

<https://doi.org/10.23913/ride.v16i31.2637>

Artículos científicos

Diseño y Estandarización Estadística de un Instrumento para la Evaluación de Competencias Profesionales en Educación Superior

Design and Standardization of an Instrument for the Educational Assessment of Professional Competencies in Higher Education

Desenho e Padronização Estatística de um Instrumento para Avaliação de Competências Profissionais no Ensino Superior

Albino Rodríguez-Díaz

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tepic, México

arodriguez@ittepic.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-3257-8478>

Jovita Romero-Islas

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tepic, México

jromero@ittepic.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6506-1651>

Julián González Borrayo

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tepic, México

jgonzalez@ittepic.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-9946-5471>

Víctor Manuel Lamas Huízar

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tepic, México

vlamas@ittepic.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0004-8470-0257>

Jorge Alberto Parra Mayorquín

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Tepic, México

jparra@ittepic.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-8570-4339>

Resumen

La investigación de este trabajo aborda la actualización y estandarización estadística de indicadores de alcance de un instrumento de evaluación del aprendizaje, según los atributos de egreso establecidos en el Acuerdo de Washington para la formación de ingenieros en el Tecnológico Nacional de México, TecNM. Mediante la aplicación de la técnica Delphi se obtuvieron once indicadores como variables latentes, con seis ítems a los que se le determinó su validez de contenido con un panel de 25 expertos. La validez de constructo se realizó con 337 estudiantes de asignaturas de ciencias básicas mediante el análisis de ecuaciones estructurales (SEM). Se utilizaron las variables latentes obtenidas como indicadores del logro de las competencias profesionales definidas en el perfil de egreso de Ingeniería Bioquímica. La reducción de dimensionalidad se realizó mediante un análisis factorial exploratorio y confirmatorio AFE/AFC, bajo la hipótesis de ortogonalidad, análisis de componentes principales y rotación Varimax. Se obtuvieron finalmente ocho factores latentes con un total de 52 ítems. El alfa de Cronbach fue igual a 0.937 y se confirmó la validez de contenido (CVR) y de constructo a través de las métricas de Lawshe y el modelo SEM, lo que respaldó la confiabilidad psicométrica del modelo teórico del instrumento. Las variables latentes y sus ítems correspondientes permiten evaluar de manera adecuada las competencias profesionales; además, el análisis del modelo SEM desarrollado permite aplicar esta metodología para evaluar competencias profesionales de otras carreras.

Palabras clave: instrumentos de evaluación; análisis factorial; psicometría / evaluación por competencias, análisis de contenido.

Abstract

This research addresses the updating and statistical standardization of indicators for a learning assessment tool, based on the graduate attributes established in the Washington Accord for the training of engineers at the National Technological Institute of Mexico (TecNM). Using the Delphi method, eleven indicators were obtained as latent variables, with six items whose content validity was determined by a panel of 25 experts. Construct validity was assessed with 337 students of basic science subjects using structural equation modeling (SEM). The latent variables obtained were used as indicators of the achievement of the professional competencies defined in the Biochemical Engineering graduate profile. Dimensionality reduction was performed using exploratory and confirmatory factor analysis

(EFA/CFA), under the hypothesis of orthogonality, principal component analysis, and Varimax rotation. Finally, eight latent factors with a total of 52 items were obtained. Cronbach's alpha was 0.937, and content validity (CVR) and construct validity were confirmed through Lawshe's metrics and the SEM model, which supported the psychometric reliability of the theoretical model of the instrument. Latent variables and their corresponding items allow for the adequate evaluation of professional competencies; furthermore, analysis of the SEM model developed allows this methodology to be applied to assess professional competencies in other engineering programs.

Keywords: evaluation instruments; factor analysis; psychometrics / competency-based learning, content analysis.

Resumo

Este artigo aborda a atualização e padronização estatística de indicadores de desempenho para um instrumento de avaliação da aprendizagem, com base nos atributos de graduação estabelecidos no Acordo de Washington para a formação de engenheiros no Instituto Tecnológico Nacional do México (TecNM). Onze indicadores foram obtidos como variáveis latentes usando a técnica Delphi, com seis itens cuja validade de conteúdo foi determinada por um painel de 25 especialistas. A validade de construto foi determinada com 337 alunos de cursos de ciências básicas usando análise de equações estruturais (MEE). As variáveis latentes obtidas foram usadas como indicadores do alcance das competências profissionais definidas no perfil de graduação em Engenharia Bioquímica. A redução da dimensionalidade foi realizada usando análise fatorial exploratória e confirmatória (AFE/AFC), sob a hipótese de ortogonalidade, análise de componentes principais e rotação Varimax. Oito fatores latentes com um total de 52 itens foram finalmente obtidos. O alfa de Cronbach foi de 0,937, e a validade de conteúdo (CVR) e de construto foram confirmadas usando as métricas de Lawshe e o modelo SEM, apoiando a confiabilidade psicométrica do modelo teórico do instrumento. As variáveis latentes e seus itens correspondentes permitem uma avaliação adequada das competências profissionais; além disso, a análise do modelo SEM desenvolvido permite que esta metodologia seja aplicada para avaliar competências profissionais em outras carreiras.

Palavras-chave: instrumentos de avaliação; análise fatorial; psicometria/avaliação baseada em competências; análise de conteúdo.

Introducción

Este estudio se fundamenta en dos premisas clave para evaluar las competencias: la primera expresa que el ser humano está naturalmente predispuesto hacia el aprendizaje; la segunda parte del supuesto de que el compromiso mostrado fomenta el crecimiento. Estas premisas sustentan el diseño del instrumento de evaluación de competencias profesionales. Además, el trabajo de investigación considera que aprender a diseñar encuestas confiables y válidas requiere que la evaluación se base en la interacción docente–discente, así como usar de manera efectiva el lenguaje como herramienta superior, debido a que es un facilitador para el pensamiento crítico y un regulador interno de la conducta, características necesarias para el aprendizaje activo (Freire, 2004; Vygotsky, 2012).

Adicionalmente se sabe que durante el aprendizaje se implican diversos procesos cognitivos en el trabajo colaborativo, así que el diseño de un instrumento de evaluación bajo la estrategia del panel de expertos, así como su estandarización mediante el análisis factorial, debe considerar una metodología rigurosa acerca de las formas en que se evalúa el aprendizaje, de manera individual y en equipo (López-Gómez, 2018; Tovakol & Wetzel, 2020).

Además, al considerar el valor de la enseñanza, Freire (1972) y Morin (1999) coinciden en que enseñar debe despertar curiosidad y creatividad en el estudiante, lo que está asociado a deseos de libertad y crecimiento, por lo que el docente debe comprender la condición humana de quien aprende. Esto representa grandes desafíos para la incorporación en la enseñanza de diversos constructos que permitan evaluar el aprendizaje a través de indicadores de desempeño, desde una perspectiva humanista.

Por lo anterior, la determinación de constructos en el diseño del instrumento de evaluación para medir el logro de competencias profesionales, permitió identificar desempeños profesionales mediante un análisis de contenido. Este análisis se realizó durante la consulta del diseño del nuevo modelo educativo del Tecnológico Nacional de México (TecNM, 2024) y del perfil de egreso en programas académicos de ingeniería, definidos por los organismos acreditadores nacionales e internacionales, tales como el Acuerdo de Washington y el Consejo de Acreditación para la Enseñanza de la Ingeniería, CACEI (IEA, 2021; Loría et al., 2024).

El análisis de contenido se basa en gran medida en la propuesta metodológica de Krippendorff (1990) y Piñeiro-Naval (2020). Los autores proporcionan un marco teórico y práctico para llevar a cabo este análisis. El enfoque abarca la identificación de unidades de análisis y su agrupación en categorías que conducen a la interpretación y significado. En este estudio, las categorías en el instrumento de evaluación se representaron por los indicadores de alcance como variables latentes, siendo los ítems del instrumento de evaluación las variables observables. Estas variables latentes representan los indicadores mínimos en la formación de ingenieros: la International Engineering Alliance (IEA) les denominan atributos de egreso (IEA, 2021).

Así, en el presente estudio de investigación se actualizaron los *indicadores a lograr* establecidos en el Manual de acreditación de asignaturas de una institución de educación superior del gobierno mexicano. En la redacción y nomenclatura de estos criterios de evaluación del aprendizaje, hay indicios de la presencia de indicadores de desempeño; sin embargo, también se percibe que hay redundancia y traslape conceptual. Por ejemplo, el concepto “*interdisciplinaria*” del inciso 5) del manual de acreditación sugiere que forma parte del pensamiento complejo previsto en el primer indicador (TecNM, 2016, p. 17). Al realizar el análisis de contenido de estos indicadores y las demandas internacionales de calidad en la formación de ingenieros, se determinaron y definieron once variables para la construcción del modelo teórico del instrumento de evaluación, mismo que se sometió a su validez de contenido y de constructo, mediante un análisis factorial exploratorio (AFE) y confirmatorio (AFC) determinando los índices KMO, Bartlett, cargas factoriales, entre otros.

Formulación del problema

En el Manual de acreditación de asignaturas del TecNM se advierte un sesgo numérico en los indicadores de desempeño definidos para la asignación de la calificación sumativa (el estudiante acredita con sólo dos indicadores aprobados, de un total de seis); además, no se especifica de qué manera se considera la evaluación formativa y qué criterios se utilizan para considerar que los indicadores se han evaluado de manera Excelente, como se indica en la tabla de valoración de indicadores a lograr (TecNM, 2016, p. 17). De acuerdo con esto, la formulación del problema se describe de la siguiente manera:

Los indicadores de alcance con que se verifica el logro de una competencia en la sección “Lineamientos para el Proceso de Evaluación y Acreditación de Asignaturas” del Manual de Lineamientos Académico–Administrativos,

no están definidos conceptualmente como variables o constructos. De ahí que sus respectivos enunciados no caractericen con claridad los resultados de aprendizaje. Esto no cumple con el concepto metodológico de la operacionalización de la variable definida como el “*logro o no de la competencia alcanzada*” (Pedrosa et al., 2013; TecNM, 2016).

