Fase 2-Diseño y concertación de estructura curricular básica.
Fuente: Los autores

En relación con la estructura curricular básica, se elabora la propuesta económica de la futura ejecución del producto de cualificación la cual contiene los costos del diseño. En el evento que la empresa requiera únicamente el diseño, ésta deberá aclararlo en el inicio de la concertación debido a que es necesario definir previamente sus costos específicos.

La propuesta económica es un documento independiente de la estructura curricular básica, por lo tanto su estructura está compuesta por las siguientes partes: nombre de: la estructura curricular básica, la institución educativa y datos de contacto y de la empresa y datos de contacto; objetivo de la estructura curricular; tiempos de cualificación: teoría (conceptualización teórica y procedimental y práctica cognoscitiva), práctica motriz, trabajo independiente y tiempo total; cantidad de trabajadores-estudiantes por grupo; precio total por grupo; cantidad de grupos; precio total del servicio de cualificación; condiciones de pago; nombre, cargo, firma y fecha: de quien elaboró en la institución educativa, de quien revisó en la institución educativa; de quien aprobó en la institución educativa y de quien aprobó en la empresa.

La estructura curricular básica como la propuesta económica, son analizadas por los representantes de la empresa y sugieren ajustes curriculares y de costos. Los ajustes son concertados en reunión de representantes de la empresa e institución educativa. Aprobados los ajustes concertados a la estructura curricular y propuesta económica, se autoriza la expedición de la correspondiente "Orden de compra" por parte de la empresa y se deja registro de lo concertado en acta suscrita por las partes. Como consecuencia de la expedición de la orden de compra, la institución educativa elabora y concerta con la empresa el correspondiente cronograma de actividades de elaboración del diseño curricular.

3.3.3. Fase 3-Diseño y concertación, de la estructura modular del producto de cualificación, de acuerdo con la estructura curricular básica y norma sectorial de competencia laboral referente.

Las actividades de la Fase 3 se describen a continuación, de acuerdo con lo establecido en la Fig. 6.

El módulo o módulos de cualificación se definen de acuerdo con las NSCL tomadas como referentes para la satisfacción de las necesidades de cualificación. El nombre de cada módulo de cualificación surge del nombre resumido de cada NSCL, como se plantea en el siguiente ejemplo:

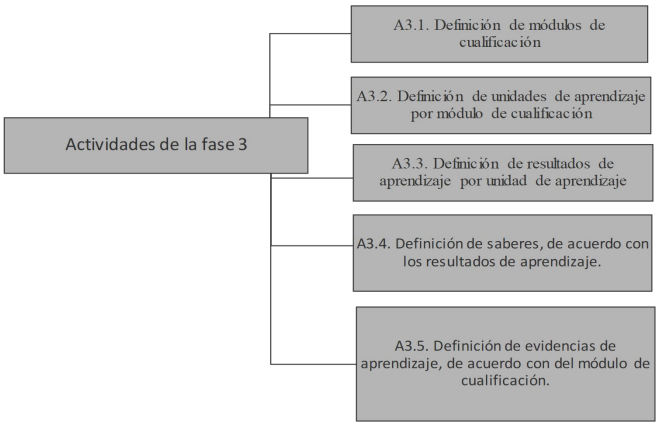


Figura 6. Fase 3-Diseño y concertación de la estructura modular
Fuente: Los autores

Nombre de la NSCL: "Lubricar activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativa" [14].

Nombre del módulo de cualificación: Lubricación de activos: Teniendo en cuenta la NSCL, se identifican los nombres y cantidad de actividades claves; cada una de las actividades da origen a una unidad de aprendizaje cuyo nombre surge del nombre de la actividad ajustado en su redacción. Cada módulo de cualificación tendrá tantas unidades de aprendizaje como cantidad de actividades claves. Ejemplo:

Nombres de las actividades claves [14]: "Definir recursos", "Aplicar lubricante" y "validar condición de lubricante"

Nombre de las unidades de aprendizaje: Definición de recursos, aplicación de lubricante y validación de condición de lubricante.

Según la NSCL los criterios de desempeño de los trabajadores son específicos y generales [14]. Los nombres de los resultados de aprendizaje específicos surgen de los criterios de desempeño específicos (resultados esenciales de la actividad) y su nombre lo define el nombre del criterio de desempeño resumido y ajustado en su redacción; como se muestra en el siguiente ejemplo:

Criterio de desempeño específico: "1.1. La verificación de rutas de lubricación está acorde con protocolos técnicos y orden de trabajo".

Resultado de aprendizaje específico: 1.1. Verifica rutas de lubricación de manera acorde con protocolos técnicos y orden de trabajo.

De acuerdo con las necesidades particulares de la empresa, se incorporan otros resultados de aprendizaje específicos, los cuales se tendrán en cuenta en el diseño curricular de los productos de cualificación de los trabajadores-estudiantes al interior de cada empresa.

Por su parte los resultados de aprendizaje generales surgen de la descripción de cada criterio de desempeño general (resultado esencial que aplica a toda la función) [14] contenido en la NSCL; el nombre de cada resultado de aprendizaje se define a partir de la descripción del criterio de desempeño ajustado en su redacción como se indica en el ejemplo siguiente. Criterio de desempeño general: A-Gestión de riesgos (según la NSCL)

Descripción del criterio de desempeño general "A-Gestión de riesgos": "El manejo de derrames cumple con normativa ambiental y normativa de seguridad y salud en el trabajo".

Resultado de aprendizaje general: A1. Maneja derrames cumpliendo con normativa ambiental y de seguridad y salud en el trabajo.

Los resultados de aprendizaje generales se asocian a las correspondientes unidades de aprendizaje. Cada resultado de aprendizaje específico y general tiene asociado los elementos: saber, hacer y ser. Estos saberes se definen, como se muestra en la Tabla 1, teniendo en cuenta las siguientes directrices metodológicas para cada tipo de resultado de aprendizaje.

- Definición del Saber: Los conocimientos esenciales están asociados a los criterios de desempeño específicos mediante unos códigos numéricos. Los conocimientos asociados a un criterio de desempeño específico son los conocimientos que se asocian con el correspondiente resultado de aprendizaje, como se muestra en la Tabla 1.
- Definición del Hacer: Los resultados de aprendizaje específicos, implícitamente definen el hacer correspondiente, pasando el verbo conjugado a un verbo en infinitivo, como se muestra en la Tabla 1.
- Definición del Ser: Teniendo en cuenta el Saber y el Hacer, se identifican los valores y aspectos de integralidad directamente relacionados con cada resultado de aprendizaje, como se muestra en la Tabla 1.

Para los resultados de aprendizaje generales, según la Tabla 2, se aplican las siguientes directrices metodológicas.

- Definición del Hacer: Los resultados de aprendizaje generales, implícitamente definen el hacer correspondiente, pasando el verbo conjugado a un verbo en infinitivo, como se muestra en la Tabla 2.
- Definición del Ser: Teniendo en cuenta el Saber y el Hacer, se identifican los valores y aspectos de integralidad directamente relacionados, como se muestra en la Tabla 2.

Finalmente, en esta fase se definen las evidencias de aprendizaje, las cuales son de tres tipos: conocimiento, desempeño directo y desempeño de producto. Estas se definen por módulo de cualificación y se toman de las establecidas en la NSCL. Se incorporan otras de acuerdo con las necesidades particulares de cada empresa.

Tabla 1.
Saberes de un resultado de aprendizaje específico. Referente NSCL.

