

Marco de trabajo para transformar una universidad tradicional en inteligente desde una perspectiva de aseguramiento de la calidad

Sonia Guzmán-Delgado

Estudiante de la maestría en Tecnologías de la Información de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Esmeraldas, Ecuador)
sonia.guzman@pucese.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0001-7873-1098>

Pablo Pico-Valencia (autor de contacto)

Profesor titular de universidad de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Esmeraldas, Ecuador)
pablo.pico@pucese.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0003-3518-3313>

Extracto

Las universidades inteligentes son un campo nuevo y de rápido crecimiento que integran ideas innovadoras que favorecen la educación. Este artículo presenta un marco de trabajo basado en buenas prácticas de gestión orientadas a transformar las universidades tradicionales en universidades inteligentes. Para desarrollar la propuesta se realizó una revisión bibliográfica en la que se analizó el alcance de los marcos de trabajo existentes para describir y modelar universidades inteligentes. Esto permitió identificar siete pilares: «educación», «medioambiente», «sociedad», «gobernanza», «infraestructura y movilidad», «salud» e «investigación, desarrollo e innovación». Se formuló un instrumento de tipo cuestionario y se aplicó en un caso de estudio en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Esmeraldas (PUCESE). La puntuación alcanzada por la PUCESE fue 2,86 de 6 puntos en promedio. Basándose en esto, se determinó que la institución no es una universidad inteligente. Finalmente, se concluye que la propuesta ayuda a diagnosticar elementos de una universidad inteligente y permite diseñar estrategias orientadas a innovar en infraestructura, servicios, recursos y gestión de una universidad inteligente.

Palabras clave: campus; universidad; infraestructura; educación; ambiente; sociedad; gobernanza.

Recibido: 05-12-2022 | Aceptado: 29-05-2023 | Publicado: 07-01-2024

Cómo citar: Guzmán-Delgado, S. y Pico-Valencia, P. (2024). Marco de trabajo para transformar una universidad tradicional en inteligente desde una perspectiva de aseguramiento de la calidad. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 27, 43-90. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.9103>

A framework to transform a traditional university towards a smart university from a quality assurance perspective abstract

Sonia Guzmán-Delgado

Estudiante de la maestría en Tecnologías de la Información de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Esmeraldas, Ecuador)
sonia.guzman@pucese.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0001-7873-1098>

Pablo Pico-Valencia (corresponding author)

Profesor titular de universidad de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Esmeraldas, Ecuador)
pablo.pico@pucese.edu.ec | <https://orcid.org/0000-0003-3518-3313>

Abstract

Smart universities are a new and fast-growing field that integrate innovative ideas that advance education. This paper presents a framework based on good management practices aimed at transforming traditional universities into smart universities. To develop the proposal, a literature review was conducted to analyze the scope of existing frameworks for describing and modeling intelligent universities. This made it possible to identify seven pillars such as: «education», «environment», «society», «governance», «infrastructure and mobility», «health» and «research, development and innovation». A questionnaire-type instrument was formulated and applied to a case study, the Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Sede Esmeraldas (PUCESE). The rating achieved by PUCESE was 2.86 out of 6 points on average. Based on this, it was determined that the institution is not a smart university. Finally, it is concluded that the proposal helps to diagnose elements of a smart university and allows designing strategies oriented to innovate in the infrastructure, services, resources and management of a smart university.

Keywords: campus; university; infrastructure; education; environment; society; governance.

Received: 05-12-2022 | Accepted: 29-05-2023 | Published: 07-01-2024

Citation: Guzmán-Delgado, S. and Pico-Valencia, P. (2024). A framework to transform a traditional university towards a smart university from a quality assurance perspective abstract. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 27, 43-90. <https://doi.org/10.51302/tce.2024.9103>



Sumario

1. Introducción
 2. Estado del arte
 - 2.1. Universidad y campus inteligente
 - 2.2. Pilares de una universidad inteligente
 3. Método
 4. Resultados
 - 4.1. Pilar «educación»
 - 4.2. Pilar «ambiente»
 - 4.3. Pilar «sociedad»
 - 4.4. Pilar «gobernanza»
 - 4.5. Pilar «infraestructura y movilidad»
 - 4.6. Pilar «salud»
 - 4.7. Pilar «I+D+i»
 5. Discusión
 6. Conclusiones
- Referencias bibliográficas

Nota: los autores del artículo declaran que todos los procedimientos llevados a cabo para la elaboración de este estudio de investigación se han realizado de conformidad con las leyes y directrices institucionales pertinentes. Asimismo, los autores del artículo han obtenido el consentimiento informado (libre y voluntario) por parte de todas las personas intervinientes en este estudio de investigación.

1. Introducción

Ante un futuro cambiante e incierto, y bajo una fuerte influencia tecnológica, la transformación de los escenarios globales hacia lo inteligente (*smart*) es algo fundamental, y entre uno de los más importantes se encuentran las universidades. Surge así el concepto de «universidad inteligente», conocida también como «campus inteligente» (Uskov *et al.*, 2017), que nace como una alternativa para modernizar la educación (Tikhomirov y Dneprovskaya, 2015). La base de ello surge a través de las tecnologías de la información que apoyan la inserción de procesos de mejora en la calidad de las instituciones de educación superior (IES), tales como son los procesos de enseñanza, la investigación, la vinculación con la sociedad, la formación continua, el emprendimiento, entre otros (Uskov *et al.*, 2019).

En varios países desarrollados las universidades han empezado el proceso de transición hacia la mutación en universidades inteligentes, donde figuran la Universidad de Columbia (EE. UU.), la Universidad de Córdoba (España), la Universidad de Pekín (China), la Universidad de Griffith (Australia), la Universidad de Kioto (Japón), entre otras (Rodríguez Cantalejo, 2016; Uskov *et al.*, 2019). Todas ellas se han potenciado en cooperación con la tecnología, desarrollando buenas prácticas en ámbitos como la creación de laboratorios de realidad virtual y aumentada (Barroso-Osuna y Palacios-Rodríguez, 2022), los sistemas inmóticos¹ interconectados (Gutiérrez Suanzes, 2015), los sistemas académicos y de evaluación integrados (Novoa Hernández, 2019), los sistemas de gestión de recursos energéticos (Recalde *et al.*, 2017), entre otros (Rodríguez Cantalejo, 2016; Uskov *et al.*, 2019).

A nivel de Ecuador, en su mayoría, las universidades acreditadas cumplen parcialmente con todos los requisitos para ser consideradas como universidades inteligentes. Algunas acciones se han implementado por parte de las IES, dadas sus necesidades, o por la solicitud de los organismos de evaluación de la calidad de la educación superior. En todo caso, muchas IES ecuatorianas carecen de sistemas integrados, tienen instalaciones que implementan pocos sistemas de automatización, poseen escasas certificaciones de calidad, usan métodos tradicionales para la enseñanza, entre otras; de manera que el nivel de calidad en la educación superior está lejos de igualarse a la educación de las universidades inteligentes antes mencionadas. Se origina así la siguiente pregunta de investigación:

¹ Los sistemas inmóticos son un conjunto de tecnologías aplicadas al control y a la automatización inteligente de edificios no destinados a vivienda, como hoteles, escuelas, universidades, hospitales y todos los edificios terciarios, permitiendo una gestión eficiente de los recursos energéticos (Gutiérrez Suanzes, 2015).

¿Cómo se puede evaluar una universidad tradicional de manera que sea factible identificar los retos para llegar a mutar en una universidad inteligente?

Y, complementariamente, nace una segunda pregunta de investigación enmarcada en determinar lo siguiente:

¿Cuáles son los principales pilares, las variables y los indicadores para delimitar el alcance de las IES en términos de universidad inteligente desde una perspectiva de aseguramiento de la calidad?

En la actualidad, son pocos los estudios científicos publicados en los que se plantean soluciones para las universidades ecuatorianas en la línea de universidades inteligentes. En la literatura, solo se encontró información de estudios aplicados en tres universidades, esto es, la Universidad Nacional de Loja (Samaniego *et al.*, 2020; Vega León *et al.*, 2021), la Escuela Politécnica del Litoral (Novoa Hernández, 2019) y la Universidad de Guayaquil (Velarde Lara, 2020). Es posible que otras universidades de Ecuador hayan ejecutado proyectos enmarcados en esta línea, pero no existen publicaciones que lo evidencien.

En el caso particular de la Universidad Nacional de Loja se planteó el proyecto «Smart Campus». Este es un proyecto de innovación que busca utilizar el campus universitario de la institución como un laboratorio de pruebas de prototipos, empleando sistemas para la gestión de recursos energéticos, el análisis del comportamiento de los estudiantes y la gestión bibliotecaria. Con esta finalidad, se integran tecnologías empleadas para el desarrollo de sistemas inteligentes, como el internet de las cosas (*internet of things* [IoT])² y la inteligencia artificial (Samaniego *et al.*, 2020). De manera complementaria, un segundo proyecto aplicado en la misma institución, llamado «Smart UNL», también estuvo enfocado en el desarrollo de sistemas inteligentes, pero englobando procesos relacionados con la gestión, la administración, lo académico y la investigación universitaria (Vega León *et al.*, 2021).

En el caso de la Escuela Politécnica del Litoral se presentó el proyecto «University 2.0». Dicho proyecto concebía que la energía es el primer campo para destacar en un campus inteligente. De ahí que los autores propusieran un marco de trabajo enfocado en plantear acciones o estrategias para gestionar e introducir recursos renovables en el campus y, así, optimizar el uso de energía aplicando sistemas para la medición inteligente, el empleo de dispositivos y sensores de estimación del consumo de energía y otras soluciones integradas

² El IoT es una red de objetos inteligentes abierta y completa que posee la habilidad de autoorganizarse, compartir información, datos y recursos, y responder y actuar ante situaciones y cambios en su entorno (Madakam *et al.*, 2015).

en los edificios e instalaciones de la institución. La idea nació porque la energía había sido uno de los aspectos más desatendidos en el campus (Recalde *et al.*, 2017).

En lo que respecta a la Universidad de Guayaquil, el aporte en términos de universidad inteligente estuvo enmarcado en hacer una valoración del campus inteligente en función de seis ejes –economía, ambiente, movilidad, gobernanza, vida y personas– asociados a los conceptos y tecnologías que abarca un escenario de este tipo. No obstante, su alcance solo comprende una única facultad, la de Ingeniería Industrial (Velarde Lara, 2020).

En vista de las limitaciones que presenta la universidad ecuatoriana para ofrecer una infraestructura y unos servicios inherentes a una universidad inteligente, el objetivo de esta investigación consiste en elaborar un marco metodológico y un instrumento basado en las buenas prácticas de universidades inteligentes reconocidas a nivel mundial que coadyuve en el proceso de evaluación de la infraestructura y de los servicios que posee una universidad. Dicho marco metodológico servirá de insumo para establecer estrategias encaminadas a planificar el proceso de transición de una universidad tradicional hacia una universidad inteligente. Y todo esto contemplando los principales ejes que un escenario de este tipo requiere, pero sobre todo enfocado desde una perspectiva de aseguramiento de la calidad de la educación superior. Para el cumplimiento del objetivo planteado, se siguieron los lineamientos de los siete pilares que debe cumplir una universidad inteligente según Galeano-Barrera *et al.* (2018), los cuales son coherentes con aspectos de la calidad de la educación superior de manera integral y que se resumen en «educación», «ambiente», «sociedad», «gobernanza», «infraestructura y movilidad», «salud» e «investigación, desarrollo e innovación» (I+D+i).

A partir del marco metodológico y del instrumento propuesto en este estudio, también se evaluó el grado de infraestructura y de servicios de una universidad real, el campus de la PUCESE. En esta institución, se llevó a cabo un estudio bajo un enfoque cualitativo basado en el método analítico. El muestreo aplicado fue de tipo estratificado debido a que únicamente se evaluaron seis departamentos de la PUCESE relacionados con los pilares propuestos por Galeano-Barrera *et al.* (2018). Para realizar el proceso de evaluación de los departamentos que fueron parte de la muestra se aplicó la técnica de la entrevista estructurada, basada en el cuestionario desarrollado en este estudio, el cual fue creado a partir de una revisión bibliográfica exhaustiva. Dicha entrevista se aplicó a los jefes de los departamentos sujetos a estudio, quienes son los altos directivos que gestionan las funciones sustantivas de la educación superior en la PUCESE. También se aplicó la técnica de la observación en las instalaciones de la institución para ayudar a comprender la situación actual de la infraestructura del campus.

La PUCESE, como parte de la Pontificia Universidad del Ecuador (PUCE), es una institución de educación de calidad que en los últimos años ha logrado posicionarse entre las mejores IES, según varios *rankings* internacionales. Dicha institución busca formar profesionales altamente cualificados y posicionarse como una universidad de prestigio en el país. La PUCESE es una de las sedes de la PUCE y para ser competitiva es importante que empiece a dar los primeros pasos para mutar hacia una universidad inteligente. Esto

implica que la institución debe centrarse en planificar su infraestructura, capacitar a su talento humano y replantear su modelo educativo para que sea coherente con el modelo de universidades inteligentes exitosas. No obstante, para realizar este proceso de transición es importante contar con una guía que oriente a sus directivos y al personal táctico para que puedan determinar sus fortalezas y debilidades como estrategia a la hora de plantear planes de mejora institucionales. La propuesta juega un papel crucial en el cumplimiento de este proceso porque permite realizar una evaluación a partir de variables e indicadores.

El presente artículo está dividido en seis epígrafes. En el epígrafe 2 se presenta el estado del arte. La metodología seguida se describe en el epígrafe 3, donde se enfatiza en el instrumento desarrollado para la evaluación de universidades inteligentes. En el epígrafe 4, se describen los resultados de la evaluación de la PUCESE y en el epígrafe 5 se discuten los mismos. En la discusión se plantea una priorización de los pilares y las variables que la PUCESE debería empezar a trabajar. Finalmente, en el epígrafe 6, se detallan las principales conclusiones del estudio.

2. Estado del arte

2.1. Universidad y campus inteligente

Existen varias posiciones sobre el concepto de las «universidades inteligentes», también conocidas como «campus inteligentes». Las definiciones dependen de la óptica desde la que se analice este concepto. Por ejemplo, desde la perspectiva de la tecnología, una «universidad inteligente» es ideada como un entorno de trabajo, estudio y vida que sienta sus bases teóricas pedagógicas a partir de la persona y su entorno, utilizando metodologías de inteligencia distribuida e implementando sistemas inteligentes de apoyo (Rendón López, 2012) para mejorar su rendimiento y mejorar la calidad de sus titulados (Aldowah *et al.*, 2017). De manera complementaria, desde la mirada de los pedagogos, una universidad inteligente es concebida como un concepto que implica una modernización integral de todos los procesos educativos (Tikhomirov y Dneprovskaya, 2015).

Desde un punto de vista más integrador, una «universidad inteligente» se define como un nuevo paradigma de pensamiento relativo a un entorno de campus inteligente holístico que abarca varios temas, como el aprendizaje electrónico, las redes sociales y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la gestión de procesos y la colaboración en el trabajo, la sostenibilidad ecológica, la atención de salud preventiva, la gestión inteligente de edificios y la gobernanza y transparencia del campus (Kwok, 2015).

Las definiciones previamente descritas permiten comprender por qué las universidades inteligentes se conciben como un complemento de las ciudades inteligentes. Ambos escenarios giran en torno a mejorar la calidad de vida de las personas a partir de la implementación

de procesos y servicios eficientes (Min-Allah y Alrashed, 2020). Sobre esta premisa, en los últimos años se han planteado diversos marcos de trabajo especializados para el modelado de universidades inteligentes que integran varios de los ejes que giran en torno a las ciudades inteligentes.

Una revisión de la literatura relativa a los marcos de trabajo propuestos para modelar universidades inteligentes permitió evidenciar que la mayor cantidad de las propuestas publicadas fueron planteadas en los últimos cinco años. Entre 2018 y 2022 se recuperaron 14 propuestas; y las 4 propuestas complementarias fueron publicadas en años anteriores. Esto demuestra que las universidades inteligentes son un tema emergente que se seguirá estudiando en los próximos años.

En el cuadro 1 se muestra un resumen de la comparación cualitativa de los 18 estudios (E1-E18) relacionados con la temática en la que se alinea esta investigación. Estos estudios plantearon propuestas que describen con cierto nivel de profundidad un marco de trabajo para modelar una universidad inteligente. En el análisis no se consideraron estudios fuera de este espectro, esto es, aplicaciones desarticuladas y planteamientos puramente tecnológicos. Tampoco se consideraron estudios en los que no se evidenció una forma lógica para organizar los conceptos bajo los que se estructura un marco de trabajo.

Cuadro 1. Organización de los marcos de trabajo para describir una universidad inteligente

Forma de organización	Ejes	Dominios	Áreas claves	Segmentos	Dimensiones	Dimensiones	Pilares	Dominios	Pilares	Pilares	Componentes	Áreas	Temas	Ejes	Pilares	Campos	Aspectos	Pilares	
Año de publicación	2020	2020	2010	2013	2022	2016	2019	2019	2021	2020	2020	2021	2020	2019	2019	2017	2021	2018	
Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	Σ
Gobernanza	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	8
Vida inteligente	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Personas	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	8
Economía	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Ambiente	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	8
Movilidad	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	9
Salud y bienestar	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	5

Forma de organización	Ejes	Domínios	Áreas claves	Segmentos	Dimensiones	Dimensiones	Pilares	Domínios	Pilares	Pilares	Componentes	Áreas	Temas	Ejes	Pilares	Campos	Aspectos	Pilares	
Año de publicación	2020	2020	2010	2013	2022	2016	2019	2019	2021	2020	2020	2021	2020	2019	2019	2017	2021	2018	
Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	Σ
Aprendizaje	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	7
Administración/gestión	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	7
Infraestructura	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	8
Energía	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4
Agua	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Gestión de residuos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Ciencia/investigación	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6
Innovación	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	4
Tecnología	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Seguridad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Social	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Sostenibilidad	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	4
Empleabilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Emisiones	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Comunicación	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Accesibilidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Otros	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Σ	6	4	6	5	3	6	8	7	4	6	12	2	6	3	5	6	5	9	

Fuente: elaboración propia.