Objetivo general

Diseñar y evaluar la carga factorial y los índices psicométricos de indicadores de desempeño del instrumento de evaluación del manual normativo del TecNM, con base a los atributos de egreso en la formación de ingenieros y considerando el programa educativo de Ingeniería Bioquímica.

Objetivos específicos

1. Realizar un análisis de contenido de los indicadores de alcance del Manual de acreditación de asignaturas, con la finalidad de determinar los constructos del instrumento de evaluación y verificar la correspondencia de los enunciados con resultados de aprendizaje, mediante los índices de consistencia interna y validez de contenido.
2. Operacionalizar la variable *logro de la competencia* en términos de la intención y secuencia didáctica, para utilizarse en el diseño de la instrumentación didáctica.
3. Realizar un análisis factorial exploratorio para proponer el modelo teórico del instrumento y realizar una reducción de factores, bajo la hipótesis de independencia (ortogonalidad) entre factores latentes, utilizando una rotación Varimax.
4. Determinar la validez del modelo teórico y validez de constructo del instrumento de evaluación, a través de un análisis factorial confirmatorio, utilizando la herramienta AMOS 29, de SPSS.

Hipótesis generales

1. H₁ Confiabilidad y validez de contenido: El instrumento de evaluación cumple con criterios de confiabilidad, validez de contenido y los ítems se corresponden de manera significativa con resultados de aprendizaje.

2. H₂ Operacionalización de la variable: La variable “*logro de competencias*” puede ser operacionalizada en términos de la intención y secuencia didáctica mediante indicadores de alcance basados en resultados de aprendizaje, pertinentes y medibles.
3. H₃ (AFE): Existe una estructura subyacente de factores latentes que explica las relaciones entre los indicadores de alcance redactados como resultados de aprendizaje, justificando la reducción de factores mediante un análisis factorial exploratorio con rotación Varimax.
4. H₄ (AFC): El modelo teórico de evaluación de competencias profesionales se ajusta adecuadamente a los datos empíricos, lo que determina la validez discriminante y de constructo, mediante las medidas psicométricas de índices de ajuste aceptables (CFI, TLI, RMSEA, entre otros).

Evaluación del aprendizaje

Evaluar el aprendizaje implica gran responsabilidad para quien enseña, ya que constituye el propósito esencial en su función docente mediante la intención y secuencia didáctica. Al evaluar los resultados de aprendizaje, éstos deben operacionalizarse desde las actividades didácticas (González-Segura et al., 2018; Parmigiani et al., 2024). En la valoración de calidad de la educación superior actual, se evalúa particularmente si se lograron alcanzar las competencias al interior de una asignatura y a lo largo de todo el currículo. En este trabajo de investigación, se aborda el desarrollo de competencias con el uso de indicadores de desempeño debidamente definidos como constructos, lo que permite operacionalizar actividades de aprendizaje asociadas a estos indicadores. A partir de las competencias a desarrollar, se definen resultados de aprendizaje para evaluar las competencias al interior de una asignatura o en la construcción de mapas de competencias (CACEI, 2021; Fulcher et al., 2025).

Con base en estas afirmaciones es que los ítems o enunciados de un instrumento de medición, redactados como resultados de aprendizaje, se les considera como variables observables, medibles y, por tanto, asociarlas con un modelo teórico constituido por variables latentes o constructos, para evaluar las competencias profesionales inscritas en un perfil de egreso (Ferrando et al., 2022).

En este sentido, Boyatzis (2018) refiere que en la evaluación de una habilidad, la acción y el desempeño laboral se determinan mediante un máximo de rendimiento, estimulación y compromiso. El autor toma como referencia a Anderson et al., (2001) y

Ayyanathan (2022) al afirmar que el aprendizaje de competencias involucra tres aspectos fundamentales:

- Competencias cognitivas: Se tiene como ejemplo al aprendizaje constructivo, el pensamiento sistémico y el reconocimiento de patrones, entre otros.
- Competencias de inteligencia emocional: Incluidas las competencias de autoconciencia y autogestión, como la autoconciencia emocional y el autocontrol emocional.
- Competencias de inteligencia social: Aquí se incluyen las competencias de conciencia social y gestión de relaciones: la empatía y el trabajo en equipo (Boyatzis, 2008, p. 7).

Por otro lado, diversos autores como Leyva (2010) y Bezanilla y Arranz (2016) coinciden en que la evaluación por competencias persigue el desarrollo de habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales. Leyva revisa cuándo y cómo se instaura en México el modelo de evaluación por competencias profesionales. Plantea que las competencias son el resultado de tres factores: *saber proceder, querer hacer y poder hacer*. En especial, Bezanilla y Arrans (2016) utilizan el libro de calificaciones de Moodle para realizar la evaluación de competencias a través de indicadores a los que llama resultados de aprendizaje, tal como se redactaron los ítems en este trabajo.

Atributos de egreso en la formación de ingenieros

Tomando como base el análisis de contenido y la construcción del modelo teórico para el desarrollo de atributos de egreso descritos por el CACEI, en su Manual de Referencia 2025 (Loría et al., 2024) y en el Acuerdo de Washington para la formación de ingenieros, se identificaron once atributos de egreso como indicadores de desempeño para sustentar el modelo teórico del instrumento de evaluación de competencias profesionales, en acuerdo con la formación de un ingeniero, con compromiso social. De este análisis resultaron los siguientes constructos agrupados en tres dimensiones. En primer lugar, tres tipos de pensamiento considerados como recursos cognitivos para “Procesar la información”: 1) pensamiento y literacidad crítica (Morales Bautista y Barriga Arceo, 2021; Paul y Elder, 2005); 2) pensamiento complejo (Morin, 1999; Tobón, 2008); y 3) pensamiento sistémico, desde el punto de vista de ingeniería de sistemas (Montilla-García, 2022; O’Connor y McDermott, 1998; Watzlawick et al., 1991).

Para el desempeño profesional basado en competencias específicas, donde se requiere el compromiso por aprender y la colaboración en el desarrollo de procesos y proyectos para la solución de problemas, se definieron cuatro variables latentes agrupadas en la dimensión “*Capacidad de resolver problemas complejos*”: 4) capacidad para investigar con ayuda del pensamiento científico (Hyytinen & Toom, 2024); 5) comunicación efectiva y literacidad digital (Cassany, 2006); 6) aprendizaje autónomo y autorregulado (Bello et al., 2022; Sung-Hee et al., 2023) y 7) capacidad para resolver problemas (Heredia et al., 2024).

Para evaluar el desarrollo de competencias específicas se definió la dimensión “*Gestionar proyectos y procesos con visión de futuro*” integrando cuatro constructos: 8) liderazgo y trabajo en equipo; 9) gestión y desarrollo de procesos y proyectos innovadores (Guaman-Quintanilla et al., 2023; Limbani et al., (2019); 10) responsabilidad social y ambiental (Coelho & Menezes, 2021; Yohan et al., 2023) y 11) enseñanza de la comprensión de la condición humana (Morin, 1999).

En total, once variables latentes constituyeron el modelo teórico inicial que fundamenta al instrumento de evaluación. En la validación de contenido y de constructo, estos once atributos de egreso se consideraron como variables latentes, cada una con seis variables observables o ítems, redactados como resultados de aprendizaje (Tobón et al., 2010). En ellos se integran de manera especial la responsabilidad social y la educación con visión de futuro para la formación de profesionales de la ingeniería (Morin, 1999). Es importante señalar que el Acuerdo de Washington actualizó los atributos de egreso para la formación de ingenieros en el año de 2021 (IEA, 2021) y que el CACEI publicó en 2024 el *Manual del Marco de Referencia 2025 para la Acreditación de Programas de Ingeniería. Categorías y Criterios*, en donde se definen los atributos de egreso, correspondiente a las competencias profesionales que un ingeniero debe adquirir durante su formación profesional (Loría et al., 2024).

Operacionalización del Logro de la competencia

El modelo constructivista concuerda con la idea *de lograr un propósito de aprendizaje*, utilizando todos los recursos pedagógicos y didácticos disponibles (Barboza y Calderón, 2020). Sin embargo, en diversos modelos de formación, la manera en que se evalúa el propósito de aprendizaje es de naturaleza pedagógica y didáctica muy diferente. Puede estar enfocado en el modelo conductista, orientado simplemente hacia un resultado observable. En contraparte, puede enfocarse hacia el proceso, donde la evaluación de los

resultados de aprendizaje se realiza durante todo el ciclo de formación. En este modelo socioconstructivista, se demanda demostrar cómo se “*construye*” el aprendizaje para desarrollar el perfil de egreso (Bruner, 1989; Coll y Onrubia, 2012; Vygotsky, 1979).

Es en este contexto que se desarrolló un modelo gráfico que integra la descripción de la intención y secuencia didáctica, para evaluar el desarrollo de los atributos de egreso mediante resultados de aprendizaje. Esta operacionalización involucra un ciclo de medición estadística para lo cual se debe utilizar un instrumento de evaluación estandarizado (Creswell, 2012; Espinoza, 2019). En este trabajo de investigación también se señala que el *indicador de alcance* es la forma operativa de evaluar la variable latente, entendida como el logro de la competencia a partir de las variables observables o ítems del instrumento de evaluación, que son esencialmente *resultados de aprendizaje* derivados de las actividades didácticas planificadas por el profesor (Ferrando et al., 2022).

Análisis factorial mediante el modelo SEM

El modelo SEM incluye herramientas estadísticas fundamentales para validar instrumentos de evaluación en diversas disciplinas, incluidas la educación (Byrne, 2010). Su importancia radica en primer lugar, en la capacidad del AFE para reducir la dimensionalidad del modelo teórico y proporcionar validez de contenido; en tanto, el AFC tiene como finalidad sustentar la confirmación del modelo teórico y la validez de constructo (Brown, 2006). En acuerdo con Byrne (2010), en un instrumento de evaluación las variables latentes representan constructos teóricos que no pueden medirse directamente porque no son observables. De esta forma, los constructos tales como el pensamiento crítico o el aprendizaje autorregulado, entre otros, pueden ser inferidos a través de variables observables descritas con ítems apropiados en cuestionarios o encuestas. Los ítems son indicadores específicos que manifiestan conductas observables de la variable latente, permitiendo evaluar su presencia y magnitud. Este enfoque indirecto de evaluación usa el modelado SEM que incluye la medición de índices y la estructura subyacente de las variables latentes.