RESULTADO DE APRENDIZAJE ESPECÍFICO **1.1.**Verifica rutas de lubricación de manera acorde con protocolos técnicos y orden de trabajo.		
SABER	**HACER**	**SER**
D. Manuales: tipos, características, lectura de planos, técnicas de interpretación, modos de operación (**1.1**, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1)	Verificar rutas de lubricación de manera acorde con protocolos técnicos y orden de trabajo.	a) Ordenado. b) Sistémico. c) Respetuoso de la normatividad.
F. Equipos: características, funcionamiento, componentes, vida útil, hoja de vida y procesos (**1.1**, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4)		
H. Gestión de información: conceptos, formatos, informes, documentación, herramientas ofimáticas (**1.1**, 1.2, 3.2, 3.4, D.1)		
J. Seguridad y salud en el trabajo: postura corporal, elementos de protección personal, riesgos (**1.1**, 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 3.3, B.1)		

Fuente: Los autores

Tabla 2.
Saberes de un resultado de aprendizaje general. Referente NSCL.

RESULTADO DE APRENDIZAJE GENERAL **A1**. Maneja derrames cumpliendo con normativa ambiental y de seguridad y salud en el trabajo.		
SABER	**HACER**	**SER**
B. Lubricantes: clases, modos de aplicación, características, propiedades, función, condiciones de almacenamiento, técnicas de filtración (1.2, 2.2, 2.3, 2.5, 3.2, 3.3, 3.4, **A1**, B2)	Manejar derrames cumpliendo con normativa ambiental y de seguridad y salud en el trabajo.	a) Aseado. b) Metódico. c) Respetuoso de la normatividad.
G. Sistemas de lubricación: clases, tipos, características, función, tiempos, mantenimiento (1.2, 2.2, 2.3, 3.2, 3.3, **A1**)		

Fuente: Los autores

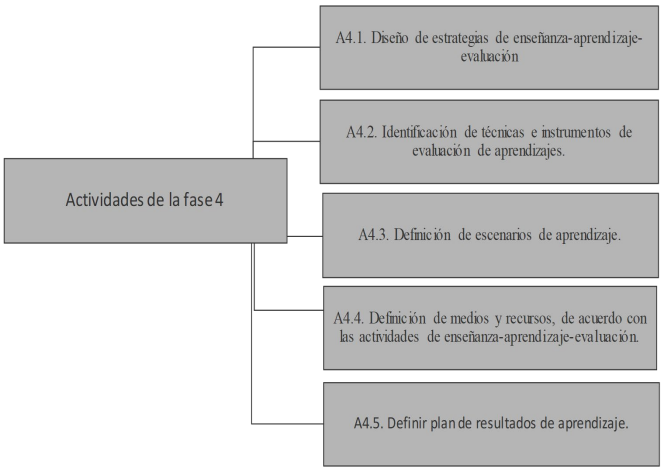


Figura 7. Fase 4-Planeación y concertación de actividades de E.A.E.
Fuente: Los autores

En la NSCL "Lubricar activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativa", se consideran las siguientes evidencias:

- Evidencias de desempeño directo: Disposición de superficies, almacenamiento de lubricantes y prueba de aceites.
- Evidencias de desempeño de producto: Activo con lubricante nivelado y orden de trabajo diligenciada.
- Evidencias de conocimiento: Sistemas de lubricación (clases, tipos, características, función, tiempos, mantenimiento) y lubricantes (clases, modos de aplicación, características, propiedades, función, condiciones de almacenamiento, filtración).

3.3.4. Fase 4-Planeación y concertación, de las actividades de enseñanza-aprendizaje-evaluación, de acuerdo con la estructura modular del producto de cualificación

Las actividades de la Fase 4, se presentan en la Fig. 7 y se describen a continuación.

Los procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación deben estar soportados en las siguientes teorías de aprendizaje: el constructivismo [15], aprendizaje significativo [16], aprendizaje autónomo [16] y el aprendizaje basado en competencias [3].

Estas teorías dinamizan el *trabajo en eq*uipo y el *aprendizaje colaborativo*, como técnicas de aprendizaje; facilitando por ende la implementación de estrategias de aprendizaje como la *solución de problemas específicos* y la *formulación y desarrollo de proyectos.*

Tanto teorías, técnicas y estrategias de aprendizaje, están correlacionadas en el diseño curricular de cualificaciones basado en competencias laborales a través de las actividades requeridas para lograr los correspondientes resultados de aprendizaje que hacen posible la construcción de competencias en los trabajadores-estudiantes. El aprendizaje basado en proyectos, es el aprendizaje logrado a partir de la formulación y ejecución de las fases de un proyecto, de manera correlacionada con los resultados y actividades de aprendizaje que se deben lograr.

Entre las diferentes características, de tipo general, del diseño curricular de programas de cualificación, están [6,9]: a) el diseño curricular está basado en competencias laborales y necesidades particulares de las empresas; b) el diseño curricular corresponde con los productos de cualificación de corta duración: talleres, conferencias, seminarios, cursos y diplomados, los cuales se desarrollan en las instalaciones de las empresas; c) articula las NSCL con la solución de problemas específicos en las empresas a través de la cualificación de sus trabajadores-estudiantes; d) se centra en el trabajador-estudiante y sus resultados de aprendizaje, articulando los saberes: hacer, saber y ser; e) incorpora procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación basados en la construcción de evidencias de conocimiento, desempeño directo y desempeño de producto; f) se basa en las dinámicas de los procesos de producción de las empresas, con flexibilidad metodológica y didáctica en sus procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación.

Para el logro de lo anterior, se definen a continuación algunos lineamientos metodológicos basados en competencias laborales y en la trascendencia del proceso enseñanza-aprendizaje-evaluación y sus actividades de aprendizaje.

- *Lineamientos metodológicos para el desarrollo de actividades de enseñanza*

Entre los lineamientos metodológicos para el desarrollo de actividades de enseñanza en la empresa se definieron los siguientes: a) orientación de actividades de fundamentación teórica; b) orientación de actividades de práctica cognoscitiva; c) orientación de actividades de fundamentación procedimental; d) orientación de actividades de práctica motriz; e) asignación del trabajo independiente; f) orientación y evaluación de evidencias de aprendizaje; g) gestión del plan de mejora académica; h) elaboración, aplicación y evaluación, del plan de nivelación académica; i) elaboración, validación, aplicación y análisis del instrumento de evaluación de la percepción; j) elaboración y orientación, del plan de rotación de trabajadores-estudiantes para las prácticas en la planta de producción; k) orientación y evaluación de la "matriz propuesta de mejora"; l) elaboración, validación, aplicación y análisis, de evaluaciones diagnósticas iniciales, intermedias y finales; m) realización de seguimiento inicial,

intermedio y final, a las actividades de aprendizaje.

- *Lineamientos metodológicos para el desarrollo de actividades de aprendizaje*

Como lineamientos metodológicos para el desarrollo de actividades de aprendizaje en la empresa, se consideran lineamientos que están en correspondencia con los lineamientos de enseñanza, tales como: a) desarrollo de las actividades de fundamentación teórica, práctica cognoscitiva, fundamentación procedimental, práctica motriz y trabajo independiente; b) desarrollo y presentación de las evaluaciones de evidencias de aprendizaje; c) desarrollo de las actividades de aprendizaje de mejora académica; d) desarrollo de las actividades de aprendizaje orientadas a la nivelación académica; e) diligenciamiento de los instrumentos de evaluación de la percepción; f) desarrollo de las actividades de aprendizaje en la planta de producción, cumpliendo el plan de rotación de trabajadores-estudiantes; g) gestión de la matriz propuesta de mejora; h) presentación de las evaluaciones diagnósticas iniciales, intermedias y finales y i) desarrollo de las actividades de aprendizaje de recuperación académica, de acuerdo con los resultados del plan de seguimiento.

Las técnicas e instrumentos de evaluación de los aprendizajes, se orientan hacia la evaluación de resultados de aprendizaje de las actividades de: fundamentación teórica y procedimental, práctica cognoscitiva, práctica motriz, trabajo independiente, gestión de la matriz de mejora, evidencias y otros resultados; evidenciando conocimientos, desempeños directos y desempeños de producto.

