

Diseño de un manual operativo como herramienta de gestión de conocimiento para el desarrollo
y medición del RA4 en el programa de Ingeniería Industrial – UIS

Dayra Valentina Moreno Vargas

Andrea Carolina Rojas Martínez

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniera Industrial

Directora:

Piedad Arenas Díaz

Doctora en Gestión de la Innovación Tecnológica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta.

A mi madre, quien fue mi principal motor para hacer esto posible. Gracias por tu amor incondicional, tu apoyo constante y por impulsarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Este logro también es tuyo.

A mi hijo, por ser mi mayor motivación y la razón que me inspira a superarme cada día. Y a mi pareja, quien ha sido la persona que ha estado a mi lado en todo este proceso, por su apoyo, comprensión y por acompañarme en cada etapa.

A mi familia, por estar siempre presentes y brindarme su respaldo.

A mis amigos, por su compañía y palabras de aliento a lo largo de este proceso.

Y, de manera muy especial, a mi compañera y amiga de tesis, con quien compartí cada reto, desvelo y dificultad. Gracias por la paciencia, el apoyo y por recorrer conmigo este camino... porque juntas lo logramos, incluso en los momentos en que más lo sufrimos.

Andrea Rojas

A Dios, por permitir que llegara a este día, por iluminar mi camino, gracias por estar siempre presente, por guiarme y por hacer posible lo que parece imposible.

A mi familia y a mis amigos, por ser el sostén incondicional en cada paso de este recorrido. A mis padres, por su ejemplo, sus enseñanzas y los sacrificios silenciosos que hicieron posibles mis estudios; a mi hermana, por su compañía y su confianza en mis capacidades; y a mis amigos,

por la complicidad, las risas en los momentos de tensión y la mano extendida cuando más la necesité.

Quiero hacer una mención especial a mi papá, quien con su apoyo constante y su fe en mis sueños me enseñó a no rendirme y a luchar por cada meta. Gracias por entender mis ausencias, por celebrar mis pequeños logros y por creer en mis sueños aun cuando yo dudaba. Este trabajo recoge noches de esfuerzo, dudas superadas y metas alcanzadas, pero sobre todo recoge el amor y la generosidad que ustedes me han dado.

Les dedico este logro con profunda gratitud y con la promesa de que todo lo aprendido será usado para honrar su apoyo y devolver, en la medida de lo posible, lo que tanto me han brindado. A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento y mi cariño eterno.

Valentina Moreno

Agradecimientos

Queremos agradecer a la Universidad Industrial de Santander y a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo de grado, sus consejos, apoyo y aliento fueron fundamentales en este proceso. En primer lugar, queremos agradecer a nuestra directora, Piedad Arenas Díaz, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de todo el proceso; sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para dar forma a este trabajo. Agradecemos al Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, por brindarnos los recursos y el ambiente propicio para llevar a cabo esta investigación. La infraestructura y el apoyo académico fueron indispensables para el desarrollo de este proyecto.

Tabla de Contenido

Introducción	14
Cumplimiento de objetivos	15
1. Generalidades del proyecto	16
1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo general.....	18
1.2.2. Objetivos específicos	18
2. Identificación de la organización	19
2.1.1. Misión	19
2.1.2. Visión	19
2.2. Acreditación institucional	20
2.3. Estructura de procesos	20
2.4. Acerca del programa	21
2.5. Mejora continua	21
2.5.1. Objetivos Educativos del Programa	21
2.6. Resultados de Aprendizaje	22
2.7. Proyecto Educativo del Programa (PEP)	23
3. Marco de referencia	24

3.1.	Marco de antecedentes	24
3.1.1.	Contexto institucional	24
3.1.2.	Contexto del RA4	24
3.1.3.	Relación del RA4 con las competencias del programa.....	25
3.1.4.	Gestión del conocimiento para el desarrollo y la medición del RA4	26
3.2.	Marco teórico	27
3.2.1.	Ética en la formación en ingeniería	27
3.2.2.	Estrategias pedagógicas para el desarrollo del RA4.	28
3.2.3.	Estrategias para el desarrollo y medición del RA4.	30
3.2.4.	Gestión del conocimiento en educación superior.....	32
3.2.5.	Conocimiento táctico.	33
3.2.6.	Conocimiento tácito.	33
3.2.7.	Conocimiento explícito.....	34
3.2.8.	Memoria organizacional.	34
3.2.9.	Transferencia de buenas prácticas.....	34
3.2.10.	Aprendizaje organizacional.....	35
3.2.11.	Manual operativo como herramienta de gestión del conocimiento.	36
3.3.	Marco conceptual.....	36
3.3.1.	Acreditación internacional	36
3.3.2.	Acreditación ABET.....	36

3.3.3.	Resultado de aprendizaje	37
3.3.4.	Indicador	37
3.3.5.	Mejora continua	37
3.3.6.	Proceso estandarizado	38
3.3.7.	Ingeniería Industrial	38
3.3.8.	Responsabilidad ética.....	39
3.3.9.	Juicio informado	39
3.3.10.	Código de ética	43
3.3.11.	Desarrollo sostenible.....	43
3.3.12.	Gestión del conocimiento	43
4.	Metodología	44
4.1.	Enfoque metodológico	44
4.2.	Etapas del desarrollo metodológico	44
4.2.1.	Revisión de literatura	44
4.2.2.	Análisis documental institucional	45
4.2.3.	Diseño del manual operativo	47
4.2.4.	Socialización del manual operativo	48
5.	Diagnóstico	49
6.	Benchmarking	52
6.1.	Metodología para la evaluación del resultado de aprendizaje RA4.....	58

6.1.1.	Fundamentación	58
6.1.2.	Estrategia de implementación	58
6.1.3.	Instrumentos de evaluación.....	58
6.1.4.	Aporte de la metodología.....	59
7.	Desarrollo del manual operativo	59
7.1.	Proceso de elaboración del manual.....	59
7.2.	Estructura del manual	61
7.3.	Reflexión crítica sobre la rúbrica institucional	77
7.4.	Socialización del documento	79
7.5.	Instructivo	82
8.	Conclusiones	84
9.	Recomendaciones	85
	Referencias bibliográficas.....	87

Lista de tablas

Tabla 1	Cumplimiento de objetivos	15
Tabla 2	Operacionalización de los indicadores del RA4	41
Tabla 3	Criterios para la selección de las metodologías activas incorporadas al manual operativo	46
Tabla 4	Relación de instrumentos y criterios evaluados en distintas universidades.....	52
Tabla 5	Sugerencias en la presentación de la primera versión de la propuesta frente a la directora	59
Tabla 6	Alineación pedagógica para el desarrollo del RA4.....	65
Tabla 7	Propuesta de implementación del RA4 en las áreas y asignaturas del programa de Ingeniería Industrial	75

Lista de figuras

Figura 1 Consolidado de medición de resultados de aprendizaje 4	26
Figura 2 El cuadro de evaluación operacionaliza la evaluación para tareas basadas en OELE. .	31
Figura 3 Proceso de mejora continua	38
Figura 4 Construcción de propuesta	48
Figura 5 Contexto institucional - Manual operativo	62
Figura 6 Marco de referencia ABET.....	63
Figura 7 Propuesta operativa - Manual operativo.....	64
Figura 8 Metodología de casos de estudio	67
Figura 9 Metodología juego de roles	68
Figura 10 Metodología de debates estructurados.....	69
Figura 11 Metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).....	70
Figura 12 Aprendizaje basado en proyectos	71
Figura 13 Gamificación	73
Figura 14 Ventajas y limitaciones de cada una de las estrategias de aprendizaje	74
Figura 15 Posibles áreas para medir el RA4.....	76
Figura 16 Sugerencias para medir el RA4 en asignaturas de la ingeniería industrial.....	77
Figura 17 Socialización del manual operativo con la docente Edna Bravo, responsable del desarrollo y medición del RA4.	80
Figura 18 Socialización del manual operativo con el docente Rubén Jacome, responsable del desarrollo y medición del RA4.	81
Figura 19 Guía rápida para docentes - Manual operativo para medir el RA4	82

Lista de apéndices

Apéndice A Matriz de revisión de literatura.

Apéndice B Benchmarking.

Apéndice C Propuesta de Manual operativo como herramienta de gestión de conocimiento para el desarrollo y medición del RA4 en el programa de Ingeniería Industrial – UIS.

Apéndice D Casos de estudio.

Apéndice E Juego de roles.

Apéndice F Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Apéndice G Debates estructurados.

Apéndice H Aprendizaje Basado en Proyectos.

Resumen

Título: Diseño de un manual operativo como herramienta de gestión de conocimiento para el desarrollo y medición del RA4 en el programa de Ingeniería Industrial – UIS.

Autor: Dayra Valentina Moreno Vargas - Andrea Carolina Rojas Martínez

Palabras clave: Acreditación internacional, RA4, mejora continua, instrumento de medición y estandarización.

Descripción:

En el contexto de la Universidad Industrial de Santander, para el programa de Ingeniería Industrial, la Agencia de Acreditación de Ingeniería y Tecnología - ABET, establece que los programas deben demostrar evidencia medible del logro de resultados de aprendizaje, entre ellos del Resultado de Aprendizaje 4 (RA4). Este documento tiene como objetivo diseñar¹ un manual operativo para materializar el desarrollo y la medición del RA4 en el programa de Ingeniería Industrial para la Universidad Industrial de Santander a partir de una revisión de literatura y análisis documental, el cual permitirá la exploración de metodologías que ayuden a dinamizar la enseñanza de la ética, con el fin de estandarizar el proceso de medición. Con este fin, se hizo una revisión de la literatura para identificar las estrategias empleadas para medir este resultado de aprendizaje en un contexto internacional y en la Universidad ²Industrial de Santander (UIS). Con estos datos se estudiaron y se agruparon las metodologías que mejor se adaptan a las características y necesidades de la institución. Finalmente, con las estrategias propuestas se busca crear conciencia de los problemas éticos relacionados con la ingeniería y se reconozca diversas herramientas disponibles para lidiar con dilemas éticos, como los códigos de ética, deben ser capaces de extrapolar este conocimiento y anticipar algunos de los problemas que pueden surgir.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Piedad Arenas Díaz Doctora en Gestión de la Innovación Tecnológica

Abstract

Title: Design of an Operational Manual as a Knowledge Management Tool for the Development and Measurement of RA4 in the Industrial Engineering Program – UIS.

Authors: Dayra Valentina Moreno Vargas - Andrea Carolina Rojas Martínez

Keywords: International accreditation, RA4, continuous improvement, measurement and standardization instrument.

Description:

In the context of the Industrial University of Santander (UIS), for the Industrial Engineering program, the Accreditation Agency for Engineering and Technology (ABET) establishes that programs must demonstrate measurable evidence of the achievement of learning outcomes, including Learning Outcome 4 (LO4). This document aims to design an operational manual to implement the development and measurement of LO4 in the Industrial Engineering program at UIS. This manual is based on a literature review and document analysis, which will allow for the exploration of methodologies that help to enhance the teaching of ethics, with the goal of standardizing the measurement process. To this end, a literature review was conducted to identify the strategies used to measure this learning outcome in an international context and at UIS. Using this data, the methodologies best suited to the characteristics and needs of the institution were studied and grouped. Finally, the proposed strategies aim to raise awareness of ethical issues related to engineering and³ to recognize the various tools available to deal with ethical dilemmas, such as codes of ethics; these⁴ tools should be able to extrapolate this knowledge and anticipate some of the problems that may arise.

¹ Degree Project

² Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Director: Piedad Arenas Diaz PhD in Technological Innovation Management

Introducción

A pesar del creciente interés en medir los resultados de aprendizaje como evidencia de una educación integral en las instituciones de educación superior, evaluar objetivamente estos resultados sigue siendo un desafío (Hernández-Campos *et al.*, 2025). Estos desafíos revelados por la investigación empírica y conceptual son predominantemente de índole individual, relacionados con la dificultad que tienen los instructores para comprender la variedad de marcos teóricos, objetivos de aprendizaje, actividades de enseñanza y métodos de evaluación, a fin de garantizar su coherencia (Keefer *et al.*, 2014).

Una estrategia a implementar coherente implica que los objetivos establecidos para la formación en ética de la ingeniería influyen en las decisiones sobre la evaluación (Martín *et al.*, 2021). La falta de claridad y alineación podría conllevar la pérdida de oportunidades educativas (Li y Fu, 2012). Estas prácticas, como definir problemas, desarrollar y utilizar modelos, planificar y llevar a cabo investigaciones, y analizar e interpretar datos, son las que emplean científicos e ingenieros para investigar y resolver problemas del mundo real (Wang *et al.*, 2023).

Si bien, existe un creciente reconocimiento de que los estudiantes necesitan aprender prácticas auténticas de investigación y resolución de problemas, la enseñanza y la evaluación de estas prácticas siguen siendo un reto para los investigadores y profesionales de la educación científica (Martín *et al.*, 2021). Este trabajo aborda este problema mediante el desarrollo y la medición de una propuesta de estrategias estandarizadas dirigidas a los programas de ingeniería, con el objetivo de mejorar el aseguramiento de la calidad. Además, ofrece un instructivo donde se determinará el tipo y donde se encontrará la información que ayudará a que la evaluación del RA4, promoviendo que los estudiantes tengan una adecuada formación ética y que se cumplan los estándares de calidad que se exigen en la educación superior.

Cumplimiento de objetivos

En la Tabla 1, se describen los objetivos planteados en el presente proyecto y el apartado donde se evidencia su cumplimiento.

Tabla 1

Cumplimiento de objetivos

Objetivo	Resultado	Cumplimiento
Realizar una revisión de literatura relacionada con la medición del RA4, enfocada en las responsabilidades éticas y profesionales en la formación en ingeniería.	La revisión de la literatura permitió identificar los principales enfoques teóricos y metodológicos que se han utilizado para evaluar los resultados de aprendizaje asociados a la formación ética en los programas de ingeniería.	3.2. Marco teórico 4.2.1. Revisión de literatura Apéndice A
Identificar instrumentos, protocolos, flujos mínimos obligatorios y plantillas requeridos para la medición del RA4 pertinentes para el programa de II UIS.	Tras la revisión de los casos de universidades acreditadas por la agencia de acreditación ABET, se encontró formatos de evaluación, guías metodológicas y demás evidencias institucionales, que permiten comprender la estructura y el funcionamiento del proceso de evaluación que desarrolla cada universidad.	3.2. Marco teórico Apéndice B. Benchmarking
Diseñar los instrumentos, protocolos, flujos mínimos obligatorios y plantillas necesarios para el desarrollo de la medición del RA4.	Se elaboró un instructivo que estandariza el proceso de desarrollo y medición del resultado de aprendizaje RA4. Este documento integra los instrumentos, protocolos, flujos mínimos obligatorios y plantillas requeridos para su implementación, con el propósito de garantizar la uniformidad en la aplicación del proceso, facilitar su ejecución y promover la consistencia en la obtención y análisis de los resultados.	6. Desarrollo del manual operativo
Socializar el manual operativo con los profesores del programa responsables de la medición del RA4.	Esta actividad permitió presentar la estructura, el contenido y los lineamientos establecidos en el manual, con el fin de promover su apropiación y facilitar su implementación en el proceso de desarrollo y medición.	7.3. Socialización - 16/07/2026

1. Generalidades del proyecto

1.1. Planteamiento del problema

El programa de ingeniería industrial de la Universidad Industrial de Santander, se encuentra acreditado por la agencia de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET), esta agencia requiere que el programa demuestre con evidencia medible los siete resultados de aprendizaje que tienen establecidos (Hussain *et al.*, 2021; Tahmina, 2023). Este proyecto se enfoca en el Resultado de Aprendizaje RA4, que se encarga de medir la capacidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales (Universidad Industrial de Santander, 2022, p. 109).

Actualmente, este resultado de aprendizaje se evalúa en las asignaturas de Dirección Empresarial II y Formulación y Evaluación de Proyectos a partir del análisis de casos de estudio, y del desarrollo de proyectos que estimulan el pensamiento crítico, la toma de decisiones y el uso de la ética en contextos característicos de la Ingeniería Industrial, y se mide por medio de una rúbrica de evaluación.

No obstante, el desarrollo y la medición del RA4 dependen en gran medida de la experiencia adquirida por los docentes responsables de las asignaturas en las que se evalúa este resultado. Este proceso ha permitido obtener resultados satisfactorios, aunque gran parte del conocimiento relacionado con las estrategias pedagógicas, los instrumentos de evaluación y los criterios de aplicación permanecen asociados a la experiencia individual de cada docente, y además no se encuentran documentados mediante lineamientos operativos estandarizados.

Esta situación representa un desafío para la incorporación del desarrollo y la medición del RA4 en otras asignaturas del programa, ya que los docentes no cuentan con un procedimiento

definido que oriente la selección, adaptación y aplicación de estrategias pedagógicas y de evaluación de acuerdo con las características de cada espacio académico. Asimismo, las herramientas utilizadas no siempre son transferibles a otros contextos curriculares, por lo que resulta necesario disponer de lineamientos que describan las características, ventajas, recomendaciones y condiciones de uso de las diferentes estrategias.

Como consecuencia se dificulta la transferencia del conocimiento entre docentes, limita la incorporación de nuevas asignaturas al proceso de desarrollo y medición, lo que puede generar diferencias en la aplicación de los criterios de evaluación. Por consiguiente, se afecta la homogeneidad del proceso, la trazabilidad de la información y las oportunidades de aprendizaje organizacional requeridas para la mejora continua del programa.

Frente a este escenario, las instituciones de educación superior requieren procesos de medición que sean válidos, confiables, objetivos y susceptibles de mejora continua (Hernández *et al.*, 2025). Para ello, diferentes investigaciones destacan la importancia de incorporar herramientas pedagógicas, metodologías activas y recursos institucionales que fortalezcan la enseñanza y la evaluación de la ética en ingeniería (Alyasin *et al.*, 2023; Børsen *et al.*, 2021; Martin, 2026).

En este contexto, surge la necesidad de disponer de una herramienta de gestión del conocimiento que permita documentar, organizar y transferir el conocimiento asociado al desarrollo y la medición del RA4, integrando estrategias pedagógicas, instrumentos, protocolos y lineamientos que favorezcan la homogeneidad del proceso, la trazabilidad de la información y la mejora continua, conforme a los estándares de acreditación nacional e internacional.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar manual operativo para materializar el desarrollo y la medición del RA4 en el programa de Ingeniería Industrial – UIS a partir de una revisión de literatura y análisis documental.

1.2.2. Objetivos específicos

Realizar una revisión de literatura relacionada con la medición del RA4, enfocada en las responsabilidades éticas y profesionales en la formación en ingeniería.

Identificar instrumentos, protocolos, flujos mínimos obligatorios y plantillas requeridos para la medición del RA4 pertinentes para el programa de II UIS.

Diseñar los instrumentos, protocolos, flujos mínimos obligatorios y plantillas necesarios para el desarrollo de la medición del RA4.

Socializar el manual operativo con los profesores del programa responsables de la medición del RA4.

2. Identificación de la organización

La Universidad está comprometida con la eficacia, eficiencia y el mejoramiento continuo de sus procesos estratégicos, misionales, de evaluación y apoyo que contribuyen al que hacer de las actividades académicas y administrativas de la Institución (Universidad Industrial de Santander, 2026). Desde el año 2009, la UIS cuenta con la certificación en su Sistema de Gestión de Calidad bajo la norma NTC ISO 9001:2015 que ha permitido alcanzar niveles cada vez más altos y competitivos para ofrecer servicios de alta calidad.

2.1.1. Misión

La Universidad Industrial de Santander es una institución pública que forma ciudadanos como profesionales integrales, éticos, con sentido político e innovadores; apropia, utiliza, crea, transfiere y divulga el conocimiento por medio de la investigación, la innovación científica, tecnológica y social, la creación artística y la promoción de la cultura; construye procesos colaborativos y de confianza social para la anticipación de oportunidades, el reconocimiento de retos y la construcción de soluciones a necesidades propias y del entorno.

