

Centro de Desarrollo Académico

Especificaciones de las escalas de evaluación de los atributos de las personas graduadas en el Instituto Tecnológico de Costa Rica

AUTORA:

Msc. Mónica Hernández Campos

REVISORA:

MEd. Martha Quesada Sánchez

DIAGRAMACIÓN:

Daniela Gómez Ureña

ISBN 978-9930-656-03-7

Noviembre, 2025

CEDA

Centro de Desarrollo Académico

Resumen

El presente documento describe las especificaciones técnicas y metodológicas de un conjunto de escalas diseñadas para evaluar resultados de aprendizaje profesionales o atributos del perfil de egreso en los programas de ingeniería. Estas escalas fueron desarrolladas siguiendo referentes internacionales sobre evaluación educativa y utilizando procedimientos sistemáticos de diseño y validación que incluyeron la participación activa del personal docente del Tecnológico de Costa Rica. Su calidad psicométrica ha sido demostrada mediante diversas evidencias de validez y confiabilidad, así como por un proceso de revisión por pares.

Cada escala está compuesta por cinco niveles de desempeño y se utiliza para valorar evidencias directas de aprendizaje, tales como proyectos finales, informes técnicos, presentaciones orales y otros productos académicos. Este enfoque de evaluación directa permite obtener información objetiva y estructurada sobre el dominio que el estudiantado demuestra en cada resultado de aprendizaje o atributo, incorporando tanto conocimientos como habilidades y valores. La aplicación de estas escalas se realiza desde la plataforma institucional TEC Digital, lo que facilita su integración en la práctica docente y asegura la coherencia del proceso entre cursos y programas.

Los resultados obtenidos alimentan los procesos institucionales de mejora continua, orientados al fortalecimiento de la calidad educativa y a la formación integral del estudiantado. Los atributos evaluados mediante estos instrumentos incluyen ética y equidad, aprendizaje continuo, habilidades de comunicación, trabajo individual y en equipo, diseño de ingeniería, uso de herramientas y conocimientos disciplinares, administración de proyectos y finanzas, investigación, análisis de problemas y la relación de la persona ingeniera con su entorno. En conjunto, estas escalas constituyen un aporte significativo para las instituciones de educación superior, al proporcionar instrumentos estandarizados, coherentes y fiables para la evaluación directa de los resultados de aprendizaje en ingeniería.

Palabras clave: Resultados de aprendizaje, Atributos, Educación en ingeniería, Escalas, Mejora continua.

Abstract

This document outlines the technical and methodological specifications of a set of scales designed to assess professional learning outcomes or graduate attributes in engineering programs. These scales were developed in alignment with international guidelines on educational assessment and through systematic design and validation procedures that included the active participation of faculty members from the Technological Institute of Costa Rica. Their psychometric quality has been demonstrated through multiple sources of validity and reliability evidence, as well as through a peer-review process.

Each scale consists of five performance levels and is used to evaluate direct evidence of student learning, such as final projects, technical reports, oral presentations, and other academic products. This direct assessment approach provides objective and structured information about the level of

mastery students demonstrate in each learning outcome or attribute, integrating knowledge, skills, and values. The scales are applied through the institutional platform TEC Digital, which facilitates their incorporation into regular teaching practice and ensures consistency of the assessment process across courses and programs.

The results obtained feed into the institution's continuous improvement processes, aimed at strengthening educational quality and promoting comprehensive student development. The attributes assessed through these instruments include ethics and equity, lifelong learning, communication skills, individual and team work, engineering design, the use of engineering tools and disciplinary knowledge, project management and finance, research, problem analysis, and the role of the engineer in society and the world. Together, these scales represent a significant contribution to higher education institutions by providing standardized, coherent, and reliable instruments for the direct assessment of learning outcomes in engineering.

Key words: Learning outcomes assessment, Attributes, Engineering education, Scales, Continuous improvement.

Introducción

El presente documento tiene como propósito describir las especificaciones de evaluación de las escalas diseñadas para valorar las competencias profesionales en los programas de ingeniería. Estas escalas fueron elaboradas siguiendo los Estándares para las pruebas educativas y psicológicas (AERA et al., 2014) y las orientaciones metodológicas de Johnson et al. (2009) y León-Velazco et al. (2001). Además, el proceso cuenta con respaldo científico mediante su publicación en una revista arbitrada (Hernández-Campos et al., 2025), donde se presentan evidencias psicométricas de validez y confiabilidad, así como una descripción detallada del proceso de diseño, que incluyó la participación activa del personal docente del Tecnológico de Costa Rica.

Estos instrumentos forman parte del proceso institucional de incorporación y evaluación de los atributos del perfil de egreso descrito por Hernández-Campos et al. (2022). Cada uno consiste en una escala de cinco niveles de desempeño que las personas docentes utilizan para evaluar evidencias de aprendizaje de sus estudiantes, como trabajos finales, tareas, presentaciones u otros productos académicos. Este tipo de evaluación directa permite obtener una mirada objetiva y estructurada del desempeño del estudiantado con relación a los conocimientos, habilidades y valores que conforman cada atributo.

La aplicación de estas escalas se realiza directamente desde la interfaz del curso en la plataforma TEC Digital, lo que facilita la integración del proceso de evaluación dentro de la dinámica habitual de la docencia. Los resultados obtenidos se incorporan a un proceso de mejora continua orientado tanto al cumplimiento de estándares internacionales de calidad (Alianza Internacional de Ingeniería y Acuerdo de Washington) para los programas de ingeniería como al fortalecimiento de una formación integral en el estudiantado.

Los datos del proceso pueden visualizarse a través de la herramienta de analítica curricular (gestor de Atributos), que muestra los resultados consolidados por programa académico, o en el expediente docente, donde cada persona evaluadora puede consultar la información de sus cursos.

Los atributos que se evalúan mediante estos instrumentos son: ética y equidad, aprendizaje continuo, habilidades de comunicación, trabajo individual y en equipo, diseño de ingeniería, herramientas de ingeniería, conocimiento de ingeniería, administración de proyectos y finanzas, investigación, análisis de problemas y persona ingeniera y el mundo.

Propósito de la prueba

El propósito de los instrumentos de evaluación que se presentan en este documento es evaluar los atributos del estudiantado durante su proceso formativo en carreras de ingeniería. Los atributos son un conjunto de resultados de aprendizaje indicativos del potencial de la persona graduada para desarrollar competencias relativas a la práctica de la ingeniería una vez se incorpore en el mundo del trabajo (International Engineering Alliance, 2021).

Para ello, las personas docentes especialistas en su área revisarán las asignaciones realizadas por su estudiantado y determinarán el nivel de desarrollo evidenciado en cada indicador del atributo definido. El contenido y las asignaciones a utilizar en la evaluación serán escogidos con base en el criterio técnico profesorado y en la alineación con el currículo de la carrera correspondiente.

