



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Uso de práctica reflexiva en la evaluación del aprendizaje: Caso Emprendimiento Sostenible con Impacto Social

Homero Murzi

**Virginia Tech
Blacksburg, Estados
Unidos**

**María Catalina Ramírez
C., Daniela García S.,
Ángela María Villa**

**Universidad de los
Andes
Bogotá, Colombia**

**Sergio Felipe Galindo
Gómez**

**Corporación Universita-
ria Minuto de Dios
Bogotá, Colombia**

Resumen

Recientes llamados a la transformación de la educación en ingeniería han motivado a re-pensar no solo el diseño instruccional de los cursos de ingeniería, sino también la manera en que se evalúan los aprendizajes obtenidos por los estudiantes. El curso de Ingenieros sin Fronteras Emprendimiento Sostenible con Impacto Social: Caso Cundinamarca fue desarrollado intencionalmente para exponer a los estudiantes al desarrollo de proyectos enfocados en resolver problemas reales involucrando los principales actores (la comunidad). Los estudiantes desarrollaron propuestas de solución en conjunto con los miembros de las comunidades. El propósito era que las soluciones tuvieran un fundamento importante de sostenibilidad y una proyección de emprendimiento a futuro. Para evaluar el aprendizaje, los estudiantes trabajaron en equipos -incluyendo miembros de la comunidad- y siguieron el Modelo de la Ruta de Innovación Social del Parque Científico de Innovación Social de UNIMINUTO - PCIS. De la misma manera, los grupos realizaron presentaciones, bitácoras de investigación (estudiantes de pre-grado), revisión de la literatura (estudiantes de post-grado), desarrollaron un reporte usando los formatos de la Ruta de Innovación Social, y desarrollaron prácticas reflexivas individuales. Este trabajo se enfoca en reportar el análisis de las prácticas reflexivas. Los datos de las reflexiones individuales fueron analizados de manera cualitativa utilizando un proceso de análisis temático. Los resultados principales explican el impacto de la autorreflexión en el proceso de aprendizaje y co-diseño con impacto social.

Palabras clave: práctica reflexiva; sostenibilidad; aprendizaje basado problemas; análisis cualitativo

Abstract

Recent calls to transform engineering education have prompted discussions around different instructional design of engineering courses and the way learning outcomes are assessed. The Engineers without Borders course: Sustainable entrepreneurship with social impact: Cundinamarca case study was developed intentionally to expose students to interact with real actors (the community) to develop a project focused on solving some of their issues. Students developed proposals in participation with members of the community. The purpose was to provide solutions that had a sustainability lens and a path to a future entrepreneurial endeavor. Learning was assessed using team projects (which included members of the community as part of the team) that followed the Social Innovation Route developed by PCIS. Similarly, teams did presentations, literature reviews, literature annotation, a report using the model developed in the route, and a reflective journal following different prompts. Data from reflective journals were analyzed qualitatively using thematic analysis. The main results explain the impact of self-reflection in the learning process and co-design with social impact.

Keywords: *reflective practice; sustainability; problem based learning; qualitative analysis*

1. Introducción

Recientes llamados a la transformación de la educación en ingeniería han motivado a re-pensar no solo el diseño instruccional de los cursos de ingeniería, sino también la manera en que se evalúan los aprendizajes obtenidos por los estudiantes. Parte del problema es que los programas de ingeniería aún tienen retos para capacitar a estudiantes que estén preparados para afrontar las complejidades de los requerimientos y las necesidades actuales de las organizaciones. El desarrollo de competencias profesionales en futuros ingenieros es cada vez más relevante y necesario. Dicho desarrollo debe balancearse con el desarrollo de competencias técnicas las cuales son igualmente importantes, por ende, muchos programas se están enfocando en el desarrollo de pensamiento socio-tecnológico.

Diferentes teorías de aprendizaje señalan la importancia de los procesos meta-cognitivos y de aprendizaje auto-dirigido para desarrollar aprendizaje profundo, adaptable, y transferible. Esto incluye tener la oportunidad de que los estudiantes contextualicen lo que están aprendiendo y lo logren conectar con sus realidades y experiencias previas. Por lo tanto, es muy importante -sobre todo en la educación en ingeniería- incorporar prácticas pedagógicas que incluyan oportunidades para que los estudiantes realicen estos procesos de aprendizaje meta-cognitivos y de auto-reflexión. El curso de Ingenieros sin Fronteras Emprendimiento Sostenible con Impacto Social: Caso Cundinamarca (explicado en más detalle en la siguiente sección) fue desarrollado intencionalmente para exponer a los estudiantes al desarrollo de proyectos enfocados en resolver problemas reales involucrando los principales actores (la comunidad). El propósito de este trabajo es reportar resultados preliminares de nuestro análisis de las prácticas reflexivas realizadas por los estudiantes del curso y exponer los temas principales que emergieron de esta data. La intención no solo es describir la experiencia de los estudiantes en un curso desarrollado con un enfoque de aprendizaje experiencial y basado en problemas, sino también identificar el nivel de profundidad con él.