Este obrar institucional, dinamizado con redes diversas y abiertas de conocimiento y aprendizaje, busca el fortalecimiento de una sociedad democrática, participativa, deliberativa y pluralista, con justicia y equidad social, comprometida con la preservación del medio ambiente y el buen vivir (Universidad Industrial de Santander, 2026).

2.1.2. Visión

Para el año 2030 la Universidad Industrial de Santander será reconocida en el entorno nacional e internacional como una comunidad intelectual, ética y diversa, que educa para interpretar los desafíos del mundo, que es abierta a nuevas formas de pensamiento y que gestiona

el conocimiento para el avance y la transformación de la sociedad y la cultura hacia el mejoramiento de la calidad de vida. La UIS, a fin de fortalecer la naturaleza pública que le es propia, habrá actuado de manera significativa y acorde con los derechos humanos para la conservación de la biodiversidad, el desarrollo sostenible, la convivencia pacífica, la cohesión social y la democracia (Universidad Industrial de Santander, 2026).

2.2. Acreditación institucional

La Universidad Industrial de Santander (UIS) cuenta con la Acreditación Institucional de Alta Calidad otorgada por el Ministerio de Educación Nacional, la renovación de la acreditación institucional se llevó a cabo en el año 2022, aprobada bajo la Resolución 014043 del 19 de julio de 2022 del MEN, vigencia 10 años. A nivel académico, más de 58 programas de pregrado y posgrado poseen acreditación de alta calidad, destacándose a nivel nacional por ser la universidad pública con mayor número de programas certificados internacionalmente por ABET (Universidad Industrial de Santander, 2026).

2.3. Estructura de procesos

La Universidad abarca un enfoque basado en procesos que relaciona los diferentes procesos Estratégicos, Evaluación, Misionales y de Apoyo. Este enfoque, se representa en el Mapa de Procesos de la Universidad y consolida la memoria documental del Sistema de Gestión de Calidad. La estructura documental de cada uno de los procesos se encuentra definida en el Mapa de Procesos y para su consulta es necesario ingresar a la INTRANET de la Universidad, puede ser consultada dentro o fuera de las instalaciones del Campus Universitario (Universidad Industrial de Santander, 2026).

2.4. Acerca del programa

El programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander (UIS), pionero en Colombia, forma profesionales integrales que aplican su creatividad y conocimiento de ingeniería para identificar y resolver problemas con propuestas innovadoras que incrementen la competitividad de las organizaciones.

El proceso formativo del programa les permite a los estudiantes adquirir altas competencias para el análisis, diseño, planeación y control de procesos, bajo un enfoque de optimización, considerando los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales involucrados (Universidad Industrial de Santander, 2026).

2.5. Mejora continua

El programa de Ingeniería Industrial ha implementado un proceso de mejora continua que les permitirá a los futuros profesionales tener una sólida base educativa con capacidad de liderar procesos de innovación, tecnologías emergentes y anticipar las necesidades de bienestar y seguridad de la comunidad. Con esto se busca que: estudiantes, empleadores y la sociedad en general, tengan la confianza de que el programa cumple con estándares de calidad y ofrece graduados preparados para ingresar a una fuerza laboral global (Universidad Industrial de Santander, 2024).

2.5.1. *Objetivos Educativos del Programa*

Los objetivos educativos del programa de Ingeniería Industrial están proyectados para formar graduados destacados, quienes dentro de los tres años posteriores a la graduación:

Empleen sus capacidades como ingenieros industriales para gestionar adecuadamente sistemas integrados de personas, materiales, información, equipos y energía con el fin de

emprender, solucionar problemas y aprovechar oportunidades en un contexto global (Universidad Industrial de Santander, 2026).

Generen, capturen y transfieran valor en las organizaciones a través de la innovación, el conocimiento, el liderazgo, el trabajo colaborativo y multidisciplinario, la comunicación efectiva, y las habilidades humanas, enmarcada dentro de un comportamiento ético y ambientalmente responsable para impactar positivamente la sociedad.

Se adapten a los cambios tecnológicos, sociales, culturales y organizacionales de manera sostenible mediante el aprendizaje continuo y la mejora de sus conocimientos a través de prácticas profesionales, esquemas de capacitación y educación de posgrado para ser competitivos en un entorno de cambio acelerado (Universidad Industrial de Santander, 2026).

2.6. Resultados de Aprendizaje

El programa de Ingeniería Industrial le apunta a desarrollar los siguientes resultados de aprendizaje en sus estudiantes:

- La capacidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería complejos mediante la aplicación de principios de ingeniería, ciencia y matemática.
- La capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.
- La capacidad de comunicarse efectivamente con una variedad de audiencias.
- La capacidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y emitir juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.

- La capacidad de funcionar eficazmente en un equipo cuyos miembros juntos proporcionan liderazgo, crean un entorno colaborativo e inclusivo, establecen objetivos, planifican tareas y cumplen objetivos.
- La capacidad de desarrollar y llevar a cabo una experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones.
- La capacidad de adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando las estrategias de aprendizaje apropiadas.

2.7. Proyecto Educativo del Programa (PEP)

El Proyecto Educativo de Programa (PEP), es un documento que expresa las políticas y los lineamientos educativos y pedagógicos del Programa, así como los objetivos, estrategias y hechos concretos que se desprenden de ellos. También, hace posible evidenciar la manera como el programa curricular responde a los requerimientos de la sociedad, atendiendo a su vez al cumplimiento de las labores misionales de la Universidad (Universidad de Antioquia, 2018). Esto hace que exista una orientación formativa y disciplinar, así como la necesidad de profesionales capaces de ejercer un desempeño pertinente en el contexto laboral (Universidad Industrial de Santander, 2017).

De tal forma que el RA4 se relaciona con el PEP al formar profesionales capaces de actuar con responsabilidad ética en la toma de decisiones, también se considera las implicaciones sociales, ambientales y económicas propias del ejercicio de la ingeniería. La medida del RA4 hace posible comprobar el cumplimiento del perfil de egreso definido en el PEP y, a la vez, refuerza los procesos de mejoramiento continuo del programa, ya que está enmarcado dentro del proceso de renovación de alta calidad y comprometidos con el fortalecimiento y mejoramiento continuo de los programas (Universidad Industrial de Santander, 2017).

3. Marco de referencia

3.1. Marco de antecedentes

3.1.1. Contexto institucional

Para el año 2023, la Universidad Industrial de Santander consolidó su reconocimiento en el ámbito académico al obtener la acreditación internacional otorgada por el Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) para el programa de Ingeniería Industrial. Este logro es resultado del esfuerzo articulado de líderes del proceso ABET, docentes, directivos y personal administrativo, quienes, desde el año 2018, han trabajado de manera continua en el fortalecimiento de la calidad académica y el cumplimiento de estándares internacionales (Universidad Industrial de Santander, 2024).

Tener los programas de ingeniería acreditados internacionalmente garantiza un proceso formativo hacia el desarrollo integral del futuro ingeniero. No obstante, la obtención de esta acreditación implica una serie de compromisos institucionales orientados a la mejora continua. Prevalciendo la necesidad de fortalecer los procesos de evaluación de los resultados de aprendizaje, y con el apoyo de los docentes quienes desempeñan un papel fundamental, dado que son los encargados de implementar estrategias y aplicar instrumentos que permitan evidenciar el desarrollo de dichas competencias en los estudiantes.

3.1.2. Contexto del RA4

La acreditación ABET se fundamenta en la evaluación de siete Student Outcomes o resultados de aprendizaje, los cuales garantizan que los estudiantes desarrollen y demuestren competencias esenciales al finalizar su formación profesional (Alsina, 2024). El Resultado de Aprendizaje 4 (RA4), se constituye en la capacidad de reconocer la responsabilidad ética y

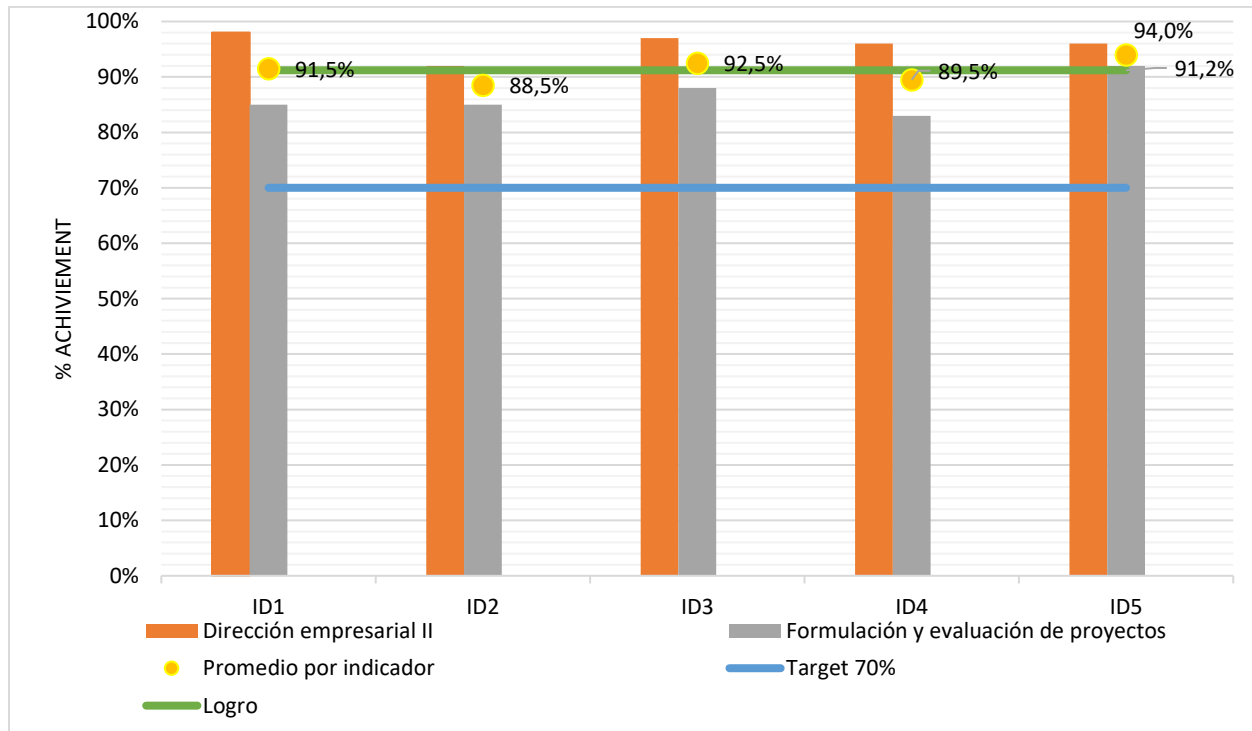
profesional y emitir juicios informados, considerando el impacto de las decisiones de ingeniería en contextos sociales, económicos, ambientales y globales, especialmente cuando se comprometen la seguridad, la salud y el bienestar público (Bielefeldt *et al.*, 2018).

3.1.3. Relación del RA4 con las competencias del programa

El desarrollo del RA4 está directamente relacionado con las habilidades que los estudiantes de Ingeniería Industrial necesitan para ser profesionales. Esto incluye tomar decisiones de manera responsable y actuar de acuerdo con las normas éticas de la profesión. El RA4 ayuda a que los estudiantes tengan una formación completa, ya que les enseña a analizar problemas de manera crítica y a pensar en cómo sus decisiones pueden afectar a la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Las asignaturas que se han encargado de evaluar este resultado de aprendizaje son Dirección Empresarial II y Formulación y Evaluación de Proyectos, para la integración del RA4 en estas asignaturas, es necesario tener criterios claros, indicadores de desempeño y estrategias de evaluación definidas, permitiendo ver de manera clara si se ha cumplido con el objetivo del RA4.

Los resultados han demostrado un nivel de logro del 91,2 % para el RA4, superando el umbral institucional establecido. Para su medición, se definieron cinco (5) indicadores de desempeño (ID), los cuales permiten valorar de manera integral las competencias éticas y profesionales en los estudiantes. Estos indicadores presentan resultados superiores al umbral esperado, con valores de 91,5% en el ID1, 88,5% en el ID2, 92,5% en el ID3, 89,5% en el ID4, y 94% en el ID5, siendo este último el de mayor desempeño (Figura 1).

Figura 1*Consolidado de medición de resultados de aprendizaje 4*

Nota: Sexto Ciclo de Medición 2025-I ABET. Universidad Industrial de Santander.

Sin embargo, este resultado no permite determinar con claridad, si el proceso de desarrollo y medición del resultado de aprendizaje se implementa de manera homogénea entre las diferentes asignaturas, o si las evidencias recopiladas se pueden comparar y ser útiles para orientar procesos de mejora continua.

3.1.4. Gestión del conocimiento para el desarrollo y la medición del RA4

Si bien el programa de ingeniería industrial cuenta con instrumentos y experiencias para el desarrollo y la medición del RA4, gran parte del conocimiento asociado a las estrategias pedagógicas, criterios de evaluación, protocolos y buenas prácticas permanece distribuido entre

los docentes responsables de las asignaturas donde actualmente se evalúa este resultado de aprendizaje.

La ausencia de un mecanismo institucional que permita documentar, organizar, actualizar y transferir este conocimiento dificulta la incorporación de nuevos docentes y la implementación del RA4 en otras asignaturas del programa. Por lo que, el proceso depende en gran medida de la experiencia individual, lo que genera diferencias en la aplicación de los criterios de evaluación y limita la continuidad de las buenas prácticas y la mejora continua.

Desde esta perspectiva, resulta necesario contar con herramientas que permitan registrar y conservar el conocimiento generado durante el proceso de desarrollo y medición del RA4, favoreciendo su transferencia, actualización y utilización por parte de todo el cuerpo docente.

3.2. Marco teórico

3.2.1. *Ética en la formación en ingeniería*

Actualmente, la adopción de un enfoque educativo responsable en ingeniería es una tendencia en auge, dado el impacto que los ingenieros generan en la sociedad y el medio ambiente, y la ética se ha convertido en un valor clave para el aprendizaje, según numerosos organismos de acreditación, pero su implementación puede adoptar diversas formas (Díaz *et al.*, 2024). Si bien, el pensamiento crítico contribuye al éxito profesional, también es necesario para determinar el éxito de los cursos universitarios, el análisis, la interpretación, la precisión y la exactitud, la resolución de problemas y el razonamiento (Hsu, 2021).

Para fomentar el desarrollo de habilidades cognitivas específicas que contribuyen a la imaginación moral, la capacidad de percibir, responder y reflexionar sobre valores fundamentales en situaciones problemáticas abiertas (Kirkman, 2017). Existe una serie de estrategias que permiten medir el RA4 que se describen a continuación.

3.2.2. *Estrategias pedagógicas para el desarrollo del RA4.*

Debates éticos. Muraleedharan *et al.* (2024) menciona que los debates como estrategia de aprendizaje activo, animan a los estudiantes a pensar de forma crítica sobre cuestiones éticas complejas, utilizando bibliografía basada en la evidencia para comparar puntos de vista y fundamentar las decisiones que afectan a los resultados de los pacientes.

Actividades de obtención de modelos (MEA). Las MEA son una metodología educativa probada para presentar problemas complejos, realistas y abiertos a los estudiantes. Estos escenarios realistas planteados requieren que el equipo de estudiantes proporcione un modelo generalizable como solución. Si bien la investigación ha demostrado que mejoran las habilidades de resolución de problemas y modelado de los estudiantes, así como que aumentan su comprensión de los conceptos del curso, hemos identificado beneficios adicionales de las MEA bien construidas en el aula de ingeniería (Bursic *et al.*, 2011).

Modelo Delphi. En el estudio realizado por Li & Fu (2012) trabajan sobre el Modelo Delphi que se propone como una estrategia de discusión y construcción colectiva de conocimiento mediante la consulta estructurada a un grupo de participantes o expertos y, en el contexto del curso, permite analizar diferentes perspectivas frente a problemáticas éticas, promover el consenso en la toma de decisiones y fortalecer la capacidad de argumentación de los estudiantes.

Por otro lado, Alsina (2024) realiza un estudio mencionando como el sistema requiere una estructura y una organización institucional que atribuyan responsabilidades a todos los actores involucrados en la impartición de los programas académicos. Encontrando que las buenas prácticas y en cómo una institución de educación superior sistematiza el proceso de evaluación del aprendizaje, puede demostrar cómo el aprendizaje se conecta con los objetivos del programa y el currículo mediante un proceso racional, lógico, conceptual, consensuado e interpretable.

Aprendizaje-servicio basado en proyectos. Capacidad de aplicar el conocimiento en la formulación de soluciones creativas lo que personifica a un ingeniero, además es un mecanismo que permitirá a los estudiantes de ingeniería encontrar y lograr un equilibrio entre las habilidades técnicas y profesionales. El aprendizaje-servicio basado en proyectos combina el aprendizaje basado en problemas con el aprendizaje-servicio y tiene el potencial de promover el liderazgo, la comunicación, la formación de equipos y las habilidades de pensamiento crítico, al tiempo que inculca un sentido de responsabilidad social, ya que cuando se realiza correctamente crea un entorno educativo centrado en problemas que da lugar a procesos cognitivos (Swan & McCormick, 2009; Hunt 1971).

Resultados de aprendizaje basado en las experiencias. Routhe *et al.* (2023) contribuye con la investigación en educación en ingeniería con un marco para los resultados de aprendizaje interdisciplinario basado en las experiencias de los estudiantes de la participación en un proyecto interdisciplinario para estudiantes de ingeniería. Teniendo como resultado la importancia de resaltar la coordinación en un contexto interdisciplinario.

Estrategias basadas en experiencias de inmersión. Se puede definir como la integración de entornos digitales y físicos utilizando diferente tecnología de manera simultánea o no donde se crea en una sensación de presencia al involucrar múltiples sentidos. Estas experiencias permiten a los usuarios interactuar de manera natural e intuitiva con el contenido proporcionando todo tipo de simulaciones, creando una brecha entre el mundo creado digitalmente y el mundo físico.

Esta integración se logra mediante el uso de diversos estímulos, como visuales, auditivos e incluso táctiles, diseñados específicamente para cautivar y fomentar conexiones emocionales más profundas entre los usuarios y el contenido (López Iglesias, 2025).

Dentro de las estrategias que sugiere están: videojuegos y simulaciones, realidad virtual, realidad aumentada y realidad mista. Se puede observar otro ejemplo en el artículo (Valdes, 2025).

3.2.3. Estrategias para el desarrollo y medición del RA4.

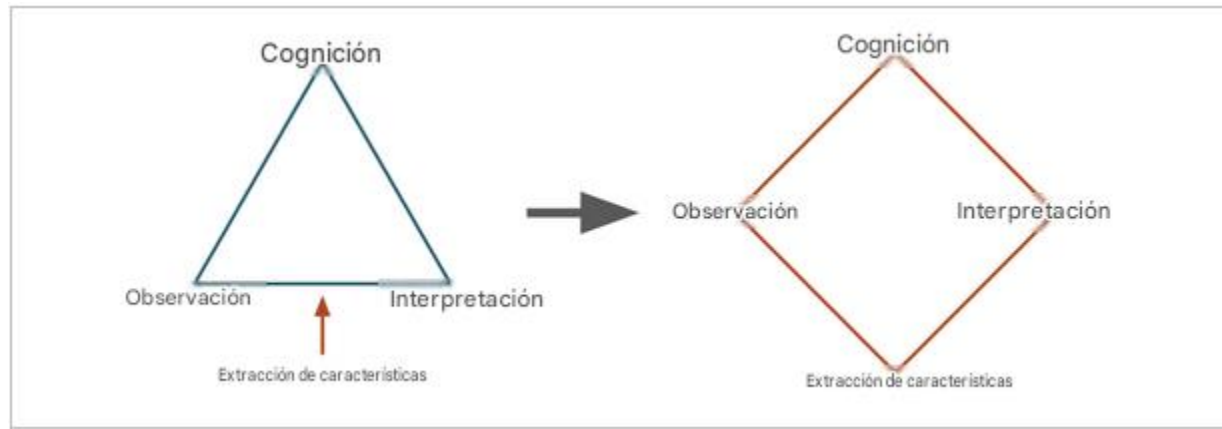
Entornos de aprendizaje abiertos basados en tecnología (OELE, por sus siglas en inglés).

