

PEDAGOGICAL INNOVATION IN PROGRAMMING EDUCATION: A MIXED-METHODS STUDY IN SYSTEMS ENGINEERING IN COSTA RICA

Johan Figueroa Guevara¹, Marilyn Arias Soto²

¹ Universidad Nacional de Costa Rica, johan.figueroa.guevara@una.ac.cr

² Universidad Latina de Costa Rica, marylin.arias@ulatina.cr

Abstract

This paper reports a qualitative single case study, enriched by a survey of 120 out of 900 students enrolled in programming courses (console, web, and mobile) between 2020 and 2025 at several Costa Rican universities. The aim was to assess how an active, entrepreneurship-oriented pedagogical approach influenced students' technical, transversal competencies and motivation. A Yin-style case design was adopted, alongside an online questionnaire yielding a $\pm 8.5\%$ margin of error at a 95% confidence level. Data collection comprised teaching journals, document analysis, participant observation, and survey responses (94% experienced active methodologies; 87% rated it more effective than traditional methods). Results indicate an 85% increase in student autonomy, 83% of projects included business modeling, and a 61% likelihood of recommending this approach. We present a replicable model integrating theory, practice, and entrepreneurship for programming instruction.

Keywords: educational innovation, active methodologies, mobile programming, educational survey, case study, Costa Rica.

Resumen

Este artículo presenta un estudio de caso cualitativo, complementado con una encuesta a 120 de los 900 estudiantes que cursaron asignaturas de programación (consola, web y móvil) entre 2020 y 2025 en diversas universidades de Costa Rica, de un mismo docente. El objetivo es analizar cómo el enfoque pedagógico basado en metodologías activas y orientado al emprendimiento ha impactado las competencias técnicas transversales y la motivación de los estudiantes. Se empleó un

diseño de caso único (Yin, 2017) junto con una encuesta estructurada para una población homogénea, con un margen de error de $\pm 8.95\%$ al 95% de confianza. Los hallazgos muestran que, según la percepción de los estudiantes, el 94% experimentó metodologías activas, 87% considera el enfoque más efectivo que métodos tradicionales, y 79% de proyectos incluyó problemas reales con elementos de negocio. Se propone un modelo replicable que articula teoría, práctica y emprendimiento para la enseñanza de programación.

Palabras clave: *innovación educativa, metodologías activas, programación móvil, encuesta educativa, estudio de caso, Costa Rica.*

1. INTRODUCCIÓN

La rápida evolución tecnológica y la creciente demanda de soluciones digitales innovadoras hacen evidente la necesidad urgente de transformar fundamentalmente la enseñanza de programación en la educación superior. La era digital actual no solo requiere profesionales técnicamente competentes, sino individuos capaces de integrar conocimientos técnicos con visión empresarial, pensamiento crítico y capacidades de innovación que respondan a desafíos complejos y cambiantes del siglo XXI.

Como señala [1] "las metodologías convencionales de enseñanza no serán capaces de cumplir con los criterios necesarios para motivar e incrementar el número de estudiantes en campos relacionados con STEM". Esta afirmación cobra particular relevancia en el contexto latinoamericano, donde la necesidad de desarrollar ecosistemas tecnológicos robustos y competitivos se ha vuelto crítica para el desarrollo económico sostenible.

La problemática de la enseñanza tradicional de programación se manifiesta en múltiples dimensiones interrelacionadas:

Primero, existe una desconexión sistemática entre contenidos académicos y aplicaciones profesionales reales, generando estudiantes técnicamente competentes pero carentes de visión empresarial y capacidad de innovación contextualizada.

Segundo, el enfoque predominantemente pasivo-receptivo limita significativamente el desarrollo de competencias transversales esenciales como el pensamiento crítico, la comunicación efectiva, el liderazgo técnico y la capacidad de trabajo colaborativo en entornos multidisciplinarios.

Tercero, la ausencia de metodologías que promuevan la autonomía intelectual y la creatividad aplicada resulta en profesionales dependientes de instrucciones explícitas, poco adaptados a entornos dinámicos e inciertos que caracterizan la industria tecnológica contemporánea. Esta situación es particularmente

problemática en contextos donde la innovación tecnológica local es fundamental para la competitividad económica nacional.

Este artículo documenta una experiencia transformadora de cinco años en cursos de programación de Ingeniería en Sistemas en Costa Rica, combinando un estudio de caso cualitativo longitudinal con una encuesta cualitativa aplicada a 120 estudiantes. La relevancia específica para radica en ofrecer un modelo pedagógico práctico, empíricamente validado y reproducible en la región latino-caribeña, contribuyendo al desarrollo de marcos teóricos y metodológicos para la innovación educativa en ingeniería.

Los hallazgos recientes de [2] demuestran empíricamente que los estudiantes en campos de ciencias de la computación enfrentan dificultades significativas de aprendizaje en materias fundamentales como programación, algoritmos y desarrollo de software, precisamente porque estas disciplinas requieren la posesión y aplicación simultánea de habilidades complejas de pensamiento lógico, abstracción matemática y pensamiento computacional. Esta evidencia refuerza contundentemente la necesidad de desarrollar e implementar metodologías pedagógicas que trasciendan la memorización mecánica de sintaxis y patrones de código, promoviendo en cambio el desarrollo integral de capacidades de abstracción, resolución creativa de problemas y pensamiento sistémico aplicado a contextos reales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Innovación pedagógica en educación STEM

La transformación digital contemporánea ha catalizado un cambio paradigmático profundo en la conceptualización y práctica de la educación STEM, exigiendo reconceptualizaciones fundamentales de objetivos, metodologías y sistemas de evaluación en programas de ingeniería. García-Sánchez et al. (2024) proponen un marco tecno-pedagógico integral que utiliza innovaciones disruptivas como Internet de las Cosas (IoT), impresión 3D, e-learning adaptativos, robótica educativa e inteligencia artificial aplicada, argumentando convincentemente que estas tecnologías deben funcionar no meramente como

herramientas complementarias sino como medios transformadores para desarrollar nuevas formas de pensamiento, resolución de problemas y construcción colaborativa de conocimiento [1].

El modelo pedagógico de flipped classroom ha experimentado una evolución conceptual y metodológica significativa en los últimos años, trascendiendo implementaciones superficiales para integrar sistemáticamente herramientas digitales avanzadas, entornos colaborativos sofisticados y sistemas de evaluación auténtica que superan definitivamente el formato expositivo clásico [3]. Esta evolución representa un cambio fundamental desde enfoques centrados en la transmisión de información hacia modelos centrados en la construcción activa de conocimiento y el desarrollo de competencias complejas.

En [4] se argumenta persuasivamente que la transformación efectiva de la educación STEM debe fundamentarse sólidamente en tres pilares conceptuales y metodológicos interrelacionados: primero, el desarrollo de progresiones de aprendizaje cuidadosamente definidas que mapeen trayectorias cognitivas complejas; segundo, la implementación de evaluaciones de desempeño auténticas capaces de capturar y valorar el pensamiento complejo y la resolución creativa de problemas; y tercero, el uso inteligente y ético de inteligencia artificial para personalizar la instrucción y proporcionar retroalimentación adaptativa en tiempo real.

Esta perspectiva tri-dimensional enfatiza que la innovación pedagógica efectiva en STEM no es meramente tecnológica sino fundamentalmente cognitiva, epistemológica y sociocultural, requiriendo comprensión profunda de cómo los estudiantes construyen conocimiento en dominios técnicos complejos y cómo las tecnologías emergentes pueden potenciar estos procesos naturales de aprendizaje.

2.2 Aprendizaje activo en programación

La combinación de Aprendizaje Basado en Proyectos con pensamiento computacional (PjBL-CT) ha demostrado mejorar las competencias técnicas y las "4C": creatividad, comunicación, colaboración y pensamiento crítico [5]. Da Silva et al. (2022) presentan evidencia sobre la superioridad de metodologías activas integradas, mostrando

mejores calificaciones, mayor retención y satisfacción estudiantil [6].

Kaur y Walia (2024) específicamente en programación móvil revelan que la integración del pensamiento computacional con proyectos reales produce resultados superiores en múltiples dimensiones [5]. Los estudiantes desarrollan no solo competencias técnicas más sólidas sino también capacidades metacognitivas.

2.3 Emprendimiento en la formación de ingenieros

El modelo de aprendizaje emprendedor basado en proyectos (PBEL) desarrollado por Nielsen et al. (2023) demuestra que cuando los estudiantes se involucran en el desarrollo de productos reales, desarrollan competencias técnicas y empresariales auténticas [7]. La investigación de Jarrar y Anis (2024) encontró mejoras significativas en autoeficacia emprendedora, tolerancia a la ambigüedad y pensamiento sistémico [8].

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño general

Se adoptó un estudio de caso único holístico (Yin, 2017) complementado con una encuesta cuantitativa de 120 estudiantes de ingeniería de sistemas (13.3% de la población de 900), con $\pm 8.95\%$ margen de error y 95% de confianza, conforme a Memon et al. (2020) [9].

3.2 Población y muestra

- **Muestra cuantitativa:** se recibieron 120 respuestas estratificada según género, edad, universidad y año de cursado (tasa de respuesta 13.3%).

3.3 Técnicas de recolección de datos

- **Análisis documental:** Revisión de más de 15 proyectos desarrollados en tecnología, identificando patrones en enfoques técnicos e integración de modelos de negocio.
- **Observación participante:** Registro de dinámicas colaborativas, presentaciones tipo pitch, y evolución de proyectos.
- **Encuesta cuantitativa:** Cuestionario online de 20 ítems aplicado en 2025 a través de Microsoft Forms.

4. DESCRIPCIÓN DEL CASO

4.1 Contexto y transformación implementada

Los cursos analizados se rediseñaron para incluir: proyectos incrementales vinculados a necesidades reales de sectores como salud y turismo sostenible; clase invertida para actividades prácticas; comunidades colaborativas mixtas de estudiantes; y mentorías externas con presentaciones tipo pitch.

La transformación consistió en una reorientación hacia aprendizaje activo centrado en proyectos con potencial emprendedor, integrando competencias técnicas con habilidades transversales como identificación de oportunidades y análisis de viabilidad.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 Perfil de los participantes

Los datos demográficos revelan una distribución representativa: 71% masculino, 29% femenino, concentrados en rangos de 17-24 años, el 78%. La participación se dividió entre universidades públicas (54%) y privadas (46%), con mayor concentración en años recientes (2023-2024).

5.2 Implementación de metodologías activas

Los resultados de la encuesta confirman la implementación exitosa del rediseño pedagógico:

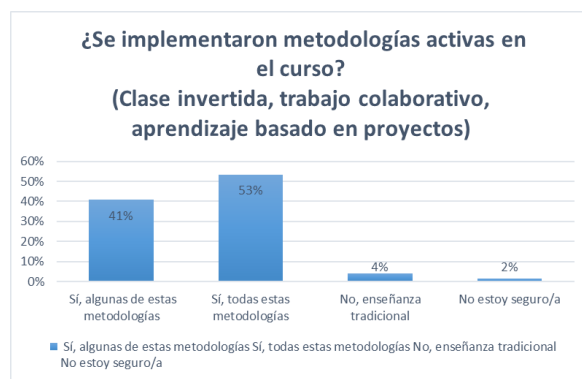


Fig 1. ¿Se implementaron metodologías activas en el curso?

El 94% de participantes experimentó metodologías activas de manera sistemática: 53% experimentó todas las metodologías propuestas (clase invertida, trabajo colaborativo estructurado, aprendizaje basado en proyectos reales) y 41% experimentó algunas de estas metodologías de forma consistente. Solamente 4% reportó haber experimentado enseñanza tradicional, confirmando

la efectividad de la transformación pedagógica sistemática implementada.

Estos resultados indican no solo adopción generalizada sino también implementación comprehensiva de las metodologías propuestas, sugiriendo que la transformación pedagógica fue profunda y sistemática en lugar de superficial o parcial.

5.3 Orientación hacia problemas reales y emprendimiento

La vinculación con problemáticas reales mostró resultados destacados:

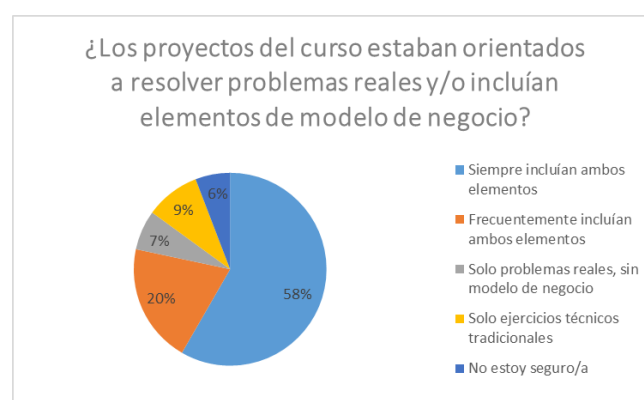


Fig 2. ¿Los proyectos del curso estaban orientados a resolver problemas reales y/o incluían elementos de modelo de negocio?

