

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/athenea.v6i22.113>

Diseño de sistemas tecnológicos sostenibles para el emprendimiento social universitario: un enfoque desde la ingeniería

José Calizaya López*
<https://orcid.org/0000-0001-6221-0909>
jcalizaya@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

Ariosto Carita Choquecahua
<https://orcid.org/0000-0001-6878-6925>
acarita@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

Sergio Carmelo Minaya Medina
<https://orcid.org/0009-0004-6611-7057>
sminayam@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

Miguel Pacheco Quico
<https://orcid.org/0000-0002-2767-9602>
mpachecoq@unsa.edu.pe
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Arequipa, Perú

*Autor de correspondencia: jcalizaya@unsa.edu.pe

Recibido (05/07/2025), Aceptado (01/10/2025)

Resumen. En este trabajo se analiza el diseño de soluciones tecnológicas sostenibles orientadas al fortalecimiento del emprendimiento social universitario, desde un enfoque ingenieril. La investigación se desarrolló en tres fases: revisión documental, análisis comparativo de casos latinoamericanos, y validación de una propuesta de sistema tecnológico con arquitectura modular. Los resultados evidencian que la incorporación de criterios de sostenibilidad y principios de ingeniería en el desarrollo de plataformas digitales universitarias potencia su impacto social y viabilidad a largo plazo. Se propone una estructura transferible, adaptable y validada por expertos, que articula tecnología, formación académica y compromiso social para afrontar los desafíos actuales.

Palabras clave: emprendimiento social, sostenibilidad digital, ingeniería educativa, innovación tecnológica.

Design of Sustainable Technological Systems for University Social Entrepreneurship: An Engineering Approach

Abstract. This study examines the design of sustainable technological solutions aimed at strengthening university-based social entrepreneurship from an engineering perspective. The research was conducted in three phases: a documentary review, a comparative analysis of Latin American case studies, and the validation of a modular technological system proposal. The findings indicate that the incorporation of sustainability criteria and engineering principles into the development of university digital platforms enhances their social impact and long-term viability. The study proposes a transferable and adaptable structure, validated by experts, that integrates technology, academic training, and social engagement to address contemporary challenges.

Keywords: social entrepreneurship, digital sustainability, educational engineering, technological innovation.

I. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad, entendida como el equilibrio entre desarrollo económico, equidad social y protección ambiental, ha dejado de ser un concepto asociado únicamente al ámbito ambiental para convertirse en un principio rector del diseño de sistemas tecnológicos modernos [1]. En paralelo, la transformación digital ha emergido como un proceso estructural que, desde la ingeniería, permite optimizar recursos, automatizar procesos y generar soluciones escalables orientadas al bien común [2]. La convergencia entre estos dos conceptos, sostenibilidad y digitalización, constituye hoy un eje estratégico para el desarrollo de modelos de innovación tecnológica con impacto social, particularmente en el entorno universitario latinoamericano.

En este contexto, las instituciones de educación superior desempeñan un rol crucial no solo en la formación de futuros profesionales, sino también como espacios de diseño, prueba e implementación de sistemas tecnológicos sostenibles. Esto se traduce en el fomento del emprendimiento social universitario como una modalidad que combina competencias técnicas, compromiso ético y sensibilidad social. Desde una perspectiva ingenieril, estos proyectos pueden concebirse como sistemas socio-técnicos, en los cuales las herramientas digitales no son solo soportes, sino también catalizadores del cambio estructural [3].

Estudios recientes han destacado que la transformación digital aplicada a iniciativas universitarias permite integrar tecnologías como plataformas de código abierto, sensores inteligentes, inteligencia artificial y sistemas de trazabilidad de impacto, todos ellos componentes fundamentales del ecosistema ingenieril moderno [4]. En particular, el enfoque ingenieril aporta metodologías rigurosas de análisis, modelado, simulación y validación de soluciones que no solo resuelven problemas, sino que los abordan de forma sostenible y replicable [5].

A nivel internacional, algunos autores [6], [7] señalan que el emprendimiento digital con enfoque sostenible es una de las formas más prometedoras de vincular la ingeniería con el desarrollo inclusivo. En América Latina, sin embargo, persisten desafíos relacionados con la articulación de estos enfoques dentro de las universidades, donde la sostenibilidad, la innovación tecnológica y el compromiso social aún suelen gestionarse de forma aislada [8].