Es importante destacar que estos instrumentos no pretenden limitar el alcance de los cursos, restringir sus contenidos ni interferir con las estrategias metodológicas que la persona docente decida emplear. Por el contrario, buscan ser una herramienta complementaria para apoyar la evaluación de los resultados de aprendizaje y fortalecer los procesos de mejora continua a nivel institucional.

1.1. Tipo de comportamiento

El tipo de evaluación que se realiza para evaluar los atributos es una evaluación centrada en el desempeño. Este tipo de evaluación examina la capacidad de la persona en cuanto a sus conocimientos y habilidades mediante el diseño o resolución de una tarea o producto (Johnson et al., 2009). Los indicadores de esta prueba han sido diseñados en estricto apego a lo definido por el Acuerdo de Washington, así como a los principios de psicometría para la construcción de pruebas válidas y confiables.

En el caso de la evaluación de los atributos, se debe evaluar conocimientos y habilidades técnicos de la ingeniería, así como interpersonales y sociales, ambos fundamentales para la formación de una persona profesional en ingeniería (Hernández-Campos et al, 2025; Hilliger et al., 2024).

1.2. Población a la que va dirigida

La población para la cual han sido diseñados los instrumentos son estudiantes de ingeniería de grado que se encuentran en un rango de edad entre los 17 y 25 años de edad en promedio.

1.3. Condiciones de aplicación

El uso de estos instrumentos para la evaluación de los atributos será realizado por docentes de grado de carreras de ingeniería, tanto de cursos de carrera como de escuelas de servicio. El equipo docente utilizará estos instrumentos para evaluar, durante la etapa final del semestre, el atributo previamente mapeado.

Es fundamental que el estudiantado conozca que el propósito de la evaluación de los atributos es garantizar una formación profesional integral. Además, que dichas evaluaciones les posibilitan a estudiantes y programas académicos identificar el nivel de desarrollo de estos resultados de aprendizaje durante su proceso formativo.

1.4. Finalidad de los resultados y decisiones que se tomarán con los mismos

La evaluación de los atributos forma parte de los procesos de acreditación institucional y tiene un enfoque formativo. Este enfoque implica que el profesorado analice la evidencia generada para orientar a sus estudiantes mediante retroalimentación o acciones de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Talanquer, 2015), situando al estudiantado como protagonista de su propio desarrollo (Cruzado, 2022).

Por otra parte, más allá de los requisitos de acreditación, esta evaluación constituye un insumo valioso para generar hallazgos accionables en el contexto educativo. Estos hallazgos corresponden a información que el profesorado y los programas académicos pueden utilizar, según su criterio, para mejorar la experiencia de aprendizaje (Jørnø et al., 2018). Así, se busca cerrar el ciclo entre evaluación, análisis de datos y acciones concretas de mejora sobre la formación del estudiantado.

Los resultados permitirán:

- Informar al ente acreditador sobre el desarrollo de los atributos a lo largo de los planes de estudio.
- Proveer a la institución y a los tomadores de decisiones información sobre el avance de estos resultados de aprendizaje en los programas académicos.
- Construir una línea histórica del desarrollo de los atributos por curso y por programa.
- Retroalimentar al profesorado sobre el desempeño de sus estudiantes en relación con los atributos, para fortalecer su mediación pedagógica en futuras generaciones.

Con estos datos se podrán tomar decisiones orientadas a mejorar la formación. Se recomienda al profesorado incorporar los indicadores de los atributos en la evaluación regular del curso, informando oportunamente al estudiantado sobre cuándo y cómo serán evaluados. Es importante aclarar que no alcanzar el nivel esperado en un atributo no implica reprobación del curso.

En resumen, la prueba tiene como propósito ofrecer una estimación del desarrollo de los once atributos a lo largo del plan de estudios. Con ello se busca evidenciar los avances alcanzados, tanto en los procesos de gestión de la calidad institucional como en la retroalimentación dirigida al estudiantado, a fin de fortalecer su formación integral y su proyección profesional.

1. Especificaciones de contenido

Las especificaciones de contenido están relacionadas con el marco de referencia que fundamenta los instrumentos de evaluación (AERA et al., 2014), en este caso particular las escalas de evaluación de los atributos.

Como punto de partida, se revisó la literatura disponible sobre la evaluación de atributos en instituciones de educación superior con experiencia en procesos de acreditación vinculados al Acuerdo de Washington. Esta revisión permitió identificar enfoques y buenas prácticas para la medición de competencias en programas de ingeniería. Cabe destacar que no se consideró únicamente un sustento teórico, ya que, por definición, los atributos deben evaluarse tomando como referencia principal las definiciones propuestas por la Alianza Internacional de Ingeniería (Tabla 2) y sus correspondientes áreas de conocimiento y actitudinales (Tabla 1).

Posteriormente, el diseño de las escalas de evaluación de los once atributos se desarrolló con la participación de personas académicas y profesionales especialistas en las diversas áreas del conocimiento implicadas (Hernández-Campos et al., 2025). En este proceso intervinieron expertas y expertos en ciencias sociales, comunicación, lenguaje, pedagogía e ingeniería, cuyos aportes fueron fundamentales para garantizar la pertinencia y claridad de los indicadores. Los procedimientos empleados para obtener evidencias de validez de constructo y confiabilidad de las escalas se describen en secciones posteriores.

A continuación, se presentan los insumos que fundamentan el contenido de las escalas de evaluación de los atributos:

Insumo 1 - Perfil de conocimiento y actitudinal:

- La tabla 1 fue empleada durante la redacción de los indicadores como insumo. La misma ha sido definida por la Alianza Internacional de Ingeniería (2021) para la operacionalización de los atributos por parte de las organizaciones signatarias.

Tabla 1

Perfil de conocimiento y actitud de las personas graduadas

WK1:	Comprensión sistemática y teórica de las ciencias naturales aplicables a la disciplina y conocimiento de las ciencias sociales pertinentes
WK2:	Matemáticas de base conceptual, análisis numérico, análisis de datos, estadística y aspectos formales de las ciencias de la computación y la información para apoyar el análisis detallado y la modelización aplicable a la disciplina

WK3:	Una formulación sistemática, basada en la teoría, de los fundamentos de la ingeniería requeridos en la disciplina de la ingeniería
WK4:	Conocimiento especializado en ingeniería que proporciona marcos teóricos y cuerpos de conocimiento para las áreas de práctica aceptadas en la disciplina de la ingeniería; mucho está a la vanguardia de la disciplina.
WK5:	Conocimiento, incluyendo el uso eficiente de los recursos, los impactos ambientales, el costo de la vida, la reutilización de los recursos, el carbono neto cero, y conceptos similares, que apoyan el diseño y las operaciones de ingeniería en un área de práctica.
WK6:	Conocimiento de la práctica de la ingeniería (tecnología) en las áreas de práctica en la disciplina de la ingeniería
WK7:	Conocimiento del papel de la ingeniería en la sociedad y problemas identificados en la práctica de la ingeniería en la disciplina, como la responsabilidad profesional de un ingeniero con la seguridad pública y el desarrollo sostenible.
WK8:	Compromiso con los conocimientos seleccionados en la literatura de investigación actual de la disciplina, conciencia del poder del pensamiento crítico y enfoques creativos para evaluar los problemas emergentes
WK9:	Ética, comportamiento inclusivo y conducta. Conocimiento de la ética profesional, las responsabilidades y las normas de la práctica de la ingeniería. Conciencia de la necesidad de la diversidad por razón de etnia, género, edad, capacidad física, etc., con comprensión y respeto mutuos, y de las actitudes inclusivas.
* Representados por los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (ODS)	
Un programa que construya este tipo de conocimientos y actitudes y desarrolle los atributos básicos que se enumeran a continuación suele lograrse en 4 o 5 años de estudio, dependiendo del nivel de los estudiantes al ingresar.	