Las actividades de enseñanza-aprendizaje-evaluación (EAE) en los procesos de cualificación al interior de las empresas, deben ser claramente concertadas y planeadas, definiendo los escenarios donde se realizarán teniendo en cuenta: a) los requerimientos para cada resultado de aprendizaje definido en la estructura curricular y sus respectivas actividades de enseñanza-aprendizaje-evaluación; b) los cuidados y medidas de seguridad que se deben aplicar y c) las oportunidades que se deben aprovechar, por ejemplo cuando surge una parada de una máquina o del proceso productivo.

En la presente metodología propuesta, se consideran los siguientes escenarios de aprendizaje: aula de clase (AC); taller o laboratorio (TL); planta de producción (PP) y alternativos de trabajo independiente (AI).

Las actividades de EAE tienen una relación con los escenarios de aprendizaje, por ejemplo:

a) Práctica cognoscitiva (AC, AI)
   El ejemplo indica que la práctica cognoscitiva se desarrolla en los escenarios: AC y AI.
b) Matriz propuesta de mejora (AC, TL, PP, AI)
   En este caso la matriz propuesta de mejora se desarrolla en todos los escenarios: AC, TL, PP y AI.

Los escenarios y actividades, de EAE planteados en el presente documento, son sugeridos como básicos en el contexto de la metodología; éstos se pueden incorporar a los futuros diseños curriculares, pero igualmente se deben considerar otras alternativas de acuerdo con las condiciones particulares de las empresas y de los procesos de cualificación específicos.

Los medios y recursos posibilitan el desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje-evaluación, en la presente metodología se presenta como herramienta para definirlos la "Matriz de medios y recursos", en la cual se articulan las actividades de EAE y los escenarios de EAE indicando, en su articulación, los medios y recursos requeridos en el proceso de EAE.

Por su trascendencia, entre los medios, se hace referencia especial al perfil del profesor, al plan de rotación de trabajadores-estudiantes en práctica motriz y a la matriz propuesta de mejora. El perfil del profesor debe estar acorde con los resultados de los aprendizajes a lograr y las evidencias requeridas; articulados con el nivel de educación, la experiencia docente y experiencia profesional, preferible con experiencia en la orientación de procesos de EAE basado en competencias laborales.

La Matriz propuesta de mejora es un formato tipo, cuya gestión articula la aplicación de algunos saberes con la propuesta de mejora de una máquina o proceso. Está compuesta por las siguientes partes: a)nombre de la matriz de mejora; b) nombre de la empresa y datos de contacto; c) nombre de la estructura curricular; d) descripción técnica detallada del problema a solucionar; e) formulación del problema a solucionar; f) planteamiento de la propuesta de mejora; g) justificación técnica y económica; h) actividades a desarrollar; i) indicadores de logro; j) responsable; k) nombre, firma y fecha, de quien elaboró; l) nombre, firma y fecha, de quien revisó.

Un aspecto a tener en cuenta en cuanto a los escenarios de aprendizaje, es la rotación de los trabajadores-estudiantes cuando se desarrollan prácticas en la "planta de producción"; esta rotación se debe hacer con otro escenario donde se desarrollen actividades de aprendizaje paralelas, debido a que todo el grupo no debe acceder al mismo tiempo a la planta de producción por condiciones de movilidad, seguridad ocupacional, entre otras condiciones.

El plan de resultados de aprendizaje, posibilita el logro de los resultados de aprendizaje, por lo tanto, se diligencia la información requerida según la Tabla 3; en éste se plantea la información a gestionar por cada unidad de aprendizaje; para cada actividad de EAE se debe definir las actividades específicas a desarrollar por cada saber: hacer, saber y ser, identificando la cantidad de tiempo por: actividad de EAE, resultado de aprendizaje (RA) y unidad de aprendizaje (UA). Es importante tener en cuenta que el plan de resultados de aprendizaje, es en si mismo parte fundamental del desarrollo curricular mediante el cual se soporta la ejecución de lo establecido en el diseño curricular; por tal razón, se requiere dimensionar, con mucho cuidado y responsabilidad, el tiempo asignado para el desarrollo de las actividades específicas de EAE de tal manera que se garantice el logro de los resultados de aprendizaje y, por ende, el logro de las competencias en conocimientos, desempeños directos y desempeños de productos.

Tabla 3.
Plan de resultados de aprendizaje por unidad de aprendizaje.

PLAN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE				
UNIDAD DE APRENDIZAJE: UA1……(XH)				
RESULTADO DE APRENDIZAJE: RA1.1……..(XH) RESULTADO DE APRENDIZAJE: RA1.2……..(XH) RESULTADO DE APRENDIZAJE: RA1.3……..(XH)				
ACTIVIDAD DE E.A.E.	**HACER**	**SABER**	**SER**	**TIEMPO**
Registrar el nombre general de la actividad de E.A.E.	Registrar las actividades específicas que se desarrollarán en el "Saber-Hacer" y el escenario de EAE por cada actividad.	Registrar las actividades específicas que se desarrollarán en el "Saber-Saber" y el escenario de EAE por cada actividad.	Registrar las actividades específicas que se desarrollarán en el "Saber-Ser" y el escenario de EAE por cada actividad.	Registrar el tiempo total de la actividad general de EAE. (XH)

Fuente: Los autores

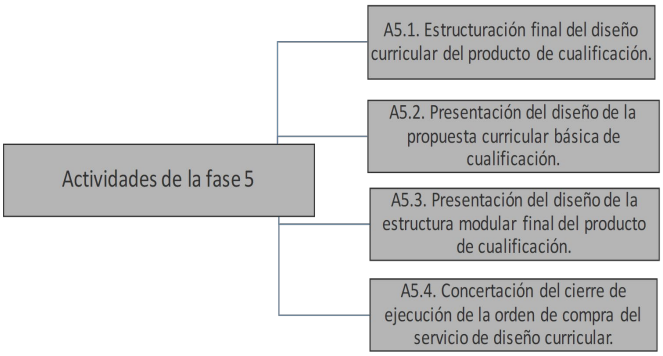


Figura 8. Fase 5-Estructuración final y socialización del diseño curricular
Fuente: Los autores

3.3.5. Fase 5- Estructuración final y socialización, del diseño curricular del producto de cualificación, teniendo en cuenta los requerimientos de la empresa interesada

En la Fase 5, se describe a continuación sus actividades planteadas en la Fig. 8.

La integración documental de la estructura modular (diseño curricular) descrita en la Fase 3 y la planeación de sus actividades de aprendizaje (desarrollo curricular) según la Fase 4, originan el producto final del diseño curricular, el módulo de cualificación. Esta integración coherente, de diseño y desarrollo curricular, definen gran parte del éxito del programa de cualificación.

Los componentes del módulo de cualificación se describen a continuación:

Nombre del módulo de cualificación; nombre de la empresa; nombre de la institución educativa; presentación del módulo de cualificación; problema a solucionar; objetivo del módulo; unidades de aprendizaje; actividades y escenarios, de enseñanza-aprendizaje-evaluación; medios y recursos; técnicas e instrumentos de evaluación; evidencias a construir; soportes metodológicos; tiempos de cualificación; unidad de aprendizaje 1- objetivo-resultados de aprendizaje y saberes-plan de resultados de aprendizaje; unidad de aprendizaje 2-objetivo-resultados de aprendizaje y saberes-plan de resultados de aprendizaje; ……; unidad de aprendizaje "n"-objetivo-resultados de aprendizaje y saberes-plan de resultados de aprendizaje; perfil de salida; tipo de certificación; cronograma de trabajo; bibliografía.

El producto diseño curricular, finalmente estructurado, debe ser entregado formalmente, y para esto se requiere la socialización de la estructura curricular básica y la estructura modular final. Como evidencia se documenta lo correspondiente a través del acta de reunión de concertación correspondiente al cierre de la "orden de compra" expedida en la Fase 1. Con esto se consigue transparencia institucional y construcción de credibilidad y confianza de las relaciones empresa-academia.

