

Artículo de Investigación

# Prácticas de sostenibilidad en la especialización en desarrollo de software de UNIMINUTO

## Sustainability Practices in the Software Development Specialization at UNIMINUTO

**Sergio Puerto Moreno:** Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO, Colombia.  
[sergio.puerto.m@uniminuto.edu](mailto:sergio.puerto.m@uniminuto.edu)

**Fecha de Recepción:** 29/05/2024

**Fecha de Aceptación:** 09/09/2024

**Fecha de Publicación:** 11/11/2024

### Cómo citar el artículo:

Puerto Moreno, S. (2024). Aplicación de prácticas de sostenibilidad en la especialización en desarrollo de software de UNIMINUTO [Application of sustainability practices in the software development specialization at UNIMINUTO]. *European Public y Social Innovation Review*, 9, 1-16. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1070>

### Resumen:

**Introducción:** En un contexto global de desafíos ambientales y sociales, es inherente integrar prácticas de sostenibilidad en la educación en desarrollo de software. Este estudio presenta una propuesta de buenas prácticas de sostenibilidad para la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO. **Metodología:** El estudio cualitativo se desarrolló en tres fases: análisis del Proyecto Educativo del Programa (PEP), revisión de la literatura y propuesta de buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software. **Resultados:** Los resultados se orientan a la integración de prácticas de sostenibilidad en la educación en desarrollo de software, aplicadas en los espacios académicos y las opciones de grado del programa para asumir desafíos contemporáneos. **Discusión:** Las buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software derivadas de la revisión del PEP y la literatura destacan la importancia de adoptar enfoques que minimicen el impacto ambiental y mejoren la eficiencia de los recursos. **Conclusiones:** La propuesta es relevante para UNIMINUTO y puede servir como modelo para otras instituciones de educación superior que busquen promover la sostenibilidad a través de la formación en desarrollo de software.

**Palabras clave:** sostenibilidad; buenas prácticas; desarrollo de software; educación superior; responsabilidad social; desafíos globales; ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible); formación.

**Abstract:**

**Introduction:** In a global context of environmental and social challenges, integrating sustainability practices into software development education is inherent. This study presents a proposal for best sustainability practices for the UNIMINUTO Software Development Specialization. **Methodology:** The qualitative study was developed in three phases: analysis of the Program's Educational Project (PEP), literature review, and proposal of best sustainability practices in software development. **Results:** The results are aimed at integrating sustainability practices into software development education, applied in academic spaces and program graduation options to address contemporary challenges. **Discussions:** The best sustainability practices in software development derived from the review of the PEP and literature highlight the importance of adopting approaches that minimize environmental impact and improve resource efficiency. **Conclusions:** The proposal is relevant for UNIMINUTO and can serve as a model for other higher education institutions seeking to promote sustainability through software development training.

**Keywords:** sustainability; best practices; software development; higher education; social responsibility; global challenges; SDGs (Sustainable Development Goals); training.

## 1. Introducción

La transformación constante de la educación y los desafíos éticos, ambientales y sociales de las dinámicas globales exigen la incorporación de prácticas sostenibles en todos los campos, incluyendo la formación de profesionales a nivel de posgrado en desarrollo de software (Martínez *et al.*, 2021). Es decir, integrar la sostenibilidad en la formación académica de este campo de manera efectiva y responsable (Gutiérrez y Pellegrini, 2022). A lo que la demanda de soluciones tecnológicas sostenibles y el impacto ambiental de las tecnologías destacan la urgencia de incluir buenas prácticas en el currículo académico (García *et al.*, 2022).

A pesar de los avances académicos, la ingeniería de software aún enfrenta una brecha en prácticas sostenibles específicas (Plata *et al.*, 2022). Aunque hay esfuerzos, persisten las limitaciones en cómo este campo aborda desafíos ambientales y sociales (Jiménez *et al.*, 2020). En la revisión del Proyecto Educativo del Programa (PEP) de la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO Se encuentra que, es necesario incluir en la formación de profesionales de este campo un enfoque holístico de sostenibilidad que considere aspectos técnicos, éticos, sociales y ambientales (Silva *et al.*, 2021). Incluir estos aspectos conduce a fundar competencias en el estudiante que promueven un cambio cultural sentado en prácticas responsables para el ejercicio de su profesión. Teniendo presente que el enfoque de buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software está alineado con los ODS de las Naciones Unidas para resolver problemas globales (energía asequible, acción climática y producción responsable) de manera integral (Andia *et al.*, 2021).

Este artículo presenta una propuesta sobre buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software para la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO. A partir del análisis que abarcó la exploración de la literatura relevante y la revisión detallada del PEP del programa.

A continuación, se presentan los temas analizados con una síntesis de los autores y del documento PEP que permitieron la elaboración de la propuesta. Es importante señalar que esta propuesta se aplicó en el desarrollo de los espacios académicos y las opciones de grado del programa, siguiendo los lineamientos del ajuste del PEP y el Acuerdo 46 de 2023 de UNIMINUTO.

En primer lugar, tras el análisis del programa a través del documento PEP, en la Tabla 1 se muestra la síntesis de los resultados existentes sobre los dos temas principales abordados en dicho programa, esto es: el contexto y enfoque del programa y los desafíos en el entorno académico.