Al identificar las estructuras latentes subyacentes en las relaciones entre variables observables, el AFC permite simplificar el modelo inicial y eliminar redundancias o ítems poco representativos (Kline, 2016; Brown, 2006). Este análisis evalúa la coherencia entre los datos observados y la estructura latente teórica, lo que permite determinar la validez de constructo del modelo, proporcionándole confiabilidad (Ferrando y Lorenzo-Seva, 2017). Cabe mencionar que la estandarización de instrumentos de evaluación a nivel mundial en

investigación educativa es tan necesaria, que Hernández et al. (2019) proponen un checklist evaluativo basado en las directrices de la Comisión Internacional de Pruebas para mejorar la adaptación de pruebas estandarizadas, facilitando su implementación y garantizando la comparabilidad cultural en la investigación educativa a nivel mundial.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio se utilizó un enfoque cuantitativo, no experimental y con diseño instrumental. Las etapas metodológicas corresponden al ciclo completo de diseño, validación y estandarización estadística de un instrumento de evaluación del aprendizaje. Estas etapas se muestran en la Tabla 1. Fueron diseñadas bajo los preceptos metodológicos de Creswell (2023) y Ferrando et al. (2022) utilizando el enfoque del modelado SEM. Para ello, se procedió a la construcción, validación y estandarización estadística de un instrumento de evaluación orientado a medir competencias profesionales, en función de los atributos de egreso del modelo educativo del Tecnológico Nacional de México (TecNM), del CACEI (2024) y del Acuerdo de Washington (2021).

El procedimiento seguido en esta investigación se presenta en la Tabla 1, la cual resume las etapas clave, las actividades desarrolladas, las técnicas utilizadas y los propósitos metodológicos correspondientes. Esta síntesis permite visualizar de manera estructurada el proceso de diseño, validación y análisis del instrumento de evaluación de competencias profesionales. En el diseño se identificaron once variables latentes, definidas como constructos que agrupan ítems redactados como resultados de aprendizaje. Los ítems fueron validados por un panel de 25 expertos, utilizando la técnica Delphi de López-Gómez (2018) y la metodología de Lawshe (1975), así como la determinación del alfa de Cronbach, a fin de garantizar la validez de contenido y la consistencia interna, respectivamente.

Tabla 1. Resumen de las etapas del estudio

Etapa del proceso	Actividad	Técnica / Instrumento	Propósito metodológico
Revisión documental	Identificación de variables latentes y redacción de ítems	Análisis de contenido	Fundamentación teórica del instrumento
Evaluación por expertos	Valoración cualitativa y cuantitativa	Técnica Delphi	Validez de contenido y determinación de la consistencia interna
Aplicación piloto	Recolección de datos	Evaluación preliminar del instrumento en la actividad Retroalimentación de Moodle	Estimación preliminar de fiabilidad
Análisis factorial exploratorio (AFE)	Extracción de factores y validación de ítems	SPSS, rotación Varimax	Identificación de estructura factorial
Análisis factorial confirmatorio (AFC)	Confirmación del modelo teórico	AMOS, de SPSS	Validación estructural del modelo teórico
Ajuste final del instrumento de evaluación	Obtención de la propuesta del instrumento validado	Análisis de resultados Alfa de Cronbach y validez de constructo (índices KMO, CFI, TLI, RMSEA)	Descripción de evidencia de la validez de contenido, de constructo y de consistencia interna

Nota: Elaboración propia

La redacción de las variables latentes y sus correspondientes ítems como variables observables resultaron del análisis de contenido de los requerimientos en la formación de ingenieros, descritos por los organismos nacionales e internacionales de acreditación. Su evaluación se realizó mediante la plataforma Moodle, utilizando la herramienta Retroalimentación como medio de aplicación digital. Para este estudio, se optó por una escala tipo Likert de siete niveles, en lugar de la escala tradicional de cinco puntos, con el propósito de reducir la variabilidad aleatoria en las respuestas, Kline (2016). Aumentar el nivel de la escala tiene la finalidad de captar con mayor precisión las diferencias en el nivel de logro de los estudiantes. Esta etapa metodológica respondió a la necesidad de aumentar la sensibilidad del instrumento y mejorar la distribución de respuestas, con la intención de obtener un

incremento en el porcentaje de varianza explicada durante el análisis factorial exploratorio y confirmatorio, optimizando así la validez de constructo del modelo teórico.

Para la validación del modelo teórico se realizaron análisis factoriales conforme a los criterios de Kline (2016) y Byrne (2010), con el objetivo de identificar la estructura subyacente de las variables latentes, reducir la dimensionalidad del instrumento y evaluar la agrupación de los ítems mediante rotación Varimax. Se aplicaron criterios de adecuación muestral mediante el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. El AFC se realizó con el software AMOS 29, empleando indicadores tales como el índice de ajuste comparativo (CFI), el índice de Tucker-Lewis (TLI) y el error cuadrático medio de aproximación (RMSEA), los lineamientos psicométricos propuestos por Byrne (2010). Para realizar el AFE y EFC la revisión documental permitió clasificar a las variables latentes y observadas (los ítems) en las siguientes dimensiones que se muestran en la Tabla 2, lo que sirvió para la estimación preliminar del modelo teórico.

Tabla 2. Dimensiones y variables latentes

Dimensiones y variables latentes de clasificación del modelo teórico		
Procesamiento la información	Resolución de problemas complejos	Gestionar proyectos y procesos con visión de futuro
Pensamiento y literacidad crítica Pensamiento complejo Pensamiento sistémico	Capacidad para investigar Comunicación efectiva y literacidad digital Capacidad para resolver problemas Aprendizaje autónomo y autorregulado	Liderazgo y trabajo en equipo Responsabilidad social y ambiental Gestión e innovación de procesos y proyectos Enseñanza de la comprensión y de la condición humana

Nota: Elaboración propia

En síntesis, esta metodología permitió fundamentar empíricamente la construcción de un instrumento estandarizado, con base teórica en estudiantes de ingeniería desde un enfoque educativo por competencias profesionales.

Resultados

Objetivo 1: construcción del modelo teórico del instrumento de evaluación

En este objetivo partimos de que el instrumento de evaluación de competencias profesionales está basado en *indicadores a alcanzar* del manual de acreditación de asignaturas del TecNM; que el instrumento de evaluación de competencias no está estandarizado estadísticamente y que conceptualmente no tiene definidas sus variables latentes y observables que le confieran confiabilidad, validez de contenido y de constructo (TecNM, 2015, p. 14). La Tabla 3 muestra la agrupación de las variables latentes del modelo teórico inicial, con los valores de consistencia interna alfa de Cronbach globales obtenidos para cada grupo y el Índice de Validez de Contenido (IVC) para cada variable latente, medido con los criterios de Lawshe (1975).

Tabla 3. Índices psicométricos de fiabilidad del instrumento de evaluación

Dimensión	VARIABLES LATENTES	Alfa de Cronbach	IVC (Lawshe)	Promedio alfa / IVC
Procesamiento de la información	Pensamiento complejo	0.899	0.65	
	Pensamiento sistémico	0.902	0.52	
	Pensamiento y literacidad crítica	0.921	0.53	0.907 / 0.57
Resolución de problemas complejos	Capacidad para investigar	0.897	0.63	
	Comunicación y alfabetización digital	0.924	0.56	
	Capacidad para resolver problemas complejos	0.909	0.84	
	Aprendizaje autónomo y autorregulado	0.868	0.63	0.899/ 0.66
Diseño de proyectos y procesos con visión de futuro	Liderazgo y trabajo en equipo	0.898	0.50	
	Responsabilidad social y ambiental	0.939	0.60	
	Gestión e innovación de proyectos	0.938	0.60	
	Enseñanza de la comprensión humana	0.891	0.61	0.916 / 0.58

Nota. Elaboración propia con base en resultados

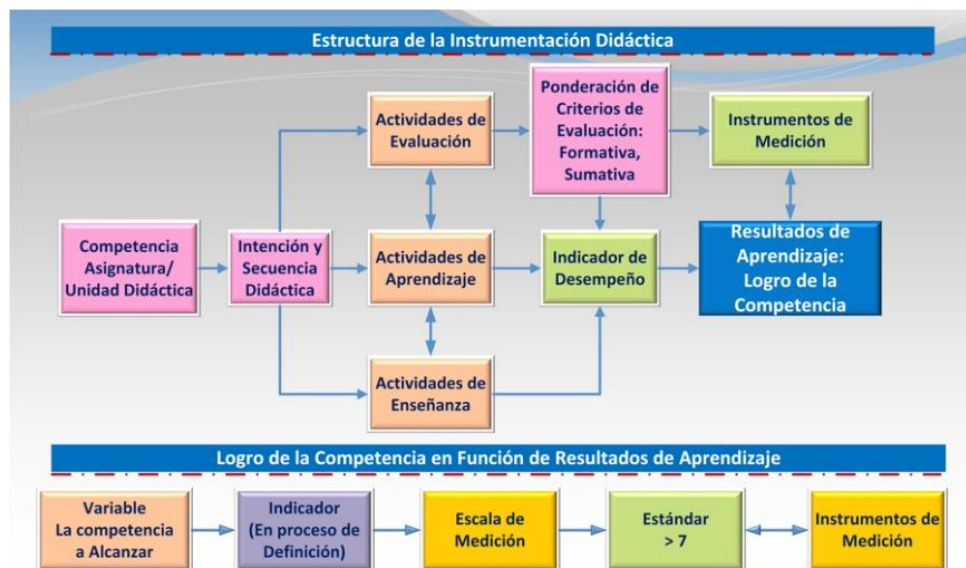
Los valores del índice de consistencia interna están cercanos a 0.9 o lo superan en algunas variables latentes. Para el índice de validez de contenido IVC se observa que en promedio, los índices tienen un valor arriba de 0.5, valor que se considera aceptable. En el

modelo matemático de Lawshe, existe una relación inversa entre el número de expertos que validan un instrumento de evaluación y el valor obtenido del IVC. Para 25 expertos participantes, el valor mínimo que recomienda el autor es de 0.37 (Lawshe, 1975, p. 568). La tabla muestra que se obtuvieron valores superiores a 0.5 para cada variable latente o constructo. Esto permite afirmar que el instrumento de evaluación es confiable y que tiene consistencia interna adecuada.