Los OELE pueden definirse como sistemas integrados que permiten la manipulación de objetos (virtuales o físicos) e involucran a los estudiantes en actividades centradas en el aprendizaje mediante la exploración guiada y libre, o la resolución auténtica de problemas. Ejemplos de OELE incluyen juegos educativos, simulaciones y tareas interactivas de resolución de problemas. A diferencia de los ítems de opción múltiple que solo capturan el resultado de la resolución de problemas, las tareas integradas en los OELE pueden realizar un seguimiento de los procesos de trabajo de los estudiantes registrando sus acciones en el entorno digital. Los datos de proceso registrados permiten modelar e inferir los comportamientos, las estrategias y las prácticas de los estudiantes (Wang *et al.*, 2023).

Adoptaron un triángulo de evaluación como marco conceptual para analizar los estudios incluidos en la revisión sistemática. Consta de tres elementos interconectados: modelos del estudiante (cognición), métodos de evaluación (observación) e inferencias a partir del desempeño del estudiante en la evaluación (interpretación). En este trabajo, ampliamos el marco con un cuarto elemento (extracción de características) para adaptarlo al análisis de tareas basadas en OELE, lo que da como resultado el cuadrado de evaluación ilustrado en la Figura 2.

Figura 2

El cuadro de evaluación operacionaliza la evaluación para tareas basadas en OELE.



Nota: Tomado de Wang, K. D., Cock, J. M., Käser, T., & Bumbacher, E. (2023). *A systematic review of empirical studies using log data from open-ended learning environments to measure science and engineering practices*. <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/bjet.13289>

Rubricas analíticas. Constituyen instrumentos de evaluación que desglosan el desempeño en criterios específicos, cada uno con descriptores para distintos niveles de logro, lo que favorece una valoración detallada, objetiva y consistente del aprendizaje (Brookhart, 2013).

Diversos estudios han evidenciado que su utilización aumenta la confiabilidad entre evaluadores y fortalece la validez de los procesos de evaluación, especialmente en el desarrollo de competencias complejas (Jönsson & Svingby, 2007). En el contexto de la educación superior, estas herramientas facilitan la medición de resultados de aprendizaje y proporcionan evidencia útil para la mejora continua de los programas académicos (Suskie, 2018).

Asimismo, desde la perspectiva de la evaluación auténtica, las rúbricas permiten valorar desempeños que integran conocimientos, habilidades y actitudes en situaciones propias del ejercicio profesional (Wiggins, 1998; Mueller, 2018).

3.2.4. *Gestión del conocimiento en educación superior.*

La gestión del conocimiento (Knowledge Management) se define como el conjunto de procesos mediante los cuales una organización identifica, crea, captura, organiza, comparte y utiliza el conocimiento para mejorar su desempeño y generar valor (Davenport & Prusak, 1998). Este enfoque reconoce que el conocimiento constituye uno de los principales activos estratégicos de las organizaciones y que su adecuada administración favorece la innovación, el aprendizaje organizacional y la mejora continua.

Desde la perspectiva de Nonaka & Takeuchi (1995), el conocimiento organizacional se genera mediante la interacción continua entre el conocimiento tácito, asociado a la experiencia, habilidades y capacidades de las personas, y el conocimiento explícito, que puede documentarse, sistematizarse y compartirse a través de procedimientos, manuales, protocolos y otros mecanismos institucionales. Los autores proponen el modelo SECI (Socialización, Externalización, Combinación e Internalización), el cual explica cómo las organizaciones transforman el conocimiento individual en conocimiento organizacional.

En el contexto de las instituciones de educación superior, la gestión del conocimiento adquiere importancia debido a que una parte significativa del conocimiento institucional reside en los docentes, quienes desarrollan estrategias pedagógicas, instrumentos de evaluación, metodologías de enseñanza y buenas prácticas derivadas de su experiencia. Sin embargo, cuando este conocimiento permanece únicamente en la experiencia individual de los docentes, se dificulta su transferencia hacia otros miembros de la organización, afectando la continuidad de los procesos académicos y las oportunidades de mejora institucional (Demuner & Nava, 2018).

Por esta razón, es de vital importancia que las universidades implementen mecanismos que permitan registrar, documentar, organizar, conservar y actualizar el conocimiento generado durante

las actividades de docencia, investigación y extensión. Estas acciones favorecen el aprendizaje organizacional, fortalecen la memoria institucional y facilitan la toma de decisiones basada en evidencia (Passaillaigue & Estrada, 2016).

En este sentido, herramientas como los manuales operativos, protocolos, procedimientos estandarizados y repositorios institucionales permiten convertir el conocimiento tácito desarrollado por los docentes en conocimiento explícito, disponible para toda la comunidad académica. Además, contribuyen a disminuir la dependencia del conocimiento individual, facilitar la transferencia de buenas prácticas y fortalecer la mejora continua de los procesos académicos (Nonaka & Takeuchi, 1995; Davenport & Prusak, 1998).

En el caso del desarrollo y la medición del Resultado de Aprendizaje 4 (RA4), la gestión del conocimiento permite documentar las estrategias pedagógicas, los instrumentos de evaluación, los protocolos y las experiencias construidas por los docentes, favoreciendo la estandarización del proceso, la trazabilidad de la información y la continuidad del conocimiento institucional, aspectos fundamentales para responder a los procesos de acreditación y mejora continua.

3.2.5. *Conocimiento tácito.*

Corresponde al conocimiento personal que poseen los individuos y que se construye a partir de la experiencia, las habilidades, las creencias, los valores y la práctica cotidiana. Este tipo de conocimiento es difícil de expresar, formalizar o documentar, ya que se encuentra estrechamente ligado a la experiencia y al contexto en el que actúan las personas (Nonaka & Takeuchi, 1995).

3.2.6. *Conocimiento tácito.*

El conocimiento tácito puede compartirse mediante la interacción entre las personas, especialmente a través de la observación, la práctica, el trabajo colaborativo y el intercambio de experiencias. Este proceso favorece el aprendizaje continuo y permite transformar el conocimiento

individual en conocimiento colectivo, contribuyendo al desarrollo de nuevas capacidades dentro de una organización o comunidad de aprendizaje (Nonaka & Takeuchi, 1995).

3.2.7. Conocimiento explícito.

Este puede expresarse de manera formal, documentarse, almacenarse y compartirse mediante diferentes medios, como manuales, procedimientos, protocolos, bases de datos, reglamentos o guías. A diferencia del conocimiento tácito, este tipo de conocimiento puede codificarse y transmitirse con facilidad, lo que favorece su difusión y utilización dentro de una organización (Nonaka & Takeuchi, 1995).

En las instituciones de educación superior, el conocimiento explícito constituye un elemento fundamental para garantizar la continuidad de los procesos académicos, ya que permite documentar metodologías de enseñanza, criterios de evaluación, protocolos institucionales y demás recursos que pueden ser utilizados por diferentes docentes, reduciendo la dependencia del conocimiento individual y fortaleciendo la memoria organizacional (Passaillague & Estrada, 2016).

3.2.8. Memoria organizacional.

Walsh & Ungson (1991) definen la memoria organizacional como el conjunto de información almacenada proveniente de la historia de una organización que puede recuperarse para apoyar la toma de decisiones presentes. Esta memoria incluye documentos, procedimientos, estructuras organizacionales y el conocimiento acumulado por las personas.

3.2.9. Transferencia de buenas prácticas.

Constituye uno de los procesos esenciales de la gestión del conocimiento, ya que permite que las experiencias, metodologías y lecciones aprendidas desarrolladas por los miembros de una

organización sean compartidas y adaptadas por otros, favoreciendo la mejora continua y la reducción de la duplicidad de esfuerzos (Argote, 2013). En las instituciones de educación superior, este proceso resulta especialmente relevante debido a que los docentes generan continuamente conocimiento a partir de la implementación de estrategias pedagógicas, el diseño de actividades de aprendizaje, la aplicación de instrumentos de evaluación y la retroalimentación de los estudiantes. Cuando estas experiencias no son documentadas ni difundidas, el conocimiento permanece de manera individual, limitando su aprovechamiento por parte de otros profesores y reduciendo las oportunidades de aprendizaje institucional (Fullwood *et al.*, 2013)

3.2.10. Aprendizaje organizacional.

Se refiere a la capacidad de una organización para generar, adquirir, compartir y utilizar el conocimiento con el fin de mejorar continuamente su desempeño y adaptarse a los cambios del entorno. A diferencia del aprendizaje individual, el aprendizaje organizacional implica que el conocimiento generado por las personas trascienda la experiencia personal y se incorpore a los procesos, prácticas y estructuras de la organización, permitiendo que sea utilizado por otros miembros y contribuya a la mejora continua (Argote, 2013).

En este contexto, el aprendizaje organizacional se relaciona estrechamente con los procesos de aseguramiento de la calidad y mejora continua. Los resultados de la evaluación de los resultados de aprendizaje no deben entenderse únicamente como indicadores de desempeño, sino como fuentes de información que permiten retroalimentar el currículo, revisar las estrategias de enseñanza, fortalecer los instrumentos de evaluación y promover decisiones fundamentadas para el mejoramiento del programa académico (UNESCO, 2021).

3.2.11. Manual operativo como herramienta de gestión del conocimiento.

La construcción de un manual para el desarrollo y medición del Resultado de Aprendizaje 4 ayudará a asegurar que la evaluación de la formación ética de los estudiantes sea coherente, objetiva y siga un proceso claro. Este manual proporcionará instrucciones claras y criterios definidos para que los docentes puedan evaluar adecuadamente el razonamiento ético, la toma de decisiones y el análisis de impactos de los estudiantes. Con este documento, los docentes tendrán las herramientas necesarias para evaluar de manera justa y consistente la formación ética de los estudiantes.

3.3. Marco conceptual

3.3.1. Acreditación internacional

La acreditación internacional valida la solidez académica, curricular y formativa de un programa, garantizando que los graduados estén bien preparados para afrontar los complejos desafíos de un entorno profesional globalizado. La integración de las mejores prácticas docentes, la colaboración con la industria y un modelo educativo basado en resultados son fundamentales para alcanzar y mantener la excelencia (Maldonado *et al.*, 2025).

3.3.2. Acreditación ABET

Un proceso de evaluación ABET eficaz ayudará a construir un plan de estudios que cumpla con los estándares necesarios para preparar a los graduados para ingresar a los campos de la manufactura industrial en el mercado laboral global. Los datos y resultados recopilados de esta herramienta de gestión del aprendizaje ayudarán en la toma de decisiones para las revisiones curriculares y la mejora continua (Tahmina y Kelley, 2024).

3.3.3. Resultado de aprendizaje

Los Resultados de Aprendizaje (RA) son los principales objetivos que ABET debe alcanzar y medir. Los RA suelen ser equivalentes a los resultados de aprendizaje del programa y determinan qué conocimientos, habilidades y comportamientos debe demostrar el estudiante al graduarse. Los RA de ABET son declaraciones estandarizadas, sistemáticas y generales que deben alcanzarse. Por lo tanto, requieren un desglose para medirlos con precisión (Zaid Abualkishik, *et al.*, 2022).

3.3.4. Indicador

Los RA son objetivos genéricos y amplios que no se pueden medir directamente, sino que requieren un desglose de Indicadores de Desempeño (ID). ABET (2017) define los ID como “declaraciones específicas y medibles que identifican el desempeño del estudiante requerido para lograr el resultado; confirmables a través de evidencia”. Un RA requiere un desglose de al menos dos o más ID para una medición y evaluación adecuadas.

3.3.5. Mejora continua

ABET (2021) define la mejora continua como “el programa debe utilizar regularmente procesos documentados y apropiados para evaluar el grado en que se alcanzan los resultados de los estudiantes”. Los resultados de estas evaluaciones deben utilizarse sistemáticamente como insumo para la mejora continua del programa. Además, este proceso depende totalmente de los datos recopilados en la evaluación.

Con la intención de establecer un proceso de medición del resultado de aprendizaje RA4 se propone el procedimiento que debe seguir el programa en ingeniería industrial de la Universidad Industrial de Santander en cada ciclo de medición. El proceso integra: planificación, implementación, evaluación, análisis, retroalimentación, de forma que fortalezca la toma de

decisiones y la actualización periódica de las estrategias e instrumentos de evaluación. En la figura 3, se presenta el procedimiento propuesto.

Figura 3

Proceso de mejora continua



3.3.6. Proceso estandarizado

Es necesario desarrollar un proceso estandarizado y coherente para crear y mantener un entorno de calidad en la institución. Estos procesos deben documentarse, compartirse e implementarse a través del sistema de información para su archivo, lo que permitirá la trazabilidad y la rendición de cuentas posteriores (Zaid Abualkishik, *et al.*, 2022).

3.3.7. Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial es el enfoque de ingeniería aplicada a todos los factores, incluido el factor humano, implicados en la producción y distribución de productos o servicios. Por tanto,

se considera una profesión en la que los ingenieros aplican sus conocimientos técnicos y su capacidad de resolución de problemas para optimizar el funcionamiento de empresas, fábricas, líneas de producción y procesos, así como reducir el esfuerzo desperdiciado, la pérdida de productos y los gastos, al tiempo que aumentan la productividad de una organización (Martínez *et al.*, 2024).

3.3.8. Responsabilidad ética

La formación en ética y responsabilidad social en programas de pregrado en ingeniería industrial es un tema que adquiere vez más relevancia, ya que puede formar mejores profesionales, y mejores ciudadanos que desarrollen sus actividades y profesiones respetando con sus decisiones y acciones al resto de la sociedad al no cometer acciones no éticas que la perjudiquen (Martínez *et al.*, 2024).

La Responsabilidad Social Empresarial y la ética de roles es una oportunidad para ayudar a preparar a los ingenieros a reflexionar sobre la ética de su práctica profesional, además, comparte una investigación empírica con ingenieros en ejercicio en las industrias para explorar cómo su formación ética formal, para abordar las dimensiones éticas de su práctica profesional. Concluyendo que la enseñanza y el aprendizaje de la ética de la ingeniería se beneficiarían de la incorporación explícita de debates críticos sobre la ética de roles y la RSE (Smith *et al.*, 2021).

3.3.9. Juicio informado

El juicio informado es la capacidad de analizar una situación considerando la información disponible, evaluar diferentes alternativas y sus posibles consecuencias, para emitir una decisión fundamentada en criterios objetivos, principios éticos y evidencia pertinente. En el contexto educativo, implica que las decisiones no se basen únicamente en opiniones personales, sino en un

proceso de razonamiento crítico y reflexión (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2017).

En el marco del Resultado de Aprendizaje 4 (RA4), el análisis de una solución de ingeniería debe considerar los contextos económico, ambiental, social y global, ya que estos permiten valorar de manera integral las implicaciones de las decisiones profesionales (ABET, 2024). El contexto económico comprende los efectos sobre la eficiencia en el uso de los recursos, la productividad y la sostenibilidad de las organizaciones; el contexto ambiental analiza las consecuencias sobre los recursos naturales y la sostenibilidad; el contexto social evalúa el impacto en las personas, las comunidades y los grupos de interés, considerando aspectos como la seguridad, el bienestar y la equidad; mientras que el contexto global reconoce que las soluciones de ingeniería pueden generar efectos que trascienden el ámbito local, relacionados con la competitividad, los estándares internacionales y los desafíos del desarrollo sostenible (UNESCO, 2021). La integración de estos contextos proporciona los elementos necesarios para sustentar un juicio profesional fundamentado y éticamente responsable.

Tabla 2

Operacionalización de los indicadores del RA4

Indicador de desempeño (RA4)	¿Qué debe demostrar el estudiante?	Elementos mínimos de la respuesta	Evidencias esperadas
1. Reconocer aspectos económicos asociados a la solución de problemas ingenieriles.	Analiza cómo una solución de ingeniería afecta la eficiencia, los costos y la sostenibilidad económica de una organización.	• Identifica los aspectos económicos del problema. • Analiza costos, beneficios o productividad. • Justifica la viabilidad económica de la solución. • Sustenta la decisión con criterios técnicos.	Informe técnico, estudio de caso, análisis comparativo, presentación oral o escrita donde se argumente la viabilidad económica de la solución.
2. Reconocer impactos sociales y ambientales relacionados con el desarrollo de proyectos ingenieriles.	Identifica y analiza las consecuencias sociales y ambientales derivadas de un proyecto de Ingeniería Industrial.	• Identifica los grupos de interés afectados. • Analiza riesgos y beneficios sociales. • Identifica impactos ambientales. • Propone medidas de mitigación o mejora.	Estudio de caso, matriz de impactos, informe técnico, análisis de sostenibilidad, discusión argumentada o proyecto aplicado.
3. Reconocer y aplicar los códigos de ética asociados a su profesión en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles.	Aplica principios éticos y normativos en la toma de decisiones propias del ejercicio profesional del	• Identifica el dilema ético. • Reconoce el código de ética aplicable. • Justifica la decisión con principios éticos y	Resolución de casos éticos, ensayo argumentativo, debate, informe reflexivo o análisis de situaciones profesionales.

	ingeniero industrial.	normativos. • Analiza las consecuencias de la decisión.	
4. Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada.	Evalúa integralmente las consecuencias que una solución de ingeniería genera sobre la organización, la sociedad y el entorno.	• Analiza el impacto económico (costos, productividad y competitividad). • Analiza el impacto ambiental (recursos, emisiones, residuos y sostenibilidad). • Analiza el impacto social (seguridad, bienestar, calidad de vida y grupos de interés). • Analiza el impacto global (normas internacionales, cadenas de suministro, sostenibilidad y contexto internacional). • Relaciona los impactos con la decisión propuesta.	Informe argumentativo, estudio de caso, proyecto aplicado, presentación oral, matriz de análisis de impactos o ensayo técnico.
5. Proponer soluciones y emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada.	Formula una solución técnicamente viable y éticamente fundamentada, sustentando su decisión mediante un juicio profesional.	• Identifica el problema. • Analiza alternativas de solución. • Valora los impactos globales, económicos, ambientales y sociales. • Fundamenta la decisión con	Informe técnico, resolución de caso, proyecto, ensayo argumentativo, debate, presentación o portafolio donde se evidencie el proceso de razonamiento y la justificación de la decisión.

evidencia técnica,
principios éticos y
normatividad.
• Justifica la
alternativa
seleccionada
mediante una
argumentación
lógica y coherente.

3.3.10. Código de ética

El alcance del código de ética entraña un conjunto de deberes y prohibiciones que si no se cumplen los expone a sanciones (Pérez, 2022). Por otro lado, enfatiza en valores, mas no reglas y procedimientos, entendiéndose como una declaración explícita de la ideología de la organización. (Gagelmann, 2022).

3.3.11. Desarrollo sostenible

El Desarrollo Sostenible es una forma de desarrollo que conduce al crecimiento económico, la elevación de la calidad de vida y el bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales en que se sustenta ni deteriorar el ambiente o el derecho de las futuras generaciones a utilizarlo para satisfacción de sus propias necesidades, (Martínez, 2024).

3.3.12. Gestión del conocimiento

La gestión del conocimiento es un proceso sistemático mediante el cual las organizaciones identifican, crean, capturan, organizan, almacenan, comparten y utilizan el conocimiento con el propósito de mejorar su desempeño, fortalecer la innovación y generar ventajas competitivas (Davenport & Prusak, 1998).