Nota. la traducción es propia de la autora.

Insumo 2 - Conocimientos por atributo:

- La tabla 2 fue empleada durante la redacción de los indicadores como insumo. La misma ha sido definida por la Alianza Internacional de Ingeniería (2021) y presenta las habilidades que debe poseer una persona al momento de graduarse con respecto a los atributos.

Tabla 2

Perfiles de atributo del graduado

Característica diferenciadora	La persona ingeniera graduada debe:
Conocimientos de ingeniería: Amplitud, profundidad y tipo de conocimientos, tanto teóricos como prácticos	WA1: Aplicar el conocimiento de las matemáticas, las ciencias naturales, la informática y los fundamentos de la ingeniería, y una especialización en ingeniería como se especifica en WK1 a WK4 respectivamente para desarrollar soluciones a problemas complejos de ingeniería
Análisis del problema: Complejidad del análisis	WA2: Identificar, formular, investigar bibliografía y analizar problemas complejos de ingeniería llegando a conclusiones fundamentadas utilizando los primeros principios de las matemáticas, las ciencias naturales y las ciencias de la ingeniería con consideraciones holísticas para el desarrollo sostenible* (WK1 a WK4)
Diseño/desarrollo de soluciones: Amplitud y singularidad de los problemas de ingeniería, es decir, la medida en que los problemas son originales y cuyas soluciones no han sido identificadas o codificadas previamente	WA3: Diseñar soluciones creativas para problemas complejos de ingeniería y diseñar sistemas, componentes o procesos para satisfacer las necesidades identificadas teniendo en cuenta la salud pública y la seguridad, el coste de toda la vida, el carbono neto cero, así como los recursos, la cultura, la sociedad y las consideraciones ambientales, según sea necesario (WK5).
Investigación: Amplitud y profundidad de la investigación y la experimentación	WA4: Llevar a cabo investigaciones de problemas complejos de ingeniería utilizando métodos de investigación que incluyan el conocimiento basado en la investigación, el diseño de experimentos, el análisis y la interpretación de los datos, y la síntesis de la información para proporcionar conclusiones válidas (WK8)

Uso de herramientas: Nivel de comprensión de la idoneidad de las tecnologías y herramientas	WA5: Crear, seleccionar y aplicar, y reconocer las limitaciones de las técnicas apropiadas, los recursos y las herramientas modernas de ingeniería e informática, incluyendo la predicción y la modelización, a problemas complejos de ingeniería (WK2 y WK6)
El ingeniero y el mundo: Nivel de conocimiento y responsabilidad en el desarrollo sostenible	WA6: Al resolver problemas complejos de ingeniería, analizar y evaluar los impactos del desarrollo sostenible* en: la sociedad, la economía, la sostenibilidad, la salud y la seguridad, los marcos legales y el medio ambiente (WK1, WK5 y WK7)
Ética: Comprensión y nivel de práctica	WA7: Aplicar los principios éticos y comprometerse con la ética profesional y las normas de la práctica de la ingeniería y cumplir con las leyes nacionales e internacionales pertinentes. Demostrar que comprende la necesidad de la diversidad y la inclusión (WK9).
Trabajo en equipo individual y colaborativo: Papel y diversidad del equipo	WA8: Funcionar eficazmente como individuo, y como miembro o líder en equipos diversos e inclusivos y en entornos multidisciplinares, presenciales, remotos y distribuidos (WK9)

Nota. La traducción es propia de la autora.

Insumo 3 - Referencia teórica:

Se emplearon como insumo para los talleres con expertos los indicadores de los atributos definidos por:

- Burak y Sepehri (2015).
- George et al. (2016).
- La facultad de ciencias aplicadas y de la ingeniería de la Universidad de Toronto (2012).
- La facultad de McGill para la evaluación de los atributos (s.f).

2.1. Indicadores evaluados en las escalas y número de ítems por atributo

Tabla 3

Número de ítems por atributo

Atributo y definición	Indicadores
<p>Ética y equidad</p> <p>Aplica principios éticos y se compromete con la ética profesional y las normas de la práctica de la ingeniería y se adhiere a las leyes nacionales e internacionales pertinentes. Demuestra comprensión de la necesidad de diversidad e inclusión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● EE1 - Identifica los principios éticos y de equidad, las responsabilidades y las normas de la práctica de la ingeniería incluyendo los valores de la diversidad y la inclusión ● EE2 - Aplica principios éticos y de equidad y las normas de la práctica de la ingeniería considerando los valores de la diversidad y la inclusión ● EE3 - Justifica soluciones a problemas y dilemas relacionados con los principios éticos y de equidad, las responsabilidades y las normas de la práctica de la ingeniería, mostrando comprensión de la necesidad de la diversidad y la inclusión. ● EE4 - Propone soluciones innovadoras a problemas y dilemas relacionados con los principios éticos y de equidad, las responsabilidades y las normas de la práctica de la ingeniería, incorporando en esas soluciones los valores de la diversidad y la inclusión.
<p>Aprendizaje continuo</p> <p>Reconoce la necesidad y tiene la preparación y capacidad para i) aprender independiente y a lo largo de la vida ii) adaptabilidad a tecnologías nuevas y emergentes y iii) pensamiento crítico en el contexto más amplio del cambio tecnológico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● AC1 - Identifica sus necesidades de aprendizaje (conocimiento, habilidades, destrezas o actitudes) en un contexto de amplio cambio tecnológico. ● AC2 - Identifica tecnologías nuevas y emergentes que contribuyen con su aprendizaje a lo largo de la vida. ● AC3 - Implementa acciones o estrategias (por ejemplo, uso de tecnologías nuevas o emergentes, repaso de contenidos, organización del tiempo, búsqueda bibliográfica, otros) que pueden solventar sus necesidades de aprendizaje en un contexto de amplio cambio tecnológico. ● AC4 - Evalúa de forma crítica la eficacia de las estrategias implementadas en la atención a las necesidades de aprendizaje en un contexto de amplio cambio tecnológico.