2. Fundamentos teóricos

El estudio fue desarrollado utilizando dos marcos teóricos -aprendizaje experiencial y aprendizaje basado en problemas- que sirvieron como guía en el desarrollo del proceso de recolección y análisis de la data, así como también influyó en el desarrollo de la estructura del curso. Nuestro diseño instruccional estuvo fundamentado en la teoría de aprendizaje experiencial (Kolb, 1984). Este modelo presenta un ciclo de cuatro etapas por medio de las cuales la gente obtiene experiencias únicas que luego son traducidas en aprendizaje (Kolb, 1984; Passarelli & Kolb, 2012). En la primera etapa, el estudiante “hace” algo que se describe como una *experiencia concreta*. A partir de esto, el estudiante realiza una *observación reflexiva* (segunda etapa) sobre lo que sucedió y experimentó. Estas observaciones sirven como la base de la tercera etapa, la *conceptualización abstracta*, en la cual el estudiante desarrolla algunas generalizaciones sobre la experiencia. Finalmente, el estudiante aplica estas generalizaciones de una forma que puede ser adaptada a diferentes contextos, de esta manera es posible desarrollar nuevas percepciones sobre cómo actuar en el futuro. Dichas percepciones son probadas con *experimentación activa*. Es importante destacar que no siempre este proceso es lineal o estático, por el contrario, es un proceso dinámico que no necesariamente tiene un orden específico y puede tener muchas interacciones. El modelo de aprendizaje experiencial se puede observar a la izquierda en la figura 1.

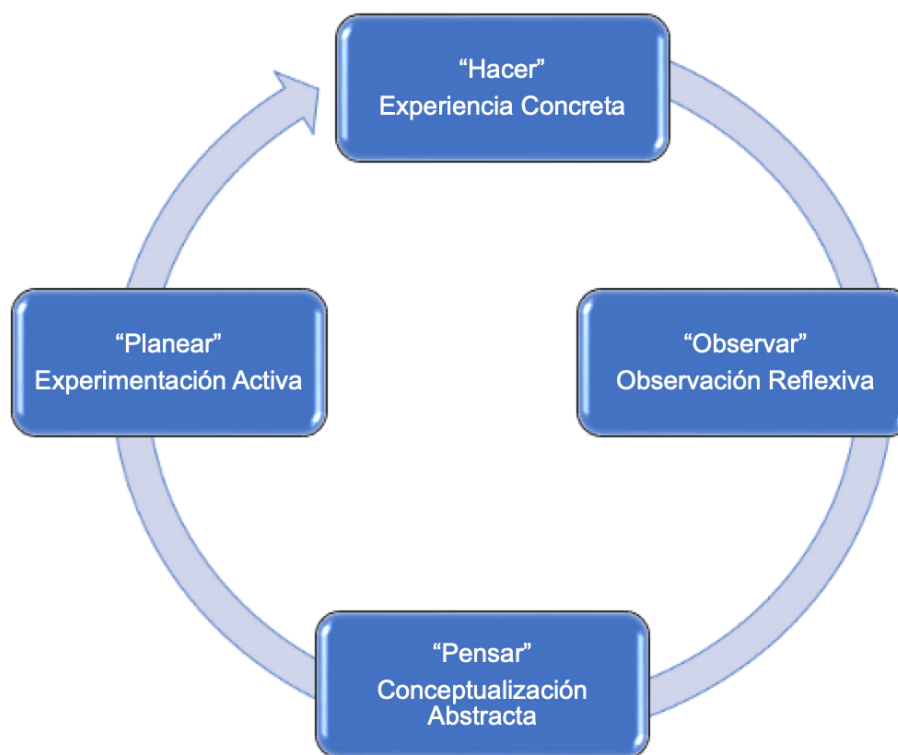


Fig. 1. Modelo de Aprendizaje Experiencial. Adaptado de Kolb (1984)

La teoría de aprendizaje experiencial ha sido utilizada como lente comúnmente para describir e investigar aprendizaje en estudiantes, sobre todo en cursos de ingeniería que incluyen una intervención específica. Esta teoría es apropiada en nuestro contexto ya que uno de los objetivos del curso fue exponer a los estudiantes a trabajar e interactuar con un cliente real en una comunidad

real y tratar de resolver algunos de sus problemas. Igualmente, este modelo teórico es apropiado cuando se quiere entender los niveles de reflexión que tienen los estudiantes (Ogden, 2015; Passarelli & Kolb, 2012). Las características de nuestra data, y los diferentes guiones de reflexión utilizados fueron desarrollados intencionalmente para incluir todos los pasos del ciclo del aprendizaje experiencial. A pesar de que generalmente este modelo es aplicado en investigación en educación en ingeniería cuando los estudiantes realizan proyectos que requieren de la creación o el diseño de un producto, consideramos que el modelo es aún pertinente en nuestro contexto debido a que los estudiantes estaban proponiendo un producto o servicio que resolviera un problema real para la comunidad. Las interacciones que ellos tenían con los clientes reales promovieron ese aspecto de observación, conceptualización y experimentación.

El segundo modelo teórico que influyó en este trabajo fue el aprendizaje basado en problemas. Bonwell & Eison (1991) definen el aprendizaje activo como una metodología instruccional que motiva a los estudiantes a participar activamente -más allá de escuchar pasivamente- en el proceso de enseñanza aprendizaje. El aprendizaje activo generalmente es presentado en la literatura como lo opuesto a la enseñanza tradicional donde un instructor imparte su conocimiento y presenta información mientras los estudiantes toman nota y escuchan con mínima participación en el proceso. En esta versión, los estudiantes no solo participan activamente, sino que también reflexionan activamente en las actividades que son introducidas en el aula de clase. Bonwell & Eison, (1991) plantean que la capacidad de atención de un estudiante se minimiza luego de diez minutos de escuchar sin interactuar. Por ello, ofrecer experiencias de aprendizaje activo donde los estudiantes se involucran con el proceso de aprendizaje experiencial es importante y una parte clave del aprendizaje activo que ha sido demostrado que tiene un impacto positivo. Al participar activamente, los estudiantes pueden lograr desarrollar los objetivos de aprendizaje deseados de una manera efectiva, esto ha sido demostrado extensivamente en la investigación de educación en ingeniería (Bonwell & Eison, 1991; Prince, 2004; Terenzini, Cabrera, Colbeck, Parente, & Bjorklund, 2001).