4. Metodología

4.1. Enfoque metodológico

Este trabajo tiene un enfoque cualitativo y contempla dos etapas, la primera es una investigación de tipo descriptivo para el estudio de literatura relacionada con la medición del R4A, enfocada en responsabilidades éticas y profesionales en ingeniería y además analizar los elementos clave de la literatura en este caso. Y la segunda, es la construcción del instructivo que permite estandarizar los procesos que tiene implementado el programa para la medición del resultado de aprendizaje y las estrategias que se proponen para enriquecer la metodología establecida para cursos futuros.

4.2. Etapas del desarrollo metodológico

4.2.1. Revisión de literatura

En la primera fase se realizó, una revisión de literatura científica complementada con un análisis documental de lineamientos y normativas institucionales a nivel internacional y nacional, se priorizó la formación ética en ingeniería, los principales métodos de enseñanza empleados, así como las falencias y desafíos identificados en el desarrollo y medición del resultado de aprendizaje asociado a la ética profesional en programas de ingeniería. Esta revisión permitió identificar y estructurar el problema de estudio y establecer referentes conceptuales y metodológicos para el diseño de la propuesta.

La búsqueda de información se llevó a cabo principalmente a través de las bases de datos académicas disponibles en la Universidad Industrial de Santander, utilizando plataformas científicas reconocidas como IEEE Xplore, ScienceDirect, Springer Nature y SciELO, así como la consulta de proyectos de grado relacionados con educación en ingeniería. De manera

complementaria, se empleó Google Académico para acceder a revistas y memorias de eventos especializados, entre ellos la ASEE Annual Conference & Exposition, BazTech, y otras publicaciones relevantes en el ámbito de la educación en ingeniería y la acreditación internacional. Asimismo, se utilizó el Repositorio Institucional de la UIS como fuente de antecedentes y documentos académicos pertinentes.

La estrategia de búsqueda se basó en el uso de palabras clave y combinaciones de términos en español e inglés, tales como ética en ingeniería, engineering ethics, evaluación de la ética, medición de resultados de aprendizaje, acreditación ABET, ABET accreditation, ethical responsibility in engineering y learning outcomes assessment. Estas palabras clave se aplicaron para refinar los resultados y asegurar la pertinencia de las fuentes seleccionadas (Apéndice A).

4.2.2. Análisis documental institucional

La información recopilada se analizó posteriormente, sirviendo como insumo fundamental para la construcción del marco teórico y el benchmarking. A la matriz se le suministró información sobre la universidad que evalúa el RA4, que asignatura, el instrumento que utilizan, y el enfoque del instrumento, si es para saber cómo se va a evaluar o cómo se desarrolla, permitiendo comparar el enfoque de esas universidades con la UIS, permitiendo tener una visión general del estado de evaluación de este resultado de aprendizaje.

En el Apéndice A, se puede observar la información recopilada que fue analizada y sistematizada para construir el marco teórico y el desarrollo del benchmarking. Para ello, se construyó una matriz comparativa en la que se registró información relevante como las universidades que evalúan el resultado de aprendizaje RA4, la asignatura en la que se realiza la evaluación, el instrumento que utilizan y su propósito, ya sea orientar el proceso de evaluación o describir la forma en que se desarrolla. Este análisis permitió comparar los enfoques adoptados

por las diferentes instituciones con el utilizado por la UIS, proporcionando una visión general del estado actual de la evaluación de este resultado de aprendizaje y facilitando la identificación de cualidades, fortalezas y oportunidades de mejora.

Como resultado del análisis de la revisión de literatura y del benchmarking, se identificó que las metodologías activas constituyen uno de los enfoques con mayor respaldo para favorecer el desarrollo del razonamiento ético en estudiantes de ingeniería. Asimismo, se evidenció que estas metodologías permiten fortalecer competencias asociadas al RA4, tales como el reconocimiento de responsabilidades éticas y profesionales, el análisis de los impactos de las decisiones de ingeniería y la emisión de juicios informados.

Con base en estos hallazgos y considerando la pertinencia para el contexto del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander, se seleccionaron las metodologías activas que posteriormente fueron incorporadas al manual operativo.

Tabla 3

Criterios para la selección de las metodologías activas incorporadas al manual operativo

Metodología activa	Hallazgo de la revisión de literatura y benchmarking	Criterio para su incorporación al manual operativo
Casos de estudio	Es una de las estrategias más utilizadas para desarrollar y evaluar el razonamiento ético en programas de ingeniería acreditados por ABET.	Favorece el análisis de dilemas éticos reales, la toma de decisiones fundamentadas y ya hace parte de las estrategias implementadas en el programa de Ingeniería Industrial de la UIS (Li & Fu, 2012; Bielefeldt et al., 2018; Purdue University, 2025).
Debates estructurados	La literatura evidencia que fortalecen la argumentación, el pensamiento crítico y la emisión	Fortalece la discusión crítica y la capacidad de sustentar decisiones éticas en diferentes

	de juicios informados frente a situaciones éticas complejas.	contextos de ingeniería (Muraleedharan et al., 2024; Martin et al., 2021).
Juego de roles	Favorecen el aprendizaje experiencial al permitir que los estudiantes asuman diferentes responsabilidades profesionales y comprendan el impacto de sus decisiones.	Se propone para complementar el desarrollo del RA4 mediante escenarios que simulan situaciones propias del ejercicio profesional (Kirkman, 2017; Alyasin et al., 2023).
Aprendizaje basado en problemas (ABP)	Permite integrar conocimientos técnicos con factores económicos, sociales y ambientales en la resolución de problemas abiertos.	Promueve el análisis integral de problemas de ingeniería y la toma de decisiones considerando múltiples dimensiones del RA4 (Swan & McCormick, 2009; Wang et al., 2023).
Aprendizaje basado en proyectos (ABPj)	Diversos estudios muestran que fortalece la aplicación de principios éticos durante el desarrollo de proyectos y favorece competencias profesionales.	Es utilizado en el programa y permite integrar la ética durante todas las etapas de un proyecto de ingeniería (Routhe et al., 2023; Swan & McCormick, 2009).
Gamificación	Las experiencias inmersivas y los entornos digitales favorecen el aprendizaje activo, la participación y la práctica del razonamiento ético en contextos simulados.	Se incorpora considerando la disponibilidad del laboratorio Galea de la Escuela de Ingeniería Industrial, lo que facilita el diseño de dinámicas para fortalecer el desarrollo del RA4 (López Iglesias, 2025; Wang et al., 2023; Valdes, 2025).

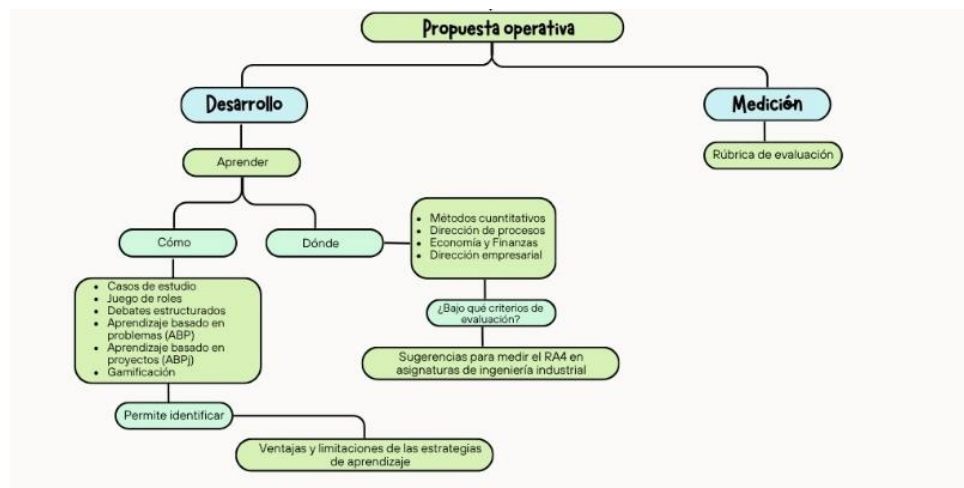
4.2.3. *Diseño del manual operativo*

Teniendo como base el benchmarking, se inicia con la construcción de la propuesta operativa donde se menciona los factores a tener en cuenta para el desarrollo y la medición del RA4 y toda la temática que se desglosa para su ejecución (Fig. 4). Una vez, finalizada la propuesta

se construye el manual operativo, que es considerado una herramienta para orientar la operacionalización de los resultados de aprendizaje en ética dentro del programa de Ingeniería Industrial. Este manual se fundamenta en los documentos institucionales actualmente utilizados por la universidad para la evaluación del RA4, los cuales se encuentran en constante revisión y actualización bajo un enfoque de mejora continua.

Figura 4

Construcción de propuesta



En este contexto, se incorporaron ajustes al instrumento de evaluación a partir de las recomendaciones realizadas por la coordinadora de la medición del RA4, con el propósito de fortalecer su pertinencia y efectividad.

4.2.4. Socialización del manual operativo

Una vez elaborado el manual operativo, este se socializa ante los docentes encargados de evaluar el RA4, con el objetivo de dar a conocer las metodologías, estrategias e instrumentos identificados a partir de la revisión sistematizada de la literatura y del benchmarking con programas acreditados. Esta socialización permite presentar las propuestas que pueden ser

implementadas por la universidad para la medición del RA4, así como recoger observaciones, sugerencias y aportes de los docentes, orientados a evaluar la pertinencia, aplicabilidad y claridad del manual en el contexto institucional. Los comentarios recibidos sirven como insumo para efectuar ajustes y fortalecer la versión final del documento.

5. Diagnóstico

ABET y otras organizaciones de acreditación de ingeniería enfatizan los resultados de aprendizaje en ética y juicio ético, comunicación y trabajo en equipo; de hecho, solo dos de los siete resultados de aprendizaje de ABET enfatizan exclusivamente el conocimiento técnico y cinco de los siete se centran en la compleja interacción de la ingeniería con lo que podríamos considerar conocimiento social y retórico (Lane, 2024). Es decir, estos programas tienen la tarea de cumplir con los requisitos y están obligados a garantizar que los egresados conozcan la definición y los requisitos de conducta ética profesional (Catalano, 2022).

Para ello, ABET menciona que se debe enfatizar en los resultados estudiantiles, la coherencia curricular, la competencia del profesorado, las instalaciones adecuadas y la mejora continua (Danga, R. 2025). Es decir, el conocimiento relacionado con el desarrollo y la medición del RA4 depende en gran medida de la experiencia individual de los docentes responsables de las asignaturas (Abd Wahid & Halili, 2025).

La última actualización del programa de ingeniería industrial con ABET fue en el año 2022 y la próxima revisión integral está programada para el período 2027-2028. En la próxima revisión y cumpliendo con el acuerdo de mejora continua se busca reestructurar el resultado de aprendizaje 4, el cual requiere efectuar ciertos ajustes para garantizar mejores resultados en el aprendizaje.

Hoy en día, el RA4 se concreta en las asignaturas que se basan en el análisis de casos de estudio. En la evaluación que realizaron los docentes, se pudo concluir que la descripción de algunos casos contenía conceptos muy explícitos, lo que restaba la oportunidad de que los discentes realizaran ese trabajo de analizar la situación, identificar el dilema ético y construir argumentos propios. Así pues, se consensuó la necesidad de replantear los casos de estudio mediante situaciones más abiertas y contextualizadas que promovieran la indagación, el análisis crítico de situaciones y la argumentación ética en las clases.

Las estrategias didácticas, los casos utilizados, las evidencias recopiladas y los criterios aplicados no siempre se documentan de manera sistemática ni se encuentran centralizados en un repositorio institucional. Como consecuencia, cuando cambian los docentes o los responsables de la medición, parte de ese conocimiento puede perderse o no ser transferido de forma adecuada, generando diferencias en la implementación del proceso y limitando el aprendizaje organizacional y la mejora continua del programa.

Por otro lado, la revisión del material realizado dejó también constancia de que las lúdicas puestas en marcha en el programa son un espacio a considerar para la medición del RA4, siempre que se integre también algún dilema ético, criterios de evaluación e instrumentos que permitan valorar el razonamiento y la toma de decisiones éticas por parte de los discentes.

En cuanto al cuestionario, se sugirió que las preguntas tengan mayor objetividad y que para llegar a las respuestas se deba analizar con mayor profundidad, por ejemplo, se menciona incluir análisis de costos, hacer comparativos e incluir un análisis global. Todo ello, para que los estudiantes puedan llegar a proponer una solución a partir de la situación analizada.

Como resultado de la ejecución de estas actividades, se ha obtenido que alrededor del 91.2% de los estudiantes alcanzó niveles satisfactorios y ejemplares; una consideración importante

se debe a que la mejora o estabilización de los resultados puede ser, en parte, a la exclusión del curso de Talento Humano del análisis; teniendo en cuenta que el mismo históricamente tenía una evaluación más exigente (Sexto Ciclo de Medición 2025-I ABET.).

Este indicador refleja únicamente el nivel de logro alcanzado y no es suficiente para concluir que el proceso de desarrollo y medición sea consistente, comparable y útil para la mejora continua. Adicionalmente, los resultados agregados no permiten identificar posibles diferencias entre las asignaturas evaluadas, las estrategias pedagógicas implementadas, los instrumentos y evidencias utilizados, ni la forma en que los docentes aplican e interpretan la rúbrica institucional.

Asimismo, la información disponible no evidencia el impacto que pueden tener los cambios en las asignaturas, los profesores responsables o los periodos de evaluación sobre los resultados obtenidos, factores que pueden generar variaciones en el nivel de exigencia y afectar la comparabilidad entre ciclos de medición. En consecuencia, aunque el porcentaje de logro es favorable, presenta limitaciones para valorar la consistencia y confiabilidad del proceso.

Por ello, el diagnóstico evidencia la necesidad de fortalecer la documentación de las estrategias pedagógicas, los criterios de evaluación y las evidencias utilizadas en cada asignatura, con el fin de promover una aplicación más homogénea del RA4, facilitar la comparación de resultados y aportar información más sólida para la mejora continua del programa.

Por esta razón, es importante para el programa de Ingeniería Industrial de la UIS construir un manual que unifique características, ventajas, recomendaciones y condiciones de uso de cada estrategia, para generar homogeneidad en la evaluación por parte del cuerpo docente, sin afectar la trazabilidad académica, la mejora continua y el cumplimiento de estándares para acreditaciones nacionales e internacionales.

Para tener una idea inicial sobre las metodologías empleadas para evaluar el resultado de aprendizaje 4 por universidades que están acreditadas por ABET, se construye un cuadro comparativo donde se incorpora información como: universidad, asignatura que mide el RA4, instrumentos y criterios a medir. Teniendo en cuenta estos criterios, se plasman en un manual operativo institucional, herramienta estratégica para operacionalizar el RA4, además, fortalecerá la coherencia curricular, facilitará la toma de decisiones académicas basadas en evidencia y asegurará el cumplimiento de los lineamientos de acreditación internacional.

6. Benchmarking

La ética en ingeniería es un aspecto obligatorio de los programas acreditados por ABET, pero existe una amplia variación en la forma en que se enseña, con qué fines y cómo se evalúan dichos fines (Hess *et al.*, 2023). Además, la globalización de la formación en ingeniería ha generado la necesidad de correlacionar las cualificaciones en diferentes sistemas educativos (Buckeridge & Grünwald, 2003). En contexto, los formatos de evaluación actuales evalúan de manera confiable los conocimientos básicos y las habilidades fundamentales. Sin embargo, pueden subestimar algunos dominios importantes de la práctica profesional, incluidas las habilidades interpersonales, el aprendizaje permanente, el profesionalismo y la integración de los conocimientos (Epstein & Hundert, 2002).

En la Tabla 4, se puede observar los instrumentos y criterios que estas universidades emplean para obtener los resultados de aprendizaje 4 (RA4) requeridos por ABET.

Tabla 4

Relación de instrumentos y criterios evaluados en distintas universidades

Item	Caso	Instrumento	Asignatura	Criterio
------	------	-------------	------------	----------

1	Universidad Estatal de Arizona Universidad Brigham Young Escuela de Minas de Colorado	Se diseñó un instrumento cuantitativo para medir la capacidad de los estudiantes para reconocer dilemas éticos y profesionales	No disponible	- Fundamentos de ingeniería/juicio situacional - Desvinculación moral - Consideraciones sobre el trabajo y la práctica de ingeniería de ABET - Macroética - Escala de participación política y social
2	Universidad Autónoma de Sinaloa	Caso de estudio	Humanidades	- Identificación de las implicaciones éticas en la formación personal y profesional - Identificación de características fundamentales para el desarrollo de códigos de ética personal, profesional y para la preservación a través de un diagnóstico de necesidades - Análisis de un código de ética profesional”
3	Universidad de Pittsburgh y la Escuela de Minas de Colorado	Rubrica de evaluación	Programas de negocios	- Relevancia (mantener el enfoque en lo ético) - Complejidad (considerar múltiples enfoques) - Imparcialidad (examinar argumentos diversos) - Argumentación (sustentar de forma razonada una conclusión) - Profundidad (comprender los principios morales implicados). Cada criterio se califica en una escala de 1 (no competente) a 6 (excelente), y sirvió como base para desarrollar la rúbrica de ética en ingeniería.
4	Universidad de Nueva Gales del Sur, Sidney, Australia	Rúbrica de evaluación	Cátedra	- Resolución de disputas (Gestión de conflictos) - Comunicación - Intercambio de información (comunicación efectiva) - Liderazgo versátil

				- Comportamiento ético (responsabilidad y confianza)
5	Universidad de Purdue	Rúbrica de evaluación	Ética	- Identificación - Especificación - Adopción de perspectiva empática - Justificación - Reflexividad
6	Universidad de Colorado	Modelo de Desarrollo de la Responsabilidad Social Profesional	No disponible	Integra tres enfoques teóricos sobre comportamiento altruista, compromiso con problemáticas sociales y la incorporación de asuntos sociales en los procesos científicos.
7	Universidad de Indiana Purdue University Indianapolis (IUPUI)	Menú específico de actividades y una rúbrica de evaluación	No disponible	Evaluación basada en los criterios de ABET
8	No disponible	Instrumento web de responsabilidad profesional y una rúbrica que lo acompaña	No disponible	- Comprensión de la responsabilidad - Demostración efectiva de la responsabilidad - Comprensión de la oportunidad - Planes para aprovechar la oportunidad
9	Universidad de Pittsburgh	Diseño final del proyecto aprobado y calificación para el curso.	No disponible	- Ética de la ingeniería y las responsabilidades profesionales - La consideración del trabajo del ingeniero en contextos globales, económicos, ambientales y sociales. - Además, se enseña a los estudiantes a considerar la salud pública, la seguridad, el bienestar y los

				factores globales, culturales, sociales y económicos
10	Universidad Industrial de Santander - UIS	Caso de estudio Cuestionario	Dirección empresarial Evaluación y formulación de proyectos	- Reconocer aspectos económicos asociados a la solución a problemas ingenieriles. - Reconocer impactos socio/ambientales relacionados con el desarrollo de proyectos ingenieriles. - Reconocer y aplicar los códigos de ética, asociados a su profesión, en las etapas de desarrollo de proyectos ingenieriles. - Analizar los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) de una solución ingenieril planteada. - Proponer soluciones y emitir juicios informados considerando los impactos (globales, económicos, ambientales y sociales) pertinentes a una situación ingenieril planteada

Este comparativo se agrupa información e investiga de qué forma se realiza la evaluación del RA4 en la Universidad Industrial de Santander (UIS), donde se evalúa este resultado de aprendizaje en las asignaturas de Dirección Empresarial II y Formulación y evaluación de proyectos, siendo las asignaturas que evalúan el resultado un aspecto importante a considerar. Por

otro lado, se han observado los criterios de las universidades para la valoración de este resultado de aprendizaje y los diferentes instrumentos que utilizan.

Estos resultados permiten a los docentes la enseñanza de las asignaturas que evalúan el RA4, para conocer el horizonte de trabajo en nuevas alternativas y en el mejoramiento continuo de los criterios de ABET que acreditan a las universidades. La UIS tiene establecidos algunos instrumentos de evaluación del RA4, pero se tienen que identificar otras alternativas de mejora continua.