<p>Habilidades de comunicación</p> <p>Se comunica de manera efectiva e inclusiva sobre actividades de ingeniería complejas con la comunidad de ingenieros y con la sociedad en general, es capaz de comprender y escribir informes efectivos y documentación de diseño, hacer presentaciones efectivas, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● HC1 - Comunica, de manera oral o escrita, conceptos e ideas relacionadas con la ingeniería y su entorno social de forma correcta, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje. ● HC2 - Expone presentaciones orales relacionadas con la ingeniería y su entorno social de forma clara, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje. ● HC3 - Redacta documentos escritos relacionados con la ingeniería y su entorno social de forma apropiada, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje. ● HC4 - Expresa de forma clara y específica instrucciones para realizar una tarea relacionada con la ingeniería y su entorno social, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje.
<p>Trabajo individual y en equipo</p> <p>Funciona de manera efectiva como individuo y como miembro o líder en equipos diversos e inclusivos y en entornos multidisciplinarios, cara a cara, remotos y distribuidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● TE1 - Desarrolla estrategias para el trabajo individual y en equipo de forma equitativa e inclusiva a lo largo de las etapas del proceso: planificación, ejecución y evaluación. ● TE2 - Planifica el trabajo individual y en equipo mediante la identificación de los roles, objetivos, metas, reglas, bitácoras, entre otros. ● TE3 - Implementa acciones que promueven la colaboración y cooperación entre los miembros del equipo durante el desarrollo de las actividades propuestas. ● TE4 - Ejecuta, mediante el trabajo individual y en equipo, las estrategias planificadas para el logro de objetivos y metas. ● TE5 - Evalúa la eficiencia y la efectividad del desempeño del trabajo individual y en equipo a lo largo del proceso. ● TE6 - Evalúa las estrategias empleadas para promover la equidad e inclusión a lo largo del proceso. ● TE7 - Evalúa las acciones de colaboración y cooperación entre los miembros del equipo durante el desarrollo del trabajo.

<p>Diseño de ingeniería</p> <p>Diseña soluciones creativas para problemas de ingeniería complejos y diseña sistemas, componentes o procesos para satisfacer las necesidades identificadas con la consideración adecuada para la salud y la seguridad públicas, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como las consideraciones de recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● DI1 - Identifica las necesidades y los requerimientos de un problema complejo de ingeniería considerando la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario. ● DI2 - Valora alternativas de solución para un problema complejo de ingeniería que cumplan con necesidades específicas, considerando la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario. ● DI3 - Diseña de forma creativa, la alternativa seleccionada que cumpla con las necesidades específicas para resolver el problema complejo de ingeniería, considerando la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario. ● DI4 - Valida el diseño final de acuerdo con los requerimientos, la salud y la seguridad pública, el costo total de la vida, el carbono neto cero, así como aspectos relacionados con recursos, culturales, sociales y ambientales según sea necesario.
<p>Herramientas de ingeniería</p> <p>Capacidad para crear, seleccionar, aplicar, adaptar y ampliar apropiadamente técnicas, recursos y herramientas modernas de Ingeniería y de tecnología de la información, incluyendo la prospección y modelado de problemas complejos de ingeniería, con la comprensión de las limitaciones asociadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● HI1 - Selecciona técnicas, recursos, herramientas o métodos acorde con las variables del problema complejo de ingeniería. ● HI2 - Aplica técnicas, recursos, herramientas o métodos en un problema complejo de ingeniería ● HI3 - Crea o adapta las técnicas, recursos, herramientas o métodos en problemas complejos de ingeniería.

<p>Conocimiento de ingeniería</p> <p>Capacidad para aplicar los conocimientos a nivel universitario de matemáticas, ciencias naturales, fundamentos de la Ingeniería y conocimientos especializados de ingeniería para la solución de problemas complejos de Ingeniería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● CI1 - Aplica conceptos matemáticos o de ciencias naturales y fundamentos especializados que contribuyan con la resolución de problemas complejos de ingeniería.
<p>Administración de proyectos y finanzas</p> <p>Aplica el conocimiento y la comprensión de los principios de gestión de ingeniería y la toma de decisiones económicas y los aplica al propio trabajo, como miembro y líder de un equipo, y para gestionar proyectos en entornos multidisciplinarios</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● AF1 - Identifica el ciclo de vida de un proyecto, así como otros elementos relacionados con la gestión del proyecto de ingeniería. ● AF2 - Identifica los diversos tipos de beneficios, costos económicos y financieros de una actividad de ingeniería. ● AF3 - Planifica el proceso y los elementos financieros asociados a la gestión del proyecto de ingeniería, considerando entornos multidisciplinarios ● AF4 - Aplica herramientas y elementos de la gestión de proyectos y finanzas para el logro de las metas establecidas.
<p>Investigación</p> <p>Capacidad para conducir investigaciones de problemas complejos por medio de conocimientos y métodos apropiados, incluyendo el diseño de experimentos, análisis e interpretación de datos y síntesis de información para proveer conclusiones válidas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● IN1 - Identifica el problema complejo de ingeniería a investigar. ● IN2 - Diseña una propuesta de investigación. ● IN3 - Ejecuta la metodología del plan de investigación para la obtención de datos relevantes. ● IN4 - Analiza los datos obtenidos en el desarrollo de la investigación. ● IN5 - Elabora conclusiones a partir de la síntesis y análisis de los resultados de la investigación.

<p>Análisis de problemas</p> <p>Capacidad para utilizar los conocimientos y habilidades apropiados para identificar, formular, investigar en la literatura, analizar y resolver problemas complejos de Ingeniería, logrando conclusiones sustanciales, utilizando principios de matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la Ingeniería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● AP1 - Identifica un problema complejo de ingeniería utilizando principios de matemáticas, ciencias naturales y ciencias de la Ingeniería, integrando aspectos para el desarrollo sostenible ● AP2 - Analiza el contexto y las variables relacionadas con el problema complejo de ingeniería identificado, integrando aspectos para el desarrollo sostenible ● AP3 - Formula un plan de solución para el problema complejo de ingeniería, integrando aspectos para el desarrollo sostenible. ● AP4 - Resuelve el problema complejo de ingeniería, integrando aspectos para el desarrollo sostenible ● AP5 - Evalúa las soluciones planteadas al problema complejo de ingeniería, integrando aspectos para el desarrollo sostenible.
<p>Persona ingeniera y el mundo</p> <p>Analiza y evalúa el impacto ambiental y desarrollo sostenible* en: la sociedad, la economía, la sostenibilidad, la salud y la seguridad, los marcos legales y el medio ambiente, al resolver problemas complejos de ingeniería.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● PM1 - Identifica los aspectos sociales, económicos, legales, ambientales, de seguridad y salud en el análisis y evaluación del impacto ambiental para el desarrollo sostenible al resolver problemas complejos de ingeniería. ● PM2 - Explica la importancia de los aspectos sociales, económicos, legales, ambientales, de seguridad y salud en el análisis y evaluación del impacto ambiental para el desarrollo sostenible al resolver problemas complejos de ingeniería. ● PM3 - Integra los aspectos sociales, económicos, legales, ambientales, de seguridad y salud en el análisis y evaluación del impacto ambiental para el desarrollo sostenible al resolver problemas complejos de ingeniería