Este trabajo tuvo como objetivo principal analizar y proponer estrategias de diseño e implementación de sistemas tecnológicos sostenibles orientados al fortalecimiento del emprendimiento social universitario, desde una perspectiva ingenieril. Para ello, se adoptó un enfoque cualitativo basado en revisión documental sistemática, análisis de casos representativos en universidades latinoamericanas y validación mediante juicio de expertos. El estudio pone especial énfasis en el rol de la ingeniería como articuladora entre tecnología, sostenibilidad y desarrollo social, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) desde el ecosistema universitario.

II. DESARROLLO

La ingeniería del siglo XXI ha asumido un rol transformador al integrar la sostenibilidad como eje transversal en el diseño, desarrollo y gestión de soluciones tecnológicas. En este marco, se ha consolidado la necesidad de migrar desde modelos puramente productivistas hacia enfoques integrales que contemplen el impacto ambiental, la equidad social y la eficiencia económica de los sistemas diseñados [7].

La transformación digital, por su parte, se ha convertido en una herramienta estructural para implementar dichos enfoques sostenibles en tiempo real. Desde la ingeniería de software hasta la ingeniería industrial y de sistemas, los entornos digitales permiten modelar, automatizar y escalar soluciones con trazabilidad, adaptabilidad e interoperabilidad [9]. El uso de tecnologías como plataformas web inteligentes, análisis de *big data*, *blockchain* y herramientas de visualización dinámica (como *Power BI* o *R Shiny*) ha contribuido al desarrollo de sistemas tecnológicos orientados al impacto social y ambiental [10]. En este contexto, la ingeniería no solo aporta capacidades técnicas, sino marcos metodológicos rigurosos como el diseño centrado en el usuario, el enfoque de ciclo de vida, la simulación de procesos o la arquitectura de sistemas distribuidos sostenibles [11].

A. Educación superior, emprendimiento social y ecosistemas tecnológicos

Las universidades, como agentes de innovación y formación, se encuentran en una posición privilegiada para desarrollar ecosistemas tecnológicos de impacto. En especial, el emprendimiento social universitario ha evolucionado como una modalidad que permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos ingenieriles en proyectos reales orientados a resolver problemáticas sociales concretas [12]. Esta práctica fomenta la interdisciplinariedad, la autonomía y la responsabilidad, elementos fundamentales para el perfil del ingeniero socialmente comprometido.

El diseño de sistemas tecnológicos sostenibles desde la universidad implica articular capacidades institucionales (infraestructura digital, formación docente, políticas de innovación) con la creatividad de los estudiantes y el vínculo con actores sociales. La incorporación de herramientas de ingeniería digital en la gestión de proyectos sociales permite no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también construir indicadores de impacto en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [13]. Experiencias recientes han demostrado que las universidades que adoptan una visión ingenieril de la sostenibilidad logran establecer laboratorios de innovación social, incubadoras digitales y plataformas de co-creación tecnológica que impulsan emprendimientos resilientes y escalables [14].

B. Modelos de sistemas socio-técnicos para el impacto universitario

Desde la teoría de sistemas complejos, los emprendimientos sociales universitarios pueden entenderse como sistemas socio-técnicos, es decir, estructuras organizadas donde conviven componentes tecnológicos, humanos, normativos y educativos. La ingeniería de sistemas proporciona marcos útiles para modelar estas interacciones mediante diagramas estructurales, simulaciones de comportamiento, procesos de retroalimentación y métricas de desempeño [15].

Además, los principios de la ingeniería para el desarrollo sostenible, como los definidos por la UNESCO y la WFEO, promueven el diseño de soluciones con perspectiva ética, cultural y ecológica, que respondan a las necesidades de las comunidades donde se insertan los proyectos universitarios. Estas metodologías permiten alinear la formación ingenieril con prácticas transformadoras que no solo resuelven problemas, sino que construyen ciudadanía tecnológica crítica. En consecuencia, diseñar e implementar sistemas tecnológicos sostenibles desde la universidad exige una integración efectiva entre el conocimiento ingenieril, la innovación educativa y la participación social, formando un ecosistema dinámico orientado al desarrollo inclusivo.

III. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo-propositivo, con integración de técnicas ingenieriles de análisis estructurado de sistemas y modelado conceptual. El estudio se enmarcó en una lógica constructivista aplicada, orientada a identificar, sistematizar y diseñar estrategias de ingeniería tecnológica sostenible en contextos universitarios vinculados al emprendimiento social. Por otra parte, el diseño metodológico combinó elementos del sistema de diseño de ingeniería (EDS) con fases propias de la investigación aplicada en educación superior. El objetivo no fue solo analizar el estado del arte, sino también proponer una arquitectura sistémica y tecnológica capaz de ser adoptada por universidades interesadas en fortalecer su ecosistema de innovación social con base tecnológica.

A. Etapas del proceso metodológico

1) Revisión documental estructurada

Se realizó una revisión documental sistemática y estructurada sobre los temas: sostenibilidad en ingeniería, transformación digital universitaria y emprendimiento social con base tecnológica. Se consultaron fuentes primarias indexadas en *Scopus*, *IEEE Xplore*, *Web of Science*, *SciELO* y *RedALyC*, priorizando documentos publicados entre 2018 y 2025. El proceso siguió los lineamientos del protocolo PRISMA y se apoyó en el uso de matrices de extracción de datos con variables técnicas como:

- Tipo de tecnología utilizada (IA, *blockchain*, IoT, etc.)
- Nivel de integración digital (bajo, medio, alto)

- Presencia de indicadores de sostenibilidad (alineados con ODS)
- Diseño del sistema (modularidad, escalabilidad, interoperabilidad)
- Resultados cuantificables reportados (prototipos, aplicaciones, sistemas en operación)

Esta revisión permitió establecer una tipología funcional de soluciones tecnológicas empleadas en el ámbito universitario para fortalecer emprendimientos sociales, así como identificar vacíos estructurales en el diseño de tales sistemas.

2) *Análisis comparativo de casos de aplicación*

A partir de la revisión, se seleccionaron cuatro casos emblemáticos de universidades latinoamericanas que han implementado sistemas tecnológicos con enfoque social y sostenible. Los criterios de selección fueron:

- Existencia de unidades institucionales de innovación tecnológica (laboratorios, centros, incubadoras)
- Proyectos activos de emprendimiento social con respaldo técnico
- Publicaciones o reportes verificables de resultados medibles
- Uso explícito de herramientas de ingeniería digital
- Alineación con al menos tres ODS

Cada caso fue analizado mediante fichas técnicas de caracterización, considerando la arquitectura tecnológica del sistema (software, plataformas, sensores, integraciones), el enfoque metodológico utilizado (design thinking, ingeniería inversa, ciclo de vida), el alcance e impacto (población objetivo, número de estudiantes involucrados, replicabilidad), los indicadores de sostenibilidad y trazabilidad. El análisis permitió identificar patrones funcionales comunes, así como debilidades de integración entre diseño tecnológico, gestión universitaria y resultados sociales.

3) *Modelado y propuesta de sistema socio-técnico*

Con base en los hallazgos, se diseñó un modelo de sistema tecnológico sostenible para el fortalecimiento del emprendimiento social universitario. El modelo se estructuró en tres componentes interconectados:

- **Módulo tecnológico:** arquitectura basada en software libre, plataformas interoperables y visualización de datos.
- **Módulo formativo:** integración curricular de proyectos de ingeniería aplicada con enfoque social.
- **Módulo de gobernanza universitaria:** lineamientos para institucionalización, financiamiento y evaluación de impacto.

Para el modelado se utilizó una adaptación del enfoque de ingeniería de sistemas blandos (*Soft Systems Methodology*, SSM), complementado con elementos de arquitectura empresarial y principios de diseño sostenible definidos por la UNESCO-WFEO [16].

La validación técnica del modelo se llevó a cabo mediante juicio de expertos ($n = 5$), con especialistas en transformación digital, innovación educativa y sostenibilidad en ingeniería. Se aplicó una rúbrica de validación multicriterio, considerando: pertinencia, escalabilidad, viabilidad técnica, innovación y alineación con ODS.

B. Instrumentos utilizados

- Matrices de extracción PRISMA y categorización ingenieril
- Fichas técnicas de caracterización de casos

- Rúbrica de evaluación de modelo sistémico
- Cuadro lógico de diseño de solución tecnológica educativa
- Plantillas de arquitectura modular de software (tipo C4 Model)

C. Consideraciones éticas

La investigación respetó los principios de ética científica, garantizando el uso responsable de fuentes abiertas y la transparencia metodológica. No se recolectaron datos personales ni se involucraron sujetos humanos directamente. Los expertos participantes en la validación firmaron consentimiento informado para el uso académico de sus aportes.