El 79% de proyectos desarrollados siempre (58%) o frecuentemente (20%) incluyó elementos de problemas reales auténticos combinados con componentes de modelo de negocio. Solamente 9% correspondió a ejercicios técnicos tradicionales descontextualizados, evidenciando una transformación fundamental desde ejercicios abstractos y académicos hacia el desarrollo de soluciones con potencial de impacto real y sostenibilidad económica.

Este hallazgo es particularmente significativo porque demuestra que la integración de elementos emprendedores no fue superficial sino sistemática y bien implementada, creando contextos de aprendizaje auténticos que prepararon a los estudiantes para desafíos profesionales reales.

5.4 Transformación de identidad profesional

Los hallazgos revelan transformaciones profundas en autoconceptos profesionales:



Fig 3. ¿Cómo se percibía respecto a la tecnología *antes* del curso?

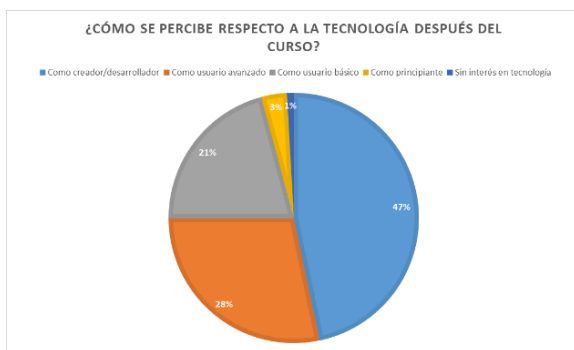


Fig 4. ¿Cómo se percibía respecto a la tecnología *después* del curso?

Antes del curso, 71% de estudiantes se percibía como principiante (39%) o usuario básico (32%) de tecnología. Después del curso, 75% se percibe como creador/desarrollador (47%) o usuario avanzado (28%). Esta transformación representa un cambio fundamental en identidades profesionales hacia capacidades de creación, innovación y liderazgo técnico.

Esta transformación es particularmente significativa porque sugiere que el enfoque pedagógico no solo desarrolló competencias técnicas, sino que facilitó una reconceptualización fundamental de identidades profesionales, promoviendo transiciones desde roles pasivos de consumo tecnológico hacia roles activos de creación e innovación tecnológica.

5.5 Desarrollo integral de competencias

El análisis cuantitativo revela desarrollo significativo de competencias clave:

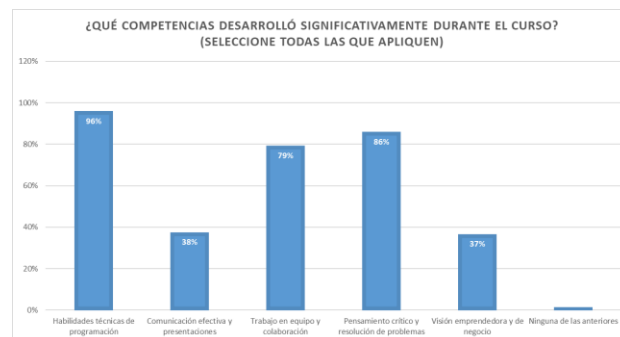


Fig 5. ¿Qué competencias desarrolló significativamente durante el curso?

Las competencias más desarrolladas fueron: habilidades técnicas de programación (115 participantes, 96%), pensamiento crítico y resolución de problemas (103 participantes, 86%), trabajo en equipo y colaboración (95 participantes, 79%), comunicación efectiva y presentaciones (46 participantes, 38%), y visión emprendedora y de negocio (44 participantes, 37%). Solamente 2 participantes reportaron no desarrollar competencias significativas, confirmando el impacto integral y prácticamente universal del enfoque implementado.

La distribución de competencias desarrolladas es consistente con un modelo de formación integral que prioriza competencias técnicas fundamentales mientras desarrolla sistemáticamente habilidades transversales críticas para el desempeño profesional contemporáneo.

5.6 Validación de efectividad pedagógica

La validación cuantitativa confirma la superioridad del enfoque innovador:

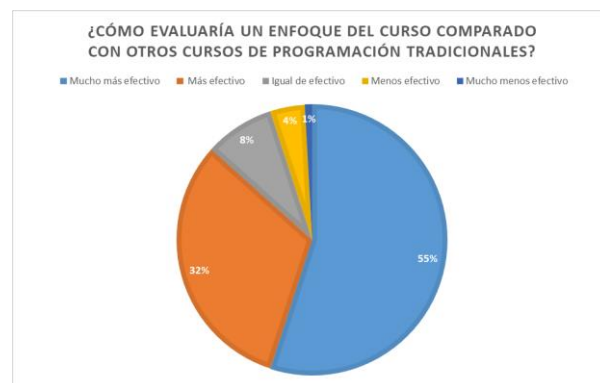


Fig 6. ¿Cómo evaluaría un enfoque del curso comparado con otros cursos de programación tradicionales?

El 87% considera el enfoque más efectivo que métodos tradicionales: 55% "mucho más efectivo" y 32% "más efectivo". Solo 5% lo consideró menos efectivo, proporcionando validación estudiantil contundente basada en experiencia comparativa directa.

5.7 Impacto profesional tangible

Los datos revelan conexiones concretas entre innovación pedagógica y oportunidades profesionales. El 48% utiliza proyectos como portafolio profesional, 15% obtuvo oportunidades laborales directas, 41% se siente preparado para emprender, y 36% continuó desarrollando proyectos tras finalizar cursos. Adicionalmente, 35% participó en actividades de vinculación profesional cuando se ofrecieron.

5.8 Satisfacción y recomendación general



Fig 6. En general, ¿cómo calificaría su experiencia en los cursos de programación?

El 86% califica la experiencia como excelente (55%) o muy buena (30%), con solamente 6% calificándola como regular o deficiente. Esta satisfacción excepcionalmente alta valida la efectividad percibida del enfoque implementado.

5.9 Análisis de comentarios cualitativos

Los comentarios confirman los hallazgos cuantitativos: "El profesor logró cambiar totalmente la idea que tenía sobre la programación", "clases súper dinámicas", "es el método de enseñanza con el que más aprendí", "gracias al profesor me estoy desempeñando en un puesto de desarrollo".

6. DISCUSIÓN

6.1 Contribuciones al marco teórico

Los hallazgos de esta investigación contribuyen de manera significativa al marco teórico contemporáneo de educación en ingeniería en múltiples dimensiones conceptuales y metodológicas. Primero, proporcionan evidencia empírica robusta sobre la efectividad de modelos pedagógicos integrados que combinan aprendizaje activo, orientación emprendedora sistemática, y conexión estratégica con ecosistemas profesionales externos. Esta evidencia es particularmente valiosa considerando la relativa escasez de estudios longitudinales metodológicamente rigurosos en contextos latinoamericanos específicos.

Segundo, los resultados confirman y extienden significativamente la teoría del aprendizaje situado aplicada específicamente a educación técnica avanzada. La documentada mejora en calidad de prototipos, continuidad de proyectos estudiantiles, y apropiación personal de aprendizajes sugiere que cuando el aprendizaje ocurre en contextos auténticos con stakeholders reales y problemas genuinos, los estudiantes desarrollan no solo competencias técnicas más sólidas sino también identidades profesionales más robustas, motivación intrínseca sostenida, y capacidades de aprendizaje continuo.

Tercero, la investigación aporta evidencia empírica sobre la viabilidad práctica de transformaciones pedagógicas profundas sin sacrificar rigor técnico o estándares académicos. El mantenimiento de altos estándares de competencia técnica mientras se incrementa significativamente la relevancia profesional, satisfacción estudiantil, e impacto emprendedor desafía narrativas dicotómicas que presentan estos objetivos como mutuamente excluyentes o incompatibles.

6.2 Modelo pedagógico replicable

El análisis permite identificar elementos críticos: rediseño curricular integral, desarrollo gradual de autonomía, conexiones auténticas con ecosistemas externos, y evaluación auténtica alineada. La efectividad del modelo depende críticamente de mentorías genuinas, problemas reales y retroalimentación de stakeholders profesionales.

6.3 Implicaciones para política educativa

Los hallazgos sugieren necesidades de: inversión en desarrollo docente continuo, infraestructura para metodologías activas, y métricas de calidad educativa que incluyan impacto en trayectorias profesionales y contribuciones al desarrollo económico.

6.4 Limitaciones

Margen de error $\pm 8.5\%$, generalización limitada al contexto costarricense. Se requieren estudios multi-sitio, seguimiento longitudinal, análisis económico, y diseños experimentales controlados.

7. CONCLUSIONES

7.1 Síntesis de contribuciones principales

Esta investigación mixta longitudinal aporta evidencia empírica sólida y estadísticamente válida sobre la efectividad superior de modelos pedagógicos integrados en educación en programación a nivel universitario. La validación cuantitativa robusta confirma hallazgos cualitativos significativos: 94% de estudiantes experimentó metodologías activas de manera sistemática, 87% considera estas metodologías más efectivas que enfoques tradicionales, 91% recomendaría el enfoque a otros estudiantes, y múltiples indicadores demuestran impacto profesional tangible y sostenido.

Los hallazgos revelan transformaciones profundas en identidades profesionales estudiantiles, evidenciadas por el cambio desde percepciones como usuarios básicos de tecnología (71% pre-curso) hacia auto-conceptualizaciones como creadores y desarrolladores (75% post-curso). Esta transformación sugiere que el enfoque pedagógico facilitó no solo desarrollo de competencias técnicas sino reconceptualización fundamental de roles profesionales e identidades tecnológicas.

7.2 Modelo teórico: pedagogía emprendedora integrada

Los resultados sugieren la emergencia de un modelo de "pedagogía emprendedora integrada" caracterizado por: integración auténtica de competencias técnicas con habilidades emprendedoras, aprendizaje situado escalado hacia ecosistemas profesionales amplios, evaluación holística de competencias complejas, y desarrollo de identidades profesionales emprendedoras.

7.3 Implicaciones estratégicas

Los hallazgos tienen implicaciones estratégicas para el desarrollo de capital humano tecnológico en América Latina. La región puede contribuir significativamente a competitividad económica e innovación mediante transformaciones pedagógicas que no requieren inversiones masivas sino rediseño inteligente de experiencias educativas.

7.4 Recomendaciones

Para instituciones: desarrollo institucional gradual, inversión en ecosistemas externos, sistemas de evaluación innovadores. Para políticas públicas: incentivos para innovación pedagógica, articulación universidad-industria, medición de impacto a largo plazo.

7.5 Reflexión final

La evidencia sugiere que la transformación de la educación en ingeniería es un imperativo estratégico para el desarrollo nacional. Costa Rica puede posicionarse como líder en economía del conocimiento mediante transformación fundamental de cómo se forma el capital humano tecnológico. El modelo de pedagogía emprendedora integrada ofrece un camino concreto que, implementado sistemáticamente, puede generar retornos significativos en desarrollo económico, innovación tecnológica y bienestar social.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los 900 estudiantes que participaron durante 2020-2025 y a los 120 que respondieron la encuesta de validación. Su colaboración fue fundamental para documentar esta innovación educativa y contribuir al avance de la educación en ingeniería en América Latina.

8. REFERENCIAS

- [1] E. R. García-Sánchez, F. Candia-García, and H. S. Vargas-Martínez, "A Techno-Pedagogical Framework for STEM Education Using Disruptive Innovations," *Proceedings of ICICT 2023*, Springer, Singapore, 2024.
- [2] S. Besekar, S. Jogdand, and W. Naqvi, "Active Learning Strategies in Computer Science Education: A Systematic Review," *Education Sciences*, vol. 8, no. 6, p. 50, 2024.

[3] M. P. Chao and S. P. Harik, "Exploring research trends in the implementation of the flipped classroom model in educational research: a bibliometric analysis," *Pedagogical Research*, 2024.

[4] A. Friedrich et al., "Transforming STEM education using learning progressions, performance assessments, and artificial intelligence," *International Journal of STEM Education*, vol. 11, no. 58, 2024.

[5] K. Kaur and S. Walia, "Implementation of Project-Based Learning Computational Thinking Models in Mobile Programming Courses," *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 18, no. 2, 2024.

[6] D. A. Da Silva, M. R. Gonçalves, and J. P. Santos, "Implementation of a teaching plan for an algorithms course using active methodologies," *Computers & Education*, vol. 189, pp. 104-118, 2022.

[7] S. L. Nielsen et al., "Project-based entrepreneurial learning (PBEL): a blended model for startup creations at higher education institutions," *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 12, no. 1, pp. 1-20, 2023.

[8] M. Jarrar and H. Anis, "The Impact of Entrepreneurship on Engineering Education: A Case Study at the University of Ottawa," *Canadian Journal of Engineering Education*, 2024.

[9] M. A. Memon et al., "Sample Size for Survey Research: Review and Recommendations," *Journal of Applied Structural Equation Modeling*, vol. 4, no. 2, pp. i-xx, 2020.

[10] R. K. Yin, "Case study research and applications: Design and methods," 6th ed., Sage Publications, 2018.