Objetivo 2: operacionalización de la variable Logro de la competencia

La Figura 1 muestra el proceso de la operacionalización de la variable, Logro de la competencia, con sus elementos constitutivos característicos. La figura muestra la estrecha relación de la función docente y los instrumentos de evaluación validados estadísticamente.

Figura 1. Operacionalización de la variable Logro de la competencia específica o genérica



Nota. Elaboración propia

En la parte inferior se observa la interrelación del indicador, la escala de medición, el estándar y el instrumento de medición. De acuerdo con Creswell y Creswell (2023), las funciones de estos elementos con los que se operacionaliza una variable son:

- El indicador: El ítem en un instrumento de evaluación es una representación o manifestación observable y medible de una variable latente que queremos estudiar y medir. Los indicadores son aspectos concretos, observables y medibles de la variable que se está estudiando para cuantificarla.

- La escala de medición: define cómo se van a medir los indicadores y, por ende, la variable que representan. La escala de medición establece las categorías o niveles en los que se va a clasificar y cuantificar la variable.
- El estándar: proporciona una referencia o punto de comparación para la medición de los indicadores en la escala elegida. El estándar es un punto de referencia que ayuda a contextualizar y precisar el valor de la escala (Espinoza, 2019). En el TecNM la calificación mínima aprobatoria es igual o mayor que 70 (TecNM, 2016).

La Figura 1 puede utilizarse para representar y operacionalizar el proceso de evaluación de la competencia utilizando la instrumentación didáctica del modelo educativo del TecNM.

Objetivo 3: análisis factorial exploratorio

En este objetivo se planteó explorar la validez del modelo teórico a través de la reducción de su dimensionalidad, expresada en la hipótesis: Existe una estructura subyacente de factores latentes que explica las relaciones entre los indicadores de alcance redactados como resultados de aprendizaje, justificando la reducción de factores mediante un análisis factorial exploratorio con rotación Varimax. Se realizaron dos AFE para la reducción de factores desde las once variables latentes; en el primero se usó un valor absoluto de carga factorial inferior a 0.4 y en el segundo, con valores inferiores a 0.5.

Al realizar el primer proceso de reducción de factores mediante el AFE, se obtuvo la Tabla 4 para el grupo de variables latentes *Procesamiento de la información*. Se observa que los índices de comunalidad tienen valores que se consideran aceptables, por arriba de 0.5 para cada factor, conforme a lo establecido por Brown (2006), quien afirma que los factores están capturando una parte importante de la varianza de las variables observadas.

Tabla 4. Cargas factoriales de la dimensión Procesamiento de la información

Variables latentes	Variables observables o ítems	Carga factorial de componentes rotados		Comunalidades
		Factor 1	Factor 2	
Pensamiento complejo	Capacidad holista de análisis y síntesis		0.725	0.676
	Integración de la retroalimentación		0.735	0.789
	Integración de disciplinas		0.780	0.694
	Evaluación de la incertidumbre y el error		0.756	0.649
	Orientación a la transdisciplina		0.785	0.638
	Principio de emergencia		0.753	0.614
Pensamiento Crítico	Credibilidad de la información*	0.497	0.572	0.575
	Identificación de sesgos y falacias	0.531	0.504	0.536
	Argumentación coherente y cohesiva*	0.477	0.584	0.569
	Capacidad de argumentación independiente	0.539	0.558	0.569
	Capacidad asertiva	0.545	0.499	0.546
	Implicaciones éticas*	0.526	0.552	0.581
Pensamiento sistémico	Comprensión de la idea de sistemas	0.766	0.725	0.884
	Interacción de elementos del sistema	0.808	0.735	0.692
	Ciclos de retroalimentación	0.792	0.780	0.666
	Optimización del sistema	0.784	0.756	0.737
	Identificación de “cuellos de botella”	0.750	0.785	0.665
	Percepción del cambio	0.763	0.753	0.680

Nota. N = 337. Método de extracción en la primera rotación Varimax. Las cargas factoriales arriba de 0.5 se aprecian en negritas.

Después del primer AFE las variables observadas para la variable latente *Pensamiento complejo* se agruparon en un solo factor, con cargas factoriales apropiadas arriba de 0.7, como se observa en la Tabla 4. Con asterisco se señalan las variables eliminadas al realizar el segundo análisis factorial exploratorio. Al realizar nuevamente la rotación Varimax después de eliminar estas tres variables latentes, se obtienen los valores mostrados en la Tabla 5. Tanto para la prueba del Índice de adecuación de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), como para la prueba de esfericidad de Bartlett y el porcentaje de la varianza total obtenida.

Tabla 5. Valores de KMO y Prueba de Bartlett para Procesamiento de la información

KMO ^b	Prueba de Bartlett: Primera reducción ^a			Varianza total explicada (%)
	Chi cuadrado	gl	p-valor	
0.964	4193.214	153	0.001	63.753
Segunda reducción				
0.956	3107.908	91	0.001	65.733

Nota. a. Basado en correlaciones; b. Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin

Después de la rotación Varimax con valor absoluto en las cargas factoriales superior a 0.5, observamos en la Tabla 6 que las cargas factoriales de las variables latentes *Pensamiento crítico y sistémico* y *Pensamiento y literacidad crítica* tienden a agruparse en un solo factor, denominado ahora *Pensamiento crítico y sistémico*, indicando que la variable observable *Capacidad de argumentación independiente* marcada con asterisco puede eliminarse, ya que su carga factorial en uno de sus componentes es inferior a 0.5, si es que no se compromete el modelo teórico.

Tabla 6. Cargas factoriales en la dimensión Procesamiento de la información

Variables latentes	Variables observables o ítems	Cargas factoriales en componentes rotados		Comunalidades
		1	2	
Pensamiento crítico y sistémico	Interacción de elementos del sistema	0.814		0.706
	Ciclos de retroalimentación	0.800		0.682
	Optimización del sistema	0.793		0.748
	Comprensión de la idea de sistemas	0.771		0.700
	Percepción del cambio	0.770		0.684
	Identificación de “cuellos de botella”	0.758		0.683
	Capacidad asertiva	0.556		0.531
	Capacidad de argumentación independiente*	0.493	0.521	0.559
	Identificación de sesgos y falacias	0.536		0.502
	Integración de disciplinas		0.788	0.696
	Orientación a la transdisciplina		0.783	0.638
Pensamiento complejo	Evaluación de la incertidumbre y el error		0.768	0.681
	Principio de emergencia		0.767	0.645
	Integración de la retroalimentación		0.744	0.724
	Capacidad holista de análisis y síntesis		0.730	0.702

Nota. N = 337. Método de extracción en la segunda rotación Varimax. Las cargas factoriales arriba de 0.5 se aprecian en negritas. La rotación convergió en 3 iteraciones.

Se observa también que la variables latente *Pensamiento complejo* sigue conservando todas sus variables no observables, denotando la importancia que tiene esta variable en la formación de ingenieros .

Análisis factorial exploratorio de la dimensión Capacidad de resolución de problemas

La primera reducción de factores para la dimensión de las variables latentes agrupadas en la dimensión *Resolver problemas complejos* se presenta en la Tabla 7. En esta primera reducción de dimensionalidad se observa que la variable latente *Aprendizaje autónomo y autorregulado* mantiene todas sus variables latentes con cargas factoriales apropiadas. Las variables mostradas con asterisco se eliminan para realizar el segundo AFC.

Tabla 7. Cargas factoriales de la dimensión Resolver problemas complejos

Variables latentes	Variables observables o ítems	Cargas factoriales de componentes rotados			Comunalidades
		1	2	3	
Aprendizaje autónomo y autorregulado	Capacidad de gestión y organización	0.748			0.670
	Capacidad de seguimiento y desarrollo de proyectos	0.714			0.685
	Capacidad de planeación	0.699			0.673
	Uso de los recursos didácticos	0.698			0.650
	Capacidad de reflexión	0.675			0.585
	Autoevaluación del desempeño	0.647			0.586
Capacidad de resolución de problemas	Propuesta de mejoras	0.631			0.625
	Evaluación del desempeño*	0.628	0.436		0.646
	Gestión de recursos*	0.615	0.483		0.693
	Evaluación de alternativas de solución	0.586	0.466		0.595
	Aplicación sistémica de causa efecto	0.524	0.648		0.674
	Formulación y relevancia del problema*	0.586	0.506		0.631
Capacidad para investigar	Capacidad de diseñar experimentos		0.764		0.758
	Justificación y relevancia		0.748		0.718
	Aplicación de métodos estadísticos		0.665		0.690
	Formulación clara y precisa del problema de investigación		0.615	0.452	0.725
	Interpretación ética de los datos		0.565		0.572
Comunicación y alfabetización digital	Uso efectivo de herramientas digitales en presentaciones			0.777	0.731
	Adaptación digital			0.776	0.749
	Mejora de la comunicación digital			0.722	0.716
	Capacidad de planeación*		0.425	0.647	0.717
	Comunicación efectiva				0.640
	Confianza y dominio del tema*		0.413	0.563	0.621

Nota. $N = 337$. Método de extracción en la primera rotación Varimax. Las cargas factoriales arriba de 0.5 se aprecian en negritas.

En la Tabla 7 se aprecia que la variable observable *Capacidad de planeación* se traslapa en dos variables latentes diferentes, por lo que decide marcarla con asterisco para eliminarla de la variable latente *Comunicación y alfabetización digital*, ya que se considera que es más pertinente para el modelo teórico mantenerla en la variable latente *Aprendizaje autónomo y autorregulado*.

El AFE realizado para estas variables latentes o constructos arroja los siguientes valores de KMO/Bartlett, adecuación muestral / estructura subyacente mostrados en la Tabla 8. Estos índices se corresponden con valores adecuados para el porcentaje de varianza total explicada, así como para el KMO.