El análisis de los estudios resumidos en el cuadro 1 evidencia la existencia de un alto grado de heterogeneidad en relación con la forma en que los investigadores han organizado los conceptos de sus marcos de trabajo propuestos. De manera específica, los autores

organizaron sus marcos de trabajo a partir de los siguientes criterios: ejes, dominios, áreas, dimensiones, pilares, componentes, temas, campos, aspectos o segmentos. Para efectos de la comparación realizada, todos estos criterios fueron considerados por igual. No obstante, se resalta que el criterio más usado fue el concepto de «pilar».

De manera más detallada, y a efectos de identificar aspectos relevantes en las propuestas descritas en el cuadro 1, se plantearon tres criterios de comparación. Por tanto, el análisis comparativo de los estudios E1-E18 se realizó conforme al alcance del marco de trabajo propuesto, según el uso o elaboración de instrumentos para realizar una evaluación de una universidad inteligente y, finalmente, considerando la aplicación del marco de trabajo en un escenario real.

De acuerdo con el alcance de los marcos de trabajo analizados se constató que 18 estudios basaron su propuesta en una organización de conceptos de un modelo de universidad inteligente, definiendo:

- **Ejes:** E1 (Velarde Lara, 2020) y E14 (Rico-Bautista *et al.*, 2019).
- **Dominios:** E2 (Monieim, 2020) y E8 (Deloitte, 2019).
- **Áreas:** E3 (Ng *et al.*, 2010) y E12 (Mazwa y Mazri, 2021).
- **Dimensiones:** E5 (Hamza *et al.*, 2022) y E6 (Pagliaro *et al.*, 2016).
- **Pilares:** E7 (Fortes *et al.*, 2019), E9 (Musa *et al.*, 2021), E10 (Giffinger *et al.*, 2007), E15 (Villegas-Ch *et al.*, 2019) y E18 (Galeano-Barrera *et al.*, 2018).
- **Componentes:** E11 (Mateus Müller y Webber, 2020).
- **Temas:** E13 (Min-Allah y Alrashed, 2020).
- **Campos:** E16 (Recalde *et al.*, 2017).
- **Aspectos:** E17 (Vega León *et al.*, 2021).
- **Segmentos:** E4 (Ng *et al.*, 2010).

Independientemente del criterio usado para la organización de los conceptos en las propuestas, fue posible diferenciar dos tipos: propuestas holísticas y desarticuladas. En el caso de las propuestas holísticas, estas contemplaron varios conceptos de las ciudades inteligentes y las fusionaron con aspectos inherentes a las universidades inteligentes (por ejemplo, educación). El 78 % de los estudios analizados describieron los conceptos en sus propuestas de una forma básica (E4, E5, E10 y E17), mientras que los estudios restantes plantearon sus propuestas con un mayor nivel de profundidad.

Es importante señalar que la mayoría de los estudios hicieron una descripción de varios de los criterios mostrados en la primera columna del cuadro 1. Los criterios que más se emplearon fueron los siguientes: gobernanza (8), personas (8), ambiente (8), movilidad (9),

aprendizaje/educación (7), administración/gestión (6), infraestructura (8) y ciencia/investigación (6). Sin embargo, hubo estudios en los que el marco de trabajo estuvo limitado a:

- Describir las competencias digitales que los docentes debían desempeñar para estar a la vanguardia y ser un ente productivo en una universidad inteligente (E2).
- Describir cómo se pueden implementar sistemas de control para automatizar servicios y la infraestructura de una universidad inteligente (E12).
- Orientar el proceso para que una universidad inteligente favorezca el consumo energético en sus instalaciones físicas (E16).

Por otro lado, según el criterio de comparación, uso o elaboración de instrumentos para realizar la evaluación de universidades, se constató que el 61 % de los estudios analizados no hizo una propuesta de instrumento de recolección de datos que permitiera evaluar el alcance de una universidad inteligente en función del marco de trabajo que los autores plantearon en sus investigaciones. Esta es una limitación porque los estudios se quedaron en una descripción puramente teórica que no permite contextualizar las ideas desde una perspectiva aplicada. Únicamente los estudios E1, E2, E6, E11, E13 y E16 plantearon un instrumento para realizar una evaluación. De estos, el estudio E1 planteó un instrumento muy básico, los estudios E2 y E6 crearon instrumentos con un nivel de detalle intermedio y solo los estudios E11 y E13 hicieron una descripción detallada de indicadores y requerimientos que una universidad inteligente debe implementar. Sin embargo, el estudio E13 daba solo una idea general de iniciativas que debe cumplir una universidad inteligente. Consideramos que esta es una oportunidad para nuestra investigación porque aportará significativamente a otros investigadores a la hora de que estos puedan materializar los elementos que debe implementar una universidad inteligente, enfatizando en la calidad de la infraestructura y en los servicios.

Finalmente, otro aspecto relevante fue identificar la aplicación del marco de trabajo propuesto en cada estudio analizado en un escenario real. Se evidenció que el 61% de los estudios no hizo una aplicación para evaluar una universidad inteligente real (E3-E5, E8-E10, E12-E15 y E17). En parte no pudieron realizar la evaluación porque no plantearon instrumentos. Fueron solo estudios teóricos descriptivos. Sin embargo, también hubo estudios que sí evaluaron el alcance de una universidad en términos de universidad inteligente. En general, estos estudios fueron aquellos que plantearon instrumentos metodológicos (E1, E2, E6, E7, E11 y E16). Esta oportunidad no se aprovechó en el estudio E13, que planteaba un instrumento detallado para llevar a cabo un proceso de evaluación y no lo aplicó en ningún contexto. En el caso del estudio E7, este no planteó un instrumento, pero realizó una evaluación, aunque dicha evaluación se limitara a relacionar los proyectos ejecutados en la Universidad de Málaga en el marco de una universidad inteligente.

La última fila del cuadro 1 muestra que los tres marcos de trabajo más completos, o, por lo menos, los que cubrieron más criterios, fueron los estudios E7, E11 y E18. A pesar de que el estudio E11 contempló tres criterios más que el estudio E18, se decidió emplear

el estudio E18 por ser más descriptivo, plantear pilares validados por expertos y tener un acercamiento de cada uno de los pilares desde una perspectiva de aseguramiento de la calidad. Para comprender este estudio y nuestro marco de trabajo, a continuación, se describen cada uno de sus pilares.

2.2. Pilares de una universidad inteligente

Galeano-Barrera *et al.* (2018) proponen englobar la infraestructura, los servicios y los sistemas que una universidad inteligente debe ofrecer teniendo en cuenta siete pilares. Dichos pilares deben ser cumplidos cabalmente por parte de las IES para convertirse en un campus inteligente. Estos pilares son los siguientes:

- **Educación.** Se enfoca en las aplicaciones relacionadas con las diferentes modalidades actuales de aprendizaje (por ejemplo, *e-learning*, *u-learning*, etc.) como un medio que permite traspasar los límites geográficos y las características de esquemas tradicionales de enseñanza-aprendizaje. Este pilar busca la inclusión del aprendizaje con contenidos personalizados en entornos físicos y virtuales (García Peñalvo, 2005).
- **Ambiente.** Está relacionado con las soluciones inteligentes que son capaces de monitorear, proteger y actuar sobre la problemática medioambiental, esto es, comprender el impacto ambiental en un campus en términos de protección de zonas verdes, sistemas de gestión de aguas y optimización de recursos energéticos (AbuAlnaaj, 2019; Barbato *et al.*, 2016) que favorezcan al ahorro de dinero y la conservación del medioambiente (Muhamad *et al.*, 2017; Samadi *et al.*, 2013; Wood y Newborough, 2007).
- **Sociedad.** Vinculado a una nueva visión que está enfocada en las personas dentro de la institución universitaria. Su finalidad radica en hacer de una IES un lugar deseable para aprender, investigar, debatir y trabajar. Se incluyen también proyectos de vinculación con la sociedad, el desarrollo de prácticas preprofesionales, la investigación académica y el emprendimiento. De esta manera, se fomenta la participación ciudadana para desarrollar propuestas y ejecutar proyectos de desarrollo local y nacional, y, consecuentemente, contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas.
- **Gobernanza.** Se considera como un aspecto transversal e implícito, en términos de gestión e información, por lo que muchas IES han trabajado en áreas relacionadas con la creación de comunidades inteligentes, gestión de la economía inteligente, la participación igualitaria y otros aspectos que permiten tener cooperación e igualdad entre todos los estudiantes y usuarios de un campus. En este sentido, este pilar busca mejorar, mantener y reorganizar los servicios existentes, suministrando otros nuevos, enfocados en mejorar la calidad, el intercambio de ideas, de conocimientos y la igualdad de oportunidades (Mattoni *et al.*, 2016), así como el establecimiento de relaciones con empresas externas para promover la transferencia de conocimiento (Hipwell, 2014; Pagliaro *et al.*, 2016).

- **Infraestructura y movilidad.** Se encuentra fundamentado en la evaluación de los sistemas de transporte, logística, habitabilidad y confort en el interior del campus. En resumen, este pilar busca proporcionar lugares de estancia cerrados y al aire libre en los que se pueda estudiar, reunirse y descansar. Esto implica que los espacios dentro de las universidades sean espacios sostenibles, integrados, tecnológicos, dinámicos y accesibles. También es importante que estos espacios permitan la cohabitabilidad con los sistemas ecoamigables.
- **Salud.** Enfocado de manera prioritaria en el concepto y en la aplicación de la salud inteligente. Principalmente se plantea métodos, mecanismos y tecnologías encaminados a gestionar de manera efectiva y eficiente los servicios médicos tanto preventivos como los que se orientan a la solución de patologías generadas dentro del campus. Esto implica dar asistencia integral de modo que se logre monitorear y mantener la salud comunitaria en coherencia con un medioambiente limpio y saludable. Se enfatiza en la integración de sistemas inteligentes que reporten el nivel de salud del campus (Muhamad *et al.*, 2017; Tsai y Yeh, 2015).
- **I+D+i.** Íntimamente ligado con el emprendimiento, que busca no solo desarrollar la economía del sector basado en la transferencia de conocimiento, sino también el fortalecimiento de la producción científica a nivel local, nacional, regional y global. Por otro lado, este pilar busca potenciar la ciencia desde la academia, incentivando la colaboración internacional para desarrollar proyectos con socios estratégicos con la finalidad de resolver problemas del medio y generar innovaciones y empresas.

A partir de los pilares descritos previamente, el objetivo que se plantea el estudio es elaborar un marco de trabajo basado en las buenas prácticas de universidades inteligentes reconocidas a nivel mundial, orientado a transformar una universidad tradicional en una universidad inteligente.

3. Método

Esta investigación se enmarcó bajo el diseño metodológico de tipo cualitativo. Una primera etapa del estudio fue abordada mediante el enfoque de una investigación documental a partir de la cual fue posible identificar las principales propuestas que planteaban marcos de trabajos para describir, modelar o evaluar una universidad inteligente. Para llevar a cabo el proceso de búsqueda se emplearon Scopus y Google Académico como fuentes de información, aplicando la siguiente cadena de búsqueda en español («marco de trabajo» y [«universidad» o «campus»] e «inteligente») y en inglés («*framework*» and «*smart*» and [«*university*» or «*campus*»]). La búsqueda se limitó al periodo 2010-2023. Además, como criterio de inclusión se consideraron solo aquellos estudios que planteaban un marco de trabajo o una descripción con cierto nivel de detalle de los criterios que forman una universidad inteligente. Posteriormente, tras el análisis del título, del resumen y del texto completo de los estudios recuperados, se seleccionaron 18 estudios: E1-E18 (véase cuadro 2).

El análisis de los estudios recuperados permitió identificar los principales criterios que una universidad inteligente contempla según los marcos de trabajo publicados en la literatura. A partir de este análisis se pudo direccionar la investigación de manera que el marco de trabajo desarrollado siguiera los siete pilares de una universidad inteligente propuestos por Galeano-Barrera *et al.* (2018): «educación», «ambiente», «sociedad», «gobernanza», «infraestructura y movilidad», «salud» e «I+D+i». Posteriormente, a partir del enfoque descriptivo, fue posible delimitar cada pilar del marco de trabajo en función de variables e indicadores. En el cuadro 2 se ilustra un resumen de las variables que contempla cada pilar del marco de trabajo, así como el número de indicadores planteados.

Cuadro 2. Estructura del marco de trabajo propuesto

Pilares	Indicadores
Educación	
Plataforma <i>e-learning</i> .	25
Laboratorio virtual para <i>e-learning</i> .	11
Plataforma <i>b-learning</i> .	19
Plataforma <i>m-learning</i> .	13
Plataforma <i>u-learning</i> .	6
Gestión académica.	18
Metodología de enseñanza-aprendizaje.	3
Proyecto educativo.	8
Internacionalización del currículo.	9
Ambiente	
Gestión de residuos.	12
Consumo y calidad del agua.	9
Calidad del aire.	7
Optimización de recursos energéticos.	8
Gestión de microclimas de interiores y exteriores.	10
Sociedad	
Vinculación.	17



Pilares	Indicadores
Gobernanza	
Transparencia.	20
Participación en la toma de decisiones.	9
Acreditaciones y certificaciones internacionales.	14
Infraestructura y movilidad	
Accesibilidad.	9
Infraestructura exterior.	12
Edificios y sistemas inmóticos.	15
Infraestructura de tecnologías de la información.	17
Salud	
Gestión de servicios sanitarios.	
I + D + i	
Recursos de I + D + i.	8
Fuentes de financiación.	8
Investigadores.	7
Recursos bibliométricos.	6
Gestión de la I + D + i.	23
Investigación formativa.	9

Fuente: elaboración propia a partir de los pilares de Galeano-Barrera *et al.* (2018).

Por otro lado, una segunda etapa del estudio estuvo enfocado en realizar una evaluación de una universidad real en términos de las variables e indicadores que contempló el instrumento de evaluación (cuestionario) propuesto. En este trabajo, se llevó a cabo un estudio de caso, en el que se aplicó el instrumento propuesto para determinar el alcance de una universidad real, la PUCESE, en términos de universidad inteligente.

La población del estudio estuvo comprendida por los diez departamentos que conforman la PUCESE según el organigrama de la estructura organizativa. Sin embargo, considerando que la propuesta del marco de trabajo estuvo enmarcada en los siete pilares de Galeano-Barrera *et al.* (2018), se aplicó la técnica de muestreo estratificado, de tal manera que, de los diez departamentos de la institución, se seleccionaron seis de ellos. El criterio para realizar esta selección estuvo determinado por su relación con las acciones que cada departamento aportaba en el

marco de trabajo propuesto para evaluar una universidad tradicional en término de universidad inteligente. Así, los seis departamentos seleccionados fueron los siguientes: Tecnología de la Información, Dirección Académica, Dirección de Investigación, Dirección de Vinculación, Dirección Administrativa y de Recursos Humanos y Jefatura de Calidad de la PUCESE.

En cuanto a las técnicas de investigación, en primera instancia se empleó la observación, con el propósito de determinar de manera empírica el alcance de la infraestructura y los servicios que ofrecía la PUCESE. Además, como medio principal de recolección de datos, se empleó la técnica de la entrevista estructurada con los jefes de los seis departamentos que formaron parte de la muestra. Para implementar la entrevista se desarrolló un cuestionario especializado basado en las variables listadas en el cuadro 2. Ambas técnicas se aplicaron de manera presencial en la IES sujeta a estudio.

El instrumento propuesto permitió determinar cuáles son los servicios, los procesos, la infraestructura y los sistemas de información que debe cumplir una universidad para denominarse «universidad inteligente». El instrumento descrito en <https://n9.cl/n4zgj> fue validado por expertos en educación y calidad de la educación superior a través de otro instrumento que empleó la escala de Likert. Sin embargo, para evaluar los pilares a través del cuestionario elaborado se usó una escala de siete niveles, que va desde el no cumplimiento (0) hasta estar certificado (6) (véase cuadro 3).

Cuadro 3. Escala propuesta para la evaluación de los pilares de una universidad inteligente

Escala	Descripción
0	No cumple.
1	Está planificado/en proyecto.
2	Cumple parcialmente.
3	Está implementado.
4	Está en proceso de optimización o mejora.
5	Cumple de manera exitosa.
6	Está en proceso de certificación internacional.

Fuente: elaboración propia.

Por último, los datos recolectados a partir de la aplicación del instrumento propuesto en este estudio fueron resumidos a través de gráficos estadísticos de barras. También se usó la media aritmética para determinar el promedio obtenido en la evaluación de cada una de las variables y de los siete pilares en términos de universidad inteligente alcanzados por la PUCESE. El resumen especificado fue automatizado en Microsoft Excel.

4. Resultados

Se aplicó el cuestionario elaborado en un contexto real, la PUCESE. En el cuadro 4 se muestra un resumen del puntaje obtenido en cada uno de los pilares evaluados.