**Tabla 1.**

*Análisis del documento PEP*

<b>Tema</b>	<b>Síntesis</b>
1.Contexto y enfoque del programa: objetivo, marco regulatorio, alineación internacional y análisis de la oferta nacional e internacional	El programa de Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO de conformidad con el Decreto 1330 de 2019 del Ministerio de Educación Nacional, está diseñado para adaptarse a las necesidades locales y regionales, basado en el SWEBOK de la IEEE para ofrecer una formación completa en desarrollo, gestión, configuración, calidad y seguridad de software, en línea con los estándares nacionales e internacionales para preparar a los profesionales en este campo, de acuerdo con Adriano <i>et al.</i> (2023) Bossa-Benavidez <i>et al.</i> (2023) y Atadoga <i>et al.</i> (2024).
2. Desafíos en el entorno académico: contribución a la sostenibilidad y estructura del plan de estudios	El programa de Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO ofrece una modalidad virtual para expandir su alcance a nivel nacional, aprovechando el predominio de programas presenciales en Colombia. A nivel internacional, aborda temas clave como la sostenibilidad del software, IA, robótica, blockchain y ciberseguridad. En Colombia, enfrenta desafíos relacionados con la rápida evolución de las tecnologías y el crecimiento del sector TIC, buscando contribuir a los ODS desde su articulación en la universidad privada, según Murillo <i>et al.</i> (2023), la documentación como parte la adopción de modelos y del proceso de desarrollo ágil, según Parra <i>et al.</i> (2020), Delgado y Díaz (2021), Narváez <i>et al.</i> (2023) y Olivares <i>et al.</i> (2023) para mejorar el ecosistema tecnológico y el pensamiento computacional, basado en lo que dice Barragán (2023). El plan de estudios está dividido en cursos de fundamentación, profundización e investigación, orientados a formar profesionales capacitados en administración, calidad y seguridad del software, y promover prácticas responsables y sostenibles.

**Fuente: Elaboración propia (2024).**

A continuación, el análisis de las prácticas de desarrollo de software a través de la revisión de los autores, ha permitido identificar cinco prácticas asociadas al proceso de desarrollo y tres relativas a la sostenibilidad en dicho desarrollo. En las tablas 2 y 3, respectivamente, se muestran los principales resultados existentes en la literatura respecto a estos elementos.

**Tabla 2.**
*Prácticas de desarrollo de software*

<b>Tema</b>	<b>Síntesis</b>
1. Prácticas ágiles y evolución en el desarrollo de software	Para Socarras <i>et al.</i> (2018) y Pastrana <i>et al.</i> (2022), la incorporación de buenas prácticas en la Mejora de Proceso de Software (MPS) es esencial para optimizar el rendimiento y la madurez de los procesos, impulsar la economía y competitividad de la industria del software, y abordar los desafíos en pequeñas empresas mediante metodologías como DevOps, SCRUM o aquellas que se consideran ágiles mediante Objetos de Aprendizaje (OA), según Bertossi y Gutiérrez (2022) y Khan <i>et al.</i> (2023).
2. Desafíos en la calidad, eficiencia y mejora de prácticas de código en el desarrollo de software	Pastrana <i>et al.</i> (2019), Zapata <i>et al.</i> (2020) y Piñero <i>et al.</i> (2021) destacan la importancia de implementar prácticas de calidad del producto en pequeñas empresas de software, medir el desempeño para la mejora continua y satisfacción del cliente, y utilizar herramientas innovadoras como juegos educativos para enseñar buenas prácticas y detectar problemas comunes en el desarrollo de software, en la experiencia de usuario UX (User Experience) basada en roles para evaluar el producto, como lo exponen Barroso <i>et al.</i> (2021b), y la selección de prácticas sustentadas en métodos de inspección y prueba de UX, según lo indicado por Barroso <i>et al.</i> (2021a).
3. Mantenibilidad y pruebas en el desarrollo de software guiado por comportamiento	Adones y Vega (2020), Soraluz <i>et al.</i> (2021) y Castellanos y Castrillón (2023) denotan la importancia de seguir procesos específicos y sistemáticos en el desarrollo de software educativo, utilizar métricas y técnicas para la adquisición, el mantenimiento del software, y emplear pruebas de software como estrategias clave para mejorar la calidad y el rendimiento. Destacando la colaboración y aplicación de metodologías ágiles como el desarrollo guiado por comportamiento y el control de cambios de requisitos, de acuerdo con Carballo y Barrientos (2020).
4. Formación en roles, gestión de requisitos y evaluación integral de la mejora de procesos en el desarrollo de software	García <i>et al.</i> (2018), Chapal <i>et al.</i> (2020) y Valdés <i>et al.</i> (2023) destacan la importancia de la formación en buenas prácticas, la gestión efectiva de requisitos y la evaluación integral de organizaciones para mejorar la calidad del software, la gestión de proyectos y la responsabilidad, utilizando estándares internacionales y metodologías de ingeniería de software, asegurando una implementación efectiva y contribuyendo a la mejora continua y el Aseguramiento de la Calidad de Software (ACS), con herramientas y técnicas como lo plantea Carrizo y Alfaro (2018).
5. Enfoques, estándares y marcos de trabajo para la eficiencia del desempeño y aseguramiento de la calidad en el	Para Adones y Vega (2020), Marín <i>et al.</i> (2021) y Castillo y Coronel (2023) la importancia de considerar la eficiencia del desempeño y el uso de marcos de trabajo en el desarrollo de software, la aplicación del Modelo-Vista-Controlador (MVC), junto con métodos de aseguramiento de la calidad basados en herramientas y métricas, permiten reducir defectos, mejorar la calidad y garantizar la satisfacción del usuario, implementando prácticas de

desarrollo de software

mejora continua mediante ciclos como PDCA (Plan-Do-Check-Act) y evaluaciones específicas.