Tabla 8. Valores de KMO y Prueba de Bartlett para Resolver problemas complejos

KMO ^b	Prueba de Bartlett: Primera Reducción ^a			Varianza total explicada (%)
	Chi cuadrado	gl	p-valor	
0.974	7663.333	276	0.001	72.695
Segunda reducción				
0.968	5808.404	171	0.001	74.290

Nota. a. Basado en correlaciones; b. KMO: Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin

Después de una segunda reducción de componentes con carga factorial mínima de 0.5, se observa en la Tabla 8 que el valor de Chi cuadrado disminuye, en congruencia con la disminución de los grados de libertad, producto de la disminución de las variables observadas. En la Tabla 9 agrupan las tres variables latentes como resultados de la segunda rotación Varimax con un valor mínimo para las cargas factoriales de 0.5. En esta tabla se observa la unión de la variable latente Aprendizaje autónomo y autorregulado con la de Capacidad de resolución de problemas, lo que simplifica la dimensionalidad del modelo teórico. Ello conduce a renombrar estas dos variables latentes a Aprendizaje autorregulado para la resolución de problemas.

Tabla 9. Cargas factoriales de la dimensión Resolver problemas complejos

Variables latentes	Variables observables o ítems	Cargas factoriales en componentes rotados			Comunalidades
		1	2	3	
Aprendizaje autónomo y autorregulado para la resolución de problemas complejos	Capacidad de gestión y organización	0.757			0.686
	Capacidad de seguimiento, desarrollo de proyecto	0.727			0.703
	Capacidad de reflexión	0.705			0.602
	Uso de los recursos didácticos	0.703			0.655
	Capacidad de planeación	0.701			0.677
	Autoevaluación del desempeño:	0.663			0.586
	Propuesta de mejoras	0.612			0.600
	Evaluación de alternativas de solución	0.574			0.590
	Adaptación digital		0.783		0.777
	Uso de herramientas digitales en presentaciones		0.762		0.744
Comunicación y alfabetización digital	Mejora de la comunicación digital:		0.736		0.738
	Comunicación efectiva		0.637		0.645
	Confianza y dominio del tema		0.578		0.624
Capacidad para investigar	Capacidad de diseñar experimentos			0.779	0.774
	Justificación y relevancia suficiente			0.767	0.734
	Aplicación de métodos estadísticos			0.692	0.716
	Formulación clara y precisa del problema de investigación			0.606	0.721
	Interpretación ética de los datos			0.597	0.589
	Aplicación sistémica de causa efecto			0.648	0.639

Nota. $N = 337$. Método de extracción en la segunda rotación Varimax. Las cargas factoriales arriba de 0.5 se aprecian en negritas. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

También se observa cómo la variable latente *Capacidad para investigar* suma otra variable observable, *Aplicación sistémica de causa–efecto*, originalmente integrada a la variable latente *Capacidad para resolver problemas*. En opinión de los panelistas, esta variable observable da origen al tipo de investigación de causa–efecto. Finalmente, es responsabilidad de los investigadores analizar la ubicación final de los ítems, conforme al modelo teórico del estudio.

Análisis factorial exploratorio dimensión Gestión e innovación de procesos y proyectos

Para la dimensión *Gestión e innovación de procesos y proyectos*, la Tabla 10 muestra en las líneas en rojo las variables observables que después de la primera rotación Varimax las cargas factoriales se ubican en dos o más componentes. También aquellos en donde hay redundancia conceptual, tal como en los resultados de aprendizaje relacionados con la *Responsabilidad ambiental*, también marcada con asterisco para su eliminación.

Tabla 10. Cargas factoriales de la dimensión Gestión e innovación de procesos y proyectos

Variables latentes	Variables observables o ítems	Cargas factoriales de componentes rotados			Comunalidades
		1	2	3	
Liderazgo y trabajo en equipo	Roles y responsabilidades	0.801			0.796
	Colaboración efectiva	0.814			0.759
	Toma de decisiones:	0.777			0.766
	Liderazgo y mediación de conflictos	0.764			0.715
	Proponer ideas y soluciones	0.747			0.770
	Dinámica de trabajo	0.671			0.683
Enseñanza de la comprensión y de la condición humana	Empatía y comprensión cultural	0.611	0.485		0.697
	Colaboración interdisciplinaria y transdisciplinaria	0.555	0.504		0.742
	Asertividad en la toma de decisiones*	0.539	0.476		0.657
	Formación reflexiva del desarrollo humano	0.540	0.651		0.618
	Iniciativa para reducir impacto ambiental		0.730		0.763
	Administración de la resiliencia*	0.460	0.554	0.403	0.672
Responsabilidad social y ambiental	Responsabilidad ética y moral		0.720		0.679
	Fomento de la concientización ambiental*		0.751		0.741
	Indicadores de calidad ambiental*		0.671	0.425	0.753
	Toma de conciencia del impacto del proyecto*	0.441	0.599		0.668
	Aplicación de soluciones éticas*	0.487	0.540	0.438	0.736
	Promoción del bienestar social y sostenibilidad	0.743			0.766
Gestión e innovación de procesos y proyectos	Elaboración de proyectos de mejora continua			0.838	0.821
	Diseño de procesos			0.770	0.788
	Digitalización para optimización de procesos*	0.423		0.657	0.753
	Evaluación sistémica			0.678	0.696
	Gestión eficiente de recursos		0.403	0.660	0.723
	Pensamiento de diseño			0.629	0.691

Nota. $N = 337$. Método de extracción en la primera rotación Varimax. Las cargas factoriales arriba de 0.5 se aprecian en negritas.

Estas variables observables marcadas con asterisco se eliminaron al realizar la segunda rotación Varimax para simplificar el modelo teórico. La Tabla 11 presenta los valores en porcentaje de la varianza total observada, con valor de 66.735 y los índices de KMO de 0.97, arriba de 0.95 para los dos procesos de reducción, que se consideran aceptables.

Tabla 11. Rotación en la dimensión Gestión e innovación de procesos y proyectos

KMO ^b	Prueba de Bartlett: Primera Reducción ^a			Varianza total explicada %
	Chi cuadrado	gl	p-valor	
0.970	5852.096	253	0.001	66.735
Segunda Reducción				
0.964	4508.256	171	0.001	67.619

Nota. a. Basado en correlaciones; b. Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin

Se observa también que existe reducción en el valor de Chi cuadrado, debido a la reducción de los grados de libertad. La Tabla 12 muestra cómo se agrupan los cuatro constructos originales antes del AFE, en tres variables latentes. En la variable *Desarrollo humano y responsabilidad social*, se agrupan las variables latentes *Responsabilidad social y ambiental* y la *Enseñanza de la comprensión y de la condición humana*, lo que permite aún más la simplificación del modelo teórico.

Tabla 12. Cargas factoriales en la dimensión Gestión e innovación de procesos y proyectos

Variables latentes	Variables observables o ítems	Cargas factoriales en componentes rotados			Comunalidades
		1	2	3	
Liderazgo y trabajo en equipo	Colaboración efectiva	0.814			0.781
	Roles y responsabilidades	0.797			0.805
	Toma de decisiones:	0.782			0.780
	Líderazgo y mediación de conflictos	0.756			0.715
	Proponer ideas y soluciones	0.733			0.778
	Administración de la dinámica de trabajo	0.672			0.723
	Empatía y comprensión cultural:	0.573			0.721
	Colaboración interdisciplinaria y transdisciplinaria	0.527			0.762
Gestión e innovación de procesos y proyectos	Elaboración de proyectos de mejora continua		0.854		0.809
	Diseño de procesos		0.796		0.794
	Evaluación sistémica		0.691		0.698
	Gestión eficiente de recursos		0.667		0.727
	Pensamiento de diseño		0.666		0.721
	Digitalización para optimización de procesos		0.662		0.737
Formación del desarrollo humano y responsabilidad social	Responsabilidad ética y moral			0.743	0.797
	Asertividad en la toma de decisiones			0.653	0.767
	Promoción del bienestar social y sostenibilidad			0.642	0.677
	Formación reflexiva del desarrollo humano:			0.630	0.727
	Fomento de la concientización ambiental			0.629	0.665

Nota. N = 337. Método de extracción en la segunda rotación Varimax. Las cargas factoriales arriba de 0.5 se aprecian en negritas. La rotación ha convergido en 6 iteraciones

El ítem *Fomento de la concientización ambiental* tiene una carga factorial arriba de 0.600 y su contenido conceptual complementa al ítem, *Promoción del bienestar social y sostenibilidad*, considerándose ambos importantes para el modelo teórico del instrumento de evaluación. Dado que la carga factorial y el valor del índice comunalidad es superior a 0.500 y 0.600 para ambos, respectivamente, se puede optar por mantenerlos. Por su parte el ítem mostrado con asterisco en la tabla, *Administración de la resiliencia* tiene una carga factorial

de sólo 0.403, por lo que puede ser eliminado, ya que su contenido conceptual está incluido en el ítem *Función reflexiva del desarrollo humano*. De esta manera, las variables latentes *Enseñanza de la comprensión y de la condición humana* y la de *Responsabilidad social y ambiental* se unifican en una variable latente denominada *Formación del desarrollo humano y responsabilidad social*, con cinco variables observables. Finalmente cabe señalar que en todos los procesos de reducción de dimensionalidad se obtuvieron valores del índice de comunalidades superiores a 0.600, lo que se considera apropiado para darle validez de constructo al modelo teórico.

Objetivo 4: análisis factorial confirmatorio

Para este objetivo, es importante considerar que la función principal del AFC consiste en verificar si la estructura teórica del instrumento de evaluación se ajusta a los datos y determinar la validez de constructo. La Tabla 13 muestra que se obtuvo un valor de χ^2 igual a 2.059, lo que indica un ajuste aceptable, dado que valores menores a 3.0 se consideran adecuados (Kline, 2016). Para los valores de parsimonia se reporta un valor de 0.056, lo que sugiere un ajuste razonable, ya que valores inferiores a 0.08 son aceptables y valores menores a 0.05 son ideales (Brown, 2006).