A continuación, se presenta una discusión más detallada de los resultados en relación con otras investigaciones sobre la comparación de metodologías empleadas en otras universidades.

Investigar nuevos estudios de caso, invitar a profesionales de la ingeniería y mantenerse al día con los requisitos de ABET, mantendrá los esfuerzos de la Universidad para enseñar ética de manera creativa y brindar a los estudiantes múltiples y variadas exposiciones "nuevas" a la ética como una materia importante (Abulfaraj & Hassan, 2022).

El primer factor a analizar es la ausencia de información sobre las asignaturas en las cuales se evalúa el resultado de aprendizaje asociado a la ética (RA4). Esta omisión resulta significativa, porque, para el programa de Ingeniería Industrial de la UIS, es importante ese tipo de información y no se puede comprender con claridad cómo se articula la formación ética dentro del currículo y en qué espacios académicos se desarrollan dichas competencias. Bairaktarova y Woodcock (2015) mencionan que uno de los retos en la educación en ingeniería radica precisamente en la falta de métodos consistentes y estructurados para enseñar y evaluar la ética, lo cual incluye su integración en asignaturas específicas o su abordaje transversal en el plan de estudios.

En este sentido, la literatura sugiere que la enseñanza de la ética puede darse en asignaturas de humanidades y de negocios, coincidiendo esta última con la asignatura de la UIS (Dirección

empresarial) que evalúa este resultado de aprendizaje, además de los cursos dedicados en su integración a lo largo de diferentes asignaturas técnicas, lo que influye directamente en la forma en que se evalúan los resultados de aprendizaje (Colby & Sullivan, 2008). Por lo tanto, no identificar las asignaturas limita el análisis sobre la coherencia curricular y dificulta establecer si la evaluación del RA4 responde a un enfoque estructurado o a prácticas aisladas.

Otro factor a analizar, es el correspondiente a los casos evidenciando que, aunque la temática abordada en la evaluación de la ética es diversa, existe una tendencia clara hacia el desarrollo de habilidades como la emisión de juicios, la resolución de problemas y el análisis de impactos en dimensiones globales, económicas, ambientales y sociales. De acuerdo a los criterios en los que ABET busca tener mayor enfoque, resalta la importancia de que los futuros profesionales comprendan los efectos de sus decisiones en distintos contextos y actúen con responsabilidad social.

Jonassen (2011) destaca que el uso de problemas complejos y situaciones contextualizadas favorece el desarrollo del pensamiento crítico y el razonamiento ético, lo que explica la prevalencia de instrumentos centrados en el análisis y la toma de decisiones. Sin embargo, esta orientación también podría evidenciar un énfasis predominante en el componente cognitivo de la ética, dejando en segundo plano aspectos actitudinales y conductuales.

Con este conjunto de hallazgos, se puede concluir que, aunque existe intención de evaluar competencias éticas en relación con el análisis y la toma de decisiones, quedan vacíos importantes en la articulación curricular y en la claridad sobre los espacios formativos donde se desarrollan las competencias éticas. Esto sugiere que es necesario mejorar la integración del RA4 en el currículo y diversificar las formas de evaluación, a fin de llegar a un entendimiento más exhaustivo sobre la ética profesional.

6.1. Metodología para la evaluación del resultado de aprendizaje RA4

6.1.1. *Fundamentación*

A través del estudio comparativo, se concluyó que la evaluación de la ética en la formación universitaria se caracteriza por una importante heterogeneidad, siendo predominante el uso de los estudios de caso y de rúbrica de razonamiento ético. También se mostraron vacíos en relación a la falta de integración curricular y la inconcreción de las asignaturas en las que se evalúan esas competencias.

La presente metodología recoge y muestra las mejores prácticas que se han puesto de manifiesto y sistematiza un modelo de evaluación relacionado con el Resultado de Aprendizaje RA4 y el desarrollo de juicio ético, la toma de decisiones sensata y la evaluación de los impactos en los contextos de la profesión.

6.1.2. *Estrategia de implementación*

Se plantea implantar una estrategia formativa fundamentada en el aprendizaje activo, mediante el examen de estudios de caso: que expongan dilemas éticos contextualizados en el ámbito profesional; desarrollo de proyectos: que contemplen la identificación y gestión de impactos sociales, ambientales y económicos; y espacios de reflexión: por ejemplo: debates o discusiones guiadas.

6.1.3. *Instrumentos de evaluación*

Para la evaluación del RA4 se propone el uso combinado de los siguientes instrumentos:

- Estudios de caso: permiten evaluar la capacidad de análisis y la toma de decisiones frente a dilemas éticos.
- Rúbricas analíticas: facilitan la valoración estructurada del desempeño del estudiante.

6.1.4. *Aporte de la metodología*

La metodología propuesta permite:

- Organizar diferentes instrumentos de evaluación
- Articular la formación ética con el currículo
- Medir de manera integral el desarrollo del RA4

7. Desarrollo del manual operativo

La Universidad Industrial de Santander (2022), menciona que se tiene como objetivo identificar estrategias que permitan la capacidad de reconocer su responsabilidad ética y profesional para emitir juicios informados, considerando el impacto en contextos globales, económicos, ambientales y sociales, al formular soluciones en situaciones de ingeniería. La construcción del manual se basó en cuanto a estudios comparativos realizados con universidades acreditadas por ABET (Apéndice B), y, en las directrices curriculares del programa, teniendo como resultado adaptar prácticas internacionales exitosas a este entorno universitario.

7.1. Proceso de elaboración del manual

El proceso inicia con la revisión previa de literatura referente a la temática de resultados de aprendizaje y la incorporación de nuevas metodologías en ciertas áreas del pensum para desarrollar y medir el RA4. Se construye la primera versión que es presentada a la directora, recibiendo comentarios y sugerencias. A continuación, se describen las indicaciones más evidentes:

Tabla 5

Sugerencias en la presentación de la primera versión de la propuesta frente a la directora

Propuesta	Ajuste
-----------	--------

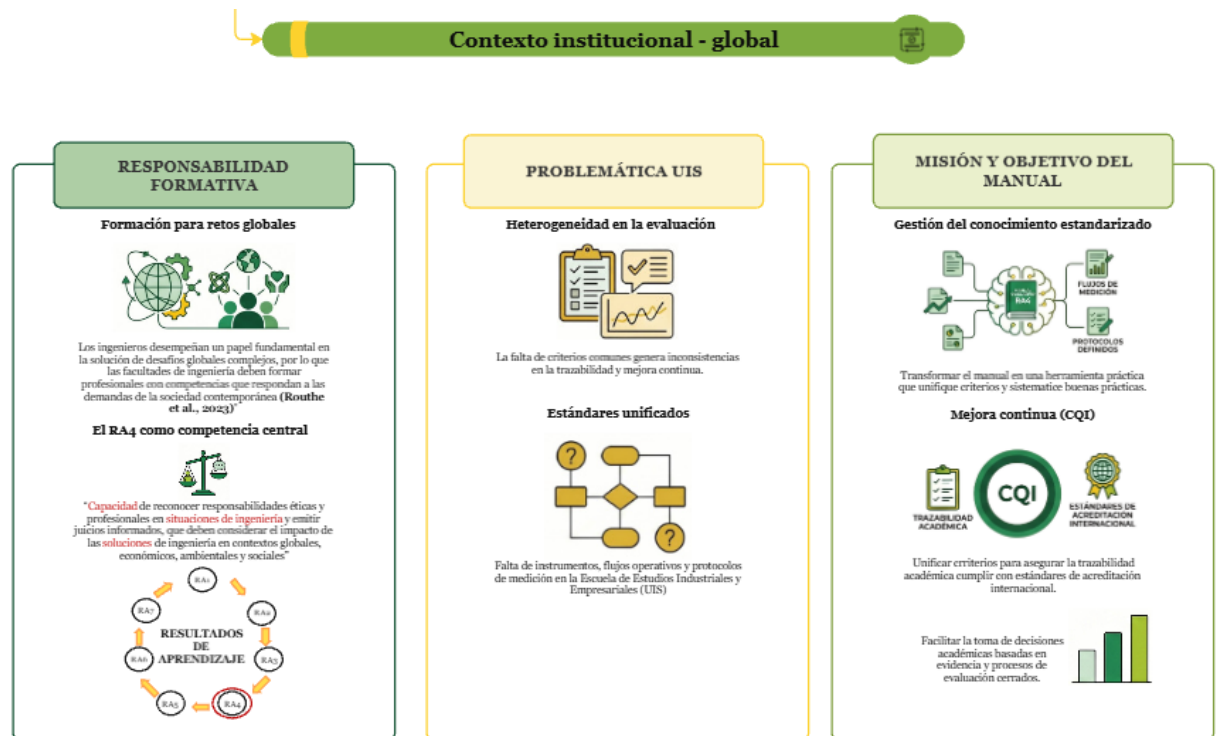
Profundización en el Diagnóstico y Justificación	Causas y consecuencias: El documento final da consistencia al planteamiento del problema al incorporar un análisis estructurado en torno a las dificultades relacionadas con el desarrollo y la medición del RA4. A diferencia de la versión previa, que explicaba la problemática de una forma general, la versión final pasa a distinguir aquellas principales causas, entre las que se encuentra el predominio de metodologías tradicionales y la falta de procedimientos estandarizados para la medida. A la vez, se puede llegar a exponer las consecuentes derivadas de estas situaciones, como por ejemplo la dificultad de evidenciar de manera objetiva el resultado de aprendizaje o la dificultad de garantizar una correcta difusión del proceso de evaluación. Enfoque en el Ciclo de Renovación: Además, el producto final del proceso atendido, se añade una vez más a la contextualización del mismo por el hecho de articular el desarrollo del manual operativo del programa con el proceso de renovación de la acreditación del programa concreto de ABET para el periodo 2027-2028, evidenciando con ello las ventajas del manual sobre todo para contribuir a posibilitar de forma formal y explícita las tareas correspondientes al aseguramiento de la calidad y mejora continua de dicho programa al mismo tiempo que ofrece una hoja de ruta de cómo estandarizar la forma de medir el RA4 y de cómo generar las evidencias motivadas por el cumplimiento de los resultados del aprendizaje RA.
Fortalecimiento Teórico de las Estrategias de Aprendizaje	El resultado final refuerza la propuesta, dado que nutre de fundamentos teóricos las estrategias de aprendizaje activo para la medición del RA4. Tal y como pasa con la versión inicial, se incorporan referentes como por ejemplo la pedagogía dialógica de Habermas para propiciar debates estructurados; la teoría del flujo de Csikszentmihalyi para la gamificación; del mismo modo se incorporan esquemas de flujo que guían la implementación y la evaluación de estrategias tales como el juego de roles y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), facilitando su aplicación por parte de los docentes.
Evolución del Alcance de la Medición ("¿Dónde?")	Uno de los cambios más representativos entre ambos documentos es el enfoque adoptado para la medición del RA4. Así, mientras la propuesta inicial trataba de un enfoque específico por asignaturas (Dirección Empresarial II y Formulación y Evaluación de Proyectos), la versión final plantea la medición de forma transversal entre las áreas del conocimiento (Métodos cuantitativos, Dirección empresarial, Dirección de procesos y Economía y Finanzas), también por la ampliación de los escenarios de evaluación, incorporando las asignaturas de Finanzas y Presupuestos, Investigación de Mercados, Diseño de Sistemas Productivos e Ingeniería de Calidad para el semestre 2026-2.

Mayor Detalle en los Instrumentos de Evaluación	La versión final integra instrumentos que potencian la medida del RA4, como una matriz de situaciones éticas que vincula cada asignatura con las estrategias de aprendizaje y las evidencias de evaluación asociadas. Asimismo, incorpora una matriz vinculante entre las materias y los contextos global, ambiental, social y económico definidos por ABET, y que permite identificar los aspectos evaluados. En definitiva, estas mejoras hacen que el manual dé un salto transformándolo de una guía de operación en un instrumento estratégico que articule los fundamentos pedagógicos y propicie una aplicación transversal de la ética.
--	--

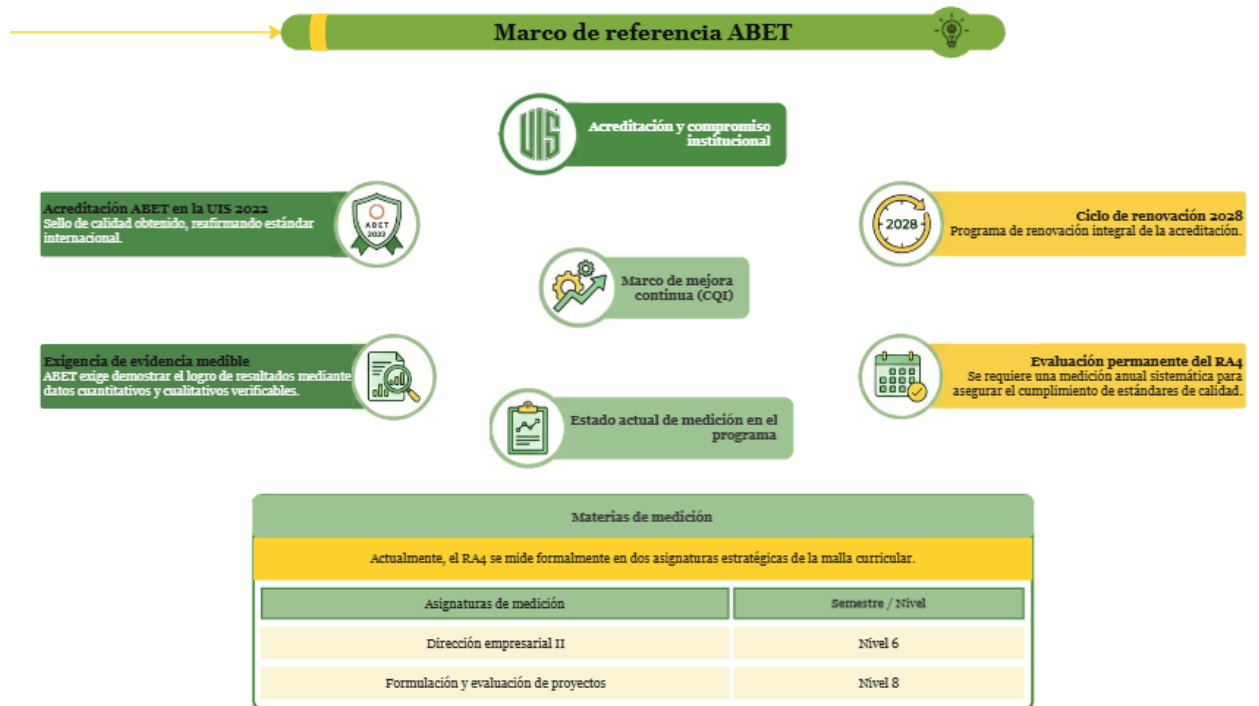
7.2. Estructura del manual

El manual operativo resultado del proyecto tiene una estructura definida, donde se plasma las estrategias propuestas para estandarizar el proceso de medición del Resultado de Aprendizaje RA4 del programa de Ingeniería Industrial. Asimismo, se incluyen evidencias gráficas que ilustran el proceso de elaboración y la versión final del documento. En la primera hoja del manual se puede observar la temática en general de la propuesta.

En la Figura 5, se describe brevemente el contexto institucional desde una perspectiva de responsabilidad formativa, además, se menciona la problemática de la UIS y la misión y objetivo del manual.

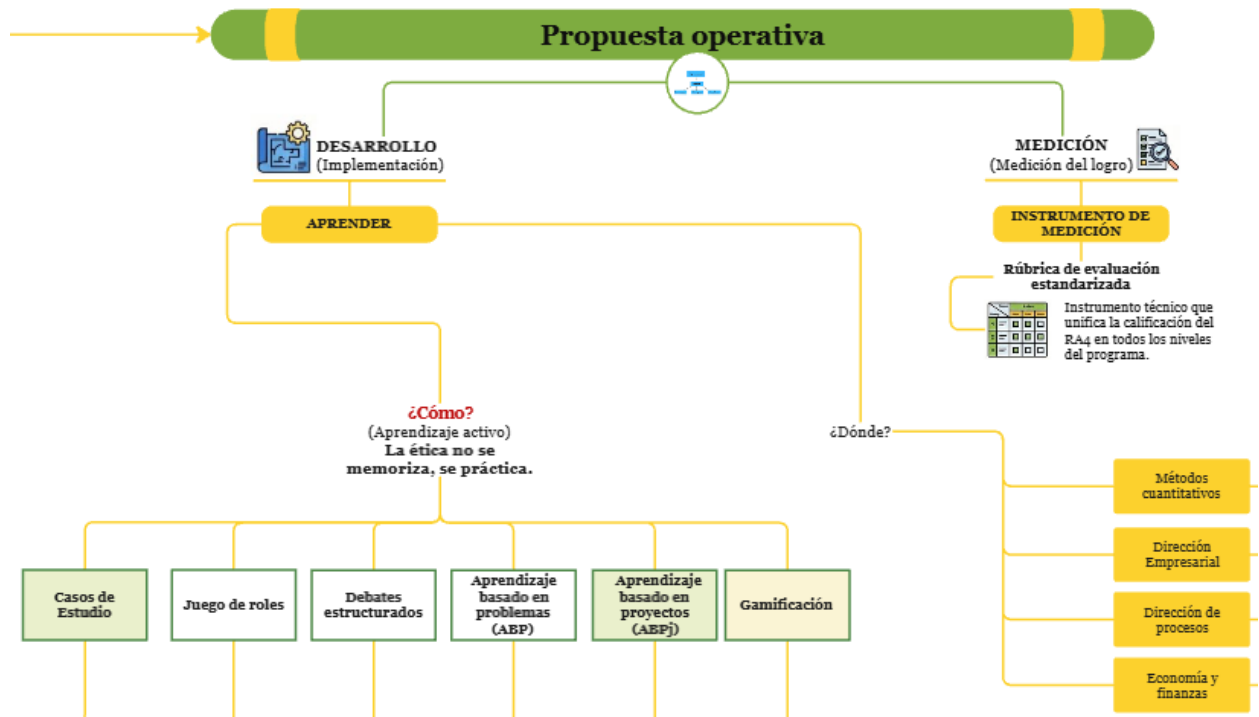
Figura 5*Contexto institucional - Manual operativo*

En el marco de referencia ABET (Figura 6), se mencionan los elementos que permiten contextualizar y fundamentar el trabajo, además, se incluye las materias de medición.

Figura 6*Marco de referencia ABET*

En el apartado de la propuesta operativa, se menciona cómo se busca desarrollar e implementar las estrategias encontradas previamente y la medición que se refiere al instrumento de medición empleada por la institución (Figura 7).

Por otro lado, en la propuesta se sugiere que las metodologías encontradas previamente, se podrían implementar en áreas como: métodos cuantitativos, dirección empresarial, dirección de procesos y economía y finanzas. Además, en esta propuesta se mencionarán las asignaturas de ingeniería industrial en las cuales se podría medir este resultado de aprendizaje, el nivel de pertinencia y el propósito de la asignatura.

Figura 7*Propuesta operativa - Manual operativo*

Para poder medir la capacidad de reconocer las responsabilidades éticas y profesionales en los estudiantes de Ingeniería Industrial, se propone la implementación de diversas estrategias de enseñanza y aprendizaje que favorezcan el análisis crítico, la toma de decisiones fundamentadas y la aplicación de principios éticos en contextos propios del ejercicio profesional.

Una vez se describe la propuesta operativa, se detalla las estrategias que tienen mayor afinidad con el programa de ingeniería y que se consideran apropiadas para implementarlas. En cada apartado se menciona en qué consiste la metodología, sus características, la estructura y recomendaciones.

Asimismo, con el propósito de facilitar la implementación de las metodologías activas propuestas, el manual incorpora una estructura de alineación pedagógica que relaciona los

indicadores de desempeño del RA4 con las actividades de aprendizaje, las evidencias esperadas, los instrumentos de evaluación y las estrategias de retroalimentación. Esta estructura busca orientar a los docentes en el diseño de experiencias de aprendizaje coherentes y facilitar la estandarización del proceso de desarrollo y medición del resultado de aprendizaje.