**Fuente: Elaboración propia (2024).**

**Tabla 3.**

*Sostenibilidad en el desarrollo de software*

Tema	Síntesis
1. Sostenibilidad en el desarrollo de software: integrando los ODS	Para Díaz y Silega (2021), López <i>et al.</i> (2021), Cervera <i>et al.</i> (2023), Girolimo y Diez (2023) y Maldonado-Mosquera (2023), el pensamiento computacional, la sostenibilidad en el desarrollo de software y la aplicación de estándares de calidad del proceso de software promueven la conciencia ambiental y la eficiencia energética mediante prácticas como escribir código eficiente, optimizar el uso de recursos y prolongar la vida útil de los dispositivos electrónicos. Los ODS de la ONU proporcionan un marco para alinear estas prácticas con metas globales, como reducir la huella de carbono (ODS 7), abordar problemas climáticos (ODS 13), gestionar la energía y la calidad del aire (ODS 11), y fomentar el consumo responsable (ODS 12), contribuyendo a un futuro más sostenible, equitativo y con una visión holística de la necesaria transición a la sostenibilidad, según Gil-Pérez y Vilches (2023).
2. Estudio bibliométrico sobre ingeniería de software y desarrollo sostenible: enfoque en arquitectura empresarial sostenible	El estudio bibliométrico de Jiménez <i>et al.</i> (2020) revela un creciente interés en la ingeniería del software y el desarrollo sostenible, con un aumento constante en la producción de publicaciones, predominancia de artículos de conferencias y enfoque en áreas como ingeniería de requisitos y diseño de software. Los países más productivos son EE.UU., Reino Unido y Alemania, con un énfasis en la eficiencia energética y la computación verde. Andia <i>et al.</i> (2021), Socarras <i>et al.</i> (2022) y Tamayo y Silega (2021) amplían la perspectiva al reutilizar experiencias previas, integrar la mantenibilidad y la sostenibilidad en la arquitectura empresarial, abordando prácticas clave como la integración en la estrategia de negocios, gestión de la información, desarrollo de software sostenible y elección de infraestructura tecnológica energéticamente eficiente.
3. Inclusión y formación en ingeniería de software: desarrollo regional, sostenibilidad y buenas prácticas universitarias	Marin <i>et al.</i> (2018), Martínez <i>et al.</i> (2021) y Febles <i>et al.</i> (2022) enfatizan en la necesidad de una educación en ingeniería sostenible que prepare a los profesionales para enfrentar desafíos actuales y futuros, integrando programación orientada a objetos, gestión de la información, seguridad informática, gobierno de Tecnologías de la Información (TI) y sostenibilidad en el currículo basado en el modelo CDIO (Concebir, Diseñar, Implementar, Operar). Silva <i>et al.</i> (2021), Limón y González (2022) y Vera y Vera (2023) destacan un aumento en la producción científica sobre desarrollo regional y sostenibilidad, con China liderando en publicaciones y cooperación internacional con EE.UU. y Japón. Gutiérrez y Pellegrini (2022) proponen buenas prácticas

universitarias como un enfoque integral en educación para la sostenibilidad, creación de redes intersectoriales y un enfoque holístico y complejo para fomentar la acción colectiva y la transformación institucional.

**Fuente: Elaboración propia (2024).**

Este estudio busca no solo llenar las lagunas identificadas con el aporte de prácticas sostenibles de desarrollo de software, sino también establecer un modelo que pueda servir de referencia para los programas de posgrado de otras instituciones de educación superior.

## 2. Metodología

Para la realización de este artículo, se llevó a cabo una revisión cualitativa descriptiva basada en el análisis de contenido para identificar temas y patrones recurrentes de sostenibilidad en el desarrollo de software a través del análisis del documento PEP y los artículos seleccionados. Esta investigación se desarrolló en tres fases: análisis del documento PEP, análisis de la literatura y propuesta de buenas prácticas.

### 2.1. Primera fase - Análisis del documento PEP

Se revisó el PEP de la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO, para determinar las categorías de análisis (relacionadas en la Tabla 4) y realizar un estudio en contraste con la literatura revisada en la segunda fase:

- Documento PEP: Se utilizó el PEP de la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO como principal fuente de datos.
- Categorías de análisis: se analizó el contenido del documento PEP en contraste con la revisión de la literatura para establecer las subcategorías derivadas de las categorías de análisis: prácticas de desarrollo de software y sostenibilidad en el desarrollo de software.