Tabla 13. Índices de ajuste del análisis factorial confirmatorio

Modelo χ^2 (CMIN/D F)	Distribución de errores	Índices de comparación			Ajuste de la parsimonia				Índice Hoelter Muestr al
		RMSEA	CFI	TLI	NFI	PRati o	PCF I	PNF I	
2.059	0.056	0.914	0.908	0.845	0.940	0.858	0.794	2819.37	0.05 = 175 0.01 = 180

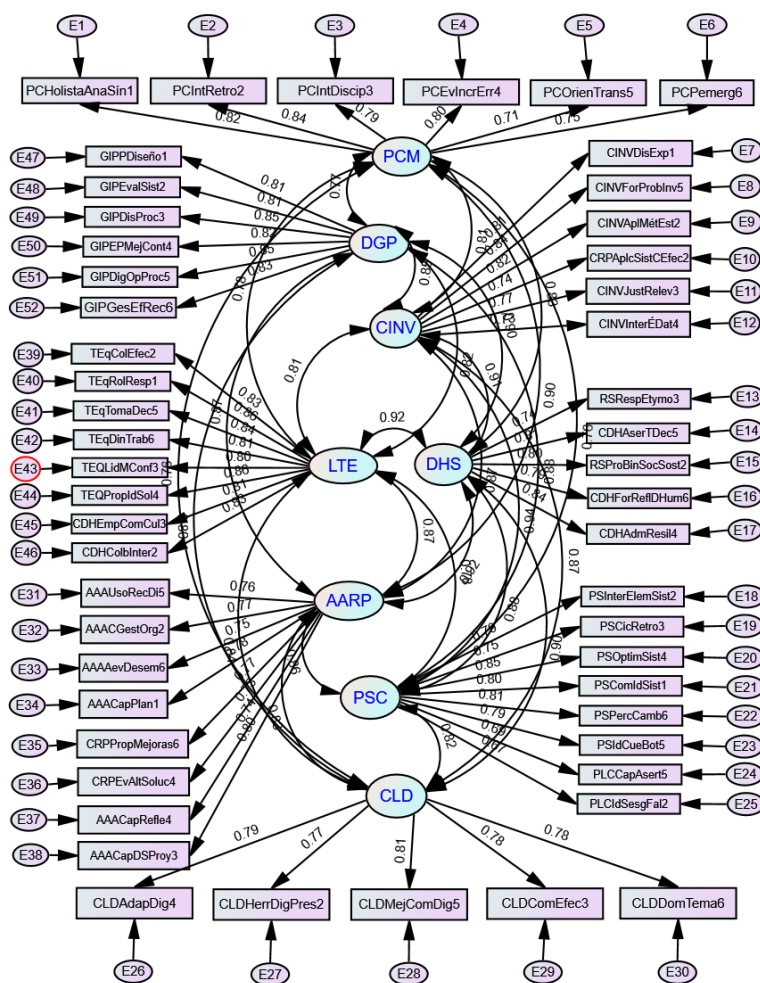
Nota. Elaboración propia con base en los resultados

Para los Índices de ajuste comparativo (CFI, TLI, NFI), los valores obtenidos son CFI = 0.914, TLI = 0.908 y NFI = 0.845. Valores superiores a 0.90 indican un buen ajuste del modelo, lo que confirma que las variables observables, redactadas como resultados de aprendizaje, están bien alineadas con sus factores latentes. Para el Índice de parsimonia, que refiere a la simplicidad del modelo teórico con la que se explican los datos, se obtuvieron los índices PRatio igual a 0.940; PCFI = 0.858, PNFI = 0.794. Si estos valores son cercanos a 1, sugieren que el modelo es eficiente y tiende a evitar la complejidad. Por lo que respecta

al índice que respalda la estabilidad del modelo en función del tamaño muestral, el valor del Índice de Hoelter, se reporta que para un nivel de significancia de 0.05, el tamaño mínimo de muestra requerido para obtener un buen ajuste es 175, mientras que para 0.01 es 180. En el estudio se utilizó un tamaño muestral de 337 individuos.

Al realizar el diagrama de ruta se obtuvo la Figura 2. Esta representa la estructura del modelo SEM; en ella se resaltan los siguientes elementos clave, desde la tabla de valores de cargas factoriales estandarizadas que ofrece la hoja de resultados AMOS.

Figura 2. Diagrama de ruta de las covarianzas de las variables latentes y sus variables observables



Nota: Elaborada con AMOS 29, con base en los resultados

En ella podemos observar los siguientes datos que proporciona el AFC:



- Variables latentes y sus relaciones con las variables observables: Se muestra cómo cada variable latente (constructo) está relacionada con sus indicadores observables, con cargas factoriales estandarizadas.
- Cargas factoriales: La mayoría de las cargas factoriales superan el umbral de 0.50, lo que indica una buena relación entre cada ítem y su factor teórico correspondiente. Algunas variables observadas presentan cargas factoriales superiores a 0.70, lo cual es excelente.
- Covarianzas / correlaciones: Se presentan correlaciones entre las variables latentes con cargas factoriales arriba de 0.85 y otras por encima de 0.90. La interpretación de las covarianzas o correlaciones entre factores debe realizarse correctamente. Valores elevados (≥ 0.85 o 0.90) no respaldan la validez discriminante, sino que la amenazan, ya que sugieren un solapamiento conceptual entre constructos que deberían ser distintos (Kline, 2016). En otras palabras, correlaciones muy altas indican que los factores pueden estar midiendo prácticamente lo mismo, lo cual compromete la evidencia de validez discriminante (Hair, et al., 2019). Para garantizar esta forma de validez, las correlaciones deben mantenerse en niveles moderados, de manera que exista relación entre los constructos, pero sin perder su distinción conceptual.
- Errores de medida: Cada variable observable tiene un término de error asociado, reflejando la varianza no explicada por el modelo.

Discusión

En el objetivo general de este estudio se propuso diseñar y estandarizar estadísticamente un instrumento de evaluación de competencias profesionales en la formación de ingenieros. En concordancia con los lineamientos metodológicos, el alcance de este estudio se limita a evaluar la validez de contenido y de constructo, y no contempla la determinación de la validez de criterio. En este sentido, los resultados respaldan las cuatro hipótesis.

En principio se encontró que los ítems del instrumento de evaluación, *medidos como resultados de aprendizaje*, son confiables y válidos, tal como lo afirma la primera hipótesis. Diversos autores como Hair et al (2019) y George y Mallery (2003) señalan que un valor de las cargas factoriales por arriba de 0.5 se considera adecuado, porque su medición determina el grado en que los ítems están relacionados con sus factores. Para las once variables latentes del modelo teórico se obtuvieron valores del alfa de Cronbach cercanos o superiores a 0.9,

con un promedio de 0.9077, como se muestra en la Tabla 3, lo cual indica que el instrumento cumple muy bien con índice de consistencia interna.

Por otro lado, la segunda hipótesis permitió operacionalizar la variable *Logro de la competencia* a través de un modelo gráfico de intención y secuencia didáctica, como vía para desarrollar en el estudiante las competencias profesionales. Los elementos de salida del ciclo de la Figura 1 son los resultados de aprendizaje, por lo que el instrumento de evaluación estandarizado en este trabajo regula no sólo la calidad de formación de los estudiantes en un programa académico, sino también su reconocimiento por parte de los organismos acreditadores.

En línea con la hipótesis tres, se identificó una estructura reducida de factores latentes mediante un AFE. Este análisis factorial exploratorio permitió reducir la dimensionalidad del modelo teórico de once variables latentes a ocho, utilizando los siguientes criterios:

- Cargas factoriales bajas: Para su eliminación, se consideraron las variables con cargas inferiores a 0.4 en el primer análisis y 0.5 para el segundo.
- Cargas cruzadas: Las variables que cargaban significativamente en múltiples factores indicaban redundancia y fueron consideradas para eliminación.
- Semejanza conceptual: Las variables con significados similares en diferentes factores latentes también se consideraron para la reducción (Brown, 2006; Kline, 2016).

Para interpretar los resultados del AFE, los valores obtenidos para el índice de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett se comparan con los valores recomendados por Byrne (2010) y Kline (2016).

- KMO: Un valor superior a 0.80 es considerado excelente, mientras que valores entre 0.70 y 0.79 son aceptables. En la Tablas 5, Tabla 8 y Tabla 11, los valores de KMO se encuentran en rangos de 0.956 a 0.974, lo que indica una adecuación muestral muy alta para las once variables latentes de las tres dimensiones. Esto respalda la aplicabilidad del análisis factorial.
- Chi-cuadrado (χ^2): En el AFC, un valor de Chi-cuadrado elevado puede indicar un ajuste imperfecto, pero es importante considerar esta situación en relación con el tamaño de la muestra. Con 337 estudiantes, los valores de Chi-cuadrado reportados son significativos, lo que sugiere una discrepancia entre el modelo y los datos observados. Sin embargo, debido a la sensibilidad de χ^2 al tamaño muestral, se recomienda evaluar en conjunto otros índices de ajuste como CFI (>0.90) y RMSEA (<0.08) para determinar la calidad del modelo teórico.

La Prueba de Bartlett con un valor p menor a 0.05 indica que las correlaciones entre las variables son lo suficientemente fuertes para justificar el AFE. En el estudio, todos los valores obtenidos para las tres dimensiones son significativos ($p < 0.001$), lo que respalda la viabilidad del análisis factorial. En el mismo sentido, la varianza explicada como medida de calidad de un instrumento, según Kline (2016), es deseable que tenga un valor mayor al 60% en modelos factoriales. Los valores obtenidos en las dimensiones del estudio (63.75%, 66.73%, 72.69%) indican que la estructura factorial es apropiada y que los factores identificados explican una gran parte del porcentaje de la varianza en los datos. En adición, Byrne (2010) sugiere que cargas factoriales mayores a 0.50 son aceptables y mayores a 0.70 son excelentes. En el instrumento de evaluación, la mayoría de las cargas factoriales superan el umbral de 0.70, lo que sugiere que los ítems están bien relacionados con sus factores respectivos.

Finalmente, para evaluar la validez de constructo del modelo teórico del instrumento de evaluación se probó la hipótesis cuatro. El análisis factorial confirmatorio sirvió para evaluar la validez de constructo y validez discriminante del modelo final con ocho variables latentes.

- Validez de constructo: Se refiere al grado en que el instrumento mide los constructos teóricos que pretende medir. El AFC confirmó la validez de constructo al demostrar un buen ajuste entre el modelo teórico y los datos, utilizando índices como CFI, TLI y RMSEA.
- Validez discriminante: Indica el grado en que los factores latentes son distintos entre sí.