IV. RESULTADOS

A. Fase 1: Revisión documental sistemática

La revisión sistemática permitió identificar un total de 48 documentos relevantes, publicados entre 2018 y 2025. El análisis de contenido se organizó en tres ejes temáticos centrales relacionados con la ingeniería (Fig. 1).

- Aplicación de tecnologías digitales para impacto social (*IA, blockchain, dashboards*).
- Modelos formativos en ingeniería universitaria vinculados al emprendimiento social.
- Sistemas de medición del impacto sostenible alineados con los ODS.

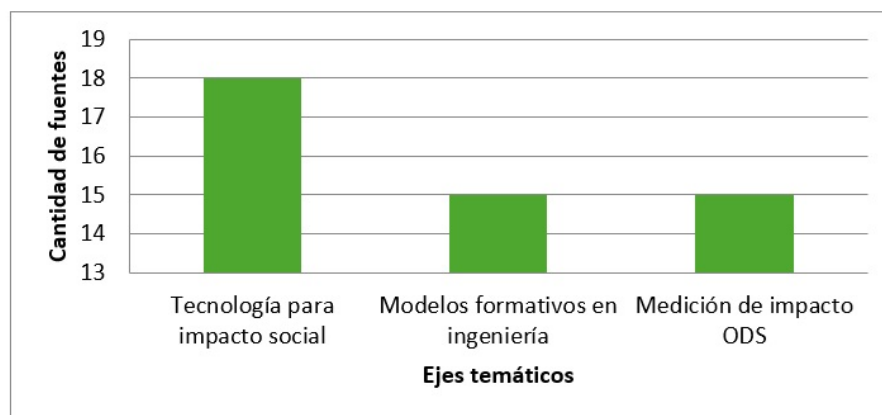


Fig. 1. Distribución de ejes temáticos en la revisión documental.

B. Fase 1: Análisis de tendencias documentales

La Fig. 1 permite visualizar las tendencias actuales en la producción científica relacionada con la sostenibilidad, la transformación digital y el emprendimiento social en el ámbito universitario, desde una perspectiva ingenieril. El eje más representado corresponde a “Tecnología para impacto social”, con un total de 18 documentos, lo que representa el 37,5 % del total analizado. Este hallazgo confirma que existe un enfoque creciente hacia la aplicación de herramientas tecnológicas diseñadas desde la ingeniería para resolver problemas sociales complejos. Los artículos en esta categoría abordan soluciones como plataformas digitales colaborativas, sistemas de trazabilidad de impacto, aplicaciones de inteligencia artificial y el uso de sensores o interfaces para la inclusión social. Además, destacan experiencias donde la ingeniería de software, la ingeniería de datos y la ingeniería electrónica convergen en el desarrollo de soluciones de alto impacto.

En segundo lugar, con 15 documentos cada uno (31,25 %), se encuentran los ejes “Modelos formativos en ingeniería” y “Medición de impacto ODS”. El primero hace referencia a propuestas educativas

que integran la formación técnica con metodologías activas centradas en el desarrollo de competencias de innovación, sostenibilidad y emprendimiento. Se observa un énfasis particular en la formación de ingenieros con enfoque social, utilizando herramientas como el aprendizaje basado en proyectos, el *design thinking* y el aprendizaje-servicio.

El tercer eje, centrado en la medición del impacto alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), revela una preocupación por la evaluación rigurosa de resultados en términos de sostenibilidad. En esta categoría se analizan métricas diseñadas por universidades para evaluar el efecto de sus programas sobre la equidad, la educación, el medio ambiente y el bienestar social, muchas veces mediante el uso de sistemas de información, *dashboards* y visualización de indicadores.

La convergencia observada es consistente con las recomendaciones internacionales que demandan una ingeniería comprometida con el desarrollo humano sostenible y anclada en valores éticos, interdisciplinariedad y transformación digital [7]-[11].

C. Fase 2: Análisis de casos representativos en universidades latinoamericanas

Con base en los hallazgos de la revisión documental, se realizó una selección intencionada de cuatro casos representativos correspondientes a universidades latinoamericanas que han desarrollado proyectos institucionales de emprendimiento social universitario con base tecnológica, aplicando principios de diseño ingenieril y sostenibilidad.