2. Especificaciones de formato

La evaluación de los atributos se realiza a través de escalas de calificación numéricas de 5 puntos. Una escala de calificación es un listado de indicadores específicos con un lugar para marcar el grado de presencia de cada indicador. Las escalas usan calificaciones de frecuencia o de calidad, de ahí el nombre de "escala de calificación." Estos instrumentos son excelentes para realizar evaluaciones de desempeño en el contexto educativo, sobre todo si estas evaluaciones son de tipo diagnóstico o formativo (Brookhart, 2013; Johnson et al., 2009). Particularmente, en una escala numérica de calificación se atribuyen valores numéricos al grado o nivel de calidad que el estudiantado evidencia en la ejecución de un criterio de evaluación dado, en este caso, de los indicadores del atributo. La escala considera un valor numérico para cada uno de los grados que la componen (Gómez-Ávalos et al., 2013).

Especialistas en el área de evaluación difieren sobre la cantidad de niveles del desempeño que deberían plantearse en las escalas; por ejemplo Popham (1978) sugiere que una escala debería tener entre 6 y 12 criterios y Russell y Airasian (2012) proponen que tenga entre 4 y 5 criterios de evaluación. Para efectos de este proceso, se tomó la decisión de trabajar con 5 niveles considerando que la calificación de muchos criterios puede ser compleja para las personas evaluadoras y se podría incurrir en imprecisiones en el proceso de valoración.

Además, se considera un último nivel que permite identificar si la persona estudiante sobrepasó las expectativas definidas en la prueba. Este último nivel de la escala permite visibilizar aquellos estudiantes que logran sobrepasar el nivel de desempeño deseado, lo cual puede fomentar un ambiente de aprendizaje que promueve el desarrollo y búsqueda de la excelencia. Además, facilita que la realimentación por parte del docente sea más específica (Cizek, 2011; Johnson et al.; 2009).

Ejemplo de escala de evaluación y sus indicadores

Indicadores (Ejemplo: habilidades de comunicación)		1	2	3	4	5
HC1 - Comunica, de manera oral o escrita, conceptos e ideas relacionadas con la ingeniería y su entorno social de forma correcta, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje.						
HC2 - Expone presentaciones orales relacionadas con la ingeniería y su entorno social de forma clara, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje.						
HC3 - Redacta documentos escritos relacionados con la ingeniería y su entorno social de forma apropiada, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje.						
HC4 - Expresa de forma clara y específica instrucciones para realizar una tarea relacionada con la ingeniería y su entorno social, tomando en cuenta las diferencias culturales, de idioma y de aprendizaje.						

1= No cumple con el indicador	2= Logra un cumplimiento mínimo (menos del 50%) del indicador	3= Cumple con el indicador (del 51% al 89%) pero requiere de oportunidades de mejora	4= Cumple con el indicador (de un 90% a un 100%)	5= Excede las expectativas en el cumplimiento del indicador
-------------------------------	---	--	--	---

3. Formato de las evidencias sobre las cuales se aplicará la evaluación

La evaluación de los atributos se aplicará sobre evidencias previamente diseñadas por el profesorado, las cuales deben elaborarse considerando los indicadores definidos para cada atributo. Se recomienda que estas evidencias provengan de metodologías activas o de evaluación auténtica, ya que estos enfoques facilitan la valoración de los atributos y resultados de aprendizaje (Johnson et al., 2009). A diferencia de modelos tradicionales que centran el aprendizaje en la figura docente, las metodologías activas ponen al estudiantado en el centro, promoviendo el desarrollo de habilidades a través del saber hacer y situando las tareas en contextos reales (Chikeme et al., 2024; Rocha y Araújo, 2020; Rodríguez et al., 2012).

Por su parte, la evaluación auténtica tiene como propósito que las personas estudiantes resuelvan, de manera activa, problemas reales mediante tareas complejas, integrando sus conocimientos previos y habilidades. Esto supera los modelos tradicionales que limitan al estudiantado a roles pasivos como escuchar, memorizar o repetir información (Aschbacher y Winters, 1992, citados por Vallejo y Molina, 2014).

En línea con las tendencias educativas actuales, tanto la evaluación auténtica como las metodologías activas fortalecen los procesos formativos basados en resultados de aprendizaje, al enfocarse en que el estudiantado sea capaz de enfrentar problemas reales con base en su conocimiento y habilidades, siempre acompañado por el equipo docente (Cruzado, 2022).

Algunas de las evidencias que puede emplear el profesorado para evaluar los atributos son:

- Bitácoras.
- Estudios de casos.
- Aprendizaje basado en proyectos.
- Exposición.
- Ensayo.
- Trabajo final.
- Ítems de un examen.
- Prueba escrita o prueba oral.
- Proyectos de investigación.
- Trabajo en equipo.
- Aprendizaje basado en problemas.
- Design thinking.
- Instrucción entre pares.
- Exposiciones.
- Aula invertida.

3.1. Elementos de la evidencia a evaluar

A continuación, se describen los aspectos que deben considerarse para el diseño de la actividad de aprendizaje en la cual se evaluará el atributo (Branch, 2010; Salas, 2010):

- **a.** Los objetivos de la actividad de aprendizaje (emplear la Taxonomía de Bloom como referencia).
- **b.** Atributo a evaluar.
- **c.** Recursos tecnológicos que requeridos para realizar la actividad de aprendizaje.

- **d.** Contenidos.
- **e.** Modalidad de la actividad de aprendizaje (grupal o individual).
- **f.** Dónde y cuándo debe entregar el estudiantado la asignación.
- **g.** Aspectos de formato de la entrega.
- **h.** Paso a paso las actividades que deberá realizar el estudiantado.
- **i.** Criterios de evaluación e instrumentos con los que será evaluada la actividad de aprendizaje.

4. Especificaciones psicométricas

4.1. Validez

La validez es definida como el grado de propiedad de las inferencias e interpretaciones derivadas de los puntajes de los tests, incluyendo las consecuencias sociales que se derivan de la aplicación del instrumento (Messick, 1989a, 1989b citado en Moreira-Mora et al., 2022). Según Moreira-Mora et al. (2022), la validez no es una propiedad intrínseca de los instrumentos, por el contrario, se encuentra definido en función del propósito de la medición, la población a la que va dirigida y del contexto específico de aplicación.