**Tabla 4.**

*Categorías de análisis: revisión de la literatura y el análisis del documento PEP*

Categorías de análisis	
Prácticas de desarrollo de software	Sostenibilidad en el desarrollo de software
Ciclo de vida de desarrollo de software	Metodologías ágiles con enfoques sostenibles
Algoritmos orientados a la optimización y recursividad de código	Desarrollo y prácticas de código sostenibles
Diseño centrado en el usuario	Eficiencia energética y huella de carbono en Arquitecturas de desarrollo de software
Diseño para la reutilización y modularidad	Directrices de inclusión, diversidad y accesibilidad
Uso de patrones de diseño y desarrollo de software	Calidad y mantenibilidad del código

Documentación exhaustiva y legibilidad del código	Pruebas automatizadas y control de calidad - QA
Gestión de requisitos	Energías limpias para el despliegue de software
Mejora de procesos de software (MPS)	Desarrollo regional y sostenibilidad
Pruebas de software y calidad	Buenas prácticas en educación para el Desarrollo sostenible
Mantenibilidad del software	

**Fuente:** Elaboración propia (2024).

## 2.2. Segunda fase - Revisión de la literatura

Se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos científicos en diversas bases de datos relacionadas con el campo de estudio: Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal), Scientific Electronic Library Online (SciELO), Dialnet y Google Académico. El objetivo fue identificar enfoques de sostenibilidad y buenas prácticas en el desarrollo de software, asociados al tema de análisis de este artículo. Para esto, se utilizaron operadores booleanos (AND, OR, NOT) con palabras clave como *desarrollo de software*, *soluciones tecnológicas*, *responsabilidad social*, *buenas prácticas*, *metodologías ágiles*, *sostenible*, *tecnologías de la información*, *SDLC* y *educación superior*, tanto solas como en combinación, realizando una búsqueda exhaustiva y sistemática considerando una ventana de tiempo entre 2018 y 2024.

La búsqueda bibliográfica basada en las principales bases de datos de afinidad disciplinar arrojaron los siguientes resultados (Tabla 5):

**Tabla 5.**

*Resultados de la búsqueda bibliográfica - principales bases de datos*

Términos	Redalyc	SciELO	Dialnet	Google Académico
Desarrollo de software	175	842	43	1010
Soluciones tecnológicas	207	36	113	591
Responsabilidad social	239	17	112	588
Buenas prácticas	204	21	150	75
Metodologías ágiles	198	10	29	585
Sostenible	194	24	29	210
Tecnologías de la información	209	88	187	509
SDLC	206	7	20	613
Educación superior	202	365	180	338

**Fuente:** Elaboración propia (2024).

En esta fase se seleccionaron los documentos que cubrieron principalmente la ventana de tiempo señalada, aunque se incluyeron algunos documentos de otros años por su relevancia temática, para esto se empleó el gestor de referencias Mendeley para organizar y manejar la bibliografía recopilada.

### 2.3. Tercera fase - Propuesta de buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software:

En esta última fase, se integraron los hallazgos del análisis del documento PEP y la revisión de la literatura para desarrollar una propuesta de buenas prácticas de sostenibilidad aplicables al desarrollo de software. Este proceso involucró tres pasos clave: la integración de los hallazgos, el desarrollo de la propuesta y la validación y refinamiento de los resultados (Tabla 6).

**Tabla 6.**

#### *Pasos clave para la elaboración de la propuesta*

<b>Paso 1. Integración de hallazgos</b>
El análisis del documento PEP proporcionó una base sólida sobre las prácticas de desarrollo de software en el contexto de la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO, mientras que la revisión de la literatura aportó perspectivas adicionales y enfoques inherentes de sostenibilidad en el desarrollo de software.
<b>Paso 2. Desarrollo de la propuesta</b>
La propuesta se estructuró en torno a las categorías y subcategorías de análisis establecidas previamente. Para cada categoría, se delinearon recomendaciones prácticas basadas en los datos obtenidos del PEP y los estudios revisados. Estas recomendaciones se enfocan en optimizar procesos, mejorar la eficiencia energética, y fomentar prácticas de desarrollo de software sostenibles y responsables.
<b>Paso 3. Validación y refinamiento</b>
Para asegurar la relevancia y aplicabilidad de las prácticas propuestas, se llevó a cabo una validación preliminar con expertos en desarrollo de software y sostenibilidad que hacen parte de la Rectoría Virtual de UNIMINUTO (Comité Curricular de la Especialización en Desarrollo de Software - Acta 007 de 2024). Las sugerencias obtenidas en esta validación se incorporaron a la propuesta.