Cuadro 4. Resultados de la evaluación de los pilares de una universidad inteligente en PUCESE

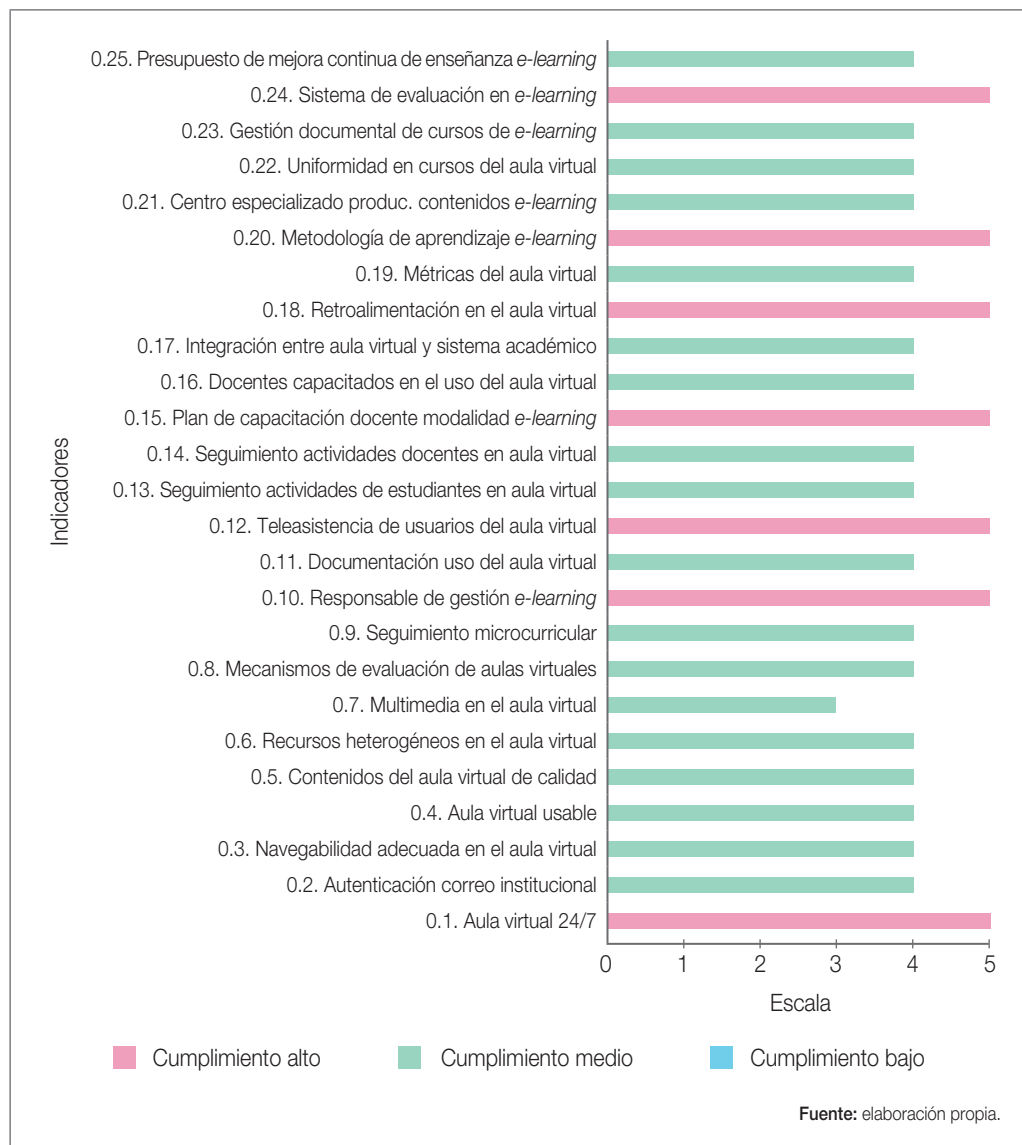
Pilar	Media	Máximo
Promedio del pilar «educación»	3,86	6
Promedio del pilar «ambiente»	0,74	6
Promedio del pilar «sociedad»	3,76	6
Promedio del pilar «gobernanza»	3,75	6
Promedio del pilar «infraestructura y movilidad»	3,18	6
Promedio del pilar «salud»	3,05	6
Promedio del pilar «I+D+i»	1,88	6
Promedio general	2,86	6

Fuente: elaboración propia.

4.1. Pilar «educación»

La PUCESE alcanzó una media de 3,86 en este pilar. La variable «plataforma *e-learning*» (véase figura 1) alcanzó una media de 4,24. Se evidenció que la institución cuenta con una plataforma de enseñanza virtual que cumple de manera exitosa su función y tiene disponibilidad 24 horas/7 días a la semana, posee teleasistencia para los usuarios y, además, cuenta con un plan de capacitación para docentes. También implementa mecanismos de retroalimentación de las actividades realizadas por los estudiantes, una metodología de aprendizaje adaptativo y sistemas de evaluación. Sin embargo, debe mejorar los mecanismos de autenticación, la navegabilidad y la usabilidad. Asimismo, la PUCESE implementa herramientas de seguimiento automático de las actividades estudiantes/docentes e integra un sistema académico institucional. Es importante que la plataforma integre contenidos multimedia estandarizados para mejorar su imagen institucional. La descripción de los indicadores tanto de este pilar como del resto puede verse en <https://n9.cl/n4zgl>.

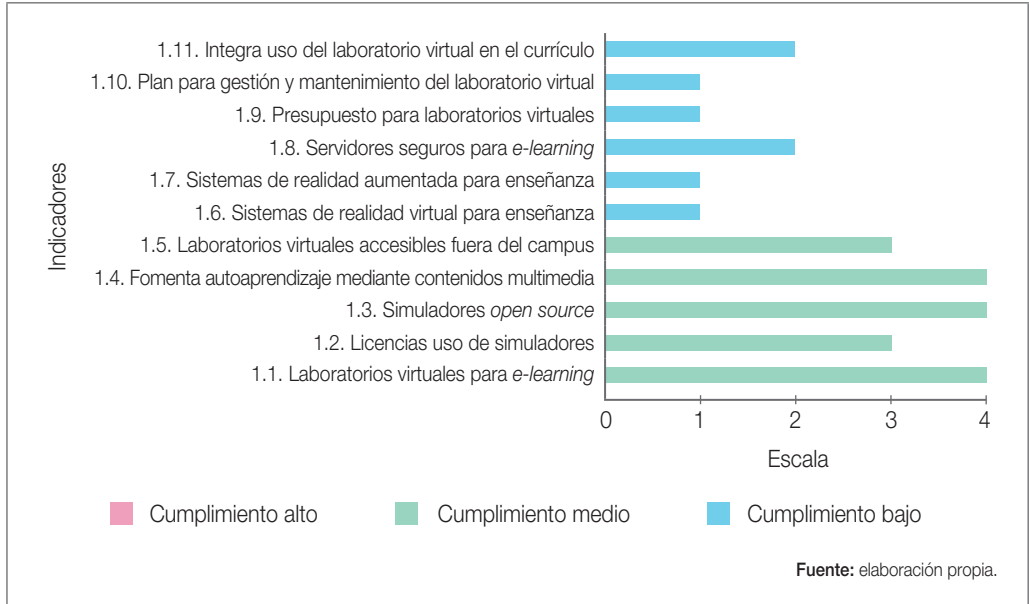
Figura 1. Pilar «educación». Evaluación de la variable «plataforma e-learning»



La variable «laboratorio virtual» (véase figura 2) fue calificada con un valor de 2,36. Se observa que la PUCESE dispone de algunos laboratorios virtuales con simuladores distribuidos bajo licencia de código abierto y contenidos multimedia que modelan la realidad en espacio virtual. Esto se evidencia especialmente en las carreras tecnológicas, como ocurre, por ejemplo, en Ingeniería en Tecnologías de la Información. No obstante, la institución debe apostar

para que todas las carreras integren este tipo de elementos dentro del microcurrículo y de las estrategias pedagógicas que los docentes pueden aplicar en los escenarios de aprendizaje.

Figura 2. Pilar «educación». Evaluación de la variable «laboratorio virtual»



La variable «plataforma *b-learning*» (véase figura 3) alcanzó una media de 3,63. La plataforma de enseñanza virtual permite interactuar a los alumnos con sus docentes de manera asincrónica, dejando la parte sincrónica (reuniones) de forma externa a la plataforma. Además, la institución está suscrita a bibliotecas virtuales especializadas que permiten a los docentes planificar sus sílabos y a los estudiantes acceder a contenidos bibliográficos. Por el hecho de tratarse de una plataforma propiamente de *e-learning*, esta debe integrar mejoras de adaptación a la enseñanza en esta modalidad. Aspectos como teletutorías, refuerzo del aprendizaje y mecanismos de actividades sincrónicas todavía deben lograrse.

En términos de la variable «plataforma de *m-learning*» (véase figura 4), se obtuvo un puntaje de 3,69. La institución cuenta con metodologías para el aprendizaje en este entorno y con servicios y herramientas optimizadas para ser usadas en dispositivos móviles. Sin embargo, se deben hacer esfuerzos para integrar técnicas de gamificación, metodologías de aprendizaje adaptativo, y para proveer de un entorno más amigable y atractivo al usuario. También se requiere implementar mecanismos para hacer seguimiento y monitoreo de las asignaturas impartidas bajo esta modalidad. Otro aspecto importante es la calidad de los contenidos. La institución debe trabajar en la creación de un centro especializado de producción de contenidos que apoyen a cualquier otra modalidad de aprendizaje.

Figura 3. Pilar «educación». Evaluación de la variable «plataforma *b-learning*»

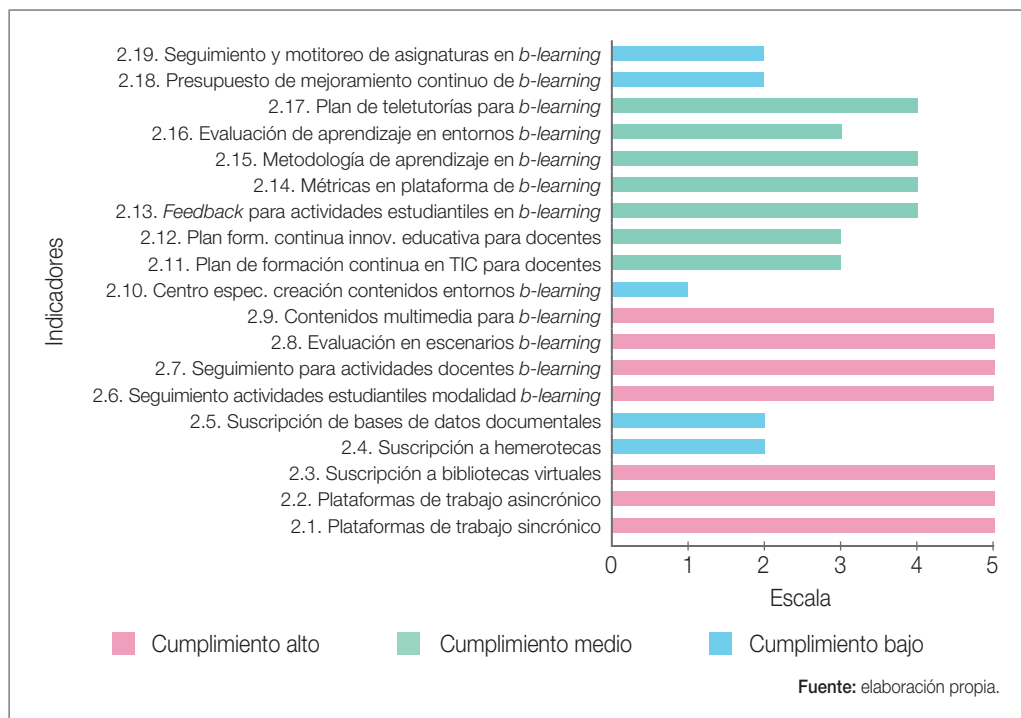
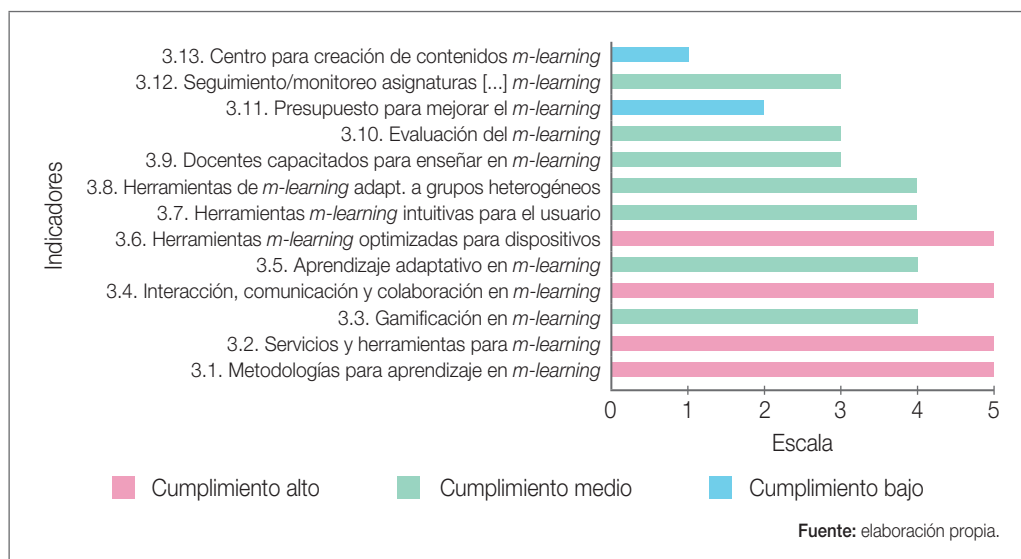
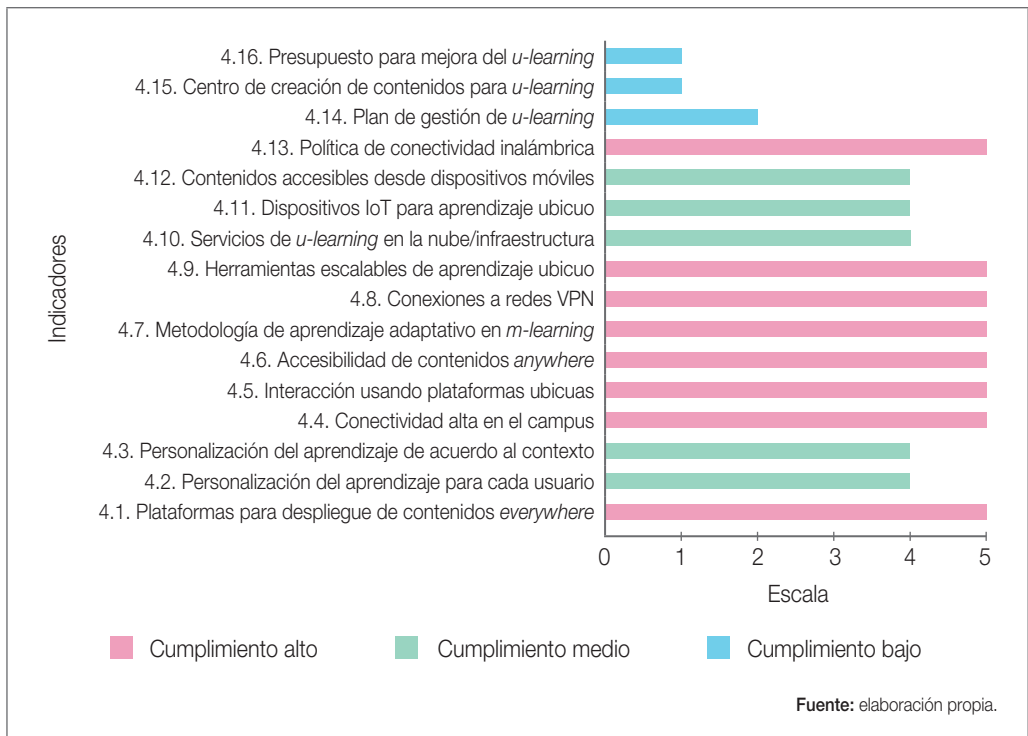


Figura 4. Pilar «educación». Evaluación de la variable «plataforma *m-learning*»



La variable «plataforma *u-learning*» (véase figura 5) alcanzó una media de 3,88. En este caso, la PUCESE puede implementar tecnologías que posibiliten el despliegue de contenidos en todas partes, ya que cuenta con cobertura de red inalámbrica. No obstante, se está lejos de contar con sistemas integrados que personalicen el aprendizaje de acuerdo con cada usuario; no así en términos del contexto, ya que los sistemas se adaptan a la tecnología empleada (por ejemplo, conexión a red, dispositivo, ubicación, etc.). Por otro lado, la institución debe invertir en las tecnologías del internet de las cosas en el campus para aprovechar los beneficios actuales de las redes inalámbricas.