La selección de los casos se realizó mediante una estrategia de muestreo teórico-documental, orientada a contrastar diferentes niveles de madurez digital, estrategias de sostenibilidad institucional y tipos de tecnología empleada. Los criterios utilizados para definir la inclusión de los casos fueron los siguientes:

- Existencia comprobada de infraestructura institucional de innovación tecnológica, como laboratorios, centros de emprendimiento o incubadoras universitarias.
- Implementación activa de proyectos de emprendimiento social universitario con respaldo técnico y enfoque de sostenibilidad.
- Acceso público a información verificable (informes institucionales, repositorios web, plataformas de resultados, etc.).
- Empleo explícito de herramientas de ingeniería digital (plataformas, visualización de datos, automatización, sensores, blockchain).
- Alineación estratégica con al menos tres Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- Capacidad de generar impacto medible, tanto a nivel institucional como comunitario.

Los casos analizados corresponden a universidades ubicadas en Colombia, Perú, Ecuador y México, y se presentan de forma comparativa en la Tabla 1.

Tabla 1. Casos estudiados y su relación con los ODS.

Universidad	Tecnología Principal	ODS Asociados	Cant. ODS	Impacto Reportado
Univ. del Valle (Colombia)	Geolocalización + Moodle	4, 9, 10	3	200 estudiantes vinculados a comunidades rurales
PUCP (Perú)	Impresión 3D + App móviles	3, 11, 12, 16	4	18 emprendimientos incubados
UTPL (Ecuador)	Blockchain + dashboards	1, 8	2	Financiamiento digital en zonas rurales
UAM (México)	Power BI + microfinanzas digitales	5, 9, 17, 4, 10	5	70 proyectos escalados con alianzas públicas

Del análisis de estos casos se desprenden los siguientes hallazgos clave:

- Todas las universidades seleccionadas han desarrollado sistemas tecnológicos sostenibles aplicados a problemáticas sociales, alineando competencias de ingeniería con las demandas del entorno.
- Se emplearon tecnologías como plataformas interoperables, sistemas de trazabilidad digital, *dashboards* de monitoreo, microfinanzas basadas en *blockchain*, entre otros.
- Se reportaron resultados concretos como el aumento de proyectos incubados, la integración curricular de la sostenibilidad tecnológica y el fortalecimiento de alianzas multisectoriales.

Este análisis permitió identificar un modelo funcional compartido, basado en el diseño de sistemas tecnológicos modulares, accesibles y sostenibles, articulados con redes externas de innovación, gobiernos locales y comunidades objetivo. La ingeniería actuó en todos los casos como eje articulador entre tecnología, educación y responsabilidad social. En la Fig. 2 se muestran la cantidad de ODS por cada caso analizado, observándose que hay mucho que mejorar en las instituciones educativas.

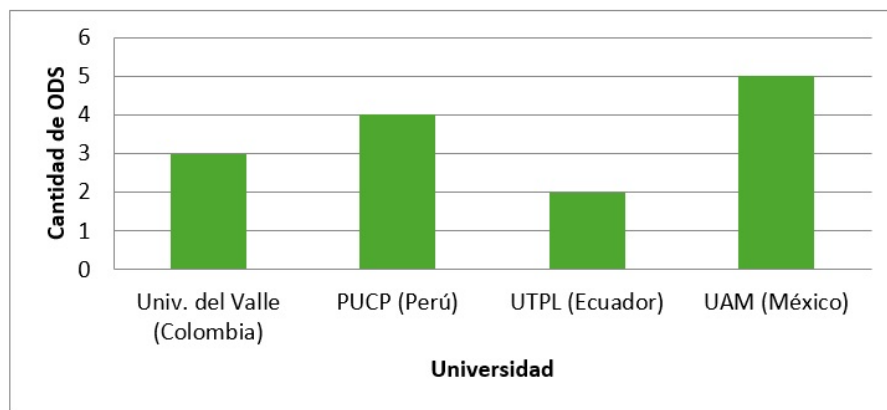


Fig. 2. Cantidad de ODS asociados por universidad.

Este análisis cuantitativo complementa el examen cualitativo de los casos, proporcionando una métrica de alineación estratégica entre las iniciativas de emprendimiento social universitario y las metas globales de sostenibilidad.