**Fuente:** Elaboración propia (2024).

## 3. Resultados

La propuesta de buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software para la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO, producto de la integración de los hallazgos del análisis del documento PEP y la revisión de la literatura en coherencia con las categorías de análisis se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

#### *Propuesta de buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software*

<b>Práctica</b>	<b>Descripción</b>
Ciclo de vida de desarrollo de software	Resalta la necesidad de integrar la eficiencia del desempeño en cada fase del ciclo de vida del desarrollo
Algoritmos orientados a la	Aplica la eficiencia del desempeño y la optimización del

optimización y recursividad de código	código para evitar problemas de rendimiento y recursos en el desarrollo de software
Diseño centrado en el usuario	Denota la importancia de entender las necesidades y los requisitos del software, vincula el diseño centrado en el usuario
Diseño para la reutilización y modularidad	Relaciona la optimización del código y la detección de <i>code smells</i> (malas prácticas de código) con modularidad y la reutilización de componentes de software
Uso de patrones de diseño y desarrollo de software	Es la necesidad de aplicar prácticas específicas y marcos de trabajo en el desarrollo de software
Documentación exhaustiva y legibilidad del código	Comprende la importancia de registrar datos y métricas para evaluar la calidad del software y código limpio
Gestión de requisitos	Gestión de requisitos para lograr productos de software de alta calidad
Pruebas de software y calidad	Corresponde a realizar pruebas específicas de rendimiento, relacionado con la evaluación de la eficiencia del desempeño
Mantenibilidad del Software	Considera la mantenibilidad del software desde las etapas iniciales del desarrollo, para que sea fácil de mantener y evolucionar
Metodologías ágiles con enfoques sostenibles	Aplicación de metodologías ágiles en desarrollo de software con enfoque en sostenibilidad y prácticas que reducen la huella de carbono
Desarrollo y prácticas de código sostenibles	Abordan cómo escribir código de manera sostenible, reduciendo el consumo de energía, optimización de recursos y eficiencia en el código
Eficiencia energética y huella de carbono en arquitecturas de desarrollo de software	Considera la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono en las arquitecturas de software, incluyendo aspectos de infraestructura y servidores en el despliegue de aplicaciones
Directrices de inclusión, diversidad y accesibilidad	Se enfoca en la inclusión, diversidad y accesibilidad en el desarrollo de software, destacando la importancia de formar profesionales que puedan abordar desafíos actuales y futuros
Calidad y mantenibilidad del código	Aborda la calidad del código y su mantenimiento sostenible, destacando prácticas que promuevan la durabilidad y reutilización del software para reducir residuos electrónicos
Pruebas automatizadas y control de calidad - QA	Se relaciona con las pruebas automatizadas y el control de calidad en el desarrollo de software

Energías limpias para el despliegue de software	Importancia de usar fuentes de energía limpias y sostenibles en el despliegue de software, lo que ayuda a reducir la huella de carbono
Educación para el desarrollo sostenible	Prácticas educativas que forman profesionales en desarrollo de software con una mirada de sostenibilidad, resaltando la importancia de una educación integral y colaborativa.

---

**Fuente:** Elaboración propia (2024).

La propuesta de buenas prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software, expuesta en la Tabla 7, se aplicó en los espacios académicos (asignaturas del programa) y en las opciones académicas de grado durante el periodo 2024-1, en curso al momento de esta investigación. Cabe destacar que, aunque se adoptó esta propuesta para su aplicación durante el periodo 2024-1, dicho periodo no había finalizado al momento de realizar este estudio. Por tanto, el alcance de esta investigación se centra en la elaboración de la propuesta, de acuerdo con las fases expuestas en la metodología, y no en la medición de su impacto.

Cada práctica fue seleccionada y elaborada con base en su potencial para mejorar la sostenibilidad en el desarrollo de software. Este proceso de selección se fundamentó en un análisis riguroso de la literatura existente y en la identificación de prácticas que han demostrado ser efectivas en entornos similares. Además, se consideraron las necesidades y características específicas del programa de Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO, así como las tendencias emergentes en la industria del software.

La combinación de estas prácticas no solo apunta a la optimización técnica, garantizando un mejor rendimiento, eficiencia y calidad del software desarrollado, sino que también se enfoca en la creación de un entorno de desarrollo más responsable y ético. Esto incluye la promoción de valores como la inclusión, la diversidad, y la accesibilidad, asegurando que el desarrollo de software no solo sea técnicamente competente, sino también socialmente consciente.

Estas prácticas fomentan una cultura de sostenibilidad dentro del desarrollo de software, que se traduce en beneficios a largo plazo tanto para los desarrolladores como para los usuarios finales. Al adoptar metodologías ágiles con enfoques sostenibles y promover la educación en desarrollo sostenible, se prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos actuales y futuros, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono y al uso eficiente de los recursos.

## 4. Discusión

Esta investigación a través de la propuesta descrita en la Tabla 7 generó un insumo que permite comprender la relación entre desarrollo de software y sostenibilidad, desde la mirada de la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO, y revela un enfoque sólido y exhaustivo para integrar prácticas de sostenibilidad en el desarrollo de software. La revisión de literatura y el desarrollo de una propuesta de buenas prácticas demuestran un esfuerzo fundamentado para incorporar principios sostenibles en el programa académico de UNIMINUTO.

Los resultados obtenidos en la propuesta reflejan una alineación efectiva entre el análisis del documento PEP y las buenas prácticas identificadas en la literatura. La propuesta de prácticas sostenibles abarca aspectos clave como la eficiencia energética, la optimización del código y la inclusión y accesibilidad, lo cual no solo complementa, sino que también amplía el cuerpo de conocimiento existente. Esta integración respalda las teorías previas sobre la necesidad de

prácticas sostenibles en el ciclo de vida del software y ofrece una implementación práctica de estos principios.