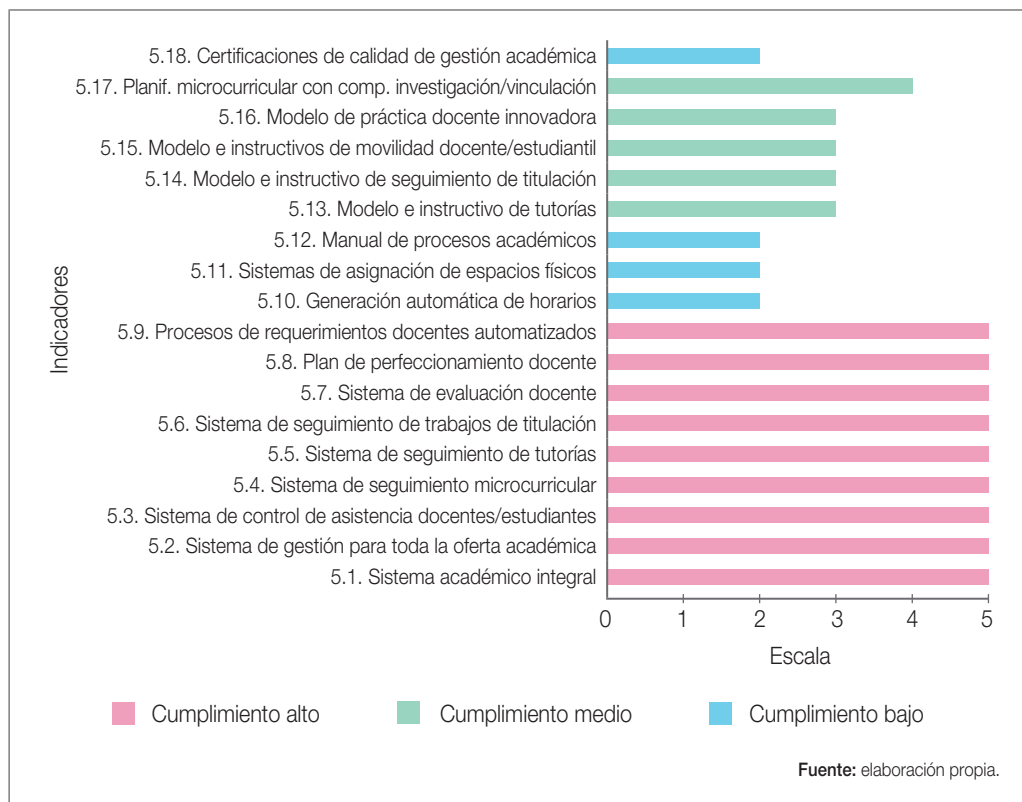
Figura 5. Pilar «educación». Evaluación de la variable «plataforma *u-learning*»



La variable «gestión académica» (véase figura 6) alcanzó una media de 3,83. Dentro de esta variable, la PUCESE implementa un sistema académico integral (Banner), un sistema de control de asistencia a estudiantes y docentes y un sistema para realizar un seguimiento microcurricular de tutorías y trabajos de titulación en todos los programas y en todas las modalidades. La PUCESE también integra la planificación microcurricular de los programas de carreras, la investigación y la vinculación con la sociedad. Sin embargo, cumple parcialmente con la generación del sistema automático de horarios y espacios físicos y con el manual de procesos académicos.

En relación con la variable «metodología de enseñanza-aprendizaje», la PUCESE alcanzó una media de 5. La institución implementa diferentes metodologías y teorías de aprendizaje que garantizan que los procesos de aprendizaje sean efectivos, con docentes capacitados, y una unidad que planifica, monitorea y evalúa la aplicación de las metodologías y de las teorías de aprendizaje. Sin embargo, se debe mejorar en la implementación de metodologías innovadoras para posicionarse como un referente local y nacional.

Figura 6. Pilar «educación». Evaluación de la variable «gestión académica»



En la figura 7 se observan los resultados alcanzados por la PUCESE respecto a la variable «proyecto educativo». La media es de 4,13. Como fortaleza, la institución dispone de herramientas automatizadas para realizar un seguimiento preciso de los presupuestos de los proyectos educativos. No obstante, se evidencia debilidad para realizar tareas de gestión educativa. La institución está en proceso de mejora para implementar un plan de seguimiento, evaluación y planificación de los proyectos educativos. Algunos aspectos no se encuentran automatizados.

Finalmente, la variable «internacionalización del currículo» (véase figura 8) obtuvo una media de 4. La PUCESE dispone de asignaturas orientadas, en idiomas extranjeros, con do-

centes que han realizado sus estudios de posgrado internacional. Además, posee convenios de cooperación académica y oferta educativa competitiva con instituciones internacionales. Está en proceso de mejora la implementación de un plan de estudio de asignaturas de cultura y conocimiento en contextos internacionales. Entre los aspectos que debe mejorar, destaca la creación de programas en conjunto con IES extranjeras para doble titulación, prácticas e intercambios estudiantiles y docentes. Aunque se llevan a cabo intercambios, estos son pocos.

Figura 7. Pilar «educación». Evaluación de la variable «proyecto educativo»

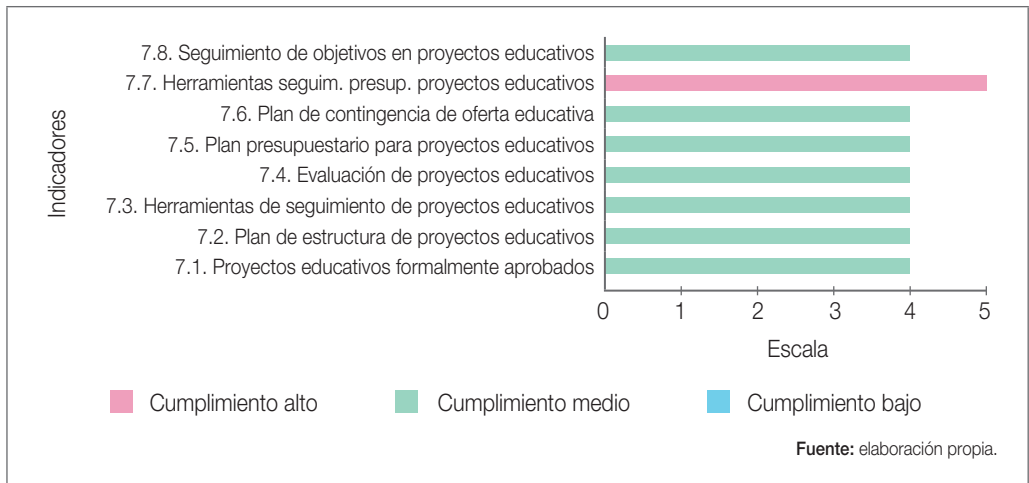
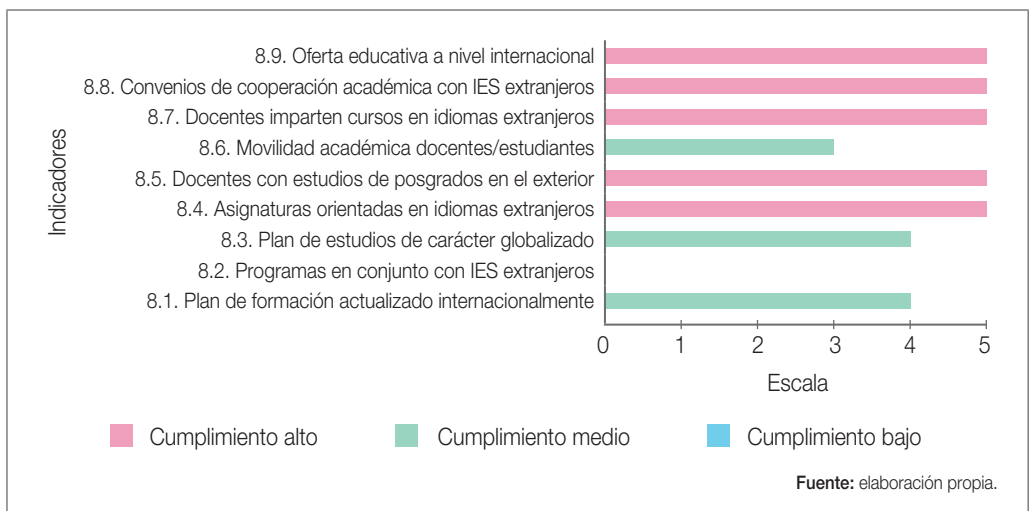


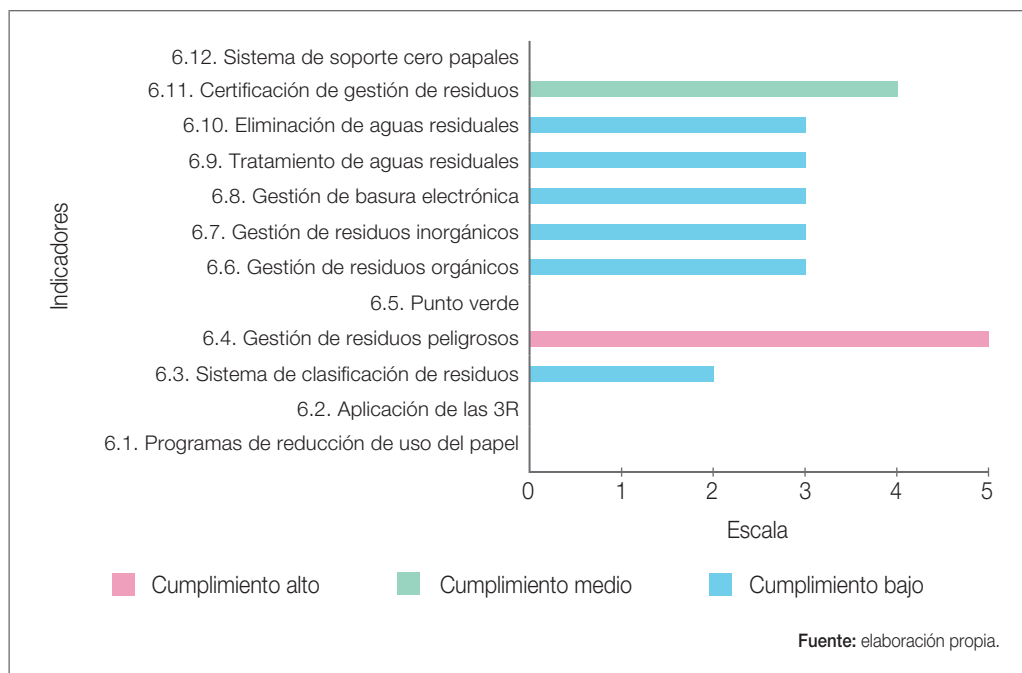
Figura 8. Pilar «educación». Evaluación de la variable «internacionalización del currículo»



4.2. Pilar «ambiente»

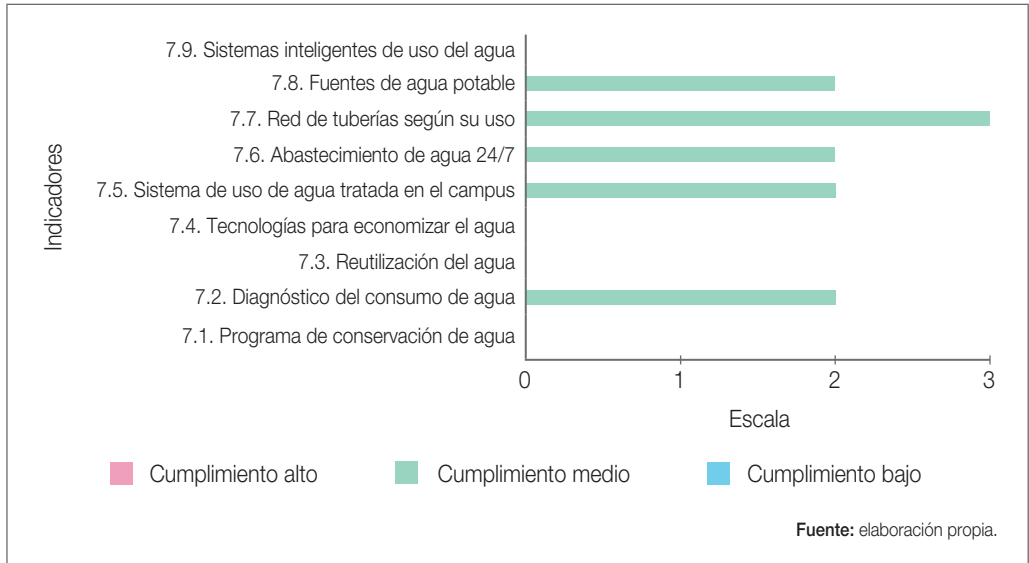
La media obtenida por la PUCESE para este pilar fue de 0,74. La figura 9 muestra los valores obtenidos por cada uno de los indicadores de la variable «gestión de residuos», que alcanzó una puntuación de 2,17. La institución cuenta con un procedimiento para la gestión integral de residuos peligrosos en todo el campus y tiene implementado un sistema de gestión integral (recolección, almacenamiento y transporte) de residuos orgánicos, inorgánicos y de basura electrónica generada en el campus. No obstante, tiene pendiente la creación de un sistema de tratamiento para la eliminación de aguas residuales. Por otro lado, la institución cumple de manera parcial con la disponibilidad de un sistema de clasificación de residuos en el campus. No implementa un programa para reducir el uso de papel y plástico, no aplica la regla de las 3R, ni cuenta con puntos ecológicos.

Figura 9. Pilar «ambiente». Evaluación de la variable «gestión de residuos»



En la figura 10, se presenta el resultado de la variable «consumo y calidad del agua», la cual obtuvo una media de 1,22. La PUCESE tiene implementada tuberías de la red de abastecimiento de agua según su uso. Cumple parcialmente con la disponibilidad de un sistema de abastecimiento de agua potable 24 horas/7 días a la semana. Sin embargo, no implementa tecnologías eficientes para el uso responsable del agua.

Figura 10. Pilar «ambiente». Evaluación de la variable «consumo y calidad del agua»



La variable «calidad del aire» obtuvo una media de 0. Los resultados de cada indicador evidencian que la PUCESE tiene debilidades porque no aplica medidas de control sobre la contaminación dentro del campus. El campus tampoco implementa ni programas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ni un plan para la gestión de la calidad del aire. Además, el campus no promueve programas de educación ambiental. Es importante señalar que el campus tiene un aspecto positivo relacionado con la disponibilidad de zonas verdes que minimizan la contaminación del aire.

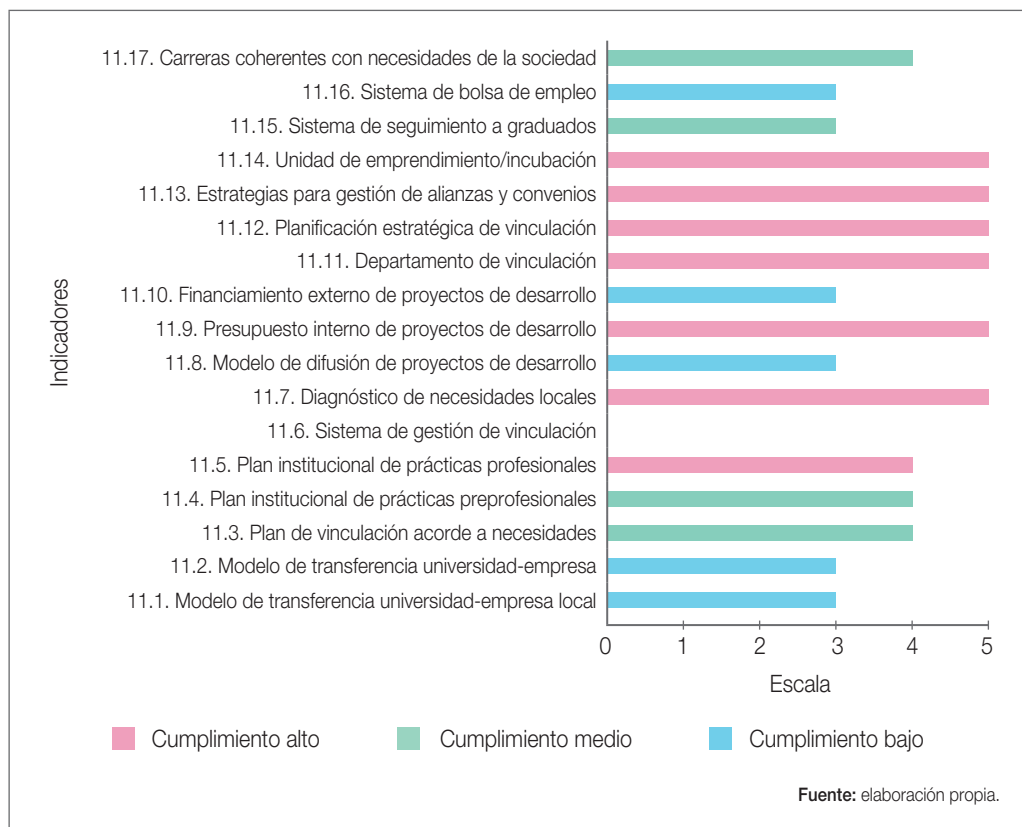
La variable «optimización de recursos energéticos» también obtuvo una media de 0. En esta variable, la institución es débil debido a que no utiliza sistemas de energías renovables, ni gestiona de forma automática ni ecológica la iluminación y los equipos eléctricos instalados en el campus. Además, no mantiene constante una tendencia hacia las tecnologías verdes. Tampoco crea políticas de concienciación de ahorro de energía en el campus.

Para finalizar este pilar, se tiene la variable «gestión de microclimas de interiores y exteriores», con una media de 0,3. En esta variable, la institución tiene implementado solo el sistema de extracción de olores en el campus (comedor). Pero no dispone de un ambiente confortable (térmico/lumínico) en las diferentes áreas del campus: aulas, edificios administrativos, laboratorios físicos, sala de centro de datos, bibliotecas, salas de archivos físicos, comedores, salas de conferencias y auditorios. Además, la institución tampoco cuenta con un sistema de monitoreo y control de contaminación acústica en el campus.