Tabla 6

Alineación pedagógica para el desarrollo del RA4

Aspecto	Casos de estudio	Debates	Juego de roles
Propósito pedagógico	Favorecer el análisis de dilemas éticos reales y la toma de decisiones fundamentadas.	Desarrollar la argumentación ética mediante el análisis de diferentes perspectivas.	Comprender las responsabilidades éticas de los diferentes actores involucrados en una situación de ingeniería.
Indicadores de desempeño que desarrolla	ID1, ID2, ID3, ID4 e ID5	ID2, ID3, ID4 e ID5	ID2, ID3, ID4 e ID5
Actividad de aprendizaje	Análisis y resolución de un caso con implicaciones éticas propias de la ingeniería.	Debate estructurado sobre un dilema ético, sustentando diferentes posiciones.	Simulación de un contexto profesional donde cada estudiante asume un rol específico para resolver un dilema ético.
Evidencia del estudiante	Informe escrito, presentación o sustentación del caso.	Participación argumentada, conclusiones o ensayo reflexivo.	Desempeño en la simulación y reflexión individual o grupal.
Retroalimentación	Discusión guiada sobre las decisiones adoptadas, resaltando fortalezas y oportunidades de mejora.	Retroalimentación del docente y de los compañeros sobre la calidad de la argumentación y la fundamentación ética.	Reflexión posterior sobre las decisiones tomadas, las responsabilidades asumidas y sus consecuencias.

Aspecto	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPJ)	Gamificación
Propósito pedagógico	Integrar el análisis ético con la	Incorporar la ética durante todas las etapas	Promover la participación activa y fortalecer el

Indicadores de desempeño que desarrolla	resolución de problemas reales de ingeniería. ID1, ID2, ID3, ID4 e ID5	del desarrollo de un proyecto de ingeniería. ID1, ID2, ID3, ID4 e ID5	razonamiento ético mediante escenarios interactivos y simulados. Principalmente ID3, ID4 e ID5*.
Actividad de aprendizaje	Resolución colaborativa de un problema abierto considerando criterios técnicos y éticos.	Desarrollo de un proyecto donde se analicen las implicaciones éticas de las decisiones adoptadas durante su ejecución.	Resolución de retos, simulaciones o dinámicas desarrolladas en el laboratorio GALEA, centradas en dilemas éticos propios de la Ingeniería Industrial.
Evidencia del estudiante	Informe técnico y sustentación de la solución propuesta.	Entregables parciales, informe final y sustentación del proyecto.	Resultados de la actividad, registro de decisiones tomadas y reflexión final del estudiante.
Retroalimentación	Seguimiento durante el proceso de resolución y discusión de la solución planteada.	Retroalimentación continua durante el desarrollo del proyecto y al cierre de cada fase.	Retroalimentación inmediata proporcionada por la dinámica y complementada con una discusión guiada por el docente sobre las decisiones adoptadas.

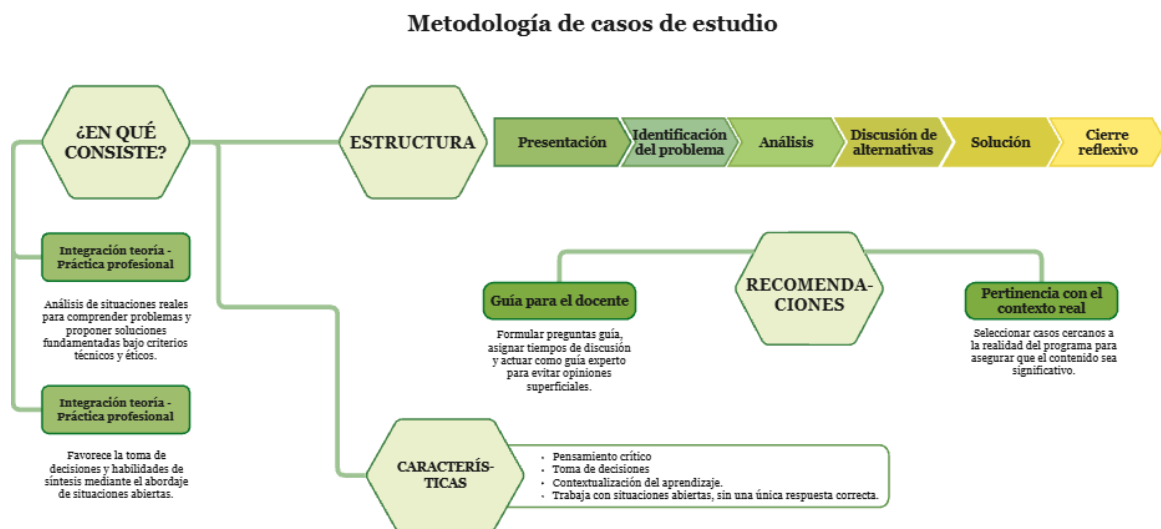
La matriz presentada constituye una guía para la selección de estrategias pedagógicas y su articulación con los indicadores de desempeño del RA4. La valoración del desempeño estudiantil se realiza mediante la rúbrica institucional, la cual debe aplicarse considerando la calidad de las evidencias producidas durante cada actividad.

Caso de estudio. Estrategia de enseñanza-aprendizaje que consiste en el análisis de situaciones reales o simuladas que representan un problema o dilema específico (Fig. 8). Su propósito es que los estudiantes examinen los hechos, identifiquen los aspectos relevantes, evalúen diferentes alternativas de solución y fundamenten sus decisiones con base en conocimientos teóricos, criterios técnicos y principios éticos (Hess *et al.*, 2014). Esta metodología fomenta el

pensamiento crítico, la capacidad de análisis, la argumentación y la toma de decisiones en contextos similares a los que enfrentarán en su ejercicio profesional (Apéndice D).

Figura 8

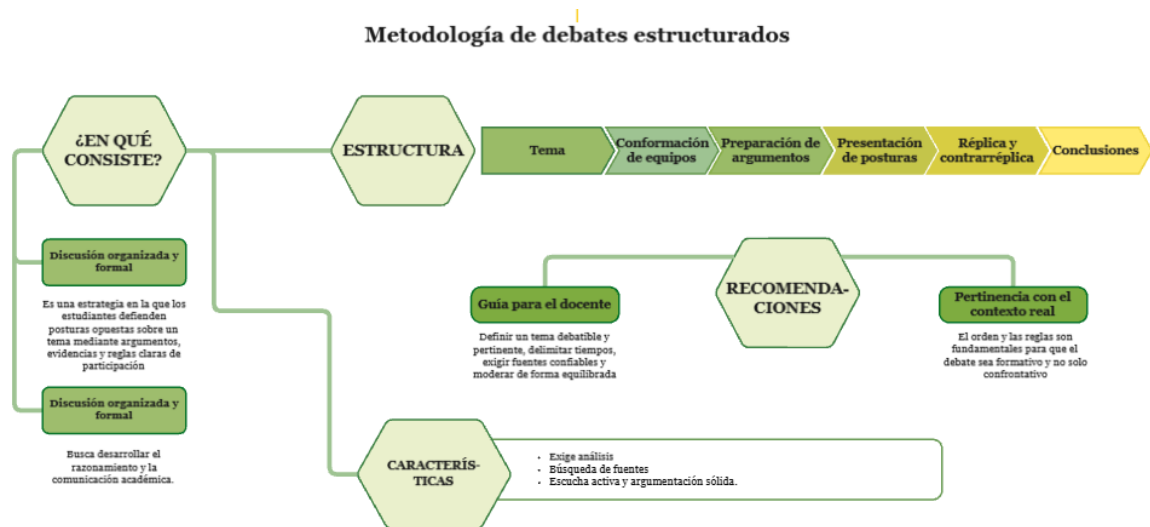
Metodología de casos de estudio



Juego de roles. En la Figura 9, se describe como esta estrategia favorece el análisis de dilemas éticos, la argumentación de decisiones y la comprensión de las implicaciones que estas tienen sobre los distintos grupos de interés (Segoni, 2022). En el apéndice E, se puede encontrar un ejemplo denominado - Un juego de rol para complementar las actividades de enseñanza en un curso sobre "evaluación del impacto ambiental – que permitirá dar a conocer la estrategia específicamente.

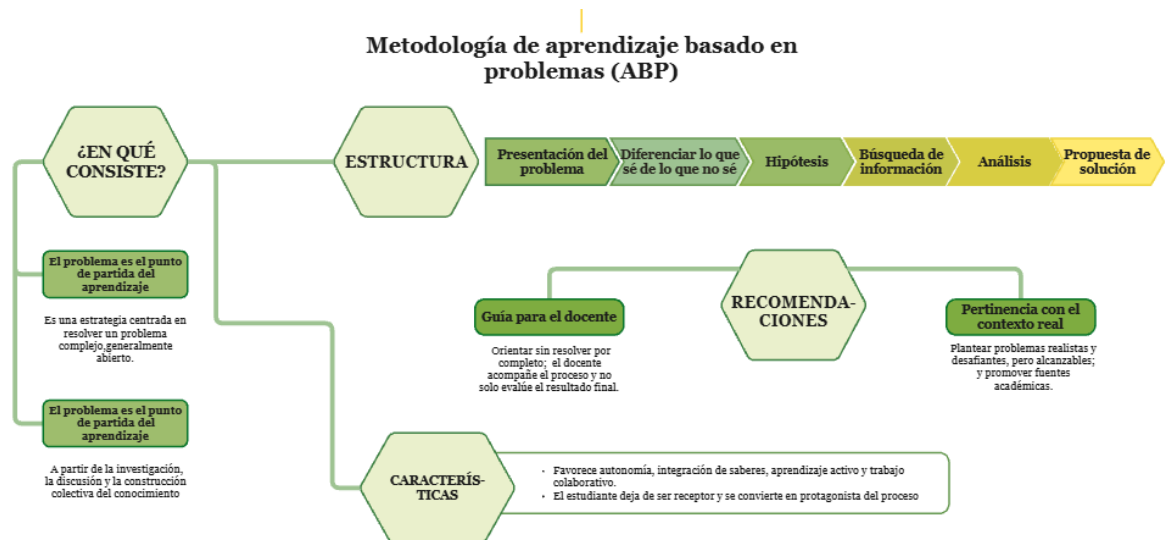
Figura 9*Metodología juego de roles*

Debates estructurados. En el apéndice G, se puede observar criterios para realizar un debate estructurado, entendiendo que, un debate se basa en la estructuración del pensamiento a partir de las palabras o de su manifestación, y cuando se busca exponer un punto de vista sobre cualquier temática, se está elaborando un discurso argumentando (Fig. 10). La cuestión es cómo desde la educación universitaria se puede orientar a los estudiantes en una formación profesional para crear racionalmente argumentos científicos que reconozcan en otros la lógica de sus posturas y, sobre todo, establecer el reconocimiento de las estructuras propias de los géneros argumentativos atendiendo a su funcionalidad en el diario vivir, en la cultura académica y laboral (Carrillo-García & Castellanos, 2017).

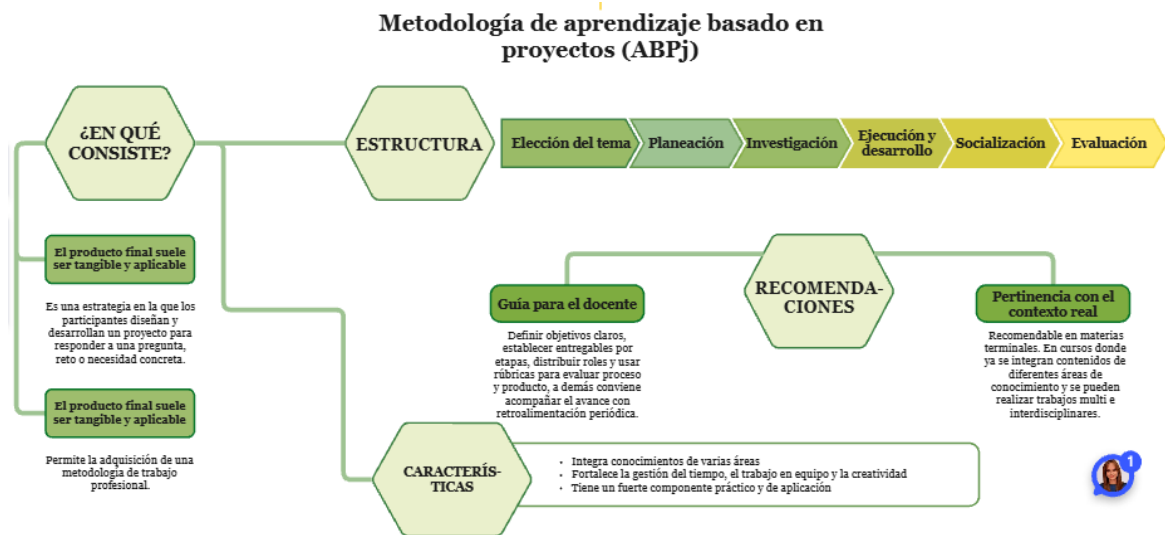
Figura 10*Metodología de debates estructurados*

Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Estrategia de enseñanza-aprendizaje centrada en el estudiante, en la que el proceso de adquisición de conocimientos se inicia con la presentación de un problema real o simulado (Fig. 11). A partir de este, los estudiantes identifican lo que necesitan aprender, buscan información de manera autónoma, analizan diferentes alternativas de solución y construyen respuestas fundamentadas con el acompañamiento del docente como facilitador. Esta metodología favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la capacidad de resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el aprendizaje autónomo (Barrows, 1996).

En el apéndice F, se encuentra un caso de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Figura 11*Metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)*

Aprendizaje basado en proyectos. El aprendizaje-servicio basado en proyectos (Fig. 12) combina el aprendizaje basado en problemas con el aprendizaje-servicio y tiene el potencial de promover el liderazgo, la comunicación, la formación de equipos y las habilidades de pensamiento crítico, al tiempo que inculca un sentido de responsabilidad social, ya que cuando se realiza correctamente crea un entorno educativo centrado en problemas que da lugar a procesos cognitivos (Swan & McCormick, 2009; Hunt 1971). En el apéndice H, se puede encontrar un ejemplo de esta estrategia.

Figura 12*Aprendizaje basado en proyectos*

Gamificación. La gamificación en la educación utiliza mecánicas de juego como puntos, insignias y tablas de clasificación para impulsar la participación y la motivación (Fig. 13). Integra elementos de juego en entornos educativos que podrían carecer de emoción o interactividad para captar el interés de los estudiantes. La gamificación tiene como objetivo alinear las motivaciones intrínsecas de los estudiantes con los objetivos educativos, fomentando una participación más profunda (Tirazona, 2025). Chou, autor independiente de libros sobre gamificación, afirma que esto implica aplicar elementos de juego a contextos que no son de juego y destaca que la gamificación efectiva trasciende las recompensas superficiales, enfatizando la participación significativa (Chou, 2016).

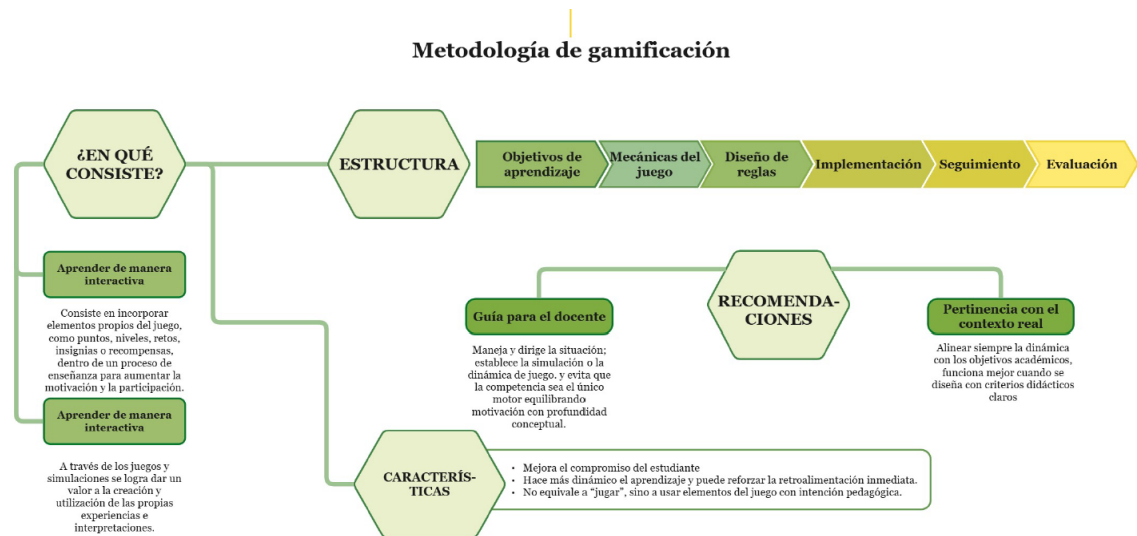
Si bien, la Universidad cuenta con un instrumento denominado Galea para el programa de Ingeniería Industrial, el cual se basa en una Biblioteca de Lúdicas. Esta biblioteca cuenta con un conjunto de estrategias de aprendizaje activo orientadas al desarrollo de las competencias tanto

disciplinares como transversales. Las actividades que se proponen promueven en el grado de egresados la toma de decisiones, el trabajo en equipo, la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la comunicación, competencias que, finalmente, ayudarán también al desarrollo del razonamiento ético para la consecución del RA4.

Se considera que la Biblioteca de Lúdicas es un recurso idóneo para potenciar el aprendizaje a través de metodologías activas, en la evaluación se percibe que estas sólo se orientan hacia la mejora de competencias técnicas y disciplinares. En algunos casos, se debería especificar los criterios para la evaluación del Resultado de Aprendizaje RA4, y carece de instrumentos que permitan la valoración del razonamiento ético del alumnado en el desarrollo de las lúdicas.

Las estrategias que se relacionan en la biblioteca no tiene orientaciones específicas para llevar a cabo la medición del RA4, por lo cual el manual operativo ofrece criterios de evaluación, ejemplos de aplicación práctica, instrumentos y recomendaciones para permitir a los docentes evaluar la competencia ética en actividades.

Las lúdicas presentes en Galea, permiten desarrollar criterios para la toma de decisiones, aunque, no analizan si estas decisiones son justificables éticamente. En este caso, Galea se puede adoptar con el manual para que en las actividades se pueda evidenciar el RA4, incorporando preguntas, dilemas éticos, criterios de valoración y rúbricas que orienten la evaluación de la competencia ética. Finalmente, se concluye que se pueden complementar las lúdicas para no sustituir las estrategias que ya existen, sino que se complemente para potenciarlas.

Figura 13*Gamificación*

Dentro del manual también se mencionan las ventajas y limitaciones de cada una de las estrategias de aprendizaje descritas anteriormente, con el fin de brindar al docente elementos que faciliten la toma de decisiones de la estrategia a utilizar según la asignatura que quiera medir el resultado de aprendizaje (Fig. 13).