De acuerdo con Montero-Rojas (2013) entre las fuentes de validez se encuentra la consulta a jueces expertos, aplicación piloto del instrumento y un análisis psicométrico básico de los ítems del instrumento.

Para el caso de estas pruebas se emplearon los siguientes procedimientos para garantizar la validez de los mismos.

○ **Fase 0:** Recolección de insumos a partir de la literatura.

○ **Fase I:** Talleres con jueces expertos

- Se realizaron 11 talleres con personas expertas en los distintos atributos con el objetivo de redactar los indicadores de cada uno de los atributos. Para cada taller se contó con la participación de al menos dos personas especializadas en el contenido vinculante al atributo y dos personas mediadoras de pedagogía.
- Para estos talleres se elaboró un documento de referencia considerando los insumos definidos en la sección “especificaciones de contenido”.

○ **Fase II:** Jueceo con personas expertas

- Una vez obtenidos los indicadores, se compartieron con al menos tres personas expertas en el atributo para realizar un jueceo. En este jueceo se valoró la suficiencia, claridad, coherencia y relevancia de los indicadores según lo definido por Escobar-Pérez et al. (2008).

- Para la realización del jueceo se siguieron las especificaciones de Brennan y Prediger (1981).
- El cálculo de las kappas se realizó según la calculadora de Randolph (2008).
- Los valores de kappa pueden oscilar entre -1,0 y 1,0; -1,0 indica un desacuerdo perfecto por debajo del azar, 0,0 indica un acuerdo igual al azar y 1,0 indica un acuerdo perfecto por encima del azar. La regla empírica de Fleiss (1981) es que los valores de kappa inferiores a 0,40 son “pobres”, los valores de 0,40 a 0,75 son “intermedios a buenos” y los valores superiores a 0,75 son “excelentes”.
- El proceso de jueceo se realizó en reiteradas ocasiones hasta obtener un kappa excelente o intermedio. Durante estas iteraciones el primer grupo de personas docentes a cargo del diseño de los indicadores valoraban las observaciones realizadas por los pares en el jueceo con el acompañamiento de las asesoras académicas, y a partir de estas reflexiones se hacían ajustes a los mismos. No obstante, para el atributo de “trabajo individual y en equipo”, no se logró obtener un acuerdo entre jueces. Para compensar este desacuerdo entre jueces, se realizó un taller adicional con otro experto especializado en “trabajo en equipo”, para incorporar las observaciones de los jueces e integrarlos según la teoría de referencia en materia de trabajo colaborativo y en equipo.

	Atributo	Porcentaje de acuerdo	Kappa	Calificación
1	TE	46,67	0,29	bajo
2	HC	79,49	0,73	intermedio
3	AC	84,62	0,79	excelente
4	DI	94,87	0,93	excelente
5	HI	86,67	0,82	excelente
6	CI	75	0,67	Intermedio
7	EE	69,23	0,59	Intermedio
8	PM	100	1	excelente
9	AF	84,62	0,79	excelente
10	IN	87,5	0,83	excelente
11	AP	76,04	0,68	Intermedio

4.2. Confiabilidad.

La confiabilidad hace referencia a la consistencia y estabilidad en las repeticiones de una medida, es decir, se puede afirmar que un instrumento es confiable si aplicado en las mismas condiciones produce los mismos resultados. La confiabilidad es un requisito fundamental de la validez (Moreira et al., 2022; Nunnally y Bernstein, 1995).

Es preciso indicar que las pruebas psicométricas para valorar la confiabilidad se basan tradicionalmente en dos modelos: la Teoría Clásica de los Test (TCT) y la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI). Uno de los indicadores de confiabilidad más empleados en psicometría es el Alfa de Cronbach, que es el resultado más importante de la TCT, el índice de discriminación, calculado en la TCT como la correlación ítem-total corregida, así como la cantidad de error de medición y el tamaño de la función de información en TRI (Martínez et al, 2006; Muñiz, 2003; Moreira et al., 2022; Prieto y Delgado, 2003).

En términos generales, la TCT se sustenta en el modelo lineal clásico, basado en los principios de a) la puntuación verdadera, b) la puntuación empírica y c) el error de medida (Meneses y Barrios, 2014), y concentra su análisis en las puntuaciones para valorar los errores en la medición, asumiendo que las diferencias de cada persona son producidas por variantes en sus “capacidades” (Sánchez, 2000). Por su parte, la TRI busca demostrar la relación entre la habilidad o el rasgo medido y los ítems, de modo que los puntajes toman sentido al analizar la dificultad y la capacidad de discriminación que tiene cada ítem (Demars, 2010). Así las cosas, el objetivo de esta teoría es construir instrumentos de medición que no varíen entre poblaciones, considerando al ítem como una unidad moldeable de análisis basada en el rasgo latente o dominio de la prueba (Attorresi et al., 2009).

Las medidas que se emplean para asegurar la confiabilidad de estos instrumentos son:

- **Alfa de Cronbach:** Una alta confiabilidad típicamente es mayor a 0.8 tanto en la TCT como para el modelo de Rasch (Moreira et al., 2022).
- **Índice de discriminación:** El índice de discriminación de un ítem se mide por el grado en que este ayuda a ampliar las diferencias entre quienes obtienen un puntaje relativamente alto en la prueba respecto a quienes obtienen un puntaje relativamente bajo, y se calcula de la siguiente forma (Bazán, 2000, citado por Hurtado, 2018):

$$Dis = \frac{C_s - C_i}{N_s}$$

Donde C_s y C_i corresponden a las mitades de la muestra, respectivamente a las personas con puntajes superiores y N_s a las personas con puntajes inferiores, y atañe a la cantidad de personas con puntajes superiores, es decir, a las que pertenecen a C_s . Este índice se establece en un rango de 0 a 1 y se interpreta a partir de dos parámetros: de 0 a 0.3 no discrimina y de 0.4 a 1 sí discrimina.

- **Análisis de dificultad:** El índice de dificultad estadístico consiste en una técnica utilizada usualmente en pruebas diseñadas con el modelo de la TRI y se define como la relación entre el número de aciertos y el total de personas evaluadas (Hurtado, 2018). Este índice se establece en un rango de 0 a 1, donde los valores entre 0 a 0.3 refieren a ítems con tendencia difícil, los valores entre 0.4 a 0.6 refieren a ítems con dificultad ideal y los valores entre 0.7 a 1 refieren a ítems con tendencia fácil.

$$Dif = 1 - \frac{C}{N}$$

Nota: C corresponde al total de aciertos en el ítem correspondiente y N al total de personas evaluadas.