4. Verificación de la metodología en un caso de aplicación

La metodología se verifica en un caso de aplicación, específicamente en el diseño del programa de cualificación "Curso en Lubricación de Activos", el cual es un programa de alta demanda en la industria. El caso de aplicación se crea para la empresa (hipotética) denominada JCMAYO. Se realiza la verificación técnica y pedagógica de la metodología propuesta por parte de dos pares reales.

Como resultado final de esta fase se describen de forma general, en el presente artículo, las siguientes partes que conforman el módulo de cualificación; según la Tabla 4, partes A, B y C.

Tabla 4.
Parte A: partes del módulo de cualificación "lubricación de activos"

MÓDULO DE CUALIFICACIÓN: LUBRICACIÓN DE ACTIVOS
Institución educativa (Hipotética): INSTITUTO DE CAPACITACIÓN
Empresa (Hipotética): JCMAYO
Presentación del módulo: La lubricación de activos es de suma importancia en la conservación y funcionamiento eficiente de los sistemas mecánicos o que contengan algún mecanismo, impactando significativamente sobre los costos de producción de las empresas y originando, como consecuencia, efectos significativos en la productividad de los procesos de producción y en la competitividad de los mismos. Teniendo en cuenta la importancia de la lubricación y de acuerdo con las necesidades presentadas por la empresa JCMAYO, se ha diseñado el presente módulo de cualificación de operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, con el propósito de mejorar en ellos su desempeño en la función laboral "limpiar, lubricar y realizar el mantenimiento de la máquina" en la empresa JCMAYO. Este módulo es el medio que apoya el desarrollo del curso "lubricación de activos" mediante el cual se desarrollarán, en los operarios, las competencias laborales en lubricación de activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativa. En atención a las necesidades de la empresa JCMAYO, se ha tenido en cuenta como referente la NSCL "lubricar activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativa"; la cual fundamenta la estructura modular, que se describe a continuación.
Problema a solucionar: A continuación, se describe y formula el problema a solucionar. ***Descripción:*** Se requiere mejorar en los operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, de la empresa JCMAYO, su desempeño al ejecutar la función específica de "limpiar, lubricar y realizar el mantenimiento de la máquina"; mediante la mejora de sus competencias laborales en lubricación de activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativas. ***Formulación:*** ¿Cómo mejorar el desempeño laboral, de los operarios de equipos y sistemas de procesos industriales de la empresa JCMAYO, en la ejecución de la función "Limpiar, lubricar y realizar el mantenimiento de la máquina"; teniendo en cuenta la norma sectorial de competencia laboral "Lubricar activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativa"?
Objetivo del módulo: desarrollar competencias laborales en los operarios de equipos y sistemas de procesos industriales de la empresa JCMAYO, en lubricación de activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativa.
Identificación de unidades de aprendizaje: Con base en la NSCL, se identificaron las siguientes unidades de aprendizaje: UA1. Definición de recursos. UA2. Aplicación de lubricante. UA3. Validación de condición de lubricante.

Fuente: Los autores

Tabla 4.
Parte B: partes del módulo de cualificación "lubricación de activos"

MÓDULO DE CUALIFICACIÓN: LUBRICACIÓN DE ACTIVOS (Continuación)
Institución educativa (Hipotética): INSTITUTO DE CAPACITACIÓN
Empresa (Hipotética): JCMAYO
Actividades y escenarios de enseñanza-aprendizaje-evaluación: a continuación, se plantean los escenarios de aprendizaje y las actividades de EAE asignadas a cada escenario. ***Escenarios de aprendizaje:*** +AC: Aula de clase +TL: Taller o laboratorio +PP: Planta de producción +AI: Alternativo de trabajo independiente ***Actividades de EAE:*** +Fundamentación teórica y procedimental. (AC) +Práctica cognoscitiva. (AC); (AI) +Trabajo independiente. (AI) +Práctica motriz. (AC); (TL); (PP); (AI) +Gestión de la matriz de mejora. (AC); (TL); (PP); (AI) +Evidencias de conocimientos y desempeños. (AC); (TL); (PP) +Evidencias de integralidad. (AC); (TL); (PP); (AI) +Gestión de plan de mejora académica. (AC); (TL); (PP); (AI) +Gestión de plan de nivelación académica. (AC); (TL); (PP); (AI) +Evaluación diagnóstica inicial, intermedia y final. (AC) +Evaluación de la percepción inicial, intermedia y final. (AC) +Seguimiento inicial, intermedio y final. (ODP) +Observaciones ilustrativas y demostrativas. (TL); (PP) +Trabajo en equipo. (TL); (PP) +Rotación de trabajadores-estudiantes en práctica en la planta de producción. (AC) +Interpretación de NSCL. (AC)
Medios y recursos: para cada actividad de EAE se definieron los medios y recursos, teniendo en cuenta el escenario de aprendizaje (aula de clase, taller o laboratorio, planta de producción y escenario alternativo de trabajo independiente). No se detallan en el presente artículo.
Técnicas e instrumentos de evaluación: por cada actividad de EAE se definió su técnica de evaluación y su correspondiente instrumento de evaluación. No se detallan en el presente artículo.
Evidencias a construir: se definieron las evidencias de acuerdo con la NSCL: ***Evidencias de desempeño directo:*** según la NSCL estas evidencias se describen a continuación: disposición de superficies, almacenamiento de lubricantes y prueba de aceites. ***Evidencias de desempeño de producto:*** teniendo en cuenta la NSCL las evidencias de desempeño de producto son: activo con lubricante nivelado y orden de trabajo diligenciada. ***Evidencia de conocimiento:*** de acuerdo con la NSCL las evidencias de conocimiento son: sistemas de lubricación (clases, tipos, características, función, tiempos y mantenimiento; lubricantes (clases, modos de aplicación, características, propiedades, función, condiciones de mantenimiento y filtración).
Soportes metodológicos: Se definen las siguientes teorías, técnicas y estrategias, de aprendizaje; asignándole a cada una sus correspondientes actividades de EAE a través de las cuales se evidencian. No se detalla la asignación de cada AEA en el presente artículo. ***Teorías de aprendizaje:*** el constructivismo, el aprendizaje significativo, el aprendizaje autónomo y aprendizaje basado en competencias laborales. ***Técnicas de aprendizaje:*** aprendizaje en equipo y aprendizaje colaborativo. ***Estrategias de aprendizaje:*** aprendizaje basado en problemas y aprendizaje basado en proyectos.
Tiempos de cualificación: A continuación, se definen los tiempos requeridos para el desarrollo de las unidades de aprendizaje y el total del módulo. ***Total módulo: 152 h*** ***Unidad de aprendizaje – UA1. Definición de recursos (80h):*** Fundamentación teórica y procedimental (16h), práctica cognoscitiva (16h), trabajo independiente (8h), práctica motriz (40h). ***Unidad de aprendizaje – UA2. Aplicación de lubricante (36h):*** Fundamentación teórica y procedimental (7h), práctica cognoscitiva (7h), trabajo independiente (4h), práctica motriz (18h). ***Unidad de aprendizaje – UA3. Validación de condición de lubricante (36h):*** fundamentación teórica y procedimental (7h), práctica cognoscitiva (7h), trabajo independiente (4h), práctica motriz (18h).