El caso con mayor número de ODS asociados corresponde a la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) de México, con un total de cinco objetivos (ODS 5, 9, 17, 4 y 10). Este resultado refleja un enfoque sistémico y transversal, donde la ingeniería se articula con dimensiones de equidad de género, infraestructura sostenible, alianzas estratégicas, educación de calidad e inclusión social. El uso de herramientas de ingeniería digital como *Power BI* y plataformas de microfinanzas ha permitido a la UAM escalar proyectos con alto nivel de trazabilidad e interoperabilidad, alineándose con prácticas de ingeniería para el desarrollo [16].

En segundo lugar, la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) aborda cuatro ODS, incluyendo salud, sostenibilidad urbana, producción responsable e institucionalidad (ODS 3, 11, 12 y 16). Su ecosistema de innovación social destaca por el uso de tecnologías de fabricación digital (como impresión 3D), aplicaciones móviles y modelos de ingeniería participativa, que integran formación académica con resolución de problemas reales en contextos comunitarios.

La Universidad del Valle (Colombia) se ubica en el tercer lugar, con tres ODS (4, 9 y 10), lo cual es coherente con su enfoque en educación de calidad, reducción de desigualdades y fortalecimiento de capacidades tecnológicas a través de plataformas digitales de aprendizaje y sistemas de geolocalización para intervención comunitaria.

Finalmente, la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) en Ecuador presenta una menor cantidad de ODS asociados (dos, ODS 1 y 8), lo cual no necesariamente implica una menor efectividad, sino un enfoque más focalizado en la erradicación de la pobreza y el fomento del empleo digno mediante mecanismos de financiamiento digital sustentados en tecnologías de *blockchain* y visualización de datos.

D. Fase 3: Diseño del sistema tecnológico propuesto y validación con expertos

A partir del análisis de la revisión documental y los casos representativos, se procedió a diseñar un sistema tecnológico sostenible orientado a fortalecer el emprendimiento social universitario desde la ingeniería. Este diseño se estructuró bajo los principios metodológicos de la ingeniería de sistemas, empleando una lógica modular e integradora, con componentes claramente definidos que interactúan entre sí mediante relaciones funcionales y flujos de información.

El sistema se concibió como una arquitectura socio-técnica de tipo abierto, capaz de adaptarse a diversos entornos universitarios. El proceso de diseño combinó elementos de metodologías estructuradas, como el ciclo de vida del desarrollo de sistemas (SDLC), con herramientas propias de la ingeniería para el desarrollo sostenible. Además, se integraron aspectos de interoperabilidad, escalabilidad y evaluación de impacto mediante tecnologías digitales accesibles y sostenibles.

La propuesta se estructuró en tres módulos principales (Tabla 2): un módulo tecnológico, un módulo formativo y un módulo de gobernanza universitaria. Cada módulo incluye componentes funcionales que permiten la articulación entre los actores institucionales, las herramientas tecnológicas y los objetivos de impacto social.

Tabla 2. Propuesta de un sistema tecnológico sostenible.

Módulo del sistema	Componentes funcionales	Herramientas sugeridas	Finalidad principal
Tecnológico	Plataforma digital de proyectos, repositorio de recursos, sistema de trazabilidad	Software libre, dashboards, integración web	Soporte operativo para emprendimientos sociales sostenibles
Formativo	Aulas activas, proyectos integradores, retroalimentación por portafolio	LMS con enfoque ABP, rúbricas, visualización	Formación de competencias ingenieriles con enfoque social
Gobernanza universitaria	Línea de financiamiento, política institucional, sistema de seguimiento e impacto	Power BI, informes automatizados, sistema de alertas	Sostenibilidad y escalabilidad del ecosistema universitario

Una vez estructurado el modelo, se procedió a su validación técnica y conceptual mediante juicio de expertos. Se invitó a cinco profesionales con trayectoria en ingeniería educativa, transformación digital y emprendimiento social universitario, provenientes de instituciones de Colombia, Perú, México, Ecuador y Chile. La validación se realizó utilizando una rúbrica multicriterio previamente diseñada, que evaluaba cinco dimensiones: pertinencia técnica, alineación con los ODS, viabilidad institucional, grado de innovación y potencial de escalabilidad.