- **Correlación ítem-total corregida:** las correlaciones ítem-puntuación total corregida permite valorar la relevancia y la utilidad de cada ítem dentro de la escala.
- **Análisis factorial exploratorio:** Se utilizó el análisis factorial exploratorio (AFE) para explorar la validez estructural de cada escala. La idoneidad de los datos para el AFE se evaluó examinando las correlaciones entre ítems y realizando las pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de esfericidad de Bartlett. La prueba KMO evalúa la adecuación de la muestra para el análisis factorial, siendo más cercanos a 1 los valores que indican mayor idoneidad, mientras que la prueba de Bartlett determina si la matriz de correlaciones difiere significativamente de una matriz identidad, lo cual respalda la factorización de los datos (Martínez-Arias et al., 2014). Se retuvieron los factores con valores propios mayores que 1, siguiendo el criterio de Kaiser (Kaiser, 1970). Los indicadores se consideraron parte de un factor si su carga factorial era mayor a .400, lo que sugiere una asociación significativa con el factor subyacente (Hair et al., 2019).

Los indicadores de validez y confiabilidad obtenidos para estas escalas se presentan a continuación.

Nombre de la escala	Idoneidad de los datos			Análisis factorial exploratorio		Confiabilidad
	Correlaciones inter ítem	Prueba Kaser-Meyer-Olkin	Prueba de Bartlett	Eigenvalue c	Varianza explicada	
Aprendizaje continuo	.754-.936	.775	$\chi^2_{(6)} = 7111.968$	3.541	.849	.953
Habilidades de comunicación	.283-.912 d	.645	$\chi^2_{(6)} = 5127.589$	2.918	.665	.808
Trabajo individual y en equipo	.587-.969	.761	$\chi^2_{(21)} = 20142.256$	5.690	.786	.956
Ética y equidad	.764-.936	.739	$\chi^2_{(6)} = 8027.726$	3.574	.859	.960
Administración de proyectos y finanzas	.641-.967	.826	$\chi^2_{(6)} = 7813.428$	3.429	.824	.932
Investigación	.792-.965	.847	$\chi^2_{(10)} = 10609.440$	4.426	.858	.967
Análisis de problemas	.363-.927	.809	$\chi^2_{(10)} = 8206.579$	3.877	.743	.895
Diseño	.459-.913	.791	$\chi^2_{(6)} = 5752.008$	3.139	.730	.904
Herramientas de ingeniería	.777-.860	.753	$\chi^2_{(3)} = 3526.976$	2.632	.818	.927
Conocimiento de ingeniería	-	-	-	-	-	-

Nota 1: Esta table fue extraída de Hernández-Campos et al. (2025).

Nota 2: Al atributo “Conocimiento de ingeniería” no se le pueden hacer los análisis estadísticos correspondientes porque solo cuenta con un indicador.

De acuerdo con Hernández-Campos et al. (2025), estas escalas presentan evidencia de validez y confiabilidad, evaluadas mediante consenso de expertos (Fleiss Kappa), AFE e índices de confiabilidad. De acuerdo con la primera etapa del estudio, los resultados del Kappa de Fleiss mostraron un consenso satisfactorio entre expertos sobre la idoneidad de las escalas para medir los constructos propuestos. En la segunda etapa, los resultados del AFE confirmaron su validez, mostrando que las escalas son unifactoriales y explican una proporción significativa de la varianza, lo que sugiere un bajo error de medición. En cuanto a la confiabilidad, todas las escalas presentaron alta consistencia interna: dos de ellas con buena confiabilidad y las restantes con excelente confiabilidad.

Estos instrumentos constituyen un recurso valioso para la comunidad científica y actores en instituciones de educación superior, al ofrecer un conjunto válido y confiable de escalas estandarizadas para evaluar directamente los resultados de aprendizaje en programas de ingeniería. La evaluación de programas educativos universitarios es de gran interés a nivel global, y estas escalas fueron diseñadas en el marco de la mejora continua y la formación

integral, alineándose con los criterios del Acuerdo de Washington y Alianza Internacional de Ingeniería, referentes internacionales en educación en ingeniería.

4.3. Guía de puntuaciones

Cada escala evaluará un atributo específico. El puntaje en la escala se obtiene al promediar los puntajes obtenidos en sus indicadores. El mínimo definido para cumplir con el atributo es un promedio igual o superior a 3 ($M \geq 3$). El máximo puntaje que puede obtener un sujeto por escala es $M=5$ puntos. De esta forma, un puntaje inferior a 3, será interpretado como “no cumplimiento del atributo”.

4.4. Especificaciones de la administración de la prueba

4.4.1. Aplicaciones tecnológicas

La evaluación de los atributos se realizará en el TEC digital, en un sistema dispuesto para este propósito. Dentro de la plataforma del TECDigital se cuenta con una herramienta de analíticas curriculares que permite la recolección, análisis y visualización de datos a nivel de curso y programa.

4.4.2. Instrucciones para evaluadores para la aplicación de cada instrumento de evaluación

Quienes apliquen cada instrumento deben contemplar las siguientes consideraciones:

- Los indicadores han sido diseñados para que sean lo suficientemente generales para cumplir con lo solicitado por la Alianza Internacional de Ingeniería. Los mismos son un parámetro y referencia de los conocimientos, habilidades y actitudes que debe desarrollar el estudiantado durante su formación, pero queda a criterio del profesorado la estrategia, contenido y evaluación que se emplee para valorar los atributos.
- El desarrollo sostenible contempla los aspectos económicos, sociales y ambientales.
- El atributo de “trabajo individual y en equipo”, debe ser evaluado siempre en grupo.
- Idealmente el profesorado debe tomar cursos de capacitación sobre mediación pedagógica, metodologías activas, evaluación auténtica, planificación, habilidades blandas, entre otros. Esta capacitación es fundamental para el diseño de las estrategias de mediación y evaluativas para la valoración de los atributos.
- A la hora de diseñar las estrategias metodológicas y evaluativas para la valoración de los atributos debe considerar como referencia:
 - Las definiciones de los atributos.
 - Los indicadores para cada atributo.
 - El glosario de términos adjunto a la metodología.
 - Las especificaciones de la consigna descritos en la sección 4.1.

Referencias:

- American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education (Eds.). (2014). ***Standards for educational and psychological testing***. American Educational Research Association. [AERA+3Bibguru+3Educational Testing Standards+3](#)
- Attorresi, H., Lozzia, G., Abal, J., Galibert, M., & Aguerri, M. (2009). Teoría de respuesta al ítem: Conceptos básicos y aplicaciones para la medición de constructos psicológicos. *Revista Argentina de Psicología Clínica*, 18, 179-188.
- Brookhart, S. M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. ASCD.
- Burak, J. P., & Sepehri, N. (2015). *Graduate attributes rubrics*. The University of Manitoba, Faculty of Engineering.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach* (Vol. 722). Springer.
- Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687-699.
- Cizek, G. J. (Ed.). (2011). *Setting performance standards: Foundations, methods, and innovations*. Routledge.
- Cruzado, J. (2022). La evaluación formativa en la educación. *Comunicación: Revista de Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 13(2), 149-160. <https://doi.org/10.33595/2226-1478.13.2.672>
- Chikeme, P. C., Ogbonnaya, N. P., Ihudiebube-Splendor, C., Abonyi, E. O., Madu, O., & Okoronkwo, I. (2024). Self-directed learning readiness and learning achievements of a flipped classroom model approach in research methods class: A quasi-experimental study. *Nurse Education in Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.103968>
- Demars, C. (2010). *Item response theory: Understanding statistics measurement*. Oxford University Press.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances En Medición*, 6(2), 42–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.32870/ap.v9n2.993>
- Faculty Level Graduate Attributes, University of Toronto, Faculty of Applied Science and Engineering. (2012). *Report No. 3331 Revised*. [Universidad de Toronto].
- Fleiss, J. L. (1981). *Statistical methods for rates and proportions*. Wiley.
- George, A., Lethbridge, T., & Peyton, L. (2016). Graduate attribute assessment in software engineering program at University of Ottawa – continual improvement process. En *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association* (CEEAA).