Los resultados del AFC, al incluir varios valores de covarianzas / correlaciones por arriba de 0.85, sugieren que deben realizarse acciones como las siguientes en el instrumento final, con la finalidad de mejorar la validez discriminante.

- Revisión conceptual: Analizar si los constructos realmente son distintos. Si en la teoría son casi idénticos, quizá convenga fusionarlos en uno solo.
- Depuración de ítems: Revisar si algunos reactivos están repetidos en sentido semántico. Podría eliminarse uno de cada par redundante, conservando el que mejor represente el constructo.
- Evaluar índices alternativos de discriminancia: Usar criterios como Fornell-Larcker (varianza extraída promedio, AVE) o la relación HTMT (Heterotrait-Monotrait). Si

estos índices también muestran problemas, se confirma la falta de discriminancia (Kline, (2016) y Hair et al., 2019)

Al confirmarse el modelo teórico después de la reducción de dimensionalidad, la justificación para la fusión del *Pensamiento crítico y sistémico* en un único factor se debe a la relación concurrente entre ambos tipos de pensamiento. Esto está de acuerdo con el modelo educativo del TecNM, *Humanismo para la Justicia Social*, en su Modelo de Pensamiento Crítico para la Educación Tecnológica, desde la perspectiva circular sistémica, de análisis y síntesis, la contrastación y confrontación de ideas, la retroalimentación y la construcción de conocimientos nuevos (TecNM, 2024, pp. 60-69).

En este sentido, el pensamiento crítico se potencializa con el pensamiento sistémico. Para Senge (1996) el pensamiento sistémico y el crítico están relacionados. Según el autor, el pensamiento sistémico permite la interconexión de elementos dentro de un sistema, favoreciendo un análisis crítico de la información de manera más sistemática y profunda. Asimismo, se pueden evaluar sus consecuencias para posibilitar la toma de decisiones con base al análisis y síntesis de la información. En contraparte, Cabrera y Cabrera (2015) argumentan que la integración del pensamiento sistémico y el crítico es fundamental en la resolución de problemas, debido a la estrecha relación que proporcionan para procesar la información. Los autores señalan que pensamiento sistémico potencia al pensamiento crítico, al considerar las interrelaciones y las diversas perspectivas para abordar un problema. El pensamiento crítico, a través del análisis y la inferencia, es esencial para construir y evaluar sistemáticamente los modelos sistémicos. Así que este modelo integral de *Pensamiento crítico y sistémico* permite cuestionar la información, los supuestos, identificar sesgos y evaluar la validez de los argumentos y sus conexiones dentro de un sistema (Cabrera y Cabrera, 2015).

Por lo que respecta a la fusión entre el *Aprendizaje autónomo y autorregulado* con la habilidad para *Capacidad para resolver problemas* en un solo factor denominado *Aprendizaje autorregulado en la resolución de problemas complejos*, diversos autores como Intriago et al. (2024) y Zimmerman (2002) coinciden en la estrecha relación entre ambas habilidades en términos de motivación intrínseca y compromiso, la autorregulación en la estrategia de resolución de problemas y su transferencia al aprendizaje. En este sentido, Zimmerman afirma que los estudiantes que aprenden de forma independiente desarrollan habilidades de autorregulación, como la planificación, el monitoreo y la evaluación de su propio aprendizaje. Estas habilidades son cruciales para la resolución de problemas. Por su

parte, Intriago et al. (2024) refieren que los estudiantes que aprenden de forma independiente desarrollan habilidades de autorregulación, como la planificación, el monitoreo y la evaluación de su propio aprendizaje.

En el mismo sentido, el AFC destaca la unión entre la variable *Enseñanza de la Comprensión Humana* y la *Responsabilidad social y ambiental*. De esta forma el AFC explica que existen semejanzas conceptuales entre sus variables observables, además de que sus cargas factoriales se traslapan. Por ello, la unión de estas dos variables latentes en la variable *Formación del desarrollo humano y responsabilidad social* forma parte de un enfoque más amplio que integra la enseñanza de la comprensión y la condición humana, un pilar fundamental para la educación del futuro, según Edgar Morin (1999), conceptos que también son incluidos en el nuevo modelo educativo del Tecnológico Nacional de México. En este modelo, Morin fundamenta la comprensión de la condición humana al argumentar que la educación debe trascender la transmisión de conocimientos técnicos y científicos, para abordar la complejidad de la existencia humana y fomentar una conciencia global que permita a los individuos comprenderse a sí mismos y a los demás en un contexto de interdependencia social, ambiental y cultural.

De igual manera, Coelho y Menezes (2021) aseguran que la responsabilidad social y ambiental en la educación superior es un componente clave en la formación de ciudadanos comprometidos con el bienestar colectivo y la equidad social. Esta visión se alinea con la perspectiva de Morin (1999), quien plantea que la educación debe integrar la necesidad de la comprensión del desarrollo humano, fomentando una visión holística que relacione el desarrollo individual con la responsabilidad hacia los demás y el planeta. Asimismo, Yohan et al. (2023) destacan que la enseñanza de la sostenibilidad debe ir más allá de la simple gestión de recursos naturales, incorporando dimensiones éticas y sociales que permitan formar profesionales capaces de generar soluciones innovadoras y responsables.

Conclusiones

El análisis factorial confirmatorio permitió validar la estructura teórica del modelo del instrumento de evaluación, alineando los indicadores de desempeño con sus respectivas competencias profesionales. Se logró un ajuste aceptable del modelo, con valores adecuados en los índices de ajuste ($CFI > 0.90$, $RMSEA < 0.08$, $TLI = 0.908$), lo que respalda la validez de constructo del instrumento de evaluación.

Los resultados obtenidos están en concordancia con la literatura previa sobre la validación de instrumentos de evaluación en educación y psicometría. El porcentaje de la varianza explicada es superior al 60%, lo que sugiere que los factores latentes explican una proporción significativa de la variabilidad en los datos. El instrumento de evaluación de competencias profesionales también es congruente con el nuevo modelo educativo del TecNM, pues integra los componentes de pensamiento crítico, comunicación, trabajo colaborativo, habilidades digitales, responsabilidad social y conciencia ambiental, procesos de innovación, interdisciplinariedad, la percepción de cambio, mejora continua, autorregulación del aprendizaje, entre otros conceptos que están incluidos en este instrumento de evaluación estandarizado, a través de los ítems redactados como resultados de aprendizaje.

La integración de las variables latentes *Pensamiento y literacidad crítica* (sentido y significado de la información verbal) y el *Pensamiento sistémico* genera una sola variable denominada *Pensamiento crítico y sistémico*. En el mismo sentido de la fusión de las variables *Responsabilidad social y ambiental* y la *Enseñanza de la comprensión y de la condición humana*, resulta la variable latente denominada *Formación del desarrollo humano y responsabilidad social*. En cuanto a la integración entre la variable latente *Aprendizaje autónomo y autorregulado* con la variable *Capacidad de resolver problemas*, el análisis factorial produce una sola variable identificada como *Aprendizaje autorregulado en la resolución de problemas complejos*. Esto permite concluir que el modelo teórico se simplifica de once variables latentes a ocho, sin perder sustento teórico. Además, en cada variable latente se percibe alineación con el nuevo modelo educativo del TecNM, tal es el caso del *Aprendizaje autónomo y autorregulado*, que permite crear un sistema de andamiaje “como un estado de mayor conciencia de sí mismo” (TecNM, 2024, p. 89) y sus habilidades. Las demás variables también están implícitas en el nuevo Modelo educativo del TecNM, ya que estos conceptos tratan de formar estudiantes que no sólo procesen la información para resolver problemas, sino también la formación de un individuo consciente “sobre la responsabilidad social y tecnológica que enmarca su quehacer profesional (TecNM, 2024, p.131)”.

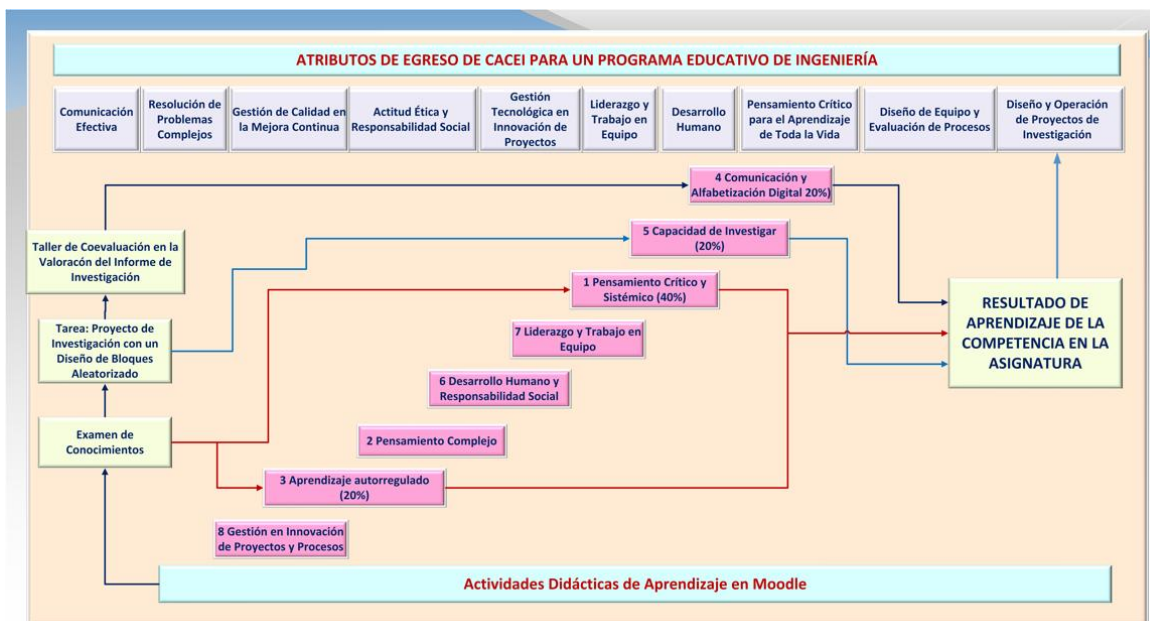
Es importante señalar que la variable *Comunicación y alfabetización digital* también se alinea con la capacidad dialógica promovida por el Modelo Educativo del TecNM, al fortalecer la interacción entre el sujeto, su entorno y las tecnologías digitales, aspectos que son críticos en la función docente. Para profesores de educación superior, medir esta

capacidad es útil porque no solo permite la expresión y comprensión de ideas en entornos virtuales, sino que también impulsa el desarrollo de competencias socio-tecnológicas, especialmente aquellas relacionadas con la inclusión, la ética y la transformación del entorno mediante la ciencia y la tecnología.