Uno de los enfoques del aprendizaje activo que es particularmente importante es el aprendizaje basado en problemas (PBL por sus siglas en inglés). En los modelos con enfoques PBL, los estudiantes reciben un problema relevante y real, que deben resolver durante la clase o durante un semestre entero. Prince y Felder (2006) explican que utilizar problemas reales, en contextos complicados y sin una ruta clara o de fácil solución, ofrecen a los estudiantes una oportunidad única de experimentar lo que es trabajar en un proyecto que refleja los problemas que enfrentarán en su futuro profesional. Generalmente, los estudiantes trabajan en equipo y deben identificar sus propias necesidades de aprendizaje para resolver el problema y poder desarrollar una solución que es viable, que considera el contexto, y que perdura en el tiempo. Los profesores, por su parte, actúan como facilitadores y como personas claves para facilitar la información necesaria para el desarrollo exitoso de sus proyectos (Prince, 2004; Prince & Felder, 2006; Lamancussa, Zayas, Soyster, Morell & Jorgensen, 2006). Un aspecto que el PBL enfatiza es la importancia de entender el problema por completo -y obtener la mayor cantidad de datos posible- antes de tratar de resolverlo. También es importante durante este proceso definir los límites del problema. Luego se procede a experimentar activamente (en línea con aprendizaje experiencial), reflexionar y evaluar el proceso. El aprendizaje obtenido en este proceso ha demostrado tener un impacto a largo plazo (Ellmers & Foley,

2007). De igual manera, Roselli & Brophy (2018) explican la importancia de proveer a los estudiantes con la oportunidad de interactuar con expertos sobre el problema cuando se desarrollen modelos de PBL. En nuestro contexto, todos los equipos de trabajo tenían miembros de la comunidad como participantes, quienes tenían experiencia de primera mano con los problemas que estaban tratando de resolver y a su vez servían como expertos dentro de los equipos.

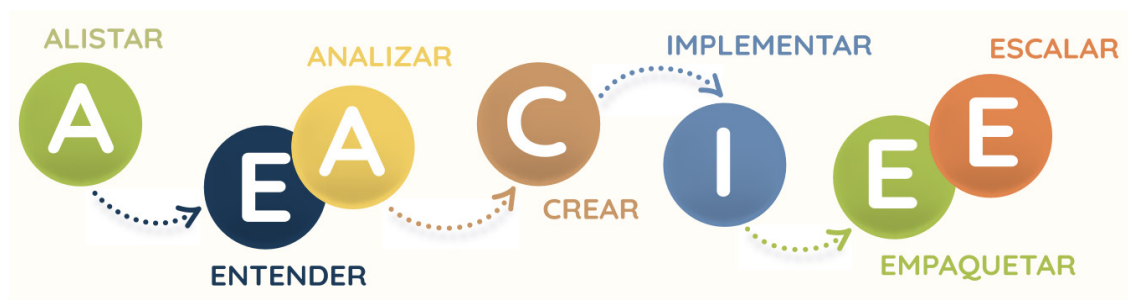
PBL ha sido implementado extensivamente en educación en ingeniería como una práctica pedagógica que genera pensamiento crítico, desarrollo de habilidades de resolución de problemas, y otras competencias técnicas y profesionales en los estudiantes. PBL ofrece ventajas significativas por la capacidad de adaptar diferentes competencias en diferentes contextos que es uno de los procesos de aprendizaje más deseados en ingeniería. Sin embargo, Yadav et al. (2011) explica que los modelos PBL no solo tienen beneficios, sino también tienen algunos retos. Los autores explican la importancia de proveer el soporte necesario e implementar evaluación continua para obtener la mejor experiencia. Como se puede observar, PBL no solo promueve aprendizaje duradero y profundo, o desarrolla competencias deseadas en los estudiantes, sino que también provee estudiantes con una experiencia de aprendizaje diferente que los motiva a entender su propio proceso de aprendizaje y a ser responsables por dicho proceso. Adicionalmente, uno de los aspectos más enriquecedores de PBL es cuando el mismo ofrece a los estudiantes la oportunidad de interactuar con clientes y expertos reales, la experiencia de este proceso interactivo es una de sus mayores ventajas.

3. Contexto del estudio

La experiencia de aprendizaje descrita en este curso busca que estudiantes de ingeniería se acerquen a un contexto real para co-diseñar propuestas de acción. Esto dado que en Colombia el 14.8% de la población tiene sus necesidades básicas insatisfechas (Dane 2021). Siendo esta problemática un espacio de oportunidad para intervenir desde la ingeniería, es importante que los futuros ingenieros desarrollen capacidades de trabajo que aporten al mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades más vulnerables del país. Por su parte, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas ha generado unos Objetivos de Desarrollo Sostenible que motivan reflexionar sobre la urgente necesidad de cambiar el modelo actual de desarrollo altamente consumista, el cual ha llevado a la destrucción del planeta. En este sentido el curso buscó propiciar un escenario de co-diseño de propuestas de solución para comunidades vulnerables y/o con oportunidades de desarrollo. Específicamente se trabajó con áreas problemáticas previamente identificadas en comunidades en Cundinamarca y de esta manera plantear propuestas de solución en conjunto entre los miembros de las comunidades y los participantes del curso. A lo largo del proceso de aprendizaje los estudiantes realizaron un proceso de autoreflexión que iban dejando por escrito.