Figura 14

Ventajas y limitaciones de cada una de las estrategias de aprendizaje

Ventajas y limitaciones de las estrategias de aprendizaje		
Estrategia de Aprendizaje	Ventajas	Limitaciones
Casos de estudio	• Desarrolla la habilidad de análisis y síntesis. • Permite que el contenido sea más significativo para los alumnos. • Conecta teoría y práctica • Fortalece el análisis, el juicio crítico y la toma de decisiones	• Suele requerir tiempo de preparación y discusión. • Puede depender mucho de la guía docente. • No siempre permite generalizar a otros contextos.
Juego de roles	• Favorece aprendizaje activo y significativo. • Desarrolla comunicación, empatía, pensamiento crítico y análisis de situaciones complejas. • Ayuda a comprender distintas perspectivas.	• Algunos estudiantes pueden sentir incomodidad o temor al participar • Necesita planificación cuidadosa. • Puede perder foco si no se orienta bien.
Debates estructurados	• Fortalece la argumentación, la escucha activa y el pensamiento crítico. • Mejora la comunicación oral y la capacidad de contrastar ideas • Promueve el trabajo colaborativo cuando se prepara en equipo.	• Requiere preparación previa y dominio del tema. • Puede favorecer la polarización si no se modera bien. • No siempre participa todo el grupo por igual.
Aprendizaje basado en problemas (ABP)	• Desarrolla resolución de problemas. • Mejora la capacidad de decisión y el uso de fuentes de información • Permite el desarrollo de actitudes positivas ante problemas. • Desarrolla habilidades cognitivas y de socialización.	• Exige buena gestión de tiempo. • Puede generar desconcierto o inseguridad al inicio. • Necesita acompañamiento docente constante.
Aprendizaje basado en proyectos (ABPj)	• Permite aprender mediante productos reales o cercanos al mundo profesional. • Integra investigación, planificación y colaboración • Desarrolla el autoaprendizaje y el pensamiento creativo • Fomenta trabajo en equipo.	• Demanda bastante tiempo de desarrollo. • Requiere seguimiento continuo. • Puede dificultarse si el grupo no organiza bien tareas, roles y evaluación.

Con base en la revisión de literatura, el benchmarking con universidades acreditadas por ABET y el análisis del Proyecto Educativo del Programa (PEP), se identificaron las áreas y asignaturas con mayor potencial para contribuir al desarrollo del RA4. A partir de este análisis se seleccionaron las estrategias pedagógicas que mejor responden a las características de cada área disciplinar, buscando fortalecer de manera progresiva las competencias éticas y profesionales que posteriormente serán objeto de medición. La Tabla X presenta la propuesta de implementación.

Tabla 7

Propuesta de implementación del RA4 en las áreas y asignaturas del programa de Ingeniería Industrial

Área de formación	Asignaturas seleccionadas	Componente del RA4 que fortalece	Estrategias pedagógicas sugeridas
Métodos Cuantitativos	Investigación de Operaciones I y II	Favorece la toma de decisiones basada en modelos matemáticos, promoviendo el análisis de las implicaciones éticas relacionadas con la optimización de recursos y el impacto de las soluciones de ingeniería.	Casos de estudio, Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Gamificación.
Dirección Empresarial	Dirección Empresarial I y II, Talento Humano	Desarrolla el análisis de responsabilidades éticas, liderazgo, gestión organizacional y toma de decisiones frente a dilemas propios del ejercicio profesional.	Casos de estudio, Debates y Juego de roles.
Dirección de Procesos	Dirección de Operaciones I y II, Ingeniería de Calidad, Logística Integral, Seguridad y Salud en el Trabajo	Permite integrar el análisis de los impactos económicos, sociales, ambientales y profesionales durante la gestión, mejora y operación de los procesos industriales.	Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPJ) y Casos de estudio.
Economía y Finanzas	Finanzas y Presupuestos, Formulación y Evaluación de Proyectos	Fortalece la emisión de juicios informados en decisiones económicas y financieras, considerando sus implicaciones éticas y el impacto de las soluciones de ingeniería.	Casos de estudio, Debates y Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPJ).

La propuesta evidencia que el desarrollo del RA4 no debe concentrarse únicamente en las asignaturas donde actualmente se realiza su medición. Por el contrario, la incorporación progresiva de estrategias pedagógicas en diferentes áreas del currículo permite fortalecer de manera transversal el reconocimiento de las responsabilidades éticas y profesionales, el análisis de los

impactos de las decisiones de ingeniería y la emisión de juicios informados. Esta articulación favorece una formación ética más consistente y proporciona a los docentes referentes para seleccionar estrategias acordes con el contexto de cada asignatura. (Fig. 15).

Figura 15

Posibles áreas para medir el RA4



Finalmente, el manual operativo describe sugerencias para medir el RA4 en asignaturas de la ingeniería industrial, permitiendo evidenciar la transversalidad de la ética en distintas áreas de la ingeniería. Además, se detalla el nivel de pertinencia del RA4 y el propósito de la asignatura (Fig. 16).

Figura 16

Sugerencias para medir el RA4 en asignaturas de la ingeniería industrial

Sugerencias para medir el RA4 en asignaturas de ingeniería industrial		
1. Alta: Las asignaturas sugeridas en este nivel tienen contenido con enfoque directo en principios éticos, responsabilidades profesionales y valores morales, con un impacto directo en personas, seguridad y el entorno social. 2. Media - Alta: Las asignaturas sugeridas en este nivel tienen contenido con enfoque en sostenibilidad, abordando dimensiones social, ambiental y económica. 3. Media: Las asignaturas sugeridas en este nivel tienen contenido con enfoque en la aplicación técnica, resolución de problemas dentro del ámbito de la ingeniería..		
Asignatura	Nivel de pertinencia del RA4	Propósito de la asignatura
Dirección de operaciones I	Alta	Comprender los sistemas productivos, su naturaleza y las estrategias válidas y eficaces a través del tiempo. El estudiante deberá al finalizar el curso conocer y aplicar en contexto, las principales herramientas de gestión para la dirección de operaciones.
• Dirección de operaciones II	Alta	Proporcionar al estudiante los instrumentos necesarios para llevar a cabo la gestión de los procesos productivos teniendo en cuenta su entorno y atendiendo directamente a las reales necesidades, permitiendo un mejor desempeño de los mismos.
• Formulación y evaluación de proyectos	Alta	Brindar al estudiante las herramientas y metodologías sobre formulación y evaluación de proyectos, desde la identificación del problema, formulación hasta la puesta en marcha y cierre.

7.3. Reflexión crítica sobre la rúbrica institucional

La rúbrica institucional del Resultado de Aprendizaje 4 (RA4) es consistente con el enfoque de evaluación basada en resultados promovido por ABET, ya que desagrega el resultado de aprendizaje en indicadores de desempeño observables y establece niveles progresivos para valorar el logro de las competencias estudiantiles (ABET, 2025). Sus cinco indicadores permiten evaluar aspectos fundamentales del RA4, como el reconocimiento de responsabilidades éticas, el análisis de impactos económicos, sociales y ambientales, la aplicación de códigos de ética y la emisión de juicios informados.

No obstante, la literatura señala que una rúbrica es efectiva únicamente cuando existe una adecuada alineación entre los resultados de aprendizaje, las actividades de enseñanza, las evidencias generadas por los estudiantes y los criterios de evaluación (Biggs & Tang, 2011). Asimismo, las rúbricas requieren orientaciones para su aplicación con el fin de reducir la

subjetividad entre evaluadores y favorecer la consistencia del proceso de evaluación (Panadero & Jonsson, 2013).

A partir de la revisión realizada, se considera que la rúbrica institucional no requiere modificaciones en sus indicadores de desempeño, puesto que estos responden al Student Outcome 4 de ABET. Sin embargo, sí requiere complementarse con orientaciones que permitan a los docentes seleccionar estrategias pedagógicas acordes con cada indicador, definir las evidencias esperadas e interpretar de manera homogénea los niveles de desempeño. De igual manera, aunque uno de los indicadores contempla la aplicación de códigos de ética y conducta profesional, la revisión de la literatura evidenció que estos deben incorporarse explícitamente como referentes para el análisis de casos y la argumentación de los estudiantes, de manera que el juicio informado se fundamente en principios propios del ejercicio profesional y no únicamente en apreciaciones personales (Smith et al., 2021).

En este sentido, el aporte del presente trabajo no consiste en diseñar una nueva rúbrica, sino en fortalecer la aplicación de la existente mediante un manual operativo que integra estrategias pedagógicas, actividades, evidencias, protocolos y recomendaciones para su implementación. Asimismo, el manual orienta a los docentes sobre la incorporación de códigos de ética profesional, como el Código de Ética Profesional establecido en la Ley 842 de 2003 y aplicado por el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA), en aquellas actividades que impliquen la resolución de dilemas propios de la Ingeniería Industrial, fortaleciendo el desarrollo del RA4 y la fundamentación de los juicios emitidos por los estudiantes. De esta manera, la rúbrica se convierte en un instrumento articulado con el proceso de enseñanza, favoreciendo la homogeneidad en la evaluación, la transferencia del conocimiento entre docentes y la mejora continua del programa (Biggs & Tang, 2011; Panadero & Jonsson, 2013).

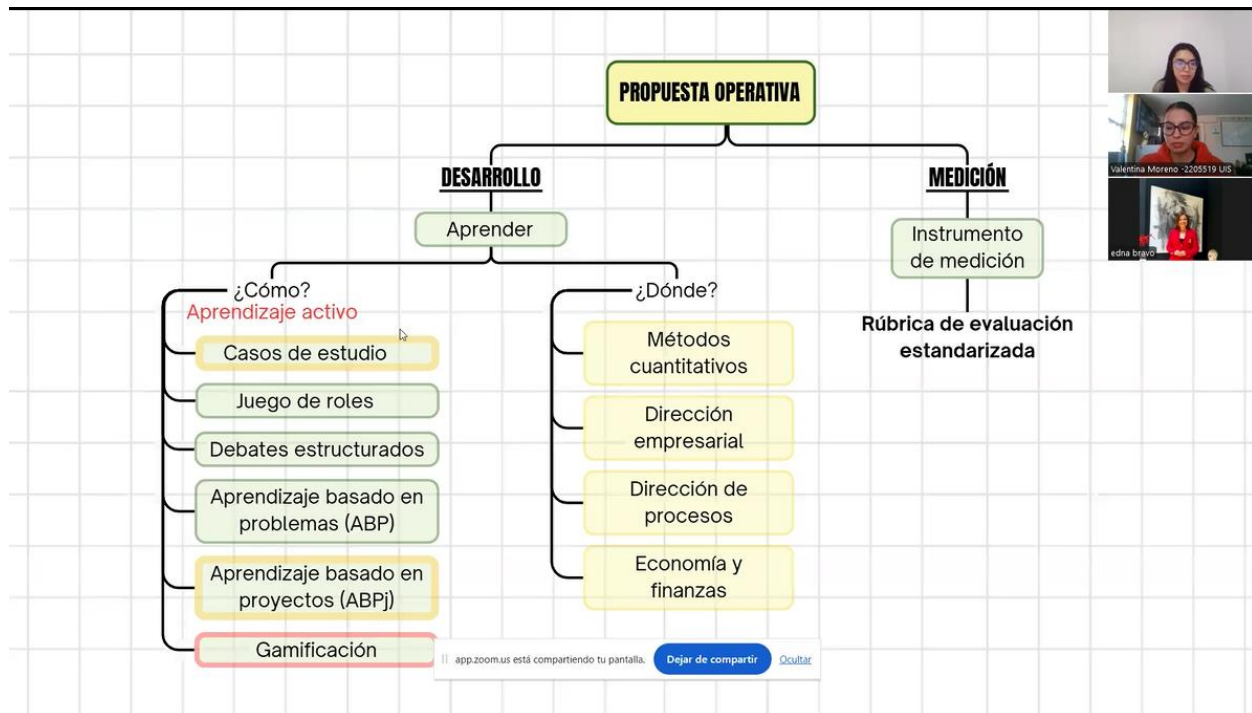
7.4. Socialización del documento

Una vez realizados los ajustes en la propuesta, se coordina con los docentes encargados de desarrollar y medir este resultado de aprendizaje, para dar a conocer el documento e identifiquen el contenido que pueden empezar a utilizar, ya que estos documentos se encontrarán en el Moodle definido por la escuela.

La reunión con la docente Edna Bravo, acontecida el 16 de julio de 2026, permitió identificar una oportunidad de fortalecimiento para el desarrollo y la medición del RA4, orientada a la innovación pedagógica. En este sentido, la profesora sugirió que la operacionalización del resultado de aprendizaje no se resume en la aplicación de metodologías activas tradicionales, sino que se incorporen estrategias centradas en experiencias de Inmersión y de aprendizaje vivencial (Fig. 17). En este sentido se planteó la necesidad de diseñar espacios en los que, no solo los estudiantes analicen dilemas éticos, sin una perspectiva teórica desde la cual comprender, sino que también experimenten las implicaciones y los efectos que puede llegar a tener su decisión en un espacio controlado donde se simulan situaciones propias del ejercicio profesional. Estas experiencias permiten más que la evaluación de la competencia ética desde la argumentación y análisis de los dilemas, también incluyen una dimensión de actitudes y acciones relacionadas con la buena práctica del ejercicio de la ingeniería.

Figura 17

Socialización del manual operativo con la docente Edna Bravo, responsable del desarrollo y medición del RA4.



En el marco del desarrollo de la presente investigación, el 16 de julio de 2026 se realizó una socialización con el docente Rubén Darío Jácome, con el propósito de presentar la propuesta y recibir observaciones que contribuyeran a su fortalecimiento.

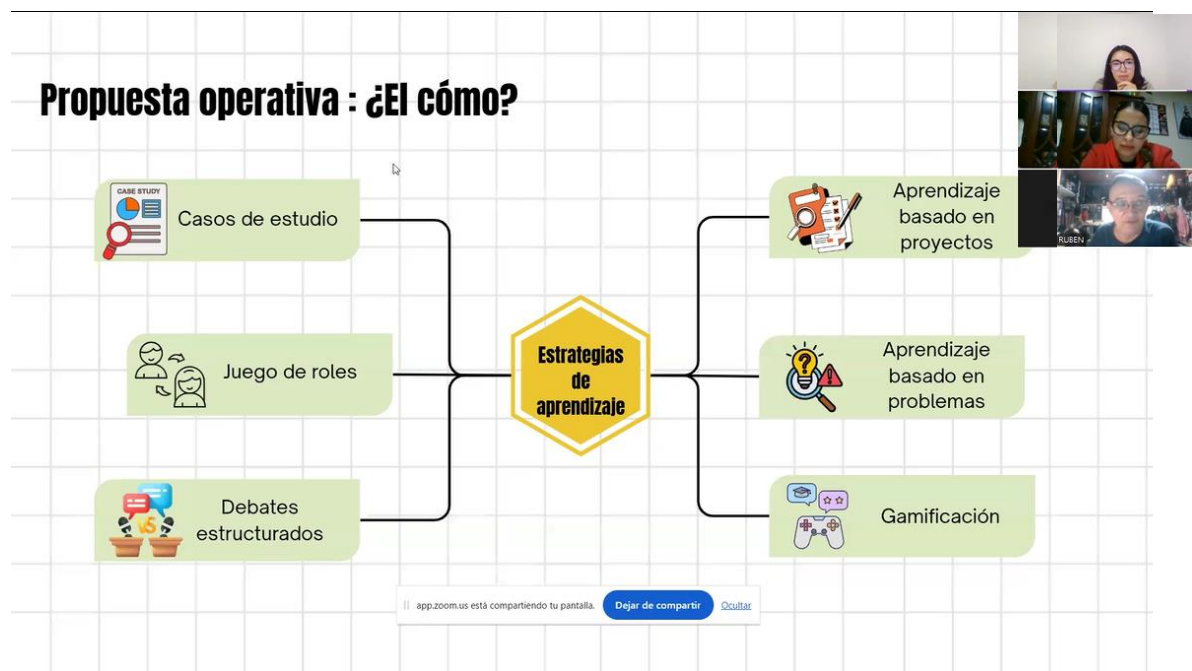
Durante este espacio se discutió la propuesta, el alcance y la metodología planteada, lo que permitió un intercambio de ideas orientado a mejorar su implementación en el contexto académico (Fig. 18).

Como resultado de la socialización, se formularon recomendaciones enfocadas en fortalecer el proceso de formación mediante experiencias cercanas al entorno profesional. Entre las principales sugerencias se destacó la importancia de promover visitas a empresas para que los

estudiantes tuvieran un mayor contacto con escenarios reales y, adicionalmente, se recomendó incentivar que, desde las diferentes asignaturas, identificaran y analizaran situaciones o casos presentes en las organizaciones.

Figura 18

Socialización del manual operativo con el docente Rubén Jacome, responsable del desarrollo y medición del RA4.



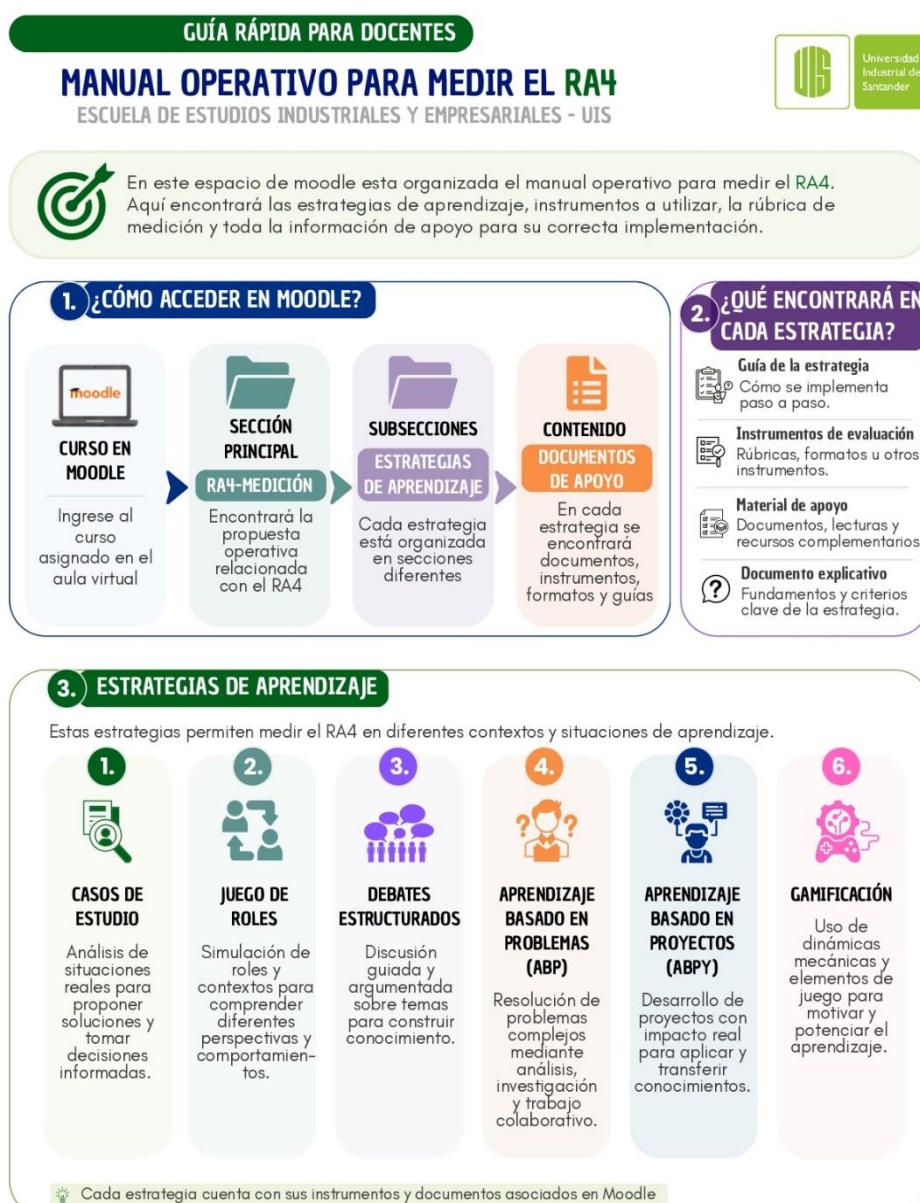
Estas recomendaciones contribuyeron a enriquecer la propuesta al favorecer un aprendizaje contextualizado y fortalecer la articulación entre la formación académica y las necesidades del entorno empresarial.

7.5. Instructivo

Como apoyo al manual, se elaboró una guía rápida que el docente podrá utilizar para encontrar el material interactivo que se organizará (Fig. 16). Es importante describir el procedimiento que se debe seguir para consultar este material dentro del Moodle.