Fuente: Los autores

Tabla 4.
Parte C: partes del módulo de cualificación "lubricación de activos"

MÓDULO DE CUALIFICACIÓN: LUBRICACIÓN DE ACTIVOS (Continuación)
Institución educativa (Hipotética): INSTITUTO DE CAPACITACIÓN
Empresa (Hipotética): JCMAYO
Unidad de aprendizaje – UA1. Definición de recursos: ***Objetivo:*** desarrollar competencias laborales en los operarios de procesos industriales, en definición de recursos, de acuerdo con los requerimientos de lubricación de activos, especificaciones técnicas y normativa. ***Resultados de aprendizaje y saberes:*** con base en la NSCL, se definen 9 resultados de aprendizaje y sus correspondientes saberes: saber-saber, saber-hacer y saber-ser. ***Plan de resultados de aprendizaje:*** teniendo en cuenta los resultados de aprendizaje, sus intensidades horarias y sus saberes, a lograr en la unidad de aprendizaje; se describen las actividades de EAE para cada saber: saber-saber, saber-hacer y saber-ser, mediante las cuales se logran los correspondientes resultados de aprendizaje.
Unidad de aprendizaje – UA2. Aplicación de lubricante: ***Objetivo:*** desarrollar competencias laborales en los operarios de procesos industriales, en aplicación de lubricantes, de acuerdo con los requerimientos de lubricación de activos, especificaciones técnicas y normativa. ***Resultados de aprendizaje y saberes:*** con base en la NSCL, se definen 4 resultados de aprendizaje y sus correspondientes saberes: saber-saber, saber-hacer y

saber-ser. ***Plan de resultados de aprendizaje:*** teniendo en cuenta los resultados de aprendizaje, sus intensidades horarias y sus saberes, a lograr en la unidad de aprendizaje; se describen las actividades de EAE para cada saber: saber-saber, saber-hacer y saber-ser, mediante las cuales se logran los correspondientes resultados de aprendizaje.
Unidad de aprendizaje – UA3. Validación de condición de lubricante: ***Objetivo:*** desarrollar competencias laborales, en los operarios de procesos industriales, en validación de condición de lubricante, de acuerdo con los requerimientos de lubricación de activos, especificaciones técnicas y normativa. ***Resultados de aprendizaje y saberes:*** con base en la NSCL, se definen 4 resultados de aprendizaje y sus correspondientes saberes: saber-saber, saber-hacer y saber-ser. ***Plan de resultados de aprendizaje:*** teniendo en cuenta los resultados de aprendizaje, sus intensidades horarias y sus saberes, a lograr en la unidad de aprendizaje; se describen las actividades de EAE para cada saber: saber-saber, saber-hacer y saber-ser, mediante los cuales se logran los correspondientes resultados de aprendizaje.
Perfil de salida: los operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, de la empresa, son más competentes en la "lubricación de activos de acuerdo con especificaciones técnicas y normativa"; originado mejores desempeños en el cumplimiento de su función laboral "limpiar, lubricar y realizar el mantenimiento de la máquina".
Tipo de certificación: los trabajadores-estudiantes que cumplan con los compromisos académicos y aprueben las evidencias requeridas por el curso de "lubricación de activos", recibirán una certificación de aprobación con una intensidad horaria de ciento cincuenta y dos (152) horas.
Cronograma de trabajo: se define el cronograma de trabajo (Diagrama de Gantt) programando los resultados de aprendizaje en función del tiempo. El cronograma no se detallado en el presente artículo.
Bibliografía: la bibliografía se define de acuerdo con los requerimientos de documentación del módulo. La bibliografía no se detalla en el presente artículo.

Fuente: Los autores

5. Conclusiones

Se ha propuesto una metodología de diseño curricular para programas de cualificación de operarios que utiliza competencias laborales y a la medida de las empresas. Esta metodología se construyó como un proceso basado en la norma NTC ISO 9001:2015. La metodología está compuesta por cinco fases articuladas entre estas. Cada fase de la metodología considera la concertación como un elemento fundamental en la construcción colectiva de los productos de cualificación de los trabajadores-estudiantes. Esta concertación permanente introduce, en los procesos de diseño curricular, significativos niveles de control oportuno el cual se traduce en mejora de la pertinencia, calidad y oportunidad, de los procesos de cualificación.

Pese a que la metodología propuesta se plantea específicamente en el contexto de la cualificación de operarios de equipos y sistemas de procesos industriales, ésta tiene aplicación en la cualificación de los trabajadores-estudiantes en otros cargos u ocupaciones. La metodología para el diseño curricular en mención, propicia una oportunidad de articulación e interrelación de la academia y el sector empresarial y organizacional, para generar reconocimiento del otro como aliado importante que posibilita la mejora continua de los procesos de producción en la empresa y de los procesos de EAE en la academia, en beneficio de la cualificación y formación de los trabajadores-estudiantes.

Un trabajo futuro es definir indicadores de referencia, de acuerdo con las particularidades de las empresas, en la implementación de la metodología de diseño curricular propuesta, que faciliten la medición del impacto de los procesos de cualificación de los trabajadores-estudiantes en la solución de los problemas específicos.

Referencias

[1] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Documentos de lineamientos de política pública MEN, Bogotá DC, [en línea]. 2016. Disponible en: https://q10academico.s3.amazonaws.com/405614869814/News/Bases%20politica%20Sistema%20Nacional%20de%20Educacion%20Terciaria.pdf

[2] Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Guía para la normalización de competencias laborales, Bogotá: SENA, [en línea]. 2016. Disponible en: http://compromiso.sena.edu.co/documentos/docs_pdf/1533222911_GICL-G-002_Gu%C3%ADa_para_Normalizaci%C3%B3n_de_Competencias_Laborales_V4.docx.pdf

[3] González-Ávila, L., Diseño y ajuste de programas de formación para el trabajo bajo el enfoque de competencias. en: Ministerio de Educación Nacional (MEN), Educación para el trabajo y el desarrollo humano, Documento N°6, [en línea]. 2008. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-157085_archivo_pdf.pdf

[4] Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES), Articulación de los diferentes actores del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo (SNFT), [en línea]. 2004, CONPES, Bogotá. Disponible en: http://seccl.sena.edu.co/Presentacion/Documentos/Normatividad/Conpes%20a%20publicar%20SECCL/CONPES%2081%20DE%202004%20consolidaci%C3%B3n%20del%20Sistema%20Nacional%20de%20Formaci%C3%B3n%20Para%20el%20Trabajo.pdf

[5] Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Guía para evaluar y certificar competencias laborales. Versión 5, [en línea]. 2018. SENA, Bogotá DC., 2018. Disponible en: http://compromiso.sena.edu.co/documentos/docs_pdf/1549663604_GCC-G-001_Gu%C3%ADa_para_Evaluar_y_Certificar_Competencias_Laborales_V5_(1).docx.pdf

[6] Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Clasificación Nacional de Ocupaciones (CNO), [en línea]. Diciembre de 2018. Disponible en: https://observatorio.sena.edu.co/Clasificacion/CnoDetalleDenominaciones?tags=9361#carac

[7] Organización Internacional del Trabajo (OIT), Recomendación 195, OIT, [en línea]. 2004. Disponible en: https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/edit/docref/rec195.pdf

[8] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Marco Nacional de Cualificaciones (MNC)-Colombia. Introducción al Marco Nacional de Cualificaciones. Eco Emprendedores Creativos SAS, Bogotá DC, Colombia, [en línea]. 2017. Disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-362828_recurso.pdf

[9] Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICNTEC), Sistema de Gestión de la Calidad (SGC)-Requisitos, Bogotá DC, ICONTEC, [en línea]. 2015. Disponible en: http://sigud.udistrital.edu.co/vision/filesSIGUD/SIGUD%202018/Normatividad/Norma%20Tecnica%20Colombiana%2C%20NTC%20ISO%209001%202015.pdf

[10] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Decreto 1075 de 2015, MEN, Bogotá DC. [en línea]. 2015. Disponible en: http://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/men/pdf/decreto_1075_de_2015.pdf

[11] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Decreto 1075 de 2015-Articulo N°2.6.4.8, numeral 6.6, Bogotá DC, [en línea]. 2015. Disponible en: http://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/men/pdf/decreto_1075_de_2015.pdf