El modelo de trabajo que emplearon los estudiantes universitarios junto con los estudiantes y profesores de los ocho colegios ubicados en diferentes municipios de Cundinamarca que representaban a la comunidad, fue: la Ruta de Innovación Social desarrollada por el Parque Científico de Innovación Social de UNIMINUTO (Fig.2.). Este modelo de trabajo consiste en un método que por medio de cinco etapas orienta el proceso de diseño e implementación de soluciones a problemas de comunidades de cara a convertirlas en innovaciones sociales. Esto se realiza desde un enfoque de

apropiación social del conocimiento, el cual promueve escenarios en los que las comunidades que tienen un problema que quieren solucionar, son protagonistas en la búsqueda de la solución, participando en el diseño y creación de la misma junto a un grupo de apoyo que complementa las capacidades de la comunidad (Pacheco et al, 2022).



Alistar	Entender- Analizar	Crear	Implementar	Empaquetar- Escalar
1. Conforme el equipo de diseño	6. Entienda el territorio	11. Explore y defina su concepto de solución	16. Formule el proyecto	21. Conforme la Tecnología Social
2. Determine la situación problemática	7. Analice a los involucrados	12. Diseñe el borrador del prototipo evaluativo	17. Financie el proyecto	22. Defina el manejo de la propiedad de la Tecnología Social.
3. Delimite el marco de referencia de la situación problemática	8. Estructure la situación problemática	13. Construya el prototipo evaluativo	18. Ejecute y controle el proyecto	23. Defina la estrategia de escalamiento
4. Defina la estrategia de enlace comunitario	9. Construya la Teoría del cambio	14. Pruebe y observe	19. Evalúe la implementación del proyecto y el desempeño del Producto Mínimo Viable	24. Entregue la Tecnología Social
5. Establezca las tareas a realizar para continuar en las etapas de la RUTA	10. Defina el reto de diseño	15. Desarrolle el Producto Mínimo Viable	20. Mejore el Producto	25. Finalice la RUTA

Fig.2. Ruta de Innovación Social desarrollada por el Parque Científico de Innovación Social de UNIMINUTO. Tomada de Pacheco et al (2020).

Los equipos de trabajo (estudiantes universitarios y comunidad) iniciaron su proceso definiendo una 'hoja de ruta' que los impulsó a construir unos acuerdos de equipo; a realizar una primera exploración del área problemática asignada y a consolidar una visión unificada del trabajo a realizar. Posteriormente, los equipos se adentraron aún más en el problema, lo que les permitió entender,

gracias a fuentes primarias de información, la magnitud de éste y su marco de referencia. Esto con miras a identificar las áreas de oportunidad sobre las que se puede llegar a desarrollar una solución teniendo siempre presente los deseos y expectativas de la comunidad. Por último, los equipos de trabajo idearon y crearon una solución con el potencial de convertirse en un emprendimiento que mejore la calidad de vida de la comunidad.

4. Métodos

Este estudio fue desarrollado con una metodología cualitativa para lograr entender las experiencias de los estudiantes durante sus procesos reflexivos con el curso. Para facilitar el proceso, varias preguntas fueron diseñadas tomando el modelo de aprendizaje experiencial y de aprendizaje basado en problemas para guiar a los estudiantes en sus procesos reflexivos. Las siguientes fueron las guías que los estudiantes debían seguir:

1. Para la **primera** reflexión, establezca metas profesionales, personales, y de aprendizaje para el curso, una vez conozca a su equipo de trabajo reflexione sobre su equipo y cómo puede contribuir efectivamente al mismo. Identifique su proyecto y genere planes personales para con el proyecto. ¿Qué espera aprender de esta experiencia? Trate de **volver a leer esta entrada** a medida que pasa el curso y reflexionar qué tan cerca está de alcanzar estas metas planteadas.
2. Para la **segunda reflexión**, le pedimos que identifique 2-3 experiencias importantes o ideas que va desarrollando a medida que comienza a trabajar en el Proyecto. Para cada idea o experiencia escriba 1-2 párrafos, enfóquese en reflexionar sobre por qué cree que estos eventos fueron importantes, pregúntese constantemente ¿Por qué? Una sugerencia es comenzar listando las cosas que le llaman la atención y luego empezar a desarrollar su reflexión de manera más profunda usando la técnica de preguntarse continuamente. Este proceso de reflexión debe enfocarse en hacer conexiones, explorar ideas, cuestionar sus percepciones, identificar patrones, o reconocer diferentes aplicaciones sobre las cosas que va aprendiendo.
3. Para la **tercera reflexión**, piense en su infancia y donde creció, piense en sus diferentes experiencias personales y cómo esas experiencias se conectan (o no) a los problemas que padecen las comunidades en su proyecto. Piense como sus experiencias anteriores influyen en la manera que usted entiende y procesa la información en el desarrollo del proyecto. Piense en el contexto del proyecto, los stakeholders, las comunidades afectadas, y trate de entender qué tan fácil es para usted (basado en sus experiencias personales) entender sus perspectivas.
4. La **cuarta reflexión** es sobre tratar de definir una persona que no conozca. Puede ser algún miembro de su equipo (que no haya conocido antes), puede ser algún miembro de la comunidad afectada, puede ser algún stakeholder. Por favor tenga presente que **no es necesario conocer** la persona como tal, solo imaginarse la historia de esa persona. Con base en lo que conoce del proyecto, luego de explorar el problema y conocer los stakeholders, ¿cómo definiría a alguna persona en este proyecto? ¿Qué podría decir de esta persona? ¿Cómo vive su día a día esta persona? Esta entrada es la más creativa pues usted estará creando una historia de alguien ficticio (a menos que decida definir a alguien de su equipo



que no conoce). Por favor justifique su historia lo más posible, ¿por qué cree que esa persona tiene esa historia?