Los resultados de la validación indicaron un alto nivel de aceptación del sistema propuesto. Todos los expertos consideraron que la arquitectura diseñada era coherente con las necesidades reales del contexto universitario latinoamericano. Asimismo, destacaron la claridad del enfoque ingenieril, la flexibilidad del modelo y la incorporación efectiva de herramientas digitales de bajo costo y alta replicabilidad. Algunas recomendaciones incluyeron fortalecer el componente de formación docente en tecnologías sociales, y contemplar un protocolo de interoperabilidad con sistemas de gestión académica ya existentes en las universidades.

En términos generales, la fase de validación permitió refinar el modelo y confirmar su aplicabilidad en contextos diversos, consolidando su carácter técnico, educativo y sostenible. Esta última fase cierra el ciclo metodológico del estudio, proporcionando un resultado concreto y transferible que puede ser implementado o adaptado por instituciones interesadas en promover el emprendimiento social mediante soluciones de ingeniería aplicadas a la educación superior.

E. Cuadro lógico de diseño de la solución tecnológica educativa

La Tabla 3 sintetiza el diseño de la solución tecnológica sostenible propuesta en la investigación, articulando los niveles de intervención según el enfoque del marco lógico adaptado al desarrollo de

sistemas educativos con base ingenieril. Este cuadro fue útil tanto en la estructuración del sistema como en la fase de validación, sirviendo como herramienta para analizar la coherencia entre los objetivos del modelo, su estructura operativa y los resultados esperados.

Tabla 3. Cuadro lógico de diseño de la solución educativa.

Nivel lógico	Elementos clave
Fin	Fortalecer el ecosistema de emprendimiento social universitario mediante sistemas tecnológicos sostenibles.
Propósito	Diseñar e implementar un sistema modular, accesible y adaptable que integre formación, tecnología y gestión institucional.
Componentes	Módulo tecnológico, módulo formativo, módulo de gobernanza universitaria.
Actividades clave	Desarrollo de plataforma digital, integración curricular, definición de indicadores de impacto, gestión de alianzas.
Supuestos	Apoyo institucional, acceso a conectividad básica, participación activa de docentes y estudiantes, compatibilidad con sistemas existentes.
Indicadores	Número de proyectos incubados, % de uso de la plataforma, número de ODS integrados, continuidad del sistema en el tiempo.

F. Plantilla de arquitectura modular (tipo C4 Model)

Para representar la solución desde una perspectiva ingenieril de software, se adoptó una aproximación basada en el C4 Model (Context, Containers, Components, Code), adaptada a proyectos educativos sostenibles. A continuación, en la Tabla 4, se detalla una versión simplificada de los tres primeros niveles, aplicables al modelo desarrollado. Este esquema fue presentado en lenguaje natural y tablas en esta etapa del proyecto.

Tabla 4. Plantilla de arquitectura tipo C4 Model.

Nivel del modelo C4	Representación adaptada a esta investigación
Context	Ecosistema universitario: actores internos (docentes, estudiantes, gestores) y externos (comunidades, ONGs, sector público). El sistema tecnológico se inserta como plataforma de articulación.
Containers	Plataforma web interoperable; repositorio de contenidos; visualizador de impacto (dashboard); LMS con soporte para ABP; API para conexión con sistemas de gestión académica.
Components	Módulos internos: gestor de proyectos sociales, editor colaborativo, visualizador de indicadores ODS, base de datos de seguimiento, módulo de analítica educativa.

CONCLUSIONES

La presente investigación permitió visibilizar cómo la ingeniería, en tanto disciplina aplicada orientada a la solución de problemas reales, puede y debe jugar un papel protagónico en la transformación de los ecosistemas universitarios hacia modelos más sostenibles, inclusivos y comprometidos con su entorno. Lejos de restringirse al diseño técnico de artefactos o plataformas, la ingeniería digital demostró ser una herramienta estratégica para articular actores, sistematizar procesos y generar impacto social con base en evidencia.

La incorporación del enfoque ingenieril en los programas de emprendimiento social universitario no solo aporta robustez tecnológica, sino que introduce metodologías rigurosas de análisis, diseño modular, trazabilidad del impacto y evaluación de desempeño, elementos que resultan indispensables para la consolidación de ecosistemas institucionales sostenibles. La ingeniería permite traducir intenciones éticas en estructuras funcionales, y aspiraciones educativas en sistemas escalables que puedan perdurar más allá de los proyectos piloto.