4.3. Pilar «sociedad»

La PUCESE alcanzó una media de 3,76 en este pilar. En la figura 11 se evidencia que la universidad tiene un presupuesto interno para la ejecución de proyectos. Además, la institución cuenta con un departamento de vinculación con la sociedad y con un plan para gestionar las acciones de vinculación en territorio. También posee estrategias para crear alianzas con empresas, industrias y organizaciones. Asimismo, se dispone de una unidad de emprendimiento alineada a los programas ofertados.

Figura 11. Pilar «sociedad». Evaluación de la variable «vinculación»

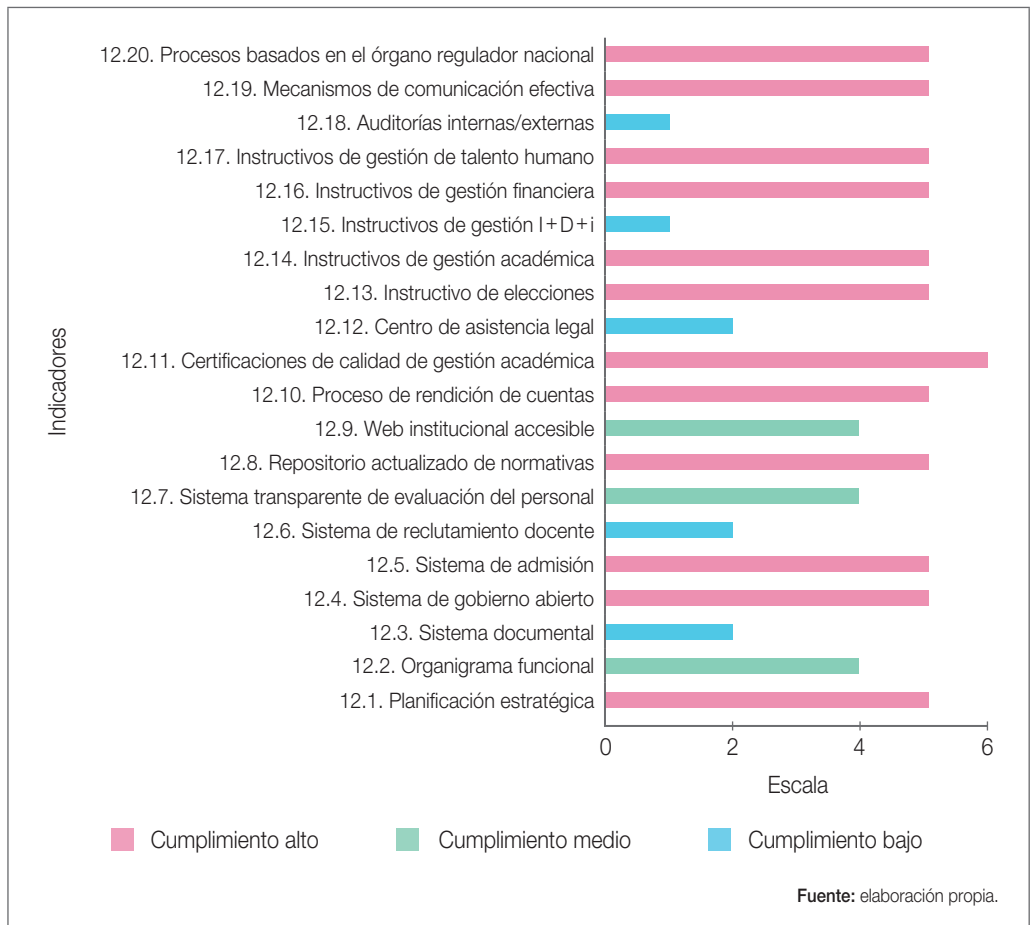


Actualmente, está en proceso la implementación de un plan de vinculación con la sociedad a nivel institucional acorde a las necesidades de la comunidad. Sin embargo, sí se implementa un plan institucional de prácticas preprofesionales para estudiantes de acuerdo con los perfiles de las carreras (grados), no siendo así en el caso de posgrado. No obstante, no implementa sistemas efectivos de gestión de bolsa de empleo y de seguimiento a los graduados.

4.4. Pilar «gobernanza»

La PUCESE alcanzó una media de 3,75 en este pilar. La variable «transparencia» obtuvo un valor de 4,05 (véase figura 12). La PUCESE está trabajando en la definición del organigrama funcional académico, un sistema de gobierno abierto, un sistema de admisión de estudiantes, un repositorio de normativas e instructivos actualizado y en la realización de la rendición de cuentas de manera periódica. Se ha implementado parcialmente un sistema documental que conserve y difunda documentos e información en soporte físico y digital de los procesos de la institución. Como debilidad, la PUCESE no dispone de instructivos actualizados de gestión de investigación e innovación educativa y debe aplicar procesos de auditoría interna y externa en todas las instancias del campus.

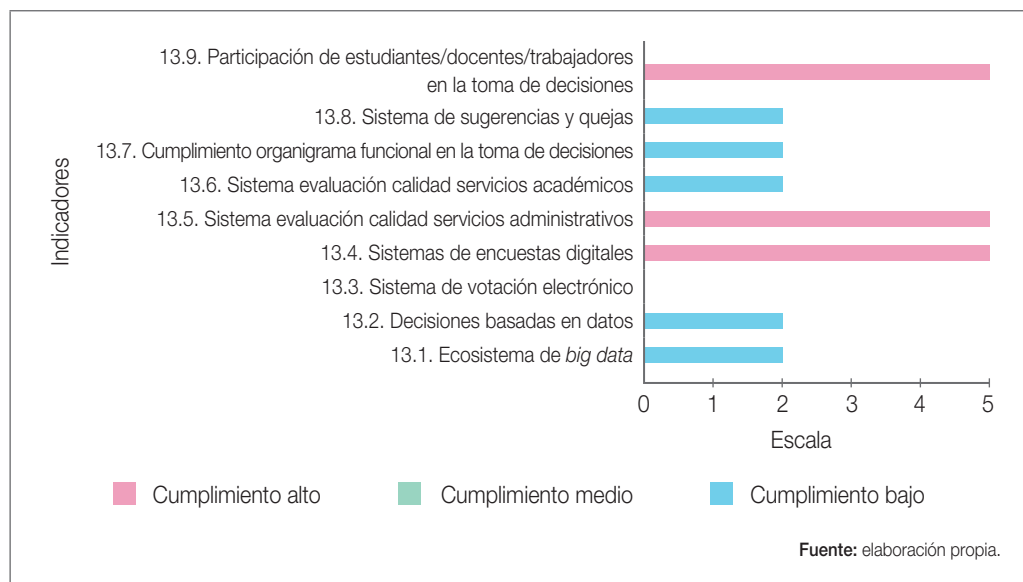
Figura 12. Pilar «gobernanza». Evaluación de la variable «transparencia»



La variable «participación en la toma de decisiones» fue valorada con una media de 2,78 (véase figura 13). La PUCESE tiene como fortaleza la implementación de un sistema especializado para realizar encuestas electrónicas, además de un sistema de evaluación de la calidad de los servicios académicos ofertados. También cuenta con la participación de representantes de estudiantes, docentes y trabajadores en la toma de decisiones. Sin embargo, como debilidad se ha detectado que la institución no posee un sistema de votación electrónica.

La PUCESE implementa un sistema académico integral (Banner), un sistema de control de asistencia a estudiantes y docentes, así como un sistema para realizar un seguimiento microcurricular de tutorías y trabajos de titulación en todos los programas y en todas las modalidades

Figura 13. Pilar «gobernanza». Evaluación de la variable «participación en la toma de decisiones»



Terminando con el pilar gobernanza, en la variable «acreditaciones y certificaciones internacionales», la PUCESE obtuvo una media de 4,4 (véase figura 14).

La PUCESE cuenta con procesos de mejora para la implementación de herramientas de gestión de la información de procesos de acreditaciones nacionales, dispone de evidencias que garantizan la calidad de la infraestructura física del campus y, además, dispone

Una de las debilidades de la PUCESE es que no dispone de un sistema de apoyo en la toma de decisiones basado en indicadores clave de rendimiento

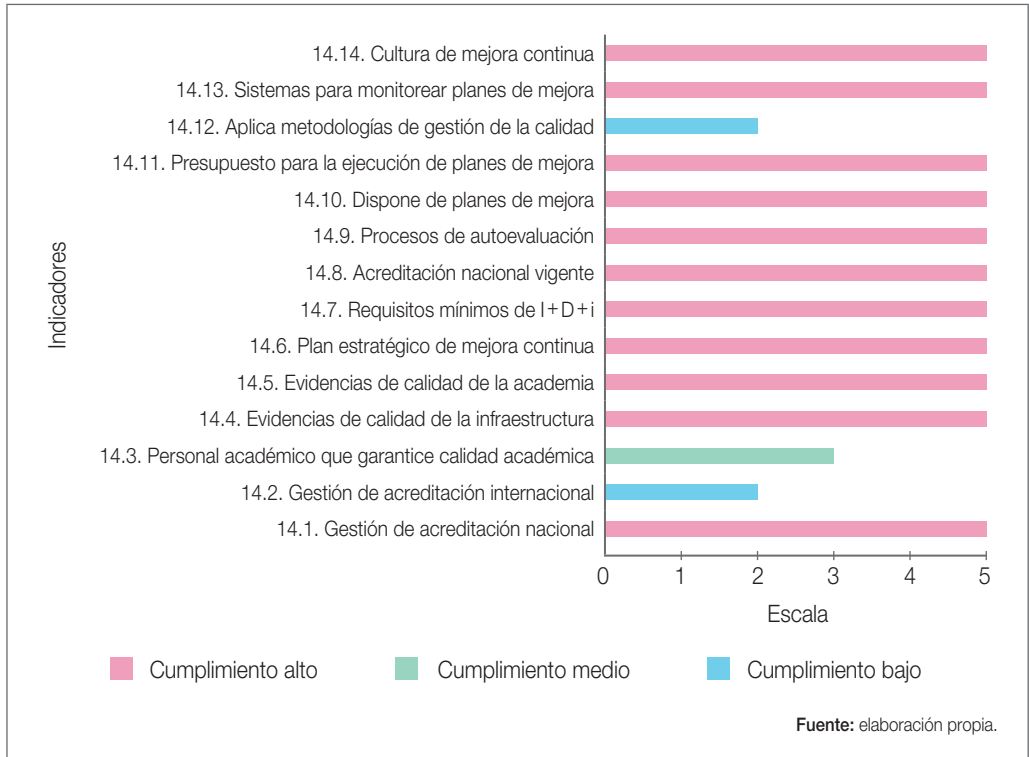
de una planificación para la mejora continua de la calidad del campus. A fecha de hoy, hay que destacar que la institución se encuentra también acreditada a nivel nacional y ejecuta procesos de autoevaluación de forma planificada y de manera continua.

Sin embargo, reseñamos que la institución cumple solo parcialmente con la implementación de herramientas para gestionar procesos de acreditación y metodologías para la gestión de la calidad basadas en procesos.

El modelo de acreditación del Consejo de Educación Superior del Ecuador ha permitido que la PUCESE haya implantado un estándar de calidad nacional. Sin embargo, para lograr convertirse en una universidad inteligente requiere invertir en sistemas automáticos de última generación

La institución cumple de forma parcial con la implementación de herramientas para gestionar procesos de acreditación y metodologías para la gestión de la calidad basadas en procesos

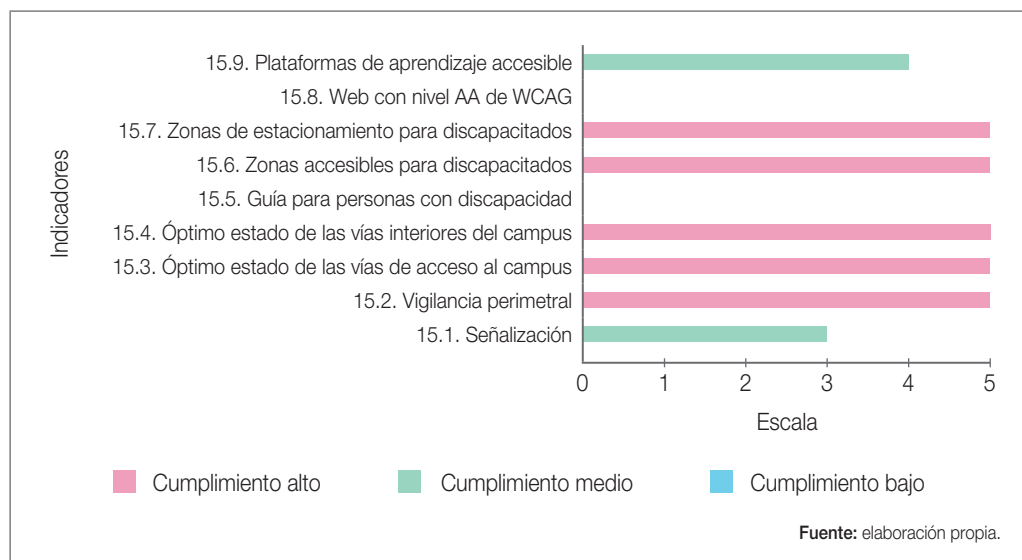
Figura 14. Pilar «gobernanza». Evaluación de la variable «acreditaciones y certificaciones internacionales»



4.5. Pilar «infraestructura y movilidad»

La PUCESE obtuvo una media de 3,18 en este pilar (véase figura 15). En términos de accesibilidad, la institución alcanzó una media de 3,56. Entre sus fortalezas, destaca la instalación tecnológica de vigilancia (circuito cerrado de monitoreo 24 horas/7 días a la semana) con vías de acceso y conexión en el interior del campus en óptimo estado.

Figura 15. Pilar «infraestructura y movilidad». Evaluación de la variable «accesibilidad»

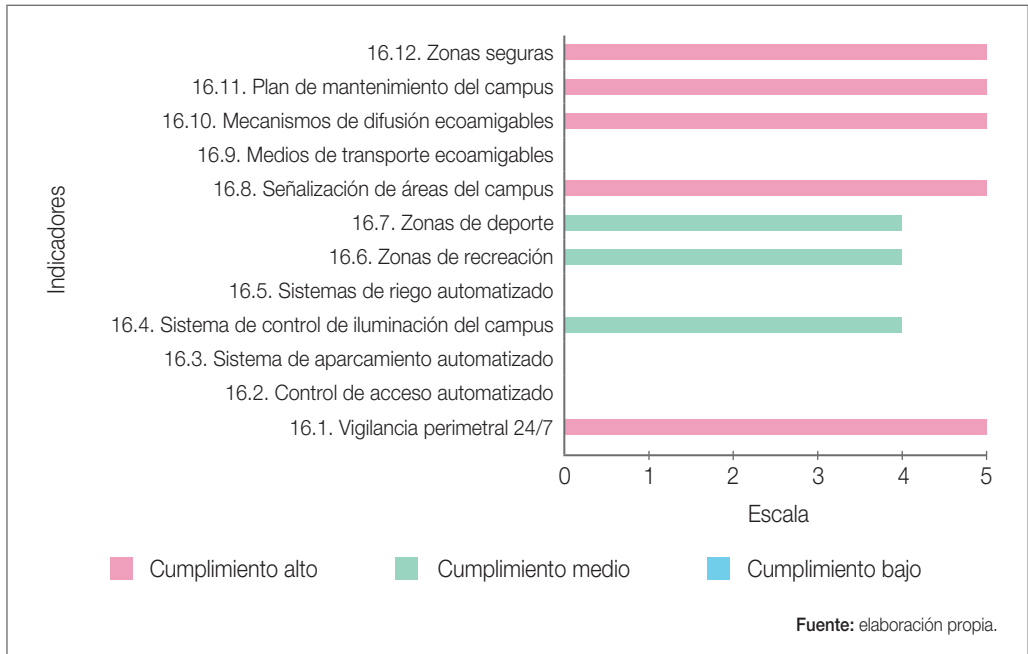


Además, posee zonas accesibles para que personas con discapacidad puedan usar parte de la infraestructura de enseñanza, no siendo efectivas las de acceso a edificios u oficinas administrativas. También posee zonas con parques, aunque no organizados de manera efectiva. Se resalta como debilidad el hecho de no tener un buen mecanismo de guía para personas con discapacidad auditiva, visual y movilidad reducida, aunque sí se dispone de una web accesible a nivel AA según la WCAG.

La variable «infraestructura exterior» obtuvo una media de 3,08 (véase figura 16). La institución cumple exitosamente con la instalación de vigilancia perimetral. Además, cuenta con señalización en las áreas del campus. Asimismo, implementa un plan para el mantenimiento y el aseo de la infraestructura exterior del campus (césped, piletas, plantas, etc.) y dispone de zonas seguras ante catástrofes naturales. También tiene implementadas, pero no aplicadas, zonas de recreo-deportes para estudiantes y trabajadores del campus. Sin embargo, no dispone de sistemas de control de acceso automatizado, gestión de aparca-

miento automatizado y control de iluminación. Tampoco cuenta con un medio de transporte alternativo y ecoamigable para la movilización dentro del campus, aunque, al no ser demasiado grande, no es un aspecto relevante.

Figura 16. Pilar «infraestructura y movilidad». Evaluación de la variable «infraestructura exterior»



La variable «sistemas inmóticos» obtuvo un valor de 2,8 (véase figura 17). Los edificios de la PUCESE cuentan con una adecuada conexión a intranet e internet a través de redes cableadas e inalámbricas, así como con una distribución adecuada de las aulas acorde al número de estudiantes. Además, dispone de un sistema de gestión de incendios dentro de los edificios. Como debilidad, la institución no tiene un centro de control de sistemas inmóticos ni de sistemas de gestión inteligente de iluminación e inundación dentro de los edificios. Finalmente, es importante señalar que los edificios no están certificados bajo ninguna normativa ambiental.