La aplicación de metodologías ágiles con un enfoque en sostenibilidad y la recomendación de usar energías limpias para el despliegue de software son contribuciones valiosas que refuerzan y actualizan las teorías existentes sobre desarrollo sostenible. Estas prácticas no solo responden a las demandas actuales del mercado, sino que también anticipan futuras tendencias hacia una mayor responsabilidad ambiental y social en el desarrollo de software.

Entendiendo que el alcance de esta investigación comprendió el desarrollo de la propuesta con aceptación sentada en la modificación del documento PEP y validación (Acta 007 de 2024 del Comité Curricular del programa), siguiendo los lineamientos del acuerdo 46 de 2013 de UNIMINUTO, futuras investigaciones podrían enfocarse en la evaluación comparativa de estas prácticas en distintas instituciones y contextos internacionales, así como en el desarrollo de métricas específicas para medir el éxito de la integración de prácticas sostenibles en el desarrollo de software. Estos estudios ayudarán a refinar las prácticas propuestas y a proporcionar una base sólida para su implementación global.

## 5. Conclusiones

Este estudio ha aportado una comprensión significativa sobre la integración de prácticas sostenibles en el desarrollo de software dentro del contexto de la Especialización en Desarrollo de Software de UNIMINUTO. A través de la revisión del documento PEP y el análisis de literatura relevante, se ha elaborado una propuesta robusta de buenas prácticas que resalta la importancia de la sostenibilidad en el ciclo de vida del desarrollo de software.

La propuesta desarrollada demuestra una integración efectiva de principios de sostenibilidad, abordando aspectos críticos como la eficiencia energética, la optimización del código y la inclusión y accesibilidad. Estos elementos no solo refuerzan las teorías existentes sobre desarrollo sostenible, sino que también ofrecen una aplicación práctica y contextualizada dentro del programa académico de UNIMINUTO.

Las recomendaciones de aplicar metodologías ágiles con un enfoque en sostenibilidad y el uso de energías limpias en el despliegue de software aportan una actualización valiosa a las teorías existentes. Estas prácticas responden a las demandas actuales del mercado y anticipan tendencias hacia una mayor responsabilidad ambiental y social.

La aceptación e implementación de la propuesta en el programa académico demuestra un compromiso con la sostenibilidad y una voluntad de adaptar el currículo a las necesidades contemporáneas del desarrollo de software. Esto establece un precedente para futuras integraciones de prácticas sostenibles en programas educativos similares.

Se recomienda a los programas académicos en desarrollo de software que adopten y adapten prácticas como las propuestas en esta investigación, ya que la incorporación de enfoques sostenibles en el currículo no solo mejora la calidad del software desarrollado, sino que también contribuya a la formación de profesionales conscientes de su impacto ambiental y social. Las instituciones educativas deben considerar la implementación de políticas que fomenten esta integración, estableciendo directrices claras sobre eficiencia energética, optimización del código, y accesibilidad.

## 6. Referencias

- Adones, J. y Vega-Zepeda, V. (2020). Mantenibilidad del Software. Consideraciones para su especificación y validación. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(4), 654- 667. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000400654>
- Adriano, W. G. y Guapi, D. A. (2023). Influencia del código abierto y su simplicidad en el desarrollo de sistemas web académicos. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 10(1), 10-18. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i1.730>
- Andía, W., Colquicocha, J. R. y Malca, F. (2021). Arquitectura empresarial sostenible: un enfoque integral en los negocios. *Ciencias Administrativas*, (18), 75-86. <https://doi.org/10.24215/23143738e087>
- Atadoga, A., Umoga, U. J., Lottu, O. A., y Sodiya, E. O. (2024). Advancing green computing: Practices, strategies, and impact in modern software development for environmental sustainability. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 11(01), 220-230. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2024.11.1.0052>
- Barragán, E. A. (2023). Pensamiento computacional y programación en la formación de estudiantes desde edades tempranas. *Revista Educación*, 47(2), 775-793. <https://dx.doi.org/10.15517/revedu.v47i2.53645>
- Barroso, Y., Trujillo, Y. y Millet, Y. (2021a). Buenas prácticas de experiencia de usuario ante los factores críticos: tiempo, experiencia y presupuesto. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15, 297-313. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378370462018>
- Barroso, Y., Trujillo, Y. y Millet, Y. (2021b). Marco de trabajo de evaluación de experiencia de usuario en el desarrollo de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(3), 92-117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378369292006>
- Bertossi, V. I. y Gutiérrez, M. (2022). Prácticas ágiles en el desarrollo de objetos de aprendizaje: estado del arte. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, (31), 121-132. <https://goo.su/OyzUQNz>
- Bossa-Benavidez, J., Meza, J. D., Ramos-Franco, D. y Cohen-Padilla, H. (2023). La sostenibilidad en Colombia frente al desarrollo sostenible en el mundo. Una revisión bibliométrica para el análisis del entorno. *Revista Universidad y Empresa*, 25(44), e8. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12770>
- Carballo, L. y Barrientos, I. (2020). Las causas del cambio en los requerimientos de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 14(2), 131-144. <https://bit.ly/3WosG7Z>
- Carrizo, D. y Alfaro, A. (2018). Método de aseguramiento de la calidad en una metodología de desarrollo de software: un enfoque práctico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26(1), 114- 129. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052018000100114>
- Castellanos, J. F. y Castrillón, C. G. (2023). Diseño de una ruta metodológica para la toma de decisiones en la adquisición de software. *Tecnura*, 27(75), 38-50. <https://doi.org/10.14483/22487638.17909>