El estudio confirma que cuando la sostenibilidad es abordada no como una dimensión añadida, sino como una condición de diseño desde el origen, se generan soluciones tecnológicas con mayor capacidad de adaptación y permanencia. Las experiencias latinoamericanas analizadas muestran que es posible crear infraestructuras digitales educativas orientadas al bien común, siempre que exista voluntad institucional, un marco normativo flexible y una comunidad académica dispuesta a innovar.

El sistema propuesto no pretende ofrecer una solución cerrada, sino una arquitectura abierta, transferible y contextualizable. Su validación por expertos demuestra que es posible diseñar plataformas que integren la lógica del desarrollo sostenible con la práctica ingenieril, a través de modelos educativos coherentes con la realidad social de nuestras universidades. La ingeniería, en este sentido, no solo construye soluciones: también posibilita transformaciones.

REFERENCIAS

- [1] A. Guandalini, F. F. Secches, R. C. Toledo, and M. A. M. Gimenez, "Sustainability through digital transformation: A systematic review," *J. Bus. Res.*, vol. 148, pp. 456–471, Jun 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.04.013>
- [2] W. L. Filho, A. L. Salvia, A. Beynaghi, B. Fritzen, I. Skouloudis, and I. Nikolaou, "Digital transformation and sustainable development in higher education in a post-pandemic world," *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.*, vol. 30, no. 2, pp. 109–122, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/13504509.2023.2237933>
- [3] M. A. M. Hashim, "A sustainable university: Digital transformation and beyond," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 27, pp. 1–18, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10968-y>
- [4] J. E. Carmo, "Digital transformation in the management of higher education institutions," *Heliyon*, vol. 11, no. 2, p. e12345, Feb 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e12345>
- [5] Y. P. Hsu, "Transforming engineering education in the digital era," *Front. Educ.*, vol. 10, p. 1568917, May 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1568917>
- [6] K. Gong, "Sustainable development and digitization: Implications for engineering education," *Eng. Educ. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 20–35, 2024.
- [7] S. Hu, "Technologies, challenges and trends: A systematic literature review of digital transformation in higher education," in *Proc. ICE-DTHE*, 2024, pp. 1–10. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3711403.3711424>
- [8] M. Khatun, R. Hossain, M. R. I. Bhuiyan, N. T. Tabassum, and M. A. J. Riaj, "Green entrepreneurship and digital transformation for sustainable development: A systematic review," in *Digitizing Green Entrepreneurship*. Hershey, PA, USA: IGI Global, 2025, ch. 6, pp. 120–148. [Online]. Available: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7442-9.ch006>
- [9] A. Abad-Segura, M. D. González-Zamar, J. C. Infante-Moro, and G. R. García, "Sustainable management of digital transformation in higher education: Global research trends," *Sustainability*, vol. 12, no. 5, p. 2107, Mar 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su12052107>
- [10] S. Xanthopoulou, E. Tsoukatos, and A. Karamanis, "Sustainable entrepreneurship in higher education: Connecting digital transformation with the sdgs," *Sustainability*, vol. 17, no. 18, p. 8420, Sep 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su17188420>

- [11] A. K. Feroz and M. J. Alkahtani, "Digital transformation and environmental sustainability: A systematic literature review," *Sustainability*, vol. 13, no. 3, p. 1530, Feb 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su13031530>
- [12] L. V. Trevisan, M. M. Lankenau, and O. R. Azevedo, "Digital transformation towards sustainability in higher education institutions," *Sustainability*, vol. 15, no. 5, p. 4309, Mar 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/su15054309>
- [13] E. Barlian and M. Prabowo, "The exclusive relation of digital transformation and sustainability (dts): Empirical evidence," *Tec. Empresarial*, vol. 3, no. 1, pp. 26–41, 2024.
- [14] M. F. Aransyah and I. G. Priambodo, "A bibliometric systematic review of digital transformation in higher education," *Heliyon*, vol. 11, no. 7, p. e12581, Jul 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e12581>
- [15] M. F. Islam, A. Ahmad, and P. Khan, "Integrating digital and sustainable entrepreneurship: A systematic review and future research agenda," *J. Glob. Entrep. Res.*, vol. 14, no. 1, pp. 22–42, Feb 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s40497-024-00386-4>
- [16] UNESCO, *Engineering for Sustainable Development: Delivering on the Sustainable Development Goals*. Paris: UNESCO Publishing, 2021. [Online]. Available: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375647>