Los edificios de la PUCESE tienen una adecuada conexión a intranet e internet a través de redes cableadas e inalámbricas, así como una distribución adecuada de las aulas acorde al número de estudiantes

La variable «infraestructura de TIC» alcanzó una media de 3,29 (véase figura 18). La PUCESE cuenta con una velocidad de conectividad a internet óptima y que satisface las

necesidades de los usuarios. Además, los edificios se encuentran interconectados a la intranet a través de una red local (LAN). También dispone de licencias de *software* propietario para el desarrollo de *software* o gestión de tecnologías de la información. Tiene en proceso de mejora la implementación de un centro de procesamiento de datos para la gestión de plataformas de aprendizaje y de sistemas informáticos para la gestión de los departamentos de la institución (por ejemplo, pago electrónico). Como debilidad destacamos que no implementa tecnologías de identificación para optimizar procesos en la institución (por ejemplo, abrir y cerrar puertas, realizar préstamo de libros, acceso a ordenadores de los laboratorios de cómputo, entre otros).

En cuanto a la variable «infraestructura de TIC», la PUCESE dispone de una velocidad de conectividad a internet óptima que satisface las necesidades de los usuarios. Como debilidad destacamos que no implementa tecnologías para optimizar procesos en la institución

Figura 17. Pilar «infraestructura y movilidad». Evaluación de la variable «edificios y sistemas inmóticos»

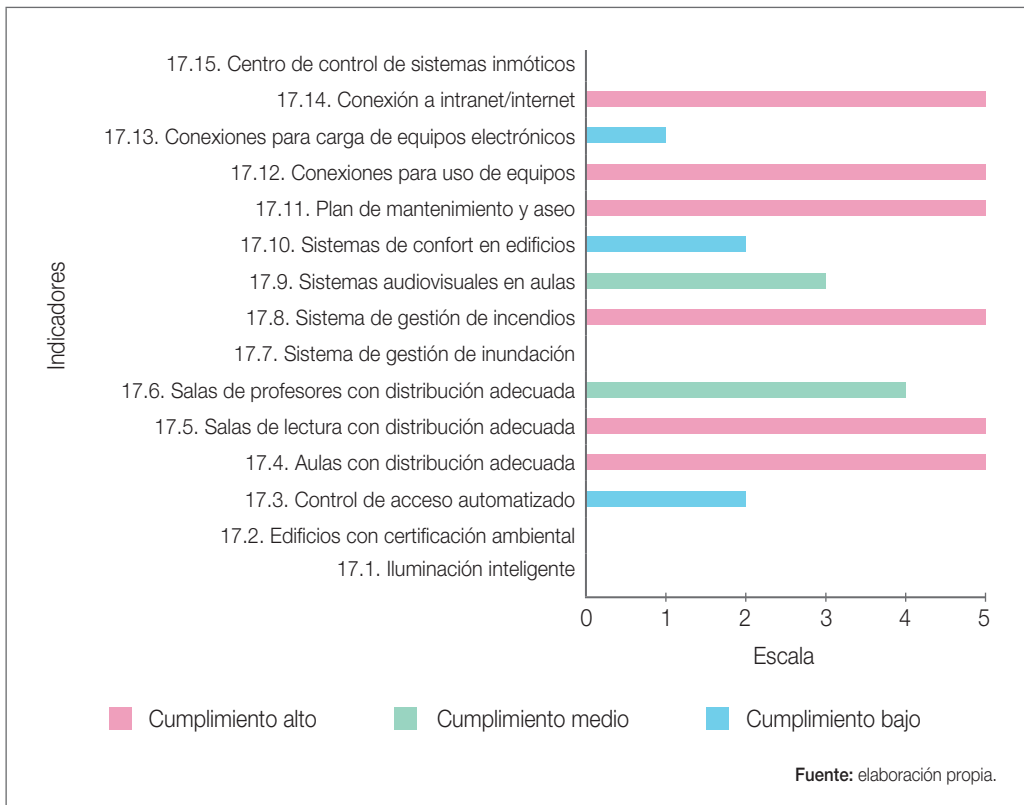
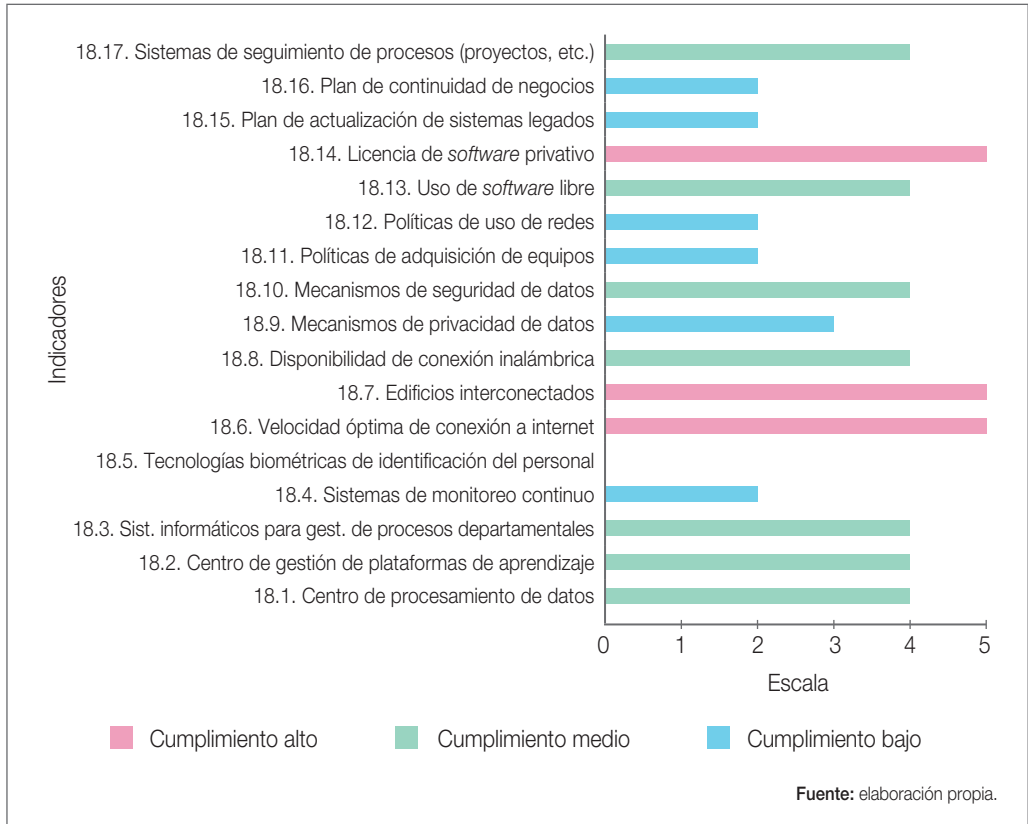


Figura 18. Pilar «infraestructura de TIC». Evaluación de la variable «infraestructura de TIC»



4.6. Pilar «salud»

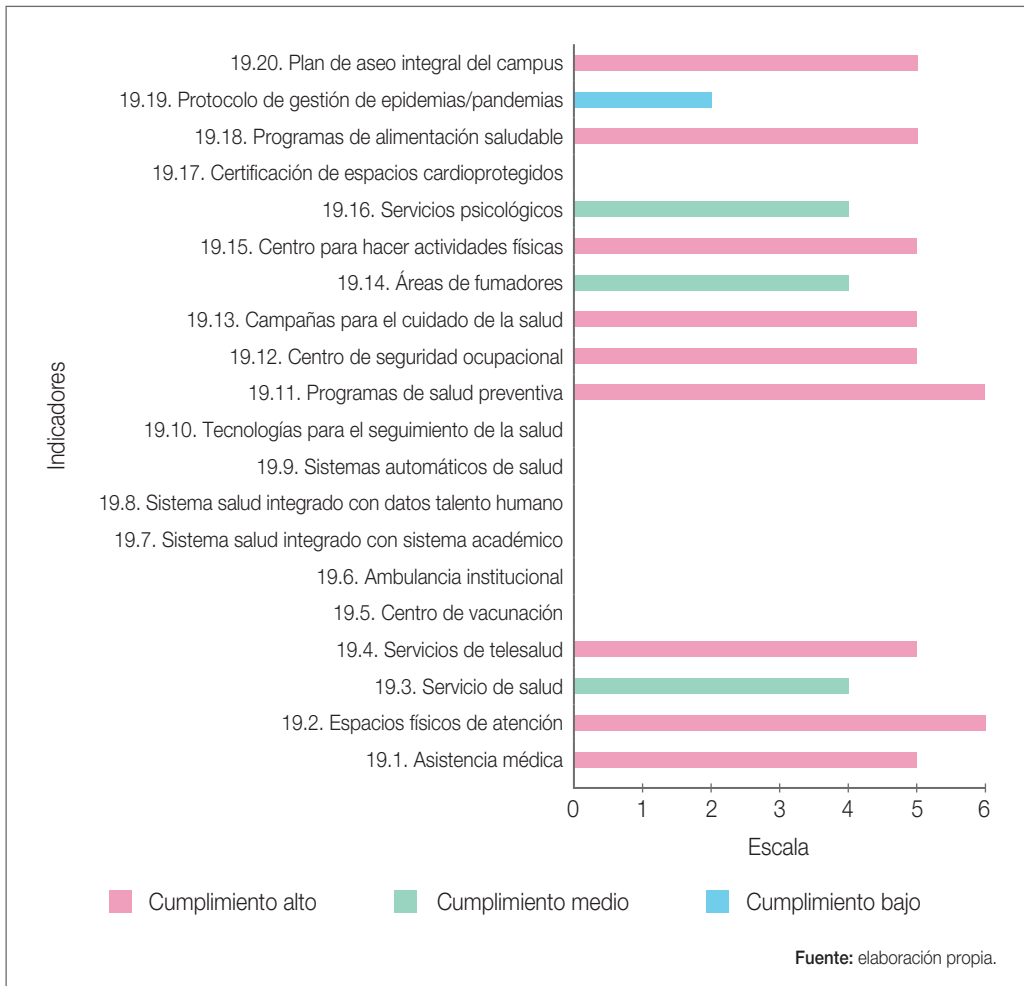
La PUCESE alcanzó un valor medio de 3,05 (véase figura 19) en el pilar «salud». En relación con la variable «gestión de servicio sanitario», la institución dispone de espacios físicos adecuados y certificados para la gestión de servicios de salud (aplicado durante la pandemia) y emergencias clínicas en el campus. Dispone de servicios de telesalud y realiza campañas de orientación para el cuidado de la salud. Asimismo, implementa espacios físicos para que estudiantes y trabajadores del campus puedan realizar sus actividades físicas. Sin embargo, entre sus debilidades destacan no disponer de un centro de ambulancia para el transporte de pacientes críticos.

La PUCESE dispone de servicios de telesalud y realiza campañas de orientación para el cuidado de la salud. Asimismo, implementa espacios físicos para que estudiantes y trabajadores puedan realizar actividades físicas

ticos a las casas de salud cercanas y no implementar sistemas informáticos de gestión de salud integrados con el sistema académico y el sistema de talento humano. El departamento médico no gestiona sus procesos a través de sistemas informáticos especializados, ni tampoco utiliza tecnologías emergentes para realizar seguimiento e historias de salud.

Entre las debilidades de esta institución destacan no disponer de un centro de ambulancia para el transporte de pacientes críticos a las casas de salud cercanas y no implementar sistemas informáticos de gestión de salud integrados con el sistema académico y el sistema de talento humano

Figura 19. Pilar «salud». Evaluación de la variable «gestión de servicio sanitario»

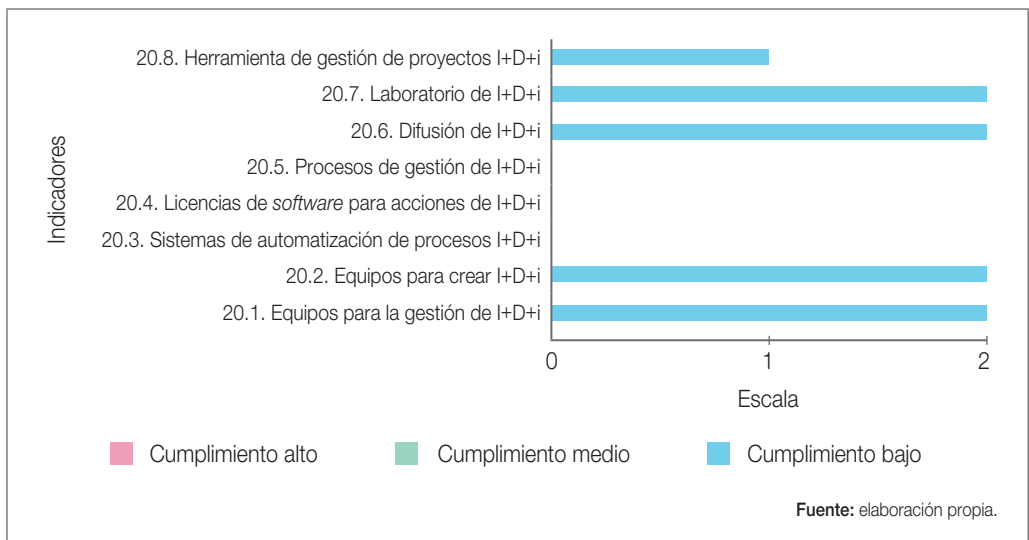


4.7. Pilar «I+D+i»

La PUCESE alcanzó un valor de 1,88 en este pilar (véase figura 20). La variable «recurso de I+D+i» obtuvo una media de 1,13. Se evidenció la implementación parcial de equipos para que el personal administrativo y los investigadores lleven a cabo actividades de gestión de I+D+i. No se dispone de los recursos suficientes para realizar actividades de difusión y divulgación de I+D+i, ni se cuenta con laboratorios de I+D+i conforme a los programas ofertados. Existen laboratorios para pocas carreras. La institución busca implementar herramientas para la gestión de proyectos de I+D+i y sistemas de información para automatizar los procesos de evaluación de I+D+i. También se deben adquirir licencias de *software* para potenciar investigaciones científicas y académicas.

La PUCESE no dispone de los recursos suficientes para realizar actividades de difusión y divulgación de I+D+i, ni tampoco cuenta con laboratorios de I+D+i conforme a los programas ofertados. Hay laboratorios para pocas carreras

Figura 20. Pilar «I+D+i». Evaluación de la variable «recursos de I+D+i»



En lo referente a la variable «fuentes de financiación», esta alcanzó una media de 2 (véase figura 21). La PUCESE dispone de un presupuesto anual para la realización de proyectos de I+D+i, para la gestión del departamento de I+D+i y para la formación en I+D+i y también de convenios con entidades externas para participación en convocatorias de I+D+i. La institución cumple parcialmente con la disponibilidad de presupuesto para actividades de

I+D+i (participación de congresos, publicación de artículos en revistas, etc.). Sin embargo, no dispone de un presupuesto para actividades de colaboración en I+D+i, ni de procesos eficientes para la gestión de proyectos con recursos internos y externos. Además, no cuenta con un modelo de captación de fondos externos para I+D+i.

La variable «investigadores» alcanzó una media de 1,71 (véase figura 22). La institución estudiada evidenció que dispone de investigadores con grado de doctor que trabajan en varias de las líneas de investigación de las carreras (no siendo igual en todas las carreras). También cuenta, parcialmente, con un modelo de incentivos y reconocimiento a la investigación que motiva a los investigadores a publicar en revistas indexadas. Asimismo, es relevante la existencia de un departamento y de un responsable de la gestión de I+D+i en la institución. Sin embargo, no dispone de un manual oficial de funciones del equipo de I+D+i, así como tampoco de un organigrama del departamento de I+D+i, ni de un manual de procesos, ni de un instructivo para la realización de estancias.

En lo que se refiere a la variable «recursos bibliométricos» (media de 1,5), como se ilustra en la figura 23, la institución, por el hecho de ser una sede de la PUCE, figura en *rankings* internacionales. Además, gracias a la Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de la Investigación y Academia (CEDIA), dispone de algunas suscripciones a bibliotecas digitales científicas por cada una de las áreas de los programas ofertados. También cuenta con un modelo sistematizado para evaluar la productividad científica, pero no es un modelo basado en citas, productos o impacto de las publicaciones. La institución evidenció como debilidad no disponer de un modelo y de un sistema para evaluar la colaboración científica (basadas en citas, productos, impacto de publicaciones, etc.), ni contar con sistemas para el cálculo de indicadores bibliométricos.