Figura 19

Guía rápida para docentes - Manual operativo para medir el RA4



RÚBRICA PARA MEDIR EL RA4

Actualmente existe una rúbrica institucional con la que se mide el RA4. Encontrará la rúbrica en la sección principal del RA4:

RÚBRICA RA4 ★★★★★

Esta rúbrica debe utilizarse para evaluar las evidencias generadas en cualquiera de las estrategias propuestas.

4. TABLA COMPARATIVA DE ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN DEL RA4

ESTRATEGIA	¿CÓMO SE APLICA?	ROL DEL ESTUDIANTE	VENTAJAS
 CASOS DE ESTUDIO	Se presenta un caso real o simulado para ser analizado y resuelto.	- Analiza - Interpreta información - Justifica decisiones	- Desarrolla pensamiento crítico - Conecta teoría con realidad - Mejora la toma de decisiones
 JUEGO DE ROLES	Los estudiantes asumen roles específicos y actúan escenarios profesionales.	- Interpreta - Argumenta - Toma decisiones	- Habilidades comunicativas - Empatía y comprensión - Autonomía y seguridad
 DEBATES ESTRUCTURADOS	Se asignan posturas y se argumenta siguiendo reglas claras.	- Argumenta - Contra argumenta - Defiende ideas con fundamento	- Mejora la argumentación y la escucha activa - Pensamiento crítico - Seguridad al expresarse
 APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS (ABP)	Se plantea un problema abierto para encontrar soluciones posibles.	- Investiga - Analiza información - Construye soluciones viables	- Aprendizaje autónomo - Análisis y resolución - Integra conocimientos de diferentes áreas
 APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABPY)	Se planifica, ejecuta y presenta un proyecto con impacto.	- Diseña - Organiza - Ejecuta - Presenta resultados	- Integra teoría y práctica - Resultados significativos - Trabajo colaborativo y creatividad
 GAMIFICACIÓN	Se aplican retos, niveles y recompensas para alcanzar objetivos.	- Participación activa - Resuelve desafíos - Alcanza metas	- Motivación y compromiso - Participación activa - Refuerza el logro de objetivos

NOTA: De "Metodologías activas para la formación de competencias" por Amparo Fernández March, 2006.

5. ¿CÓMO USAR LA PROPUESTA?



6. REFERENCIAS PARA AMPLIAR INFORMACIÓN

- Fernández March, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio Siglo XXI*, 24, 35-56.
- Plan de estudios de Ingeniería Industrial de la UIS (2017).
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (1998). Trabajo sobre aprendizaje cooperativo.
- UNIR (2023). Artículo sobre aprendizaje basado en problemas.

NOTA: Se recomienda revisar cada estrategia y sus documentos antes de su aplicación para garantizar coherencia con los resultados de aprendizaje (RA4).

8. Conclusiones

La investigación permitió identificar que el desarrollo y medición del Resultado de Aprendizaje RA4 requiere una integración sistemática de estrategias pedagógicas que favorezcan el razonamiento ético, el análisis de impactos y la emisión de juicios informados en contextos propios de la Ingeniería Industrial.

El manual operativo constituye una herramienta de gestión del conocimiento al integrar y sistematizar información que anteriormente se encontraba distribuida entre documentos institucionales y la experiencia de los docentes responsables del RA4. La organización de estrategias, lineamientos, protocolos y recomendaciones facilita la conservación, actualización y transferencia del conocimiento asociado al desarrollo y la medición del resultado de aprendizaje.

La propuesta organiza y documenta los elementos necesarios para orientar el desarrollo y la medición del RA4 mediante estrategias pedagógicas, criterios de evaluación y lineamientos de implementación articulados con los estándares establecidos por ABET. De esta manera, el manual ofrece un referente para favorecer la homogeneidad del proceso de medición y apoyar la trazabilidad de la información en futuros ciclos de evaluación.

Debido a que el alcance del proyecto contempló el diseño y la socialización del manual operativo, no fue objeto de esta investigación evaluar su implementación o medir su impacto en el desempeño de los estudiantes o en los procesos de acreditación. En consecuencia, la validación de su efectividad constituye una oportunidad para futuras investigaciones mediante procesos de aplicación y seguimiento en el programa.

9. Recomendaciones

Se recomienda fortalecer el uso de códigos de ética profesional en las actividades orientadas al desarrollo y medición del RA4, incorporando referentes como el Código de Ética del COPNIA para que los estudiantes fundamenten sus decisiones en principios propios del ejercicio profesional y no únicamente en apreciaciones personales.

Se recomienda diversificar las estrategias pedagógicas utilizadas para el desarrollo y la medición del RA4, incorporando metodologías activas como debates, aprendizaje basado en proyectos, juego de roles, gamificación, simulaciones y experiencias inmersivas, evitando que la evaluación se concentre exclusivamente en el análisis de casos de estudio.

Se recomienda promover escenarios de aprendizaje contextualizados, mediante experiencias de inmersión, visitas técnicas, proyectos con organizaciones y actividades desarrolladas en conjunto con el sector empresarial, que permitan a los estudiantes enfrentarse a situaciones reales de la Ingeniería Industrial y fortalecer su capacidad para reconocer responsabilidades éticas y emitir juicios informados.

Garantizar que las estrategias implementadas aborden de manera integrada los contextos global, económico, social y ambiental establecidos en el Student Outcome 4 de ABET, asegurando que las evidencias obtenidas permitan valorar de forma integral el desarrollo de las competencias éticas y profesionales.

Actualizar periódicamente el manual operativo a partir de los resultados de los ciclos de medición, las experiencias de los docentes y las oportunidades de mejora identificadas, con el propósito de fortalecer la gestión del conocimiento, facilitar la transferencia de buenas prácticas y mantener la pertinencia de las estrategias pedagógicas y de evaluación.

Continuar fortaleciendo la articulación entre las estrategias pedagógicas, las evidencias de aprendizaje y la rúbrica institucional, de manera que los docentes dispongan de orientaciones claras para desarrollar el RA4, aplicar criterios homogéneos de evaluación y retroalimentar oportunamente a los estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Abd Wahid, S. N. B., & Halili, S. H. B. (2025). Instructional Framework of Professional Ethics: A Design-Based Research. In *Multidisciplinary Educational Perspectives on Design-Based Research* (pp. 1-46). IGI Global Scientific Publishing.
- Abet, (2017). Student Outcomes and Performance Indicators.
- Abet, (2021). "ABET accreditation". <https://www.abet.org/accreditation/>.
- Abulfaraj, W., & Hassan, M. (2022). Teaching and assessment of professional ethics in the nuclear engineering education according to the ABET Engineering Criteria. In *2007 Annual Conference & Exposition Proceedings*.
- Alsina, Y. C. (2024, 16 agosto). *La UIS es una de las dos Universidades de Colombia con el mayor número de programas acreditados internacionalmente con ABET, 9 en total*. Comunicaciones UIS. <https://acortar.link/964u9f>
- Alyasin, A., Nasser, R., El Hajj, M., & Harb, H. (2023). Assessing Learning Outcomes in Higher Education: From Practice to Systematization. *TEM Journal*, 12(3).
- Argote, L. (2013). *Organizational Learning: Creating, Retaining and Transferring Knowledge*. Springer.
- Bairaktarova, D., & Woodcock, A. (2015). Engineering ethics education: Aligning practice and outcomes. *IEEE Communications Magazine*, 53(11), 18-22.
- Barrows, H. S. (1996). *Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview*. New Directions for Teaching and Learning, 1996 (68), 3–12. <https://doi.org/10.1002/tl.37219966804>

- Bielefeldt, A. R., Polmear, M., Canney, N., Swan, C., & Knight, D. (2018). Ethics education of undergraduate and graduate students in environmental engineering and related disciplines. *Environmental Engineering Science*, 35(7), 684-695.
- Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.
- Børsen, T., Serreau, Y., Reifschneider, K., Baier, A., Pinkelman, R., Smetanina, T., & Zandvoort, H. (2021). Initiatives, experiences and best practices for teaching social and ecological responsibility in ethics education for science and engineering students. *European Journal of Engineering Education*, 46(2), 186-209.
- Briones, C. L. T., & Davila, R. S. R. (2017). La Gestión del Conocimiento basado en la Teoría de Nonaka y Takeuchi. *INNOVA Research Journal*, 2(4), 30-37.
<https://doi.org/10.33890/innova.v2.n4.2017.147>
- Brookhart, S. M. (2013). How to create and use rubrics for formative assessment and grading. ASCD.
- Buckeridge, J., & Grünwald, N. (2003). Ethics and the Professional: a template for international benchmarking in engineering education. *Global J. of Engng. Educ*, 7(1).
- Bursic, K. M., Shuman, L. J., & Besterfield-Sacre, M. (2011, June). Improving student attainment of ABET outcomes using model-eliciting activities (MEAs). In *2011 ASEE Annual Conference & Exposition* (pp. 22-836).
- Carrillo-García, S., & Castellanos, KN. (2017). El debate académico como estrategia didáctica para la formación de competencias argumentativas y para la aproximación al diálogo científico. *Rastros Rostros*.

- Catalano, G. D. (2022). Engineering Ethics. In *Tragedy in the Gulf: A Call for a New Engineering Ethic* (pp. 23-36). Cham: Springer International Publishing.
- Chou, Y.-K. (2016). *Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards*. Octalysis Gamification. <https://twitter.com/search?q=#OctalysisBook>
- Colby, A., & William Sullivan, W. M. (2008). *Ethics teaching in undergraduate engineering education*. Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Danga, R. (2025). Toward International Engineering Standards: An Empirical Study on the Initiatives and Challenges of HEIs Pursuing ABET Accreditation.
- Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). *Working knowledge: How organizations manage what they know*. Harvard Business School Press.
- Demuner Flores, M. del R., & Nava Rogel, R. M. (2018). Gestión del Conocimiento al Interior de las Instituciones de Educación Superior. *GECONTEC: Revista Internacional De Gestión Del Conocimiento Y La Tecnología*, 6(1), 68–81. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7507161>.
- Díaz, P., Onorati, T., & Aedo, I. (2024, May). Using active learning and critical thinking to identify and apply ethical values in engineering education. In *2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1-10). IEEE.
- Dolgoft R., Loewenberg F.M., Harrington D. (2011). *Ethical Decisions for Social Work Practice*. Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Epstein, R. M., & Hundert, E. M. (2002). Defining and assessing professional competence. *Jama*, 287(2), 226-235.
- Fullwood, R., Rowley, J., & Delbridge, R. (2013). Knowledge sharing amongst academics in UK universities. *Journal of Knowledge Management*, 17(1), 123–136.

- Gagelmann, C. T. S. (2022). Un método para el análisis de códigos de ética. *Revista Opera*, (31), 157-172.
- Hernández-Campos, M., Prado-Calderón, J. E., Gonzalez-Torres, A., & García-Peñalvo, F. J. (2025). Direct Measurement of Learning Outcomes in Higher Education: A Proposal of Nine Standardized Scales for Continuous Improvement in Engineering Programs. *Evaluation and Program Planning*, 102638.
- Hess, J. L., Beever, J., Iliadis, A., Kisselburgh, L. G., Zoltowski, C. B., Krane, M. J., & Brightman, A. O. (2014). An ethics transfer case assessment tool for measuring ethical reasoning abilities of engineering students using reflexive principlism approach. In *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings* (pp. 1-5). IEEE.
Link: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-022-05239-2>
- Hess, J. L., Kerr, A. J., Lin, A., & Chung, A. (2023). A systematic review of the 2016 National Academy of Engineering exemplary ethics programs: revisions to a coding framework. *Science and Engineering Ethics*, 29(6), 36.
- Hsu, Y. C. (2021). An action research in critical thinking concept designed curriculum based on collaborative learning for engineering ethics course. *Sustainability*, 13(5), 2621.
- Hunt, J. McV. (1971). Intrinsic Motivation: Information and Circumstances. In H.M. Schroder and P. Suedfeld (Eds.), *Personality theory and information processing*. New York: Ronald.
- Hussain, W., Spady, W. G., Khan, S. Z., Khawaja, B. A., Naqash, T., & Conner, L. (2021). Impact evaluations of engineering programs using ABET student outcomes. *IEEE Access*, 9, 46166-46190.
- Jonassen, D. H. (2011). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.

- Jönsson, A., & Svingby, G. (2007). The use of scoring rubrics: Reliability, validity and educational consequences. *Educational Research Review*, 2(2), 130–144.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.05.002>
- Keefer, M., Wilson, S., Dankowicz, H., & Loui, M. (2014). The importance of formative assessment in science and engineering ethics education: Some evidence and practical advice. *Science and Engineering Ethics*, 20(1), 249–260.
- Kirkman, R. (2017). Problem-based learning in engineering ethics courses. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11(1).
- Lane, S. T. (2024). Meeting ABET Outcomes through Teaching Students to Analyze the Ethics of an AI System. In *2024 IEEE International Professional Communication Conference (ProComm)* (pp. 269-274). IEEE.
- Li, J., & Fu, S. (2012). A systematic approach to engineering ethics education. *Science and engineering ethics*, 18(2), 339-349.
- López Iglesias, C. (2025). *Integración de experiencias inmersivas en la enseñanza de Formación Profesional*.
- Maldonado, AIL, Maldonado, UL y Breceda, HF (2025). ABET y la calidad global en la educación en ingeniería. *Asean Journal of Engineering Education*. 9 (2), 180-187.
- Martin, D. A., Conlon, E., & Bowe, B. (2021). A multi-level review of engineering ethics education: Towards a socio-technical orientation of engineering education for ethics. *Science and Engineering Ethics*, 27(5), 60.
- Martin, D. A., & Bombaerts, G. (2026). Mapping engineering students' conceptions of responsibility in challenge-based learning: The agency gap. *Journal of Engineering Education*, 115(2), e70057.

- Martinez, M. C., Arciniegas, D. M. R., Garcia, N. A., & Suárez, J. M. J. (2024). Assessment de ABET como herramienta para la medición del desempeño de estudiantes en un proceso de mejora continua en programas de la facultad de ingeniería de la Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.
- Martínez, M. J. B. (2024). La Ingeniería Industrial y la Educación para el Desarrollo Sostenible en la Universidad: Industrial engineering and education for sustainable Development in the university. *Revista INGENIUM, Ciencia, Tecnología y Comercio*, 1(1), 105-122.
- Miranda, M., Saiz-Linares, Á., da Costa, A., & Castro, J. (2020). Active, experiential and reflective training in civil engineering: evaluation of a project-based learning proposal. *European Journal of Engineering Education*, 45(6), 937-956.
- Mueller, J. (2018). The Authentic Assessment Toolbox: Enhancing Student Learning through Online Faculty Development. North Central College. <http://jfmuellet.faculty.noctrl.edu/toolbox/>.
- Muraleedharan, R., Wedge, T., & Trump, E. (2024). Advancing Engineering Ethics Education Using Active Learning. In *2024 ASEE Annual Conference & Exposition*.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.
- Panadero, E., & Jonsson, A. (2013). The use of scoring rubrics for formative assessment purposes revisited: A review. *Educational Research Review*, 9, 129–144.
- Passaillaigue Baquerizo, R., & Estrada Sentí, V. (2016). *La gestión del conocimiento y el aprendizaje organizacional en instituciones de educación superior*. GECONTEC.
- Peng, X., Duan, B., Zhang, J., & Liu, C. (2021, December). Construction Mechanism and Learning Outcomes Evaluation of Engineering Ethics Curriculum based on Knowledge Engineering. In *2021 Tenth International Conference of Educational Innovation through Technology (EITT)* (pp. 12-17). IEEE.

- Pérez, A. A. H. (2022). Introducción de aspectos éticos en el curso de Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión. *Encuentro Internacional de Educación En Ingeniería*.
- Ressler, S. J. (2011). "Sociology of Professions: Application to the Civil Engineering "Raise the Bar" Initiative," *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, vol. 137, no. 3, pp. 151-161, 2011.
- Routhe, H. W., Holgaard, J. E., & Kolmos, A. (2023). Experienced learning outcomes for interdisciplinary projects in engineering education. *IEEE Transactions on Education*, 66(5), 487-499.
- Ruiz Lemus, S. M. (2024). Evaluación comparativa de los criterios de acreditación del CNA en Colombia y los criterios internacionales de ABET para programas de computación y matemáticas aplicadas.
- Segoni, S. (2022). Un juego de rol para complementar las actividades de enseñanza en un curso de enseñanza sobre "evaluación del impacto ambiental". *Environmental research communications* , 4 (5), 051003.
- Smith, N. M., Zhu, Q., Smith, J. M., & Mitcham, C. (2021). Enhancing engineering ethics: Role ethics and corporate social responsibility. *Science and Engineering Ethics*, 27(3), 28.
- Suskie, L. (2018). *Assessing student learning: A common sense guide* (3rd ed.). Jossey-Bass.
- Swan, C., & McCormick, M. (2009, June). Abet Outcomes Via Project Based Service Learning Attributes: Assessment Via Successful Intelligence. In *2009 Annual Conference & Exposition* (pp. 14-150).
- Tahmina, Q., Kelley, K., & Furterer, S. L. (2023). Implementing an Effective ABET Assessment Program for a New Bachelor of Science in Engineering Technology Degree. In *2023 ASEE Annual Conference & Exposition*.

- Tahmina, Q., y Kelley, K. (2024). Programa de evaluación ABET para una licenciatura en ingeniería tecnológica: estrategias y mejores prácticas. En *la Conferencia y Exposición Anual ASEE 2024*.
- Tirazona, R. (2025). Aprendizaje basado en juegos digitales y gamificación de la educación ética en las escuelas maltesas: un enfoque multidisciplinario de metodologías innovadoras.
- UNESCO. (2021). Reimagining our futures together: A new social contract for education. UNESCO Publishing.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2017). *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives*. UNESCO.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- Universidad de Antioquia (2018). *Proyecto Educativo del Programa de Diseño Industrial*.
<https://umb.edu.co/docs/pregrados-virtuales/pep-tp-manejo-de-vehiculos-de-carga-pesada.pdf>
- Universidad Industrial de Santander (2017). *Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería Industrial*. Universidad Industrial de Santander.
- Universidad Industrial de Santander. (2022). *Concepto Sobre la Propuesta de Creación del Programa de Ingeniería Biomédica*. Recuperado de
<http://documentosdw.uis.edu.co/docuis/Discos5/ACADE000.000009/000/001/175/0000110440/0bb1eac1-1cff-444e-8b53-a7fd9d2eeda4.pdf>.
- Universidad Industrial de Santander. (2024). *Memoria Institucional y Línea de Tiempo*. Recuperado de https://uis.edu.co/files/UIS-MemoriaInstitucional_y_LineadeTiempo.pdf
- Universidad Industrial de Santander. (2026). *Pregrado en Ingeniería Industrial*.
<https://pregrados.uis.edu.co/pregrado-en-ingenieria-industrial/index.html>

- Valdez, A. D. F., & Cervantes, A. V. (2025). Experiencias inmersivas con IA: Desarrollo de resultados positivos de aprendizaje. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 12(24).
- Valdez, A. D. F., & Cervantes, A. V. (2025). Experiencias inmersivas con IA: Desarrollo de resultados positivos de aprendizaje. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 12(24).
- Wang, K. D., Cock, J. M., Käser, T., & Bumbacher, E. (2023). A systematic review of empirical studies using log data from open-ended learning environments to measure science and engineering practices. *British Journal of Educational Technology*, 54(1), 192-221.
- Walsh, J. P., & Ungson, G. R. (1991). *Organizational memory*. *Academy of Management Review*, 16(1), 57–91.
- Wiggins, G. (1998). *Educative assessment: Designing assessments to inform and improve student performance*. Jossey-Bass.
- Zaid Abualkishik, A., Atassi, R., Singh, A., Elhoseny, M., Alwan, A. A., Iqbal, R., & Khelifi, A. (2022). Outcomes-Based Assessment and Lessons Learned in ABET-CAC Accreditation: A Case Study of the American University in the Emirates. *Mobile Information Systems*, 2022(1), 1595126.