[12] Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), Norma Técnica Colombiana NTC 5581-Programas de formación para el trabajo-Requisitos, numeral 4.4.4.5, Bogotá DC, ICONTEC, [en línea]. 2011. Disponible en: https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5581.pdf

[13] Ministerio de Educación Nacional (MEN), Decreto 1075 de 2015-Artículo 2.6.4.1, Bogotá DC, [en línea]. 2015. Disponible en: http://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/men/pdf/decreto_1075_de_2015.pdf

[14] Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Sistema Integrado de Gestión, Formato Norma Sectorial de Competencia Laboral-NSCL 280501172, SENA, Bogotá DC, [en línea]. 2018. Disponible en: file:///D:/Mis%20Documentos/Downloads/220501053.pdf

[15] Betancourt-Jaimes, R., Guevara-Murillo L. y Fuentes-Ramírez, E., El taller como estrategia didáctica, sus fases y componentes para el desarrollo de un proceso de cualificación en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) con docentes de lenguas extranjeras. Caracterización y Retos, Bogotá DC, [en línea]. 2011. Disponible en: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/7927/T26.11%20B465f.pdf

[16] Rodríguez-Palmero, M., La teoría del aprendizaje significativo, Santacruz de Tenerife, [en línea]. 2004. Disponible en; https://www.google.com/search?q=doi+de+M.+Rodr%C3%ADguez-Palmero%2C+La+teor%C3%ADa+del+Aprendizaje+Significativo%2C+Santacruz+de+Tenerife%2C+2004.&rlz=1C1CHBF_esCO808CO808&oq=doi+de+M.+Rodr%C3%ADguez-Palmero%2C+La+teor%C3%ADa+del+Aprendizaje+Significativo%2C+Santacruz+de+Tenerife%2C+2004.&aqs=chrome..69i57.12005j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8

J. Cuesta-Mena, recibe el título de Ing. Electricista, en 2004, de la Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia; Esp. en Gerencia de Instituciones Educativas, en 2015, de la Universidad del Tolima, Colombia en convenio con la Institución Universitaria Antonio José Camacho, Santiago de Cali, Colombia; Esp. en Sistemas de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, en 2017, de la Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia; actualmente candidato a MSc. en Ingeniería-Énfasis en Ingeniería Eléctrica, Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. Trabajó durante 35 años como instructor de electricidad industrial y metodólogo de normalización de competencias laborales, en el Servicio Nacional de Aprendizaje-SENA, Santiago de Cali, Colombia. Desde el año 2008 ha desempeñado los cargos de director del Centro de Formación Técnica Laboral, docente y actualmente es el director de Proyección Social, de la Institución Universitaria Antonio José Camacho, Santiago de Cali, Colombia.
ORCID: 0000-0002-4563-5945

M.L. Orozco-Gutiérrez, recibió sus títulos de Ing. Electrónica y de MSc. en Control Automático de la Universidad del Valle, Cali, Colombia, en los años 2000 y 2005, respectivamente. En 2007, se hizo profesora asistente en la Universidad del Valle. En 2016 obtuvo sus títulos de Dra. en Ingeniería (énfasis en electricidad y electrónica) y de Ing. de la Información de la Universidad del Valle y la Universidad de Salerno, Italia. Sus actividades de investigación se desarrollan en los campos de diseño, modelado, simulación y control de sistemas electrónicos de potencia y sistemas fotovoltaicos.
ORCID: 0000-0002-5458-2427

E. Franco-Mejía, recibió los títulos de Ing. Electricista, de MSc. en Automática y de Dr. en Ingeniería de la Universidad del Valle, Cali, Colombia, en 1991, 1994 y 2007, respectivamente. Actualmente es profesor de tiempo completo en la Universidad del Valle. Sus intereses de investigación actuales incluyen aplicaciones de control industrial y aplicaciones de modelado en control.
ORCID: 0000-0003-4045-3808

Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Revista Educación en Ingeniería
http://www.educacioneningenieria.org

Video games to learn programming

Jorge Iván Fuentes-Rosado

Academia de Ingeniería en Sistemas, Instituto Tecnológico Superior Progreso, Progreso, Yucatán, México. jfuentes@itsprogreso.edu.mx

Abstract— In this paper I present three environments for learning programming. These platforms utilize puzzles to engage users to solve them, making the users to code the avatar's "intelligence" or in some cases, coding the video game itself. Some platforms create links between the industry and their users, allowing the employers to see the performance and offering them job positions as software developer.

Keywords— video games; learning management systems; software developers.

Recibido: 29 de marzo de 2019. Revisado: 26 de junio de 2019. Aceptado: 17 de Julio de 2019.

Video juegos para aprender a programar

Resumen— En este artículo se presentan tres plataformas de video juegos cuyo objetivo en enseñar a los infantes a programar. Estas plataformas emplean actividades que se basan en la solución de acertijos, donde la usuaria puede programar la "inteligencia" del avatar en el juego, hasta la lógica del video juego. De acuerdo al tipo de usuario, las plataformas ofrecen a las empresas la posibilidad de ver el rendimiento de los usuarios para ofrecerles empleo como desarrolladores de software.

Palabras Clave— video juegos; plataforma educativa; aprender a programar.

1. Introduction

The mind behind computer application is a software developer. Software developers are magicians who tell computer what to do. A software developer analyzes user's needs, design, develop and test a solution to those needs using the best engineering process to ensure quality.

According to U.S. Department of Labor [1] software developers' jobs will grow faster than any other occupation in US. Department of Labor predicts that all industries will need and use a software solution [1]. Society is changing in this century, and jobs are doing too. Society is no longer waiting for consumers but also producing them. Business are creating new needs to be satisfied than before we, as individuals, did not have.

Gaming is a medium that encourages interaction, discovery, and trial-and-error. A good game challenges the player to master skills over time, which is the same critical process students go through as they learn (Starr, 2018). Games excel at rewarding "productive struggle" the kind of struggle that results in learning, that is engaging and motivating, not tedious [2].

1.2. Software developers skills

There are several skills required to be a software developer. These skills are attention to detail, Logical and Structured Thinking, solving problem and technical skills like knowing a programming language, data structures knowledge among others.

Logical and Structured Thinking is one of the mainly skills needed to this job. This skill is related with the ability to solve problems in an organized way. We solve problems every day, like making a sandwich, but if we take time to think what are all the steps included in this task we can be surprised, but what if we need to tell a computer to make a sandwich, we need to tell all the steps and we have to be sure all steps are covered. When we are coding a new software solution we need to tell all steps to solve a problem to the computer. The computer will follow all the instructions without asking if it is right or not (This paper does not include new advances in Artificial Intelligence). Having a Logical Thinking and organized allow us to think how the steps will be executed, we do not put mayo if we do not have the bread first. If we want to delete a record in a database we need to be sure we have the record we want to delete and be sure that record exists in the database.

There is a saying, "The devil is on the details". Attention to detail is another skill we need to have or develop in order to be a successful software developer. Let's retake the sandwich example, if we ignore expiration date of the ingredients this sandwich could be ruined. We do not want to ruin a good software solution because we forget that a division can't be done if the divisor is zero. We need to think in most of the ways this software can be used or fail and try to catch or block those incorrect paths.

Logical, Structured thinking and Attention to details are skills needed to solve problems. Solving a problem in software engineering is different to other fields. When we are coding most of the time we are the one creating the algorithms to be executed by the computer and that algorithm should solve the problem. Even though there is something called software engineering, that is the process of applying engineering into software, when we are actually dealing in the routine to solve something we are the ones who are writing detailed instructions for the computer.

Technical skills like data structures, databases or a programming language are important, these skills can be developed studying a computer science curriculum during

Como citar este artículo: Fuentes-Rosado, J.I., Video games to learn programming. Educación en Ingeniería, 14(28), pp. 119-123, Marzo - Julio de 2019.