Gómez Ávalos, G., Salas-Quesada, N., Valerio-Álvarez, C., Durán Gutiérrez, Y., Gamboa Villalobos, Y., Jiménez Aragón, L., Salas-Campos, I., & Umaña-Mata, C. (2013).

Consideraciones técnico-pedagógicas en la construcción de listas de cotejo, escalas de calificación y matrices de valoración para la evaluación de los aprendizajes en la Universidad Estatal a Distancia. *Universidad Estatal a Distancia* (UNED), Costa Rica.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8.^a ed.). Cengage Learning.

Hernández-Campos, M., Gonzalez-Torres, A., Quesada-Sánchez, M., Ortiz-Quesada, G., & García-Peñalvo, F. J. (2022, octubre). Evaluation of Learning Attributes in Higher Education: A Methodological Guide Validation. En *International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 345-354). Springer Nature Singapore.

Hernández-Campos, M., Prado-Calderón, J., Gonzalez-Torres, A., & García-Peñalvo, J. F. (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*, 112, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2025.102638>

Hernández-Campos, M., Hilliger, I., & Garcia-Peñalvo, F. (2025, marzo 03-07). Evaluating Learning Outcomes Through Curriculum Analytics: Actionable Insights for Curriculum Decision-making. En LAK25: *The 15th International Learning Analytics and Knowledge Conference* (Dublín, Irlanda) (15 p.). ACM. <https://doi.org/10.1145/3706468.3706518>

Hernández-Campos, M., Quesada-Sánchez, M., & Ortiz-Quesada, G. (2022). *Metodología para la incorporación y evaluación de los atributos del TEC*. Centro de Desarrollo Académico, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Hilliger, I., Miranda, C., Celis, S., & Pérez-Sanagustín, M. (2024). Curriculum analytics adoption in higher education: A multiple case study engaging stakeholders in different phases of design. *British Journal of Educational Technology*, 55(3), 785-801. <https://doi.org/10.1111/bjet.13374>

Hurtado, L. (2018). Relación entre los índices de dificultad y discriminación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(1), 273-300. <https://doi.org/10.19083/ridu.12.614>

International Engineering Alliance. (2021). Graduate attributes and professional competences. <https://www.ieagreements.org/> (consultado 23 de mayo de 2022)

Johnson, R., Penny, J., & Gordon, B. (2009). *Assessing performance: Designing, scoring, and validating performance tasks*. The Guilford Press.

Jørnø, R. L., & Gynther, K. (2018). *What constitutes an 'actionable insight' in learning analytics?* *Journal of Learning Analytics*, 5(3), 198-221.

León-Velasco, A., Medellín-Lozano, E., Ponce de León, E., & Organista-Díaz, P. (2001). *Construcción de pruebas objetivas para la evaluación de conocimientos en el aula*. Universidad del Bosque.

- Kaiser, H. F. (1970). A second-generation Little Jiffy. *Psychometrika*, 35, 401-415.
- Martínez-Arias, M. R., Hernández, M. J., & Hernández-Lloreda, M. V. (2014). *Psicometría*. Alianza.
- McGill, Faculty of Engineering. (s. f.). *Graduate attribute indicator rubrics* [Documento en PDF]. Recuperado de <https://www.mcgill.ca/engineering/files/engineering/rubrics.pdf>
McGill University
- Meneses, J., & Barrios, M. (2014). *Psicometría*. Editorial UOC.
- Montero, E. (2013). Referentes conceptuales y metodológicos sobre la noción moderna de validez de instrumentos de medición: implicaciones para el caso de personas con necesidades educativas especiales. *Actualidades en Psicología*, 27(114), 113-128.
Recuperado de <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/apsi/v27n114/a08.pdf>
- Moreira-Mora, T. E., Alfaro-Rojas, L., Brizuela-Rodríguez, A., Chacón-Vega, C., Gómez-González, E., Jiménez-Alfaro, K., Jiménez-Segura, F., Mena-Castillo, P., Montero-Rojas, E., Picado-Barrantes, H., Rojas-Rojas, G., Rojas-Torres, L., Smith-Castro, V., Solórzano-Salas, M. J., & Villarreal-Galera, M. P. (2022). Estándares de calidad para pruebas de alto impacto en el contexto académico y profesional costarricense. *Instituto de Investigaciones Psicológicas, Universidad de Costa Rica*.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. J. (1995). *Teoría psicométrica* (3.^a ed.). McGraw-Hill Latinoamericana.
- Popham, W. J. (1978). *Criterion-referenced measurement*. Prentice Hall.
- Randolph, J. J. (2008). *Online Kappa Calculator* [Software]. Recuperado de <http://justus.randolph.name/kappa>
- Rocha, I., & Araújo, E. (2020). Metodologías ativas e a aprendizagem significativa: um quase-experimento com alunos da disciplina Análise de Custos. *Revista Universo Contábil*, 16(4), 50-69. <https://doi.org/10.4270/ruc2020423>
- Rodríguez, K., Maya, M., & Jaén, J. (2012). Educación en ingenierías: de las clases magistrales a la pedagogía del aprendizaje activo. *Ingeniería y Desarrollo*, 30(1), 125-142.
- Russell, M. K., & Airasian, P. W. (2012). Performance assessments. En M. K. Russell & P. W. Airasian, *Classroom assessment: Concepts and applications* (pp. 200-248).
- Salas, M. (2010). Organización y diseño de curso en línea, múltiples dimensiones: Una propuesta del Centro de Capacitación en Educación a Distancia de la UNED – Costa Rica.
- Sánchez, M. (2000). *Introducción a la teoría de respuesta al ítem: Una herramienta para el análisis de variables latentes: aplicación a la medición de calidad de vida de la infancia*. Universidad de Extremadura.
- Talanquer, V. (2015). La importancia de la evaluación formativa. *Educación Química*, 26(3), 177-179.

Vallejo, M., & Molina, J. (2014). La evaluación auténtica de los procesos educativos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 64, 11-25.