- Castillo, C. A. y Coronel, M. A. (2023). Frameworks PHP basados en la arquitectura Modelo-Vista-Controlador para desarrollo de aplicaciones web. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 10(1), 70-78. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i1.703>
- Cervera, N., Oquendo, E. J., Velásquez, Y. y Rose, C. (2023). Principios y estrategias para el desarrollo del pensamiento computacional. *Cienciamatria. Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 9(17), 120-132. <https://doi.org/10.35381/cm.v9i17.1128>
- Chapal, J. E., Guerrero, J. S. y Barón, A. A. (2020). Esencialización de la práctica gestión de requisitos de RUP. ReCIBE. *Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 9(1), 1-22. <https://bit.ly/4f9tkz4>
- Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO. (2023). Acuerdo 46. Consejo General Académico. <https://www.uniminuto.edu/documentos-juridicos-uniminuto>
- Díaz, D. y Silega, N. (2021). Enfoque ontológico para el análisis de estándares de calidad del proceso de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(3), 136-152. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378369292008>
- Delgado, L. D. y Díaz, L. M. (2021). Modelos de Desarrollo de Software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(1), 37-51. <https://bit.ly/3Ls2cNP>
- Febles, D., Trujillo, Y. y Mendosa, A. (2022). Oportunidades de mejora al proceso de aseguramiento de la calidad del proceso y el producto. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 16(1), 46-61. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378370413004>
- García, A. M., Milanés, Y., Trujillo, Y., Febles, J. P. y Sánchez, I. J. (2018). Asociación entre Buenas Prácticas y Factores Críticos para el éxito en la MPS. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(2), 89-103. <https://goo.su/oq9F7iu>
- García, I., Sepúlveda, R. y Abelló, S. A. (2022). Patrones de diseño en el modelo computacional del proceso de ingreso a la educación superior cubana. *Revista San Gregorio*, 1(51), 1-14. <https://bit.ly/3ScaLjA>
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2023). Cómo avanzar en la necesaria Transición a la Sostenibilidad. *Ciencia y Educación (bauru)*, 29, e23027. <https://goo.su/TsCe6mh>
- Girolimo, U. y Diez, J. I. (2023). Redes institucionales para el desarrollo de sectores intensivos en conocimiento. El sector del software en Bahía Blanca. *Territorios*, (49), 1. <https://bit.ly/4cSPA0>
- Gutiérrez, M. E. y Pellegrini, N. C. (2022). Integral en educación para el desarrollo sostenible una propuesta para instituciones de educación superior. *Areté*, 8(15), 181-204. <https://doi.org/10.55560/arete.2022.15.8.9>
- Jiménez, L. M., Duarte, N., Vélez, J. P. y Berrio, J. P. (2020). Ingeniería del software y desarrollo sostenible: Un análisis bibliométrico. *Desarrollo e Innovación en Ingeniería* 95-104. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8708588>
- Khan, A. A., Akbar, M. A., Ahmad, A., Fahmideh, M., Shameem, M., Lahtinen, V., Waseem, M., y Mikkonen, T. (2023). Agile practices for quantum software development:

- Practitioners' perspectives. In *2023 IEEE International Conference on Quantum Software (QSW)* (pp. 9-20). IEEE. <https://doi.org/10.1109/QSW59989.2023.00012>
- Limón, E. S. y González, J. (2022). La economía digital en China: surgimiento, evolución y perspectivas. *México y la cuenca del pacífico*, 11(33), 49-70. <https://bit.ly/4eZCCO1>
- López, C. L., Gutiérrez, M., Bordas-Beltrán, J. L. y Sáenz-Salinas, A. B. (2021). Calidad en el desarrollo de software en economías emergentes versus clase mundial: caso Chihuahua, México. *Información Tecnológica*, 32(6), 191-202. <https://bit.ly/4bLhCYm>
- Maldonado-Mosquera, D. J. (2023). Impacto de la gerencia para el desarrollo sostenible y sustentable. *Gestio et Productio. Revista Electrónica de Ciencias Gerenciales*, 5(9), 1-3. <https://doi.org/10.35381/gep.v8i9.57>
- Marin, A., Trujillo, Y. y Buedo Hidalgo, D. (2018). Marco de trabajo para gestionar actividades de calidad. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(2), 74-88. Editorial Ediciones Futuro. <https://www.redalyc.org/journal/3783/378365831006/html/>
- Martinez, D., Sánchez, I. I., Cabrera, J. M. y Clavijo, N. (2021). Inclusión de ingeniería sostenible en el contexto regional. *Formación Universitaria*, 14(5), 11-18. <https://bit.ly/3Y0tR01>
- Murillo, G., Ico, D. y Gonzalez, C. (2023). Análisis de la articulación de los objetivos de desarrollo sostenible en la estrategia de la universidad privada. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 14(39), 190-204. <https://bit.ly/3LuQfXT>
- Narváez-Narváez, J. C., Pardo-Calvache, C. J. y Orozco-Garcés, C. E. (2023). Deuda de la documentación en el desarrollo ágil de software: mapeo sistemático de la literatura. *Revista Científica*, (46), 107-121. <https://doi.org/10.14483/23448350.19670>
- Olivares, C., Valdés, G., Vidal, M. y Oyarzún, R. (2023). Escritura de texto y producción de código limpio: dos realidades de un mismo proceso en estudiantes de ingeniería. *Texto Lìbre*, 16, 1-19. <https://bit.ly/4bGJzk0>
- Parra, A., Delgado, M. y Cruz, Y. (2020). Diseñando procesos para cerrar el ciclo de I+D+i en organizaciones de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 14(3), 41-58. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378365834003>
- Pastrana, M., Ordóñez, H. y Cobos, C. (2019). ISO 29110 en Colombia: de la teoría a la práctica. *Revista Guillermo de Ockham*, 17(2), 71-80. <https://bit.ly/4cOjdxR>
- Pastrana, M. A., Ordóñez, H. A. y Cobos, C. A. (2022). Approach to the Best Practices in Software Development Based on DevOps and SCRUM Used in Very Small Entities. *Revista Facultad de Ingeniería*, 31(61), e205. <https://bit.ly/4bMwu8V>
- Piñero, M., Marin, A., Trujillo, Y., Buedo, D. y Paez, R. (2021). Actividades de calidad para la eficiencia del desempeño desde etapas tempranas del software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15, 281-296. <https://bit.ly/4cJ7fpk>
- Plata, Á. M., Holguín, M. T., Saénz, O. y Callejas, M. M. (2022). Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible: aportes de las instituciones de educación superior en la dimensión ambiental. *Educación y Educadores*, 25(2), e2524. <https://bit.ly/3y3c9OJ>

- Socarras, I., Trujillo, Y. y Vega, R. (2018). La mejora de procesos organizacionales para proyectos de desarrollo de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(3), 177-191. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378365832013>
- Socarras, R., Garcia, A. M., Zamora, L. F., León de la O, D. M. y Trujillo, Y. (2022). Case-based reasoning for proposing recommendations in software process improvement. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 16(4), 35-47. <https://bit.ly/3Y4kZX7>
- Soraluz, A. E., Valles, M. y Levano, D. (2021). Desarrollo guiado por comportamiento: buenas prácticas para la calidad de. *Ingeniería y Desarrollo*, 39(1), 1-14. <https://bit.ly/3LtPYoa>
- Silva, J. C., Pabón, J. A. y Barrientos, E. J. (2021). El desarrollo regional y la sostenibilidad: revisión sistemática y análisis bibliométrico. *Revista Universidad y Empresa*, 23(41), 230-265. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.10403>
- Tamayo, L. y Silega, N. (2021). Aplicación de un proceso para la gestión de la mantenibilidad en el desarrollo de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15, 350-365. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378370462021>
- Valdés, Y., Hochstetter, J., Díaz, J. y Cadena, R. "Towards the Integration of Security Practices in Agile Software Development: A Systematic Mapping Review." *Applied Sciences* 13, no. 7 (2023): 4578. <https://doi.org/10.3390/app13074578>
- Vera, J. B. y Vera, J. R. (2023). El papel de la programación orientada a objetos en el desarrollo de software sostenible y escalable. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 27(121), 85-94. <https://doi.org/10.47460/uct.v27i121.757>
- Zapata, C. M., Gómez, M. C. y Hernández, J. C. (2020). Smellware: un juego para la enseñanza de buenas prácticas en el proceso de desarrollo de software. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 28(4), 645-653. <https://bit.ly/3S9eaQl>

## CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

**Agradecimientos:** A la Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO durante el proceso de revisión y actualización del documento Proyecto Educativo del Programa PEP de la Especialización en desarrollo de software, que permitió realizar una propuesta de formación basada en buenas prácticas de sostenibilidad.

**Conflicto de intereses:** No existe ningún conflicto interés.

**AUTOR:****Sergio Arley Puerto Moreno:**

Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO.

Profesor de educación superior pregrado- posgrado (ingeniería de sistemas y computación, educación, desarrollo, construcción de software y transformación digital). desarrollador de software y gestor de proyectos IT. Asesor en contratación pública. Ingeniero de Sistemas, Especialista en Seguridad de la Información, Especialista en Inteligencia Artificial, Magister en Educación y TI (Universidades: Juan de Castellanos, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad Popular del Cesar), Actualmente cursa un Doctorado en Proyectos con énfasis en Ingeniería.

[sergio.puerto.m@uniminuto.edu](mailto:sergio.puerto.m@uniminuto.edu)**Orcid ID:** <https://orcid.org/0000-0003-3119-0401>**Google Scholar:** <https://scholar.google.com/citations?user=zqgyXhYAAAAJyhl=es>**ResearchGate:** <https://www.researchgate.net/profile/Sergio-Puerto>