© Los autores; licenciado a ACOFI.

college. Industries are not worried about any particular programming language because if a person has logical and structured thinking, attention to details, data structure, some data base knowledge and knowledge in any programming language it is easy to move or learn a new one.

1.2. Video Games and skills development

Video Games have been on the sight of many researches either way to talk about how bad are or how they can be used to develop some skills. There are video games or simulations to help surgeons to improve their abilities on surgeries [3], or rescue training [4].

Psychology and Education researchers have identified some skills that can be developed or improved for playing video games. Video Games can reinforce executive functions such as planning, organization, solving problems, working memory and decision making [5]. Expert Gamers can track moving objects more precisely and perform better in task with visual-short memory [6]. According to Dye et. al. video game play improves attentional resources, allowing gamers to better allocate their attention across both space and time [7]

Planning helps to think about something before doing it, complete a project on time, do things step-by-step. Kulman in [8] define a set of skills related to planning like Setting goals, there are many video games that make gamers to figure out what do in order to achieve something in the future [8]. For example, *Age of the Empires*, players must analyze situations to think what is best for their cities, like, getting more metal, wood, attack other cities, etc. Another skill that is part of planning is sequencing and ordering skills, for example, in *Where is my water*, the gamer has to come up with the best steps to make the water run into *swampy's* pipes. Other skill defined by Kulman is understanding both short-term and long-term goals, in *Tetris*, a gamer could be thinking in removing one line but if she organizes blocks in a way she could remove several lines at the same time. Prediction and foresight. Part of planning is being able to estimate possible outcomes. While no one can predict the future, the ability to identify the most important issues helps in knowing what happens next. Strategy games such as *StarCraft II* practices this, like when choosing what upgrades to buy first, deciding how to reinforce their defenses or estimating the angle from which the enemy will attack [8].

Decision Making refers to choose among a list of options one. Bluelow mentioned in her work people who have played several hours before a gambling game they tend to be more impulsive in their decision-making process, they prefer small instant reward than bigger and distant rewards from those people without playing video games before gambling [5]

2. Gamifying projects to learn programming

As I portrait in the previous sections there is an overlap between the skills needed to develop code and the skill than can be developed by playing video games. This theoretical correlation has led to create several community projects related to play video games while programming. In this section I review three projects: One hour of code initiative, Code Combat and CodinGame.

2.1. One hour of code initiative

Code.org is a non-profit organization advocating to teach computer science among children and underrepresented minorities. According to its website, from the population of students they have, 45% are girls, 48% belongs to a underrepresented minority and 49% are on free or reduce meal [9]. They proclaim: "Code.org increases diversity in computer science by reaching students of all backgrounds where they are — at their skill-level, in their schools, and in ways that inspire them to keep learning."

They offered a set of courses organized in three categories, Grades K-5, Grades 6-12 and University+. For Grades k-5 they have two courses, Course A: Introduction to Computer Science for Pre-readers, for students between 4 and 7 years old, Course B: similar to the previous course but with more variety for older students for students between 5 and 8 years old, Course C: Learn the basics of computer science and create your own art, stories, and games, for students between 6 and 10 years old. Course D: Quickly cover concepts from Course C, then go further with algorithms, nested loops, conditionals and more, for students between 7 and 11, Course E: Quickly cover concepts in Course C &D and the go further with functions, for students between 8 and 12, and the last course, Course F: Learn all the concepts in Computer science Fundamentals and create your own art, story or game, for students between 9 and 13 years old. They also offer two express courses, for kindergarten and first grade students (4-8 years old) and a second one for older students (9-18 years old). In case of Grades 6-12, they are mainly focused in Javascript, HTML and CSS, and they have three categories, "App Lap", "Game Lap" and "Web Lap". App Lap, allows students to code with blocks or Javascript and they have the possibility to share their work. Game Lab, as they say, it is a more challenging environment where students can make animations and game with characters. Web Lab is for students who want to create websites with HTML and CSS. For University+ code does not offer any activities so far, but they suggest specific online free courses in different universities.

Code.org offers all created material, like tutorials, videos under Creative Commons license. All material can be accessed and used freely on non-commercial purposes.

Figure 1. Index page of Code.org
Source: [9]

2.2. Code combat

"Our mission: make programming accessible to every student on Earth" [2]. I wanted to start the section of *Code Combat* with their mission, because it provides a clear idea about what I write. *Code Combat* is a community project with hundreds of players and volunteering to create levels, testing, fixing bugs and translate in order to achieve the goal. *Code Combat* has been translated to 50 languages so far. Keeping the idea of community this project is open source, code and art can be downloaded from their github repository. *Code Combat* has two programming languages to learn and practice so far, Python and Javascript.

Code Combat, at codecombat.com, allows three different users, teachers, students and unregistered participants. As a Teacher, we can create a class for students. We can choose the programming skill's level of the students in a class. This level goes from no experienced to advanced. It is optional to write the range of age of the students. Once the class is created according the platform provides you with a set of activities for the students enrolled in the class. As a student, we can enroll into a specific class with a specific curriculum.

Code Combat offers three curriculums organized by levels. Computer science, Web development and Game development. Computer Science offers six different levels that goes from learning the basic concepts of a language, to more advanced algorithms, data structures, and computation. Web development has two levels starts with an introduction to HTML and CSS to finish writing scripts to make interactive webpages. Game development has three levels to learn Basic Syntax, Arguments, Place game objects, Construct mazes, Create a playable, sharable game projects.

The game start choosing an avatar for the game. It provides with a puzzle to solve and a list of methods that can be used to solve it. In the right of the view we can see the puzzle to solve, in the center of the view a menu with the methods and on the left the IDE to write code. In the bottom part of the IDE there is a button run to execute the code and see how the puzzle is solved with the instructions/code we can write.

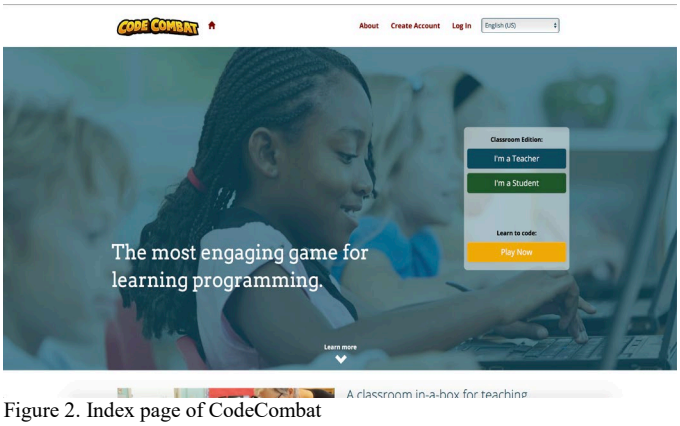


Figure 2. Index page of CodeCombat
Source: [10]

2.3. CodinGame

"It has never been so exciting to be a programmer", [11]. As a programmer I can only agree with this quote from one of the creators of *CodinGame*. Nowadays being a programmer represents not only a job, but also a hobby. As I presented in previous sections, programming requires many skills that can be used in our daily life including in work, but sometimes at the beginning of this career it can be overwhelming. Programming languages and paradigms move so fast and keeping track of them is hard to do. *CodinGame* tries to help to programmers no matter the level to improve their skills presenting an easy way to do it.

CodinGame is an online platform to code on real time video games. The platform presents a history and explain the input you will have and the output they expect, if you can solve the puzzle they ask you to write actual and real code in a programming language you can see how your code affects the output of the video game. *CodinGame* has 26 programming languages to be used, like python, c, c++, java, go, JavaScript, among others. It offers a Linux environment with a 64bit multi-core architecture with 768MB of memory.