5. Para la **reflexión final**, le pedimos que lea todos sus registros anteriores. ¿Cómo han cambiado (o no) sus opiniones a lo largo del curso? ¿Qué tan efectivo ha sido en alcanzar sus metas de la primera entrada? Si tuviera que tomar el curso de nuevo, ¿qué cambiaría en todo el proceso?

En este estudio se analizaron las respuestas de la primera y la última guía para conocer las metas de aprendizaje de los estudiantes, su experiencia y evolución al finalizar el curso. Los datos fueron analizados usando un proceso cualitativo que comenzó con un proceso de codificación abierta guiado por la metodología diseñada por Saldaña. Varios temas emergentes resultaron de este proceso de codificación abierta y exploratoria. Luego de este proceso los temas fueron clasificados y agrupados y se procedió a un segundo proceso de análisis temático utilizando la teoría de aprendizaje experiencial como lente para guiar el proceso de análisis. Análisis temático es descrito por Braun & Clark como una metodología de identificar, analizar, y reportar patrones emergentes en data cualitativa. Robson & McCartan describen el análisis temático como un método cualitativo que complementa la codificación abierta y permite un balance entre explorar la data de manera experimental y luego analizarla bajo un patrón teórico (aprendizaje experiencial). Una vez terminado este proceso, los temas identificados representan nuestros resultados que explican en detalle las experiencias de estudiantes en un curso enfocado a resolver un problema real con impacto social luego de interactuar con clientes y participantes reales de la comunidad.

5. Resultados

El análisis cualitativo para lograr entender las experiencias de los estudiantes durante sus procesos reflexivos en el curso de Ingenieros sin Fronteras Emprendimiento Sostenible con Impacto Social: Caso Cundinamarca, condujo a los siguientes temas emergentes: 1) Expectativas 2) Entender el contexto 3) Soluciones y 4) Más allá de la ingeniería

El tema **“Expectativas”** se refiere a las metas, predisposiciones, y el sistema de creencias asociadas con lo que significa formarse en ingeniería, con las cuales los estudiantes iniciaron su experiencia en el curso. Estas expectativas fueron diversas, sin embargo siempre fueron asociadas a la necesidad de aprender y de formarse como ingenieros de manera efectiva. El segundo tema, **“Entender el contexto”** se relaciona a un leve cambio en la disposición y en la mentalidad del estudiante al comprender que su accionar en el curso y en el proyecto no solo depende de sus procesos individuales. Los estudiantes lograron identificar la importancia del rol de su equipo de trabajo y sobre todo la importancia del entendimiento de la realidad y la problemática desde la perspectiva de la comunidad. El tercer tema **“Soluciones”** explora los diferentes elementos considerados por los estudiantes y sus equipos para ofrecer una solución que no solo cumpliera con sus estándares como ingenieros, sino también que se adaptara a las necesidades de la comunidad logrando ser sostenible en el tiempo. El último tema **“Más allá de la ingeniería”** refleja las reflexiones personales de los estudiantes no solo referente a las experiencias con el curso, sino a sus concepciones y valores como ingenieros y a sus futuras metas como profesionales, incluyendo

cómo ese proceso fue impactado luego de la experiencia del curso. En la siguiente sección detallamos cada uno de los temas e incluimos algunos ejemplos de extractos de citas textuales para proveer contexto de la manera en que los estudiantes percibieron su proceso.

Expectativas:

Varios estudiantes compartieron diferentes aspectos y reflexionaron acerca de sus metas, predisposiciones y del sistema de creencias como ingenieros. En algunos casos, los estudiantes estaban escépticos acerca de cuál sería el aprendizaje de un curso de este tipo, mientras en otros casos algunos estudiantes estaban dispuestos a dejarse guiar por la experiencia y entender de la mejor manera el problema que debían resolver.

Por ejemplo, una estudiante expresó que al inicio se encontraba un poco distante a la experiencia:

"Inicialmente me encontraba bastante expectante y un poco lejana a la situación real, pensaba que toda la información llegaría a mí y lo único que debía hacer era organizar todas las piezas para que el proyecto fluyera correctamente"

Esta participante no solamente se encontraba alejada de la experiencia de aprendizaje, sino que consideraba que su aprendizaje sería lineal, directo al grano y el proyecto se formaría solo al organizar y seguir el proceso del flujo del proyecto. De igual manera, otra estudiante esperaba una clase más catedrática y metodológica. Por el contrario, se sintió preocupada al encontrarse con un curso que involucró otros actores aparte de las formas tradicionales de impartir docencia en educación y las relaciones tradicionales estudiante-profesor:

"Si tuviera que tomar el curso de nuevo, cambiaría mi predisposición al inicio del curso. Recuerdo que en la primera clase estaba un poco preocupada y desesperada por la presencia de los niños. Realmente no entendí cuál era su papel en el desarrollo del curso y de hecho, juzgaba como incorrecto que se juntasen academias tan distintas en una sola cátedra, teniendo en cuenta que la metodología de las clases de básica primaria y secundaria es más dinámica, corta y práctica en comparación a la cátedra de educación superior que tiende a manejar un tono más serio y formal, las clases son jornadas más extensas y tienden a ser más teóricas."

Esta estudiante reflexiona no solo en la estructura diferente de la cátedra, sino que también reconoce juzgar la experiencia por no entender el rol que tendrían los niños en su aprendizaje. Así mismo, reconoce que de tener la oportunidad de tomar el curso nuevamente cambiaría su disposición, reconociendo la diferencia de un curso usando este tipo de enfoque.

De igual forma, para algunos estudiantes el curso significó una oportunidad para poder trabajar en lo que ellos categorizan como una 'experiencia real' en un contexto nuevo, donde se requiere de habilidades diferentes a las que están acostumbrados a utilizar tradicionalmente en sus cursos de ingeniería:

"[...] desde mi perspectiva, sentía que me hacía falta desprenderme un poco del ambiente "local" en el cual me encontraba e involucrarme en proyectos con un impacto real en una comunidad que lo necesita y que no involucrara directamente conceptos financieros."

"Los números no son todo, las ciencias exactas no son nada si no son aplicables a la vida, es por esto que al sumergirme en la realidad de un municipio tan cercano (pero en mi cosmovisión, tan alejado)

me he dado cuenta de la realidad de muchas personas y he logrado aprender de ellas, de personas más creativas y menos sesgadas, más honestas, como lo son los niños.”

En conclusión, este tema refleja que los estudiantes experimentaron un proceso de aprendizaje activo y que por medio de la reflexión crítica identificaron que algunas predisposiciones, valores y creencias como ingenieros se modificaron. Algunas de estas modificaciones se dieron en torno al trabajo en equipo, el trabajo con la comunidad, las metodologías tradicionales de enseñanza-aprendizaje, que por lo general se dan en el ámbito de la ingeniería, y el reconocimiento de la importancia de aplicar lo aprendido a la vida. Lo anterior, demuestra que el proceso reflexivo brinda las herramientas para que los estudiantes piensen de manera crítica sobre su proceso de aprendizaje en el aula y sobre el impacto que la profesión puede llegar a tener fuera de ella.

Entender el contexto

Durante el curso, la mayoría de los estudiantes reflexionaron sobre la importancia de entender el contexto de las comunidades, no solo desde su punto de vista como estudiantes de ingeniería sino desde el punto de vista de la comunidad que necesita resolver un problema, para ofrecer una solución sostenible. Adicionalmente, el trabajar en equipo ayudó a los estudiantes a entender el contexto. Los estudiantes entendieron que, para obtener una solución, ésta debía surgir de un consenso entre los miembros del equipo los cuales jugaban roles claves en el desarrollo del proyecto.

Por ejemplo, este estudiante reconoce que al inicio del curso tenía numerosas dudas, y no tenía claro cómo resolverlas. En el transcurso del programa identifica, no solo la importancia de entender el problema para ofrecer una solución, sino también que el entendimiento del mismo debía provenir de los integrantes de la comunidad, en este caso los niños.

“(…) realmente no sabía que iba a realizar un proyecto de carácter social. Empecé el curso con más preguntas que respuestas para ser sincera pensé que sería muy retador realizar el proyecto con niños. A medida que fuimos desarrollando el proyecto, me di cuenta de que eran una pieza esencial para la realización de este, ellos más que cualquiera de nosotras conocía la situación problemática de Cucunuba.”

Otra manera en que los estudiantes obtuvieron un acercamiento al contexto del proyecto, fue considerando los diferentes puntos de vista de los integrantes del equipo

“(…) En el caso de mi grupo la profesora fue una integrante esencial para el desarrollo del proyecto, con su aporte de ideas, su experiencia, creatividad y emoción creo que logramos realizar un proyecto con el cual todos los integrantes estuvimos de acuerdo. Adicionalmente considero que la mezcla de la parte técnica que pudimos aportar como ingenieros, los conocimientos en diversas áreas que cada uno de nosotros tiene y la forma en la que la profesora aportó desde su experiencia y conocimientos permitió realizar un proyecto que considero escalable y que puede ser realizado por la misma comunidad.

Igualmente, los estudiantes reconocieron el contacto con la comunidad y el trabajo en equipo, les permitió entender otros contextos y entender lo que era necesario para cumplir con las metas del curso. Vease el caso del estudiante que refleja estos elementos:

“aunque somos de universidades poblaciones y sectores socioeconómicos diferentes pudimos entendernos bien y articular todas las actividades necesarias para poder lograr los objetivos del curso.”

“permiten entender el contexto de las personas y ponerse en sus zapatos para entender la forma en la que piensan y en la que entienden los problemas que los rodean de manera respetuosa. Una vez este vínculo se ha establecido y se tiene el entendimiento de la forma de pensar de la población es cuando deberían aplicarse las demás herramientas de la ingeniería convencional.”

“A menudo en las clases solemos reducir las personas a un número o a un código para correr un programa, pero el curso me permitió ver que detrás de cada persona hay todo un contexto que no podemos obviar. Si pretendemos simplificar todo matemáticamente, podemos llegar a soluciones que no contemplan el bienestar de las personas y que pueden llegar a ser injustas.”

Por otra parte, algunos estudiantes reconocieron en la comunidad una fuente de nuevo conocimiento y un facilitador del proceso de aprendizaje y de desarrollo de nuevas habilidades.

“En ningún trabajo previo he trabajado de la mano con comunidades afectadas y lo anterior me parece muy importante para continuar con el fortalecimiento de mis habilidades blandas mencionadas anteriormente.”

“Realmente me ha parecido valiosa la oportunidad de compartir con la comunidad en los espacios de clase y me motiva el saber que se trabajan sobre problemáticas reales. Es una oportunidad de aprender de la mano de los protagonistas sobre sus situaciones, así como de aprender qué pasos seguir y qué consideraciones tener en cuenta al trabajar en proyectos de innovación social.”

En conclusión, este tema refleja que, por medio del proceso reflexivo, los estudiantes identificaron la importancia de trabajar en equipos diversos e interdisciplinarios para generar soluciones aterrizadas a los contextos. Adicionalmente, se evidencia que los estudiantes se retaron a compartir y construir con otros generando habilidades de empatía y escucha. Por lo tanto, los estudiantes pudieron comprender que para el proceso de resolución de problemas sobre ingeniería se debe comprender el contexto de las comunidades.