Figura 21. Pilar «I+D+i». Evaluación de la variable «fuentes de financiación I+D+i»

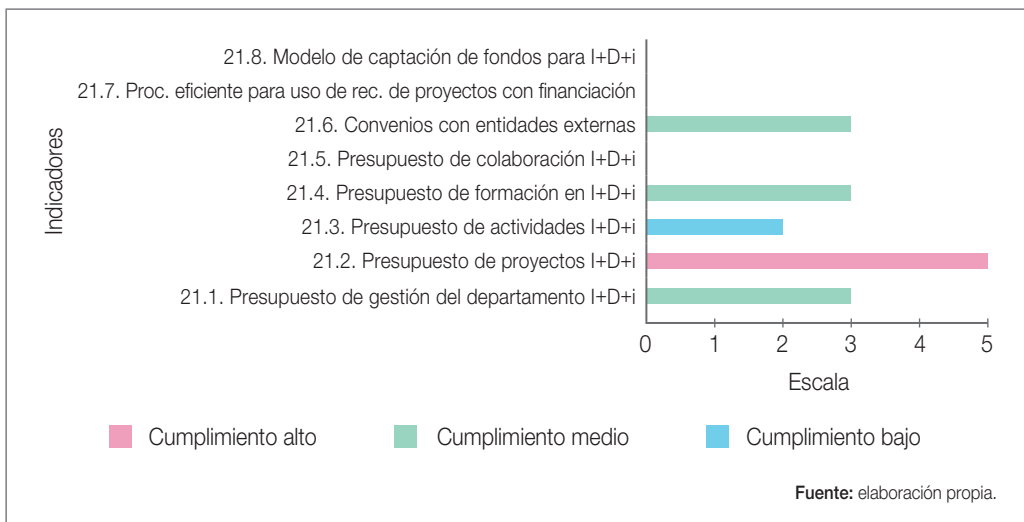


Figura 22. Pilar «I+D+i». Evaluación de la variable «investigadores»

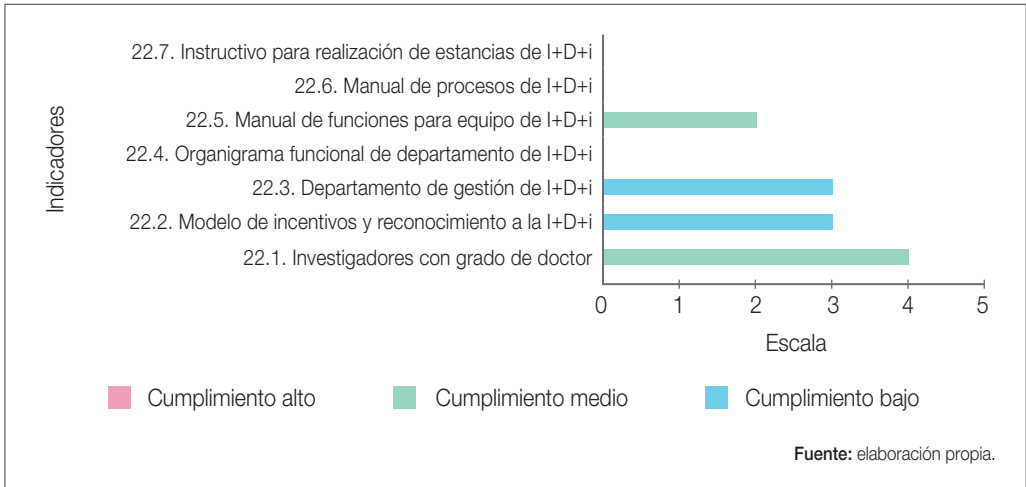
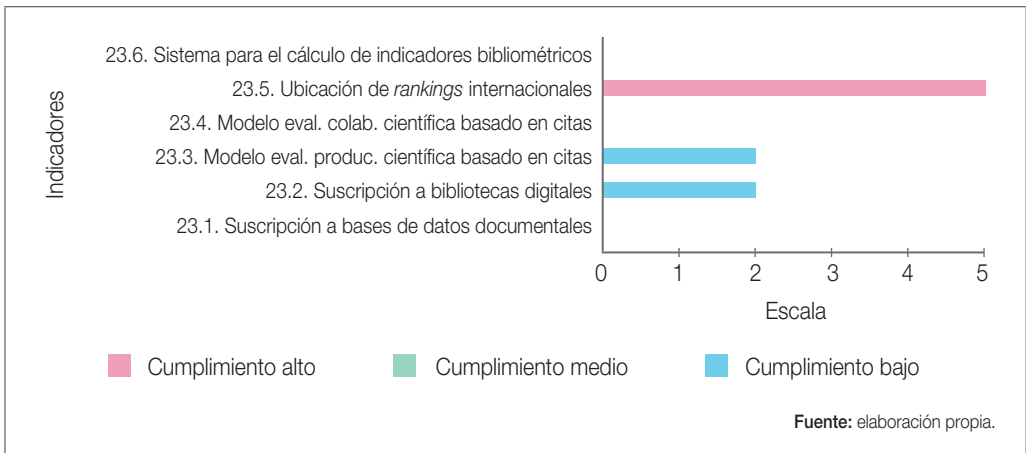
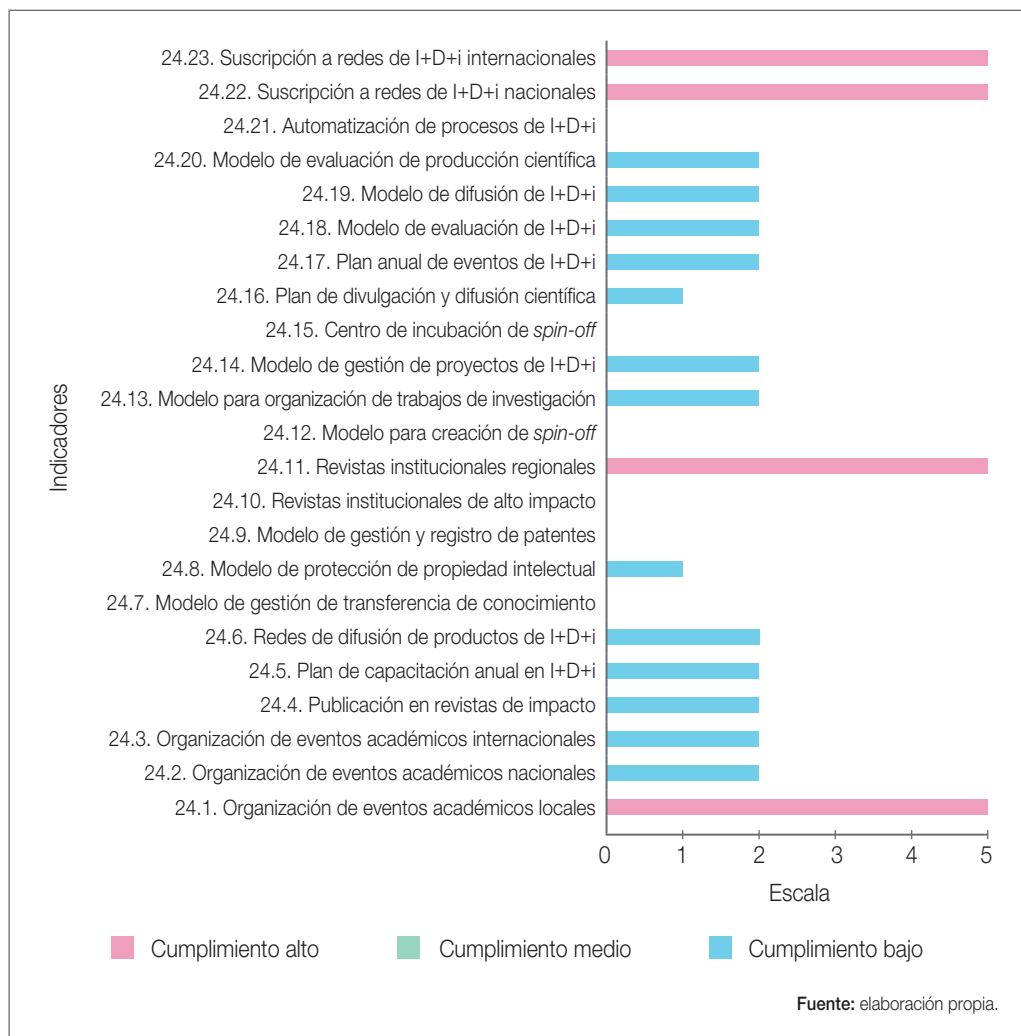


Figura 23. Pilar «I+D+i». Evaluación de la variable «recursos bibliométricos»



En la figura 24, se observan los valores alcanzados en torno a la variable gestión de I+D+i, cuya media fue 1,91. La institución organiza eventos académicos/científicos de carácter nacional e internacional, los investigadores publican en revistas de impacto internacional y la institución posee un plan de capacitación anual en I+D+i y redes para la difusión de productos de I+D+i. También dispone de un modelo para organización de documentos de investigación (por ejemplo, tesis, investigaciones formativas, etc.), un modelo para la gestión de proyecto de I+D+i y de un plan anual de eventos de I+D+i. Asimismo, cuenta con un modelo de evaluación de I+D+i (proyectos, investigadores, etc.) y con un modelo de formación en I+D+i.

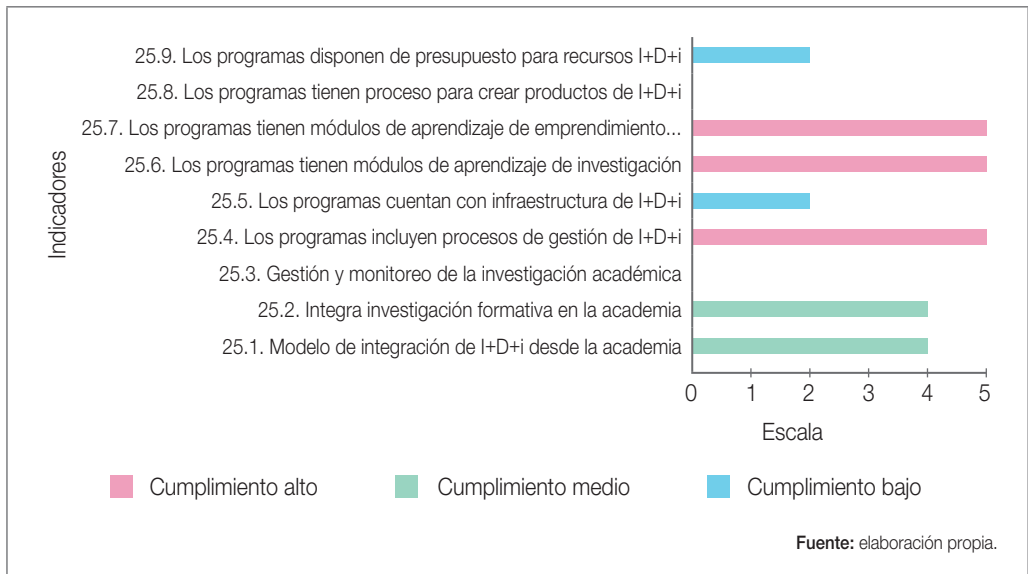
Figura 24. Pilar «I+D+i». Evaluación de la variable «gestión de I+D+i»



Por otro lado, la institución no dispone de un modelo de protección de la propiedad intelectual de las obras y productos generados desde la academia. Tampoco cuenta con un plan de divulgación y difusión científica. Asimismo, la institución no posee un modelo de gestión para la transferencia de conocimiento, ni de un modelo para la gestión y registro de patentes. Del mismo modo, no dispone de revistas institucionales indexadas a nivel mundial (Scopus, Web of Knowledge, etc.). Aun así, cuenta con una revista regional indexada en Latindex. Otro aspecto en el que la institución debe ahondar esfuerzos es en la elaboración de un modelo para la creación de *spin-off* que permita incubar emprendimientos fruto de la I+D+i.

Finalmente, la figura 25 ilustra los valores alcanzados por la institución en términos de la variable «investigación desde la academia», cuyo valor fue de 3. La PUCESE cuenta, a nivel de programas de grado, con procesos estándares para la gestión de investigación. Además, dispone de un módulo para el aprendizaje de investigación, de emprendimiento e innovación.

Figura 25. Pilar «I+D+i». Evaluación de la variable «investigación desde la academia»



Los resultados previamente descritos son fruto de una evaluación de 352 indicadores. Ninguno de los estudios analizados planteó un modelo de evaluación tan completo. Únicamente Mateus Müller y Webber (2020) y Min-Allah y Alrashed (2020) plantearon instrumentos de evaluación con cierto nivel de detalle. En el caso de Mateus Müller y Webber (2020), se planteó un instrumento con 88 indicadores organizados por pilares, similar a nuestro estudio; mientras que en el caso de Min-Allah y Alrashed (2020) se integraron 55 iniciativas que contribuían a mejorar la infraestructura y los servicios de una universidad inteligente. No obstante, dichas iniciativas están integradas como un solo ente, a diferencia del instrumento propuesto que los organiza mediante variables y criterios.

De manera similar, nuestro trabajo contempla muchos más indicadores que otros estudios que plantearon un instrumento de evaluación con un nivel bajo/medio de profundidad. Este es el caso de los trabajos de Monieim (2020) y Pagliaro *et al.* (2016), en los que se formularon instrumentos de evaluación con 34 y 52 indicadores, respectivamente. Con los estudios E1, E2, E3, E11, E13 y E16 (véase cuadro 1) no es coherente hacer una compara-

ción porque los instrumentos elaborados fueron muy básicos y no dan una visión completa de las implicaciones de una universidad inteligente. También es importante comentar que no se logró identificar un marco de trabajo que se fundamentara en el aseguramiento de la educación superior como se plantea en nuestro estudio. Esto es significativo porque hace que nuestro trabajo sea innovador, sobre todo porque sin criterios de calidad no puede existir universidad inteligente.

Por otro lado, nuestra investigación, a diferencia de las publicadas en la literatura, ha logrado concretar los conceptos abstractos propuestos por los marcos de trabajo existentes para describir una universidad inteligente. Se evidenció que ninguno de los estudios que plantearon instrumentos de evaluación lo aplicó en un contexto real de manera que contemplara los pilares de una universidad inteligente de forma holística. Por tanto, los resultados obtenidos pueden contribuir significativamente a que la PUCESE plantee sus propias estrategias de mejora continua. Asimismo, los resultados obtenidos pueden ayudar a otras instituciones para que sus autoridades tengan orientaciones a la hora de iniciar la transición hacia una universidad inteligente y de calidad.

5. Discusión

En vista de que el marco de trabajo propuesto considera un total de 352 indicadores distribuidos entre los pilares «educación» (112), «ambiente» (46), «sociedad» (17), «gobernanza» (43), «infraestructura y movilidad» (53), «salud» (20) e «I+D+i» (61), es importante que el personal táctico y estratégico de la PUCESE establezca prioridades con anterioridad a planificar el proceso de transición de la institución hacia una universidad inteligente. Se sugiere que esta priorización se base en el contexto donde se encuentra localizada la institución, en función del costo de la inversión financiera y del tiempo que se requiera y disponga, y, de manera particular, considerando la temporalidad de la planificación, esto es, planteando el logro de indicadores a corto, medio y largo plazo.

A continuación, en el cuadro 5, se plantea una propuesta de priorización para el alcance de los indicadores. Se plantea una priorización general (para cualquier institución) y una específica (para el caso de la PUCESE). No obstante, otra universidad puede plantear sus prioridades de acuerdo con su situación actual, de manera coherente con los indicadores alcanzados y con los resultados que obtenga en el proceso de evaluación, empleando el instrumento elaborado en este estudio. Es importante señalar que la priorización recomendada para la PUCESE ha sido determinada en coherencia con el puntaje de 2,86/6 obtenido en su proceso de evaluación. También se ha considerado la situación del contexto actual donde se encuentra localizada.

Cuadro 5. Priorización recomendada para el cumplimiento de los pilares del marco de trabajo

Pilar	Variables	Prioridad general	Prioridad PUCESE
Educación	Plataforma <i>e-learning</i> (25).	Alta	Alta
	Laboratorio virtual para <i>e-learning</i> (11).	Alta	Media
	Plataforma <i>b-learning</i> (19).	Alta	Alta
	Plataforma <i>m-learning</i> (13).	Media	Baja
	Plataforma <i>u-learning</i> (6).	Media	Baja
	Gestión académica (18).	Alta	Alta
	Metodologías de enseñanza-aprendizaje (3).	Alta	Alta
	Proyecto educativo (8).	Alta	Alta
	Internacionalización del currículo (9).	Media	Baja
Ambiente	Gestión de residuos (12).	Media	Baja
	Consumo y calidad del agua (9).	Media	Baja
	Calidad del aire (7).	Media	Baja
	Optimización de recursos energéticos (8).	Media	Alta
	Gestión de microclimas de interiores y exteriores (10).	Media	Media
Sociedad	Vinculación (17).	Media	Media
Gobernanza	Transparencia (20).	Baja	Media
	Participación en la toma de decisiones (9).	Alta	Alta
	Acreditaciones y certificaciones internacionales (14).	Media	Baja
Infraestructura y movilidad	Accesibilidad (9).	Media	Media
	Infraestructura exterior (12).	Alta	Media
	Edificios y sistemas inmóticos (15).	Media	Baja
	Infraestructura de tecnologías de la información (17).	Alta	Alta
Salud	Gestión de servicios sanitarios (20).	Media	Baja
I+D+i	Recursos de I+D+i (8).	Media	Baja
	Fuentes de financiación (8).	Alta	Media
	Investigadores (7).	Media	Media
	Recursos bibliométricos (6).	Alta	Media
	Gestión de I+D+i (23).	Media	Media
	Investigación formativa (9).	Media	Media

Fuente: elaboración propia.

En el caso de la PUCESE se recomienda dar prioridad a la educación virtual y lo que ello desencadena, por ejemplo, laboratorios virtuales y nuevas metodologías de enseñanza que se ajusten al nuevo modelo de educación pospandemia. Asimismo, se recomienda priorizar nuevos proyectos educativos enmarcados en la virtualidad y la hibridez, sin descuidar el aspecto académico, esto es, emplear sistemas automáticos y definir pautas claras para asegurar una enseñanza de calidad indistintamente de la modalidad de enseñanza. Este es un pilar muy importante porque la alta competencia que tiene la PUCESE a nivel nacional e internacional debe invitar a las autoridades para que replanteen su modelo de gestión y su modelo educativo y para que se invierta, con el objetivo de que esta institución sea competitiva con universidades privadas que tengan una alta trayectoria a nivel nacional (por ejemplo, Universidad de las Américas, Universidad Técnica Particular de Loja, etc.) y sobre todo con universidad extranjeras, muy específicamente con aquellas especializadas en educación virtual, como es la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) y la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de España. Por tanto, se recomienda que estas variables sean planificadas a corto plazo.