When you open www.codingame.com you see a set of videos and code inviting you to step up your coding game. The platform provides a go through tutorial, where it shows the general structure of a game. A game o puzzle to solve comes with a background story to set the mood for the game. It provides the necessary information to solve your mission, examples of this information are: the input, expected output format, and sometimes, it gives you variable names to be used in your code. You can select a programming language to use to code your answer. An experienced programmer could think in the advantages of using a particular language in particular missions, however, all the provided compilers are of general purpose. Once you have selected the language to use, it is time to code, the platform provides you with a method signature for the function you have to code, with all the needed parameters, you can't change any parameters. After finishing you code, you have a set of test cases to verify how your solution works in different environments of the mission. This is when magic happens, you can see you code acting in the video game. The last part, after clearing all test cases, is submitting your code to keep record of your progress.

When you log into the system, it offers you four options: Practice, Compete, Contribute and Learn. It provides a general

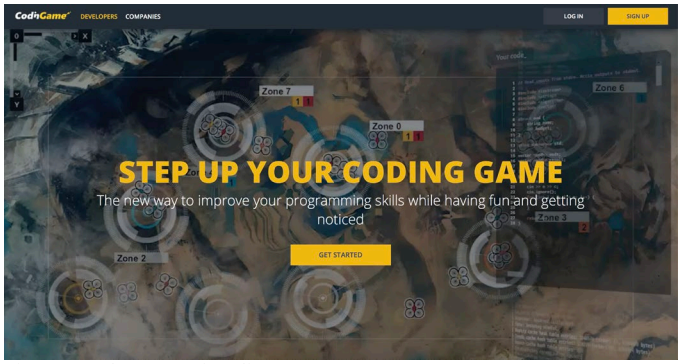


Figure 3. Index Page of CodinGame
Source: [11]

message board where you can chat with other users. Practice view is organized in six sections, easy, medium, hard, very hard, community puzzles, and machine learning. Easy puzzles are meant to help users to remember or learn basic programming concepts like loops, hash tables, conditions, arrays, string management, etc. Medium Puzzles help you with more complex data structures like list, graphs, trees, and some specific algorithms like BFS, DFS, etc. In Hard puzzles, missions require a better understating of algorithms and specific complex solutions like path finding, back tracking, greedy algorithm, etc. In very Hard Problems you can find problems related to cryptography, binary search, recursion, memoization, dynamic programming, pattern recognition, etc. Community puzzles are created and shared by others users. The last section is Machine Learning, it requires tensor flow library.

CodinGame is an online platform to help programmers no matter the level of expertise to practice, learn and have fun at the same time. Time to time *CodinGame* and its community open contest to participate among other programmers into missions. These missions can be coding bots to protect or attack your adversaries. It can be solutions that requires your bot to optimize or find the shortest path before other users for example. *CodinGame* contests are online programming competitions, where software developers / programmers from all over the world can compete for fun, or to get in contact with companies they like and that are recruiting. *CodinGame* consist in developing computer programs to solve complex problems in a limited time.

The goal of the platform is not only to provide a funny way to learn, practice, and improve programming skills but also to help participants and employers to contact each other for consideration. Employers can see the performance of the participants they want and communicate with them for further interviews if participant wants it. *CodinGame* provides a showcase for programmers no matter they level of education. It is a way to close the bridge between employers and candidates.

3. Analysis and comparison

I presented three platforms for solving video games puzzles. Three of them provide puzzles and a run button to see how the written code is affecting the video game. The Three of them are free to use and have an organized way to use it. However, *Code* and *Code Combat* are focused into having a school curriculum and can be used in a computer science class, while *CodinGaming* is an open platform focused more in programmer that might not attend to school.

CodinGame offers more programming languages of the three, with 26 compilers available on its core. *Code Combat* offered 2 languages, python and javascript while *Code* offers drag and drog programming for kids who do not know how to write.

CodiGame has an extra aim, that is closing the gap between employers and employees by having the possibility to have the user performance while *Code* and *Code Combat* aim is to teach computer science to kids and students. This difference is show on the views, while *CodinGame* has a dark pallet of colors as shown in Fig. 3. In the other hand *Code* and *Code Combat* have a clear one as we can see on Figs. 1 and 2 respectively.

4. Conclusions

Software development skills are a must have requirement in most job positions currently. Not only because It allows people to write their own scripts to solve problems but also programming create a new way to solve problems.

Nowadays It is easy to have access to best universities courses online, but sometimes having a class is not enough. The initiative to create video games to improve coding skills create this agency effect on interested people on programming.

The platforms I presented here have a clear goal, to help people to learn how to program and to improve their skills if they have. However, If the reader is interested in practicing programming for interviews, there are other kind of sites where you can practice and test her skills with real or alike interview questions. These websites like, https://coderbyte.com/, https://leetcode.com, https://codefights.com offers a set of questions with answers and an online compiler to test the solution.

Bibliography

[1] U.S. Department of Labor, Occupational Outlook Handbook, Software Developers, April 2018. [Online]. Available at: https://www.bls.gov/ooh/computer-and-information-technology/software-developers.htm.

[2] Starr, M., CodeCombat: learn to code through dungeon crawling, April 2018. [Online]. Available at: https://www.cnet.com.au/code-combat-teaches-you-to-code-through-dungeon-crawling-339346652.htm.

[3] Rosser, J.C., Lynch, P.J., Cuddihy, L., Gentile, D.A., Klonsky, J. and Merrell, R., The impact of video games on training surgeons in the 21st century, Archives of surgery, American Medical Association, 142, pp. 181-186, 2007. DOI: 10.1001/archsurg.142.2.181.

[4] Fanfarov'a, A. and Marivs, L., Simulation tool for fire and rescue services, Procedia Engineering, 192, pp. 160-165, 2017. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.06.028.

[5] Buelow, M.T., Okdie, B.M. and Cooper, A.B., The influence of video games on executive functions in college students, Computers in Human Behavior, 45, pp. 228-234, 2015. DOI: 10.1016/j.chb.2014.12.029.

[6] Boot, W.R., Kramer, A.F., Simons, D.J., Fabiani, M. and Gratton, G., The effects of video game playing on attention, memory, and executive contro, Acta Psychologica, pp. 387-398, 2008. DOI: 10.1016/j.actpsy.2008.09.005.

[7] Dye, M., Green, C. and Bavelier, D., The development of attention skills in action video game players, Neuropsychologia, 47, pp. 1780-1789, 2009. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.02.002.

[8] Kulman, R., Five ways that video games teach planning skills, Learning Works for Kids, LearningWorks, [online]. Available at: http://learningworksforkids.com/2012/05/five-ways-that-video-games-teach-planning-skills/.

[9] Code, Code, Code, 04 2018. [Online]. Available at: code.org. [Last access: 04 2018].

[10] Code Combat, Code Combat, [Online]. Available at: https://codecombat.com. [Last access: 1 04 2018].

[11] CodinGame, Play with programming, [Online]. Available at: https://www.codingame.com. [Last access: April 2018].

[12] Griffiths, M.D., The educational benefits of videogames, Education and Health - Schools Health Education Unit, 20, pp. 47-51, 2002.

[13] Mack, D.J., Wiesmann, H. and Ilg, U.J., Video game players show higher performance but no difference in speed of attention shifts, Acta Psychologica, 169, pp. 11-19, 2016. DOI:10.1016/j.actpsy.2016.05.001

J.I. Fuentes-Rosado, recibió el título de Lic. en Ciencias de la Computación en 2006 de la Universidad Autónoma de Yucatán, 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. Fue líder de la línea de investigación "Desarrollo de Tecnologías de la Información y Comunicación". Actualmente se encuentra trabajando en la obtención del grado de Doctor en Ciencias de la Computación, en Texas A&M University, Estados Unidos de América. Sus intereses investigativos incluyen: aprendizaje máquina para procesos de optimización, innovación educativa, inteligencia artificial, bioestadística, bioinformática, machine learning.
ORCID: 0000-0002-3079-2323