Soluciones

Dentro de las reflexiones algunos estudiantes identificaron que usaron sus conocimientos en ingeniería para construir soluciones innovadoras junto a las comunidades. Por lo tanto, algunos expresaron la importancia de que las soluciones fueran sostenibles en el tiempo. Lo anterior llevó a que, en algunos casos, comprendieran que, como ingenieros, pueden crear soluciones diversas que generan impacto positivo en la vida de las personas y las comunidades.

Por ejemplo, este estudiante resalta que, poniendo en práctica sus conocimientos y aprendizajes que ha obtenido en su formación como ingeniero, logró generar una solución que contribuyó de manera positiva en la comunidad con la que trabajó durante el curso.

“revisando la primera reflexión, puedo decir que los objetivos que establecí allí se cumplieron satisfactoriamente. Es decir, se pudo contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y el desarrollo de una comunidad, haciendo uso de las habilidades económicas y el ánimo solidario de ayudar a los demás. Este último componente, lo he

estado desarrollando activamente a lo largo de mi vida, con la educación y la ayuda de mi madre, lo cual me ha motivado a desarrollar ideas valiosas en este proyecto y a querer aportar más a la sociedad.”

Igualmente, los estudiantes reconocen que las soluciones que un ingeniero puede aportar son complejas y que se pueden aplicar a cualquier campo para contribuir de manera positiva al mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

“Logré llegar a estas conclusiones a través de las experiencias que tuve en el curso y el sentimiento en el que lograba utilizar esos conocimientos ambientales e industriales para poder generar soluciones, siento que sabiendo que realmente sí se pueden aplicar en un mismo campo no me conformaría con trabajar en un área o en la otra sino estudiar problemáticas de manera holística.”

De igual forma, para algunos de los estudiantes el curso significó una oportunidad para poder comprender otras realidades e incrementar la motivación por seguir aprendiendo, contribuyendo, pero sobre todo seguir generando soluciones desde la ingeniería para generar impactos positivos.

“Al salir del curso me quedo con algo que considero es muy importante para mí y es la motivación. Entiendo que sí es posible impactar a comunidades que necesitan ayuda y que esto se puede lograr desde la ingeniería. Me gustaría participar en proyectos de ISF en el futuro y seguir trabajando para hacer mejor el país. Me gustó mucho la experiencia de trabajar con niños de colegio en el desarrollo del proyecto y de darme cuenta cómo ellos están comprometidos con el medio ambiente y tienen ideas muy interesantes para plantear soluciones de impacto.”

Por otra parte, algunos estudiantes expresaron la importancia de escuchar a las personas directamente implicadas en los problemas que pretenden resolver para generar soluciones viables, realistas, oportunas y sostenibles en el tiempo.

“Creo que si he sido efectivo logrando las metas que me propuse en la primera entrada. En primer lugar, pude vivir de primera mano algo que ya presentía podía ser importante para el curso, y fue conocer la forma como las comunidades viven e identifican sus problemáticas. Esto creo que fue muy importante, porque pude contrastar las diferencias que hay entre los problemas (y las formas de solucionarlos) que tenemos los ingenieros desde una parte técnica y las personas que en efecto se van a ver impactadas por nuestra solución. El curso me permitió ver que, sin una aceptación por parte de la comunidad, no hay una solución que verdaderamente pueda ser efectiva. Es así como puedo decir que salgo del curso siendo una persona mucho más consciente sobre la importancia de aterrizar los conceptos teóricos a la realidad de las personas para hacer un diseño y una implementación exitosa.”

“Puedo decir que este fue un curso diferente porque su enfoque no fue hacia adquirir más conceptos teóricos, sino hacia la aplicación de los conceptos de tal forma que se llegue a soluciones factibles y con impacto positivo. Esto creo que fue así, pues por primera vez tuve un intercambio real con las personas de la comunidad para la que se iba a diseñar la solución. Estos encuentros, me permitieron ver la importancia que tiene en la formación y la práctica de la ingeniería, salir del escritorio para interactuar con las personas, que son el centro de cualquier solución o implementación.”

En conclusión, este tema refleja que, por medio del ejercicio reflexivo, los estudiantes expresaron la importancia de poner en prácticas sus conocimientos teóricos en la vida real con comunidades que lo necesitan. De esta manera, se entiende que la metodología activa de la clase es fundamental para que los estudiantes aprendan de manera experiencial y activa. Adicionalmente, se concluye que por medio del curso los estudiantes pudieron resolver problemas poniendo en el centro las comunidades y no solo sus experiencias y aprendizajes teóricos. De esta manera, se reconoce la

importancia de tener en cuenta las opiniones de las personas involucradas en los procesos para generar soluciones efectivas y a largo plazo. Finalmente, los estudiantes consiguen comprender que como ingenieros tienen la capacidad de construir con otros para mejorar las condiciones de vida de las personas, incrementando su motivación por contribuir a generar cambios e impacto social.

Más allá de la ingeniería

Por medio de las reflexiones varios estudiantes cuestionaron su rol, no solo como ingenieros, sino también como personas dentro de un sistema complejo denominado 'sociedad' e identificaron las limitaciones de la aproximación a los problemas que tradicionalmente desarrollaron a lo largo de sus estudios.

"En esencia, el desarrollo del curso fue un proceso difícil para mí. Requirió de mucha paciencia, dedicación y esfuerzo en poder exigirme para lograr ampliar mis horizontes e ir un poco más allá, de ponerme en el lugar de otros, pensar como la comunidad y no como ingeniera. Me costó salirme de mi "papel" técnico y deconstruir mi función como estudiante de para empezar a ser un instrumento de ayuda que permitiera mejorar la calidad de vida de al menos un pequeño grupo de familias."

"Por otro lado, otra de mis metas personal y profesional era continuar con el desarrollo de habilidades profesionales, especialmente la empatía, que me permitirán seguir humanizando en un alto grado mi carrera y mis acciones en un ámbito personal. Considero que esta fue una de las metas que logré de manera satisfactoria y lo cual me hace sentir muy motivada para continuar realizando proyectos en el ámbito social."

"Piensa en una solución, pero pilas con el presupuesto", además, "la propuesta debe sonar muy bien para los inversionistas y mejor que sea lucrativa", "¿Cómo hacemos para vincular a la comunidad de manera efectiva en el proyecto y que no sea simplemente una nueva empresa que contrata personal y ya?", "¿El hecho de que hagamos una propuesta de emprendimiento con ánimo de lucro y quizá con empresas privadas podría afectar la visión y el plan de integrar a la comunidad como actores importantes y tomadores de decisiones?"; todas estas preguntas me surgieron en algún momento durante el desarrollo del proyecto y chocaron fuertemente con la forma de pensar como ingeniera y la forma de sentir como ser humano."

Los estudiantes consiguen visualizarse como un actor capaz de influir en las dinámicas de su entorno para transformarlo desde el trabajo colaborativo, reconociendo valor en los diferentes actores del sistema. De acuerdo con esto, podría concluirse que la concepción tradicional del profesional en ingeniería como una persona con altos conocimientos técnicos y científicos, se ve transformada para incorporar aspectos como la empatía y el reconocimiento del valor de trabajar con las comunidades que sufren problemas solucionables desde la ingeniería.

6. Conclusiones

Por medio de esta experiencia de aprendizaje se pudo evidenciar cómo para los estudiantes de ingeniería es cada vez más relevante la articulación de los procesos de sostenibilidad y emprendimiento. Esto último se fortalece cuando en un proceso de formación se vincula la academia con las comunidades en medio de unas actividades concretas que permitan co-diseñar. En ese sentido la Ruta de Innovación Social abre el camino para fortalecer este 'aprender haciendo'. La gran apuesta consistió en observar cómo los mismos estudiantes son conscientes de su proceso desde el inicio

del curso hasta el final. Es por ello que el exponerlos a un proceso de reflexión permite que se cuestionen al respecto de muchos aspectos, pero particularmente de cómo por medio de la ingeniería pueden contribuir a la sostenibilidad futura.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Passarelli, A. M., & Kolb, D. A. (2012). Using experiential learning theory to promote student learning and development in programs of education abroad. In Vande Berg, Michael, R. M. Paige, & K. H. Lou (Eds.), *Student learning abroad: What our students are learning, what they're not, and what we can do about it* (pp. 137–161). Stylus.
- Ogden, A. (2015). Toward a research agenda for U.S. education abroad (AIEA Research Agendas for the Internationalization of Higher Education). Association of International Education Administrators. http://www.aieaworld.org/assets/docs/research_agenda/ogden_2015.pdf
- C. C. Bonwell and J. A. Eison, *Active learning: Creating excitement in the classroom*. 1991 ASHE-ERIC higher education reports. ERIC, 1991.
- M. Prince, "Does active learning work? A review of the research," *Journal of engineering education*, vol. 93, no. 3, pp. 223–231, 2004.
- P. T. Terenzini, A. F. Cabrera, C. L. Colbeck, J. M. Parente, and S. A. Bjorklund, "Collaborative learning vs. lecture/discussion: Students' reported learning gains," *Journal of Engineering Education*, vol. 90, no. 1, pp. 123–130, 2001.
- M. J. Prince and R. M. Felder, "Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases," *Journal of engineering education*, vol. 95, no. 2, pp. 123–138, 2006.
- J. S. Lamancusa, J. L. Zayas, A. L. Soyster, L. Morell, and J. Jorgensen, "2006 Bernard M. Gordon Prize Lecture*: The Learning Factory: Industry-Partnered Active Learning," *Journal of engineering education*, vol. 97, no. 1, pp. 5–11, 2008.
- G. Ellmers and M. Foley, "Introducing reflective strategies informed by problem-based learning to enhance cognitive participation and knowledge transference in graphic design education," 2007.
- A. Yadav, D. Subedi, M. A. Lundeborg, and C. F. Bunting, "Problem-based learning: Influence on students' learning in an electrical engineering course," *Journal of Engineering Education*, vol. 100, no. 2, pp. 253–280, 2011.

Libros

- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as a source of learning and development*. Prentice-Hill.

• Sobre los autores

- **Homero Murzi:** Profesor Asistente, Departamento de Educación en Ingeniería, Virginia Tech. Ingeniero Industrial, Magister Ingeniería Industrial Universidad Nacional Experimental del Táchira, Master in Business Administration (MBA) Universidad de Temple, PhD Educación en Ingeniería Virginia Tech. hmurzi@vt.edu
- **María Catalina Ramírez:** Ingeniera Industrial Javeriana, Magister Ingeniería Industrial Andes, PhD en Ingeniería Gestional Politecnico di Milano. mariaram@uniandes.edu.co



- **Sergio Felipe Galindo Gómez:** Profesional de Alojamiento e Incubación en el Parque Científico de Innovación Social de UNIMINUTO. Ingeniero Mecánico, Universidad de Los Andes. sergio.galindo.g@uniminuto.edu

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