Con respecto a la capacitación de profesores para implementar el nuevo modelo educativo, es necesario que se incluya en la formación docente el diseño y validación estadística de los instrumentos de evaluación del aprendizaje, pues esto se correlaciona con la evaluación de competencias profesionales, mismas que pueden activar la evaluación del diseño curricular, con proyectos de investigación educativa, evaluando su impacto en las categorías formativas del modelo educativo publicado: *Formación psicopedagógica de investigación educativa y la Gestión educativa y el liderazgo*.

Como pauta trascendente de este proyecto de investigación, podemos señalar que el instrumento de evaluación de competencias obtenido, compuesto con ocho variables latentes y 52 ítems puede ser utilizado como base para la evaluación de competencias profesionales en el contexto de educación superior. Es decir, las ocho variables latentes se pueden relacionar con las competencias profesionales en la formación de ingenieros y los 52 ítems como variables observables redactadas como resultados de aprendizaje. La Figura 3 muestra esquemáticamente un ejemplo de aplicación de las variables observables como indicadores de desempeño para la evaluación de la competencia profesional: *diseño y operación de proyectos de investigación*.

Figura 3. Aplicación de las variables observadas como indicadores de medición de la competencia



Nota. Elaboración propia con base en los resultados del análisis factorial

Como se detalla en la Figura 3, para la evaluación de la competencia *Diseño y operación de proyectos de investigación* se pueden programar tres actividades didácticas de aprendizaje en Moodle (mostradas en la figura en la parte izquierda), asociarlas a diversos indicadores redactados como resultados de aprendizaje y asignarles una ponderación como evaluación formativa o sumativa, logrando evaluar de esta manera la competencia profesional, en concordancia con las competencias recomendadas por el CACEI.

Como conclusión final, con este proyecto de investigación se logró una propuesta metodológica rigurosa para la evaluación estandarizada de competencias profesionales, mediante un instrumento validado tanto en su contenido como en su estructura factorial, lo que proporciona validez de constructo. Al articular referentes teóricos sólidos con el modelo de ecuaciones estructurales, se logró la evidencia empírica que respalda la pertinencia, coherencia y aplicabilidad de un instrumento para la evaluación de competencias en educación superior. De este modo, se contribuye no solo a fortalecer los procesos de evaluación por competencias, sino también a alinear la práctica evaluativa con los principios del modelo educativo institucional del TecNM y los estándares internacionales de formación profesional.

Futuras líneas de investigación

Si bien el modelo teórico del instrumento de evaluación presenta un buen ajuste en su medición de validez de contenido y de constructo, es recomendable realizar otra investigación de análisis factorial exploratorio y confirmatorio, pero ahora con rotación oblicua (permitiendo la correlación entre constructos), con lo cual se puede reducir aún más la dimensionalidad del instrumento de evaluación, pues el *Pensamiento crítico y sistémico*, junto con el *Pensamiento complejo*, pueden ser el eje que agrupe a otros indicadores de desempeño, en concordancia con el modelo educativo actual del TecNM, el cual establece que el Modelo del Pensamiento Crítico para la Educación Tecnológica:

Tiene como principio fundamental la construcción y reconstrucción permanente del conocimiento, considerando que tanto el pensamiento, no sólo el científico y el tecnológico sino también el cotidiano, considerando que tanto el pensamiento del ser humano como todos los objetos, fenómenos y procesos de la naturaleza y la sociedad se encuentran en constante cambio, transformación y movimiento (TecNM, 2024, p. 60).

Los resultados de esta nueva investigación permitirían integrar el pensamiento científico y tecnológico, que utilizan el pensamiento literal, lógico e inferencial, todos ellos involucrados en la capacidad para resolver problemas, así como diseñar y desarrollar proyectos de investigación.

Por otro lado, los resultados del presente estudio abren la oportunidad para realizar otra investigación que contemple un análisis de invarianza factorial. Esto permitiría evaluar la estabilidad del modelo *en diferentes grupos de comparación*, ya que en esta investigación la mayoría de los participantes fue con estudiantes de ciencias básicas. De igual forma, esta investigación determinaría cuáles variables latentes son de mayor pertinencia en la evaluación de las competencias profesionales establecidas en los diferentes programas académicos que ofrece el TecNM. Además, en la actualización de este instrumento para definir las competencias socio-tecnológicas, es necesario evaluar las covarianzas entre factores latentes para garantizar la independencia conceptual de cada competencia evaluada. En paralelo a esta nueva línea de investigación, se pueden aplicar pruebas de validez predictiva para confirmar que el desempeño, medido con este instrumento se correlaciona con medidas externas a la evaluación por competencias, tal como la satisfacción de los empleadores, lo cual significa evaluar la validez de criterio (Leyva, 2010).

El alcance de este estudio se centró en estandarizar estadísticamente el instrumento de evaluación de competencias en su validez de contenido y de constructo. Utilizar instrumentos estandarizados genera resultados confiables relativos al proceso de enseñanza-aprendizaje, lo cual posibilita tomar decisiones fundamentadas respecto al rediseño curricular, a la formulación de proyectos de mejora continua a nivel institucional, así como de los programas educativos, lo que redundará en la medición y mejora de los indicadores del sistema de gestión de calidad institucional.

Por lo anterior, es necesario implementar otra línea de investigación para evaluar *la validez de criterio del instrumento de evaluación desarrollado*, a través de la determinación de correlaciones, regresiones y baremos diferenciados por grupos académicos o programas educativos. Esta investigación permitiría establecer estándares normativos de rendimiento que permitan interpretar los resultados de los estudiantes, en función de sus competencias profesionales, según el perfil de egreso. A través de estudios comparativos por cohorte, carrera o modalidad educativa, los índices psicométricos obtenidos en la medición de la validez de criterio, podrían generar puntos de corte, percentiles y escalas normativas que funcionen como criterios externos de validación del instrumento de evaluación del aprendizaje y del nivel de logro de las competencias profesionales.

Referencias

- Anderson, W. L., Krathwohl, R. D., Airasian, W. P., & Cruikshank, E. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.
- Ayyanathan, N. (2022). Learning analytics model and Bloom's taxonomy based evaluation framework for the post graduate students' project assessment: A blended project-based learning management system with rubric-referenced predictors. *Shanlax International Journal of Education*, 10(3), 48–60. <https://doi.org/10.34293/education.v10i3.4620>.
- Barboza, J. L., & Calderón, M. (2020). Aprendizaje participativo desde la acción constructivista sociocultural para el desarrollo de habilidades cognitivas en estudiantes. En P. Ramírez & L. Ortega (Eds.), *Formación educativa en el contexto social y cultural* (pp. 45–62). Editorial Universitaria.

- Bello, A. M., Crespo, D. M., González, H. K., & Pérez, N. E. (2022). Fundamentos cognitivos y pedagógicos del aprendizaje activo. *Mendive. Revista de Educación*, 20(4), 1353–1368. <https://doi.org/10.33779/mr2022.20.4.1353>.
- Bezanilla, M. J., & Arranz, S. (2016). Sistema de evaluación por competencias en educación superior utilizando Moodle. *Opción. Revista de Antropología, Ciencias de la Comunicación, Filosofía, Lingüística y Semiótica, Problemas del Desarrollo, la Ciencia y la Tecnología.*, 32(80), 290-310.
- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guilford Press.
- Bruner, J. (1989). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Alianza, Madrid.
- Byrne, M. B. (2010). *Structural equation modeling with AMOS: Basic concepts, applications, and programming (2.ª ed.)*. Routledge/Taylor & Francis.
- Cabrera, D., & Cabrera, L. (2015). *Systems thinking made simple: New hope for solving wicked problems*. Odyssean Press.
- Cassany, D. (2006). *Tras las líneas. Sobre la lectura contemporánea*. Anagrama.
- Coelho, M., & Menezes, I. (2021). University social responsibility, service learning, and students' personal, professional, and civic education. *Frontiers in Psychology*, 12, 617300. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.617300>.
- Coll, C., & Onrubia, J. (2012). *El constructivismo en el aula*. Editorial Graó.
- Creswell, J. W. (2012). *Educational Research: Planning, conducting and evaluating quantitative and cualitative research*. Pearson.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2023). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (5th ed.)*. SAGE.
- Espinoza, E. E. (2019). *La variable y su operacionalización en la investigación educativa: Ferrando, J. P., Lorenzo-Seva, U., Hernández-Dorado, A., & Muñoz, J. (2022). Decálogo para el análisis factorial de los ítems de un test. Psicothema, 34(1), 7–17. https://doi.org/10.7334/psicothema2021.456.*
- Ferrando, J. P., Lorenzo-Seva, U., Hernández-Dorado, A., & Muñoz, J. (2022). Decálogo para el análisis factorial de los ítems de un test. *Psicothema*, 34(1), 7–17. <https://doi.org/10.7334/psicothema2021.456>.
- Ferrando, J. P., & Lorenzo-Seva, U. (2018). Assessing the quality and appropriateness of factor solutions and factor score estimates in exploratory item factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 78(5), 762–780. <https://doi.org/10.1177/0013164417719308>

- Freire, P. (1972). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores.
- Freire, P. (2004). *Pedagogía de la autonomía: Saberes necesarios para la práctica educativa*. Paz e Terra.
- Fulcher, K. H., Good, R. M., & Rose, S. E. (2025). *Assessment 101 in higher education*. Routledge.
- González-Segura, C. M., García-García, M., & Menéndez-Domínguez, V. H. (2018). Análisis de la evaluación de competencias y su aplicación en un sistema de gestión del aprendizaje: Un caso de estudio. *Revista de Educación a