La globalización y las nuevas tecnologías de la información han dado lugar a que la educación dé un giro de 180 grados y a que, poco a poco, la educación basada en modelos híbridos y virtuales se vaya posicionando. En este contexto, las universidades inteligentes son un aporte significativo en el posicionamiento de los nuevos modelos de educación basados en internet

Por otra parte, se recomienda que a los pilares «ambiente», «sociedad», «gobernanza», «infraestructura y movilidad» e «I+D+i» se les dé una prioridad media en general. Se puede funcionar con los estándares de calidad ya implementados. No obstante, sí se identifican variables de estos pilares a los que se les debe prestar atención, esto es, la optimización de recursos energéticos y la participación en la toma de decisiones. En el primer caso, alcanzar la eficiencia energética permite un ahorro financiero importante y, en el segundo caso, se recomienda crear ecosistemas de toma de decisiones basadas en datos, aspecto importante para tomar decisiones acertadas y evitar ejecutar acciones que desencadenen en la disminución del número de matrículas, en la contratación de servicios y productos innecesarios, en la inversión en proyectos educativos que no tienen demanda, entre otros. En todo caso, se deben plantear planes de mejora que contemplen la implementación de los indicadores de estas variables a medio plazo.

Finalmente, un pilar al que se recomienda dar prioridad baja es el de «salud». Con los servicios actualmente disponibles se puede dar atención básica al estudiantado y al personal docente y administrativo. En este mismo nivel de prioridad están los siguientes: la obtención de certificaciones internacionales, la transición hacia edificios inmóticos inteligentes y la adquisición de nuevos recursos de investigación. Todas estas variables son importantes, pero pueden planificarse para ser alcanzadas a largo plazo.

La propuesta del cuadro 5 puede ser flexible. El proceso de priorización dependerá de cada institución y en él juegan un papel determinante algunos aspectos generales para cualquier institución; no obstante, pueden ser aplicados en el caso de la PUCESE. Los aspectos de los cuales puede depender el nivel de priorización pueden ser los siguientes:

- Modalidad de la oferta académica que la universidad actualmente oferta o pretende ofertar en el futuro (presencial, en línea, híbrida o virtual).
- Recursos financieros con los que cuenta la institución para invertir en el cumplimiento de los indicadores de cada pilar.
- Naturaleza de la universidad (pública, privada o mixta), debido a que su modelo de gestión depende de ciertos entes o políticas públicas.
- Objetivos estratégicos de la universidad, debido a que en sus planificaciones estratégicas se plantean metas que se quieren alcanzar.
- Contexto donde se localiza la universidad, porque de ello dependen las necesidades prioritarias y los requerimientos de la sociedad y de las industrias locales.

En todo caso, independientemente de la situación de la universidad, previo a la creación de planes de mejora a corto, medio y largo plazo, es importante analizar las oportunidades que cada indicador da a la universidad para que la inversión sea coherente con la proyección de la institución y con su visión para posicionarse de cara al futuro como una universidad inteligente.

En el caso de la PUCESE, al ser una sede de la PUCE, se recomienda tomar como base los datos de la Planificación Estratégica de la PUCE (MAGIS 2021-2025) como insumo para dirigir el proceso de transición y, además, se sugiere que el proceso se promueva a nivel PUCE, es decir, que se contemplen todas sus sedes (Amazonas, Ambato, Esmeralda, Ibarra, Manabí, Quito y Santo Domingo).

Para finalizar, es importante resaltar que la revisión de la literatura evidenció la no existencia de un trabajo con el alcance de nuestro estudio. Gracias al marco de trabajo y al instrumento elaborado, ha sido posible pasar de la abstracción de los conceptos de lo que encierra una universidad inteligente a acercar dichos conceptos a un contexto real de universidad inteligente. Aunque es cierto que en la literatura hay estudios que utilizan instrumentos con un nivel de detalle medio o bajo, hasta ahora no se ha llevado a cabo ninguna investigación enfocada en la garantía de la calidad, que es un aspecto crucial para lograr una educación de calidad tanto en entornos tradicionales como en entornos inteligentes. Por tanto, este trabajo puede ser una primera propuesta para concebir el concepto de universidades inteligentes en el contexto de Ecuador y de Latinoamérica desde la perspectiva del aseguramiento de la calidad de la educación superior.

6. Conclusiones

La revisión de la literatura demostró que en Ecuador existen pocas iniciativas que incursionan en la línea de las universidades inteligentes desde un contexto teórico, real y aplicado. En función de ello, y para hacer frente a la globalización, es importante que las universidades ecuatorianas, públicas y privadas, inicien a corto plazo un proceso de transición hacia una universidad que logre ser competitiva con las universidades inteligentes del mundo.

En este sentido, se proponen dos líneas de acción: la primera, encaminada a la creación de un ente interno en la universidad que monitoree progresivamente sus avances en término de su posicionamiento como universidad inteligente (similar al Departamento de Aseguramiento de la Calidad Institucional), y la segunda, enmarcada en la creación de un ente de regulación nacional que evalúe el alcance de las universidades del Ecuador en términos de espacios inteligentes, como es el caso del Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES), en el caso de Ecuador, o la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), en el caso de España.

Se ha demostrado que solo con evaluación constante las instituciones mejoran progresivamente, y una evaluación de las universidades en términos del marco de trabajo propuesto puede ser una oportunidad para conocer el estado de las universidades ecuatorianas en el contexto de universidades inteligentes.

Los resultados de la evaluación de la PUCESE como universidad «inteligente» mostraron que la institución cumple en un nivel poco satisfactorio (2,86 sobre 6) los indicadores de las variables de los siete pilares que contempla el marco de trabajo desarrollado.

Alcanzar con el cumplimiento de todos los indicadores planteados en el marco de trabajo propuesto no es una tarea sencilla y, además, requiere de una alta inversión financiera y del trabajo en equipo en todas las instancias de la institución. No obstante, es importante que las autoridades de la PUCESE tomen como base los resultados de la evaluación obtenidos y planteen, en función de ellos, planes de mejora a corto, medio y largo plazo, de modo que se vayan mejorando los indicadores de manera progresiva durante los próximos años para potenciar su infraestructura, servicios, procesos, talento humano y sistemas automáticos.

Se sugiere que dichos planes deban priorizar qué indicadores y variables se tendrán que fortalecer a corto, medio y largo plazo, y considerando lo que le sugiere su entorno físico, misión y visión, la sociedad y el tejido industrial, entre otros; por ejemplo, si el campus se encuentra en una zona rural, es posible que no sean prioritarios a corto plazo sistemas de monitoreo de la calidad del aire, lo que, para una universidad situada en una urbe, sí lo sería. Para ello se sugiere seguir la priorización propuesta en este estudio.

Asimismo, es importante que la institución se plantee abordar las debilidades en los siete pilares, esto es, desde las acciones sustantivas que son la razón de ser de las universidades; educación, investigación y vinculación, y otras de gestión, de tal manera que muchos de los sistemas de control automático, instrumentos, metodologías, manuales, entre otros, se generen desde la investigación. En todo caso, se recomienda que la PUCESE invierta con perspectiva de futuro y visualizando ser a largo plazo una universidad inteligente.

Referencias bibliográficas

- AbuAlnaaj, K. H. (2019). *A Strategic Framework for Smart Campus: American University of Sharjah Case Study* (Tesis). American University of Sharjah. <http://hdl.handle.net/11073/16641>
- Aldowah, H., Rehman, S. U., Ghazal, S. y Umar, I. N. (2017). Internet of things in higher education: a study on future learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 892, 1-11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/892/1/012017>
- Barbato, A., Bolchini, C., Geronazzo, A., Quintarelli, E., Palamarciuc, A., Piti, A., Rottondi, C. y Verticale, G. (2016). Energy optimization and management of demand response interactions in a smart campus. *Energy* 2016, 9(6), 1-20. <https://doi.org/10.3390/en9060398>
- Barroso-Osuna, J. y Palacios-Rodríguez, A. (2022). Ampliando el universo virtual del alumnado universitario. Uso educativo de la realidad aumentada y aportaciones del Proyecto Rafodiun. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23(2022), 137-154. <https://doi.org/10.51302/tce.2022.874>
- Deloitte. (2019). *Smart Campus. The Next-Generation Connected Campus* [white paper]. <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/consulting/solutions/next-generation-smart-campus.html>
- Fortes, S., Santoyo-Ramón, J. A., Palacios, D., Baena, E., Mora-García, R., Medina, M., Mora, P. y Barco, R. (2019). The campus as a smart city: university of Málaga environmental, learning, and research approaches. *Sensors (Switzerland)*, 19(6), 1-23. <https://doi.org/10.3390/s19061349>
- Galeano-Barrera, C. J., Bellón-Monsalve, D., Zabala-Vargas, S. A., Romero-Riaño, E. y Duro-Novoa, V. (2018). Identificación de los pilares que direccionan a una institución universitaria hacia un smart-campus. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(1), 127-145. <https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n1.2018.8511>
- García Peñalvo, F. J. (2005). Estado actual de los sistemas e-learning. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. Ediciones Universidad de

- Salamanca, 6(2), 1-7. https://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_06_2/n6_02_art_garcia_penalvo.htm
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N. y Meijers, E. (2007). *Smart Cities: Ranking of European Mid-Sized Cities*. Centre of Regional Science, Vienna UT. https://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf
- Gutiérrez Suanzes, A. (2015). La inmótica como garantía de una infraestructura eficiente. *Dinamo Técnica: Revista Gallega de Energía*, 16, 22-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5077904>
- Hamza, H. S., Ghanim, Y., Nabih, A. K., Elsheikh, A. S. y Ibrahim, S. S. (2022). SECC Smart University Reference Architecture. *ACM. International Conference Proceeding Series* (pp. 46-50). <https://doi.org/10.1145/3531056.3542771>
- Hipwell, S. (2014). Developing smart campuses- A working model. *Proceedings of 2014 International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid, IGBSG 2014* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGBSG.2014.6835169>
- Kwok, L. for. (2015). A vision for the development of i-campus. *Smart Learning Environments*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-015-0009-8>
- Madakam, S., Ramaswamy, R. y Tripathi, S. (2015). Internet of things (IoT): a literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173. <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Mateus Müller, M. M. y Webber, C. G. (2020). Smart University: conceitos, planejamento e indicadores. *Scientia Cum Industria*, 8(2), 65-77. <https://doi.org/10.18226/23185279.v8iiss2p65>
- Mattoni, B., Pagliaro, F., Corona, G., Ponzio, V., Bisegna, F., Gugliermetti, F. y Quintero-Núñez, M. (2016). A matrix approach to identify and choose efficient strategies to develop the smart campus. *EEEIC 2016-International Conference on Environment and Electrical Engineering* (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2016.7555571>
- Mazwa, K. y Mazri, T. (2021). IBN Tofail University: from classical university to smart university. *Digital Technologies and Applications Lecture Notes in Networks and Systems*, 211, 633-641. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73882-2_57
- Min-Allah, N. y Alrashed, S. (2020). Smart campus-A sketch. *Sustainable Cities and Society*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102231>
- Monieim, R. A. (2020). Towards a smart university in the light of 21st century skills. *An-Najah University Journal for Research-B (Humanities)*, 34(6), 1-25. https://digitalcommons.aaru.edu.jo/anujr_b/vol34/iss6/7
- Muhamad, W., Kurniawan, N. B., Suhardi, S. y Yazid, S. (2017). Smart campus features, technologies, and applications: a systematic literature review. *2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)* (pp. 384-391). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICITSI.2017.8267975>
- Musa, M., Ismail, M. N. y Fudzee, M. F. M. (2021). Smart campus implementation in Universiti Tun Hussein Onn Malaysia: towards a conceptual framework. *Journal of Physics: Conference Series*, 1.860(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1860/1/012008>
- Ng, J. W. P., Azarmi, N., Leida, M., Saffre, F., Afzal, A. y Yoo, P. D. (2010). The intelligent campus (iCampus): end-to-end learning lifecycle of a knowledge ecosystem. *2010 6th International Conference on Intelligent*

- Environments* (pp. 332-337). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IE.2010.68>
- Novoa Hernández, P. (2019). Intelligent mobile application to attend the registry of academic activities in biometric system: a university experience in Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 11(2), 55-60. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Pagliaro, F., Mattoni, B., Gugliermenti, F., Bisegna, F., Azzaro, B., Tomei, F. y Catucci, S. (2016). A roadmap toward the development of Sapienza Smart Campus. *2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (IEEEIC)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEEIC.2016.7555573>
- Recalde, Á. A., Endara, I., Quimis, M. y Romero, C. (2017). Operational framework proposal for ESPOL. *2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)* (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1109/ETCM.2017.8247523>
- Rendón López, A. (2012). Universidad inteligente. ¿Paradigma de control? *Revista Amicus Curiae*, 5(4), 1-28. <http://www.journals.unam.mx/index.php/amicus/article/view/28140/27199>
- Rico-Bautista, D., Medina-Cárdenas, Y. y Guerrero, C. D. (2019). Smart university: a review from the educational and technological view of internet of things. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 918, 427-440. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_42
- Rodríguez Cantalejo, R. D., Prieto Sánchez, A. L., Cubero Atienza, A. J. y Vázquez Serrano, F. J. (2016). Smart Campus, un entorno inteligente para la comunidad universitaria. *II Congreso Ciudades Inteligentes* (pp. 1-8).
- Samadi, M., Javidi, M. H. y Ghazizadeh, M. S. (2013). The effect of time-based demand response program on LDC and reliability of power system. *2013 21st Iranian Conference on Electrical Engineering, ICEE 2013* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IranianCEE.2013.6599801>
- Samaniego, P., Valdiviezo, M., Campoverde, C., Carrión, M., Medina, S., Merino, P., Ochoa, J., Rodríguez, L. y Tucker, J. (2020). Optimización de servicios y recursos energéticos a través de sistemas inteligentes en la Facultad de la Energía de la Universidad Nacional de Loja-Ecuador (Smart Campus). *V Congreso Ciudades Inteligentes* (pp. 1-8). <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-optimizacion-servicios-recursos-energeticos-sistemas-inteligentes-facultad-energia-universidad-nacional-loja-ecuador-smart-campus>
- Tikhomirov, V. y Dneprovskaya, N. (2015). Development of strategy for smart university. *2015 Open Education Global International Conference*. https://conference.oeglobal.org/2015/wp-content/uploads/2015/02/oeglobal2015_submission_231.pdf
- Tsai, I. C. y Yeh, C. H. (Julio 2015). Integrating SERVQUAL and importance-performance analysis for assessing smart campus service quality: a case study of an english training programme in Vietnam. *IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies: Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning, ICALT 2015* (pp. 436-440). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2015.8>
- Uskov, V. L., Bakken, J. P., Gayke, K., Jose, D., Uskova, M. F. y Devaguptapu, S. S. (2019). Smart university: a validation of «Smartness Features-Main Components» matrix by real-world examples and best practices from universities worldwide. *Smart Innova-*

tion, *Systems and Technologies*, 144, 3-17. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-8260-4_1

Uskov, V. L., Bakken, J. P., Howlett, R. J. y Jain, L. C. (2017). *Smart Universities: Concepts, Systems, and Technologies*. Springer. <https://books.google.com.my/books?id=fYEKDWAAQBAJ>

Vega León, A. F., Morillo Aguilar, K., Campo-verde, C. y Rodríguez Montoya, L. (2021). Smart UNL: un concepto de universidad inteligente. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 33(1), 1-13. <https://doi.org/10.37815/rte.v33n1.813>

Velarde Lara, D. E. (2020). *Análisis de los ejes estratégicos de campus inteligentes para la*

Facultad Ingeniería Industrial [Repositorio Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51608>

Villegas-Ch, W., Palacios-Pacheco, X. y Luján-Mora, S. (2019). Application of a smart city model to a traditional university campus with a big data architecture: a sustainable smart campus. *Sustainability*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/su11102857>

Wood, G. y Newborough, M. (2007). Energy-use information transfer for intelligent homes: enabling energy conservation with central and local displays. *Energy and Buildings*, 39(4), 495-503. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.06.009>

ID Sonia Guzmán-Delgado. Titulada en Ingeniería de Sistemas y Computación por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Actualmente, es docente del área de Tecnologías en la Universidad Técnica Luis Vargas Torres (Ecuador). Sus intereses de investigación están centrados en la enseñanza de tecnologías y aplicaciones del IoT en entornos como las universidades inteligentes.

ID Pablo Pico-Valencia. Doctor en Tecnologías de la Información y la Comunicación. Máster en Sistemas Inteligentes y Aplicaciones Numéricas en Ingeniería por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España). Actualmente, es director general académico en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sus intereses de investigación se centran en el desarrollo de aplicaciones basadas en agentes inteligentes para optimizar recursos en ecosistemas del IoT con el objetivo de mejorar la interoperabilidad, la colaboración y la inteligencia dentro de este tipo de sistemas. Investiga métodos y metodologías para convertir espacios tradicionales en inteligentes.

Contribución de autores. S. G.-D. y P. P.-V. han participado a partes iguales en la elaboración de este estudio de investigación; Aplicación de los instrumentos en la institución sujeta a estudio: S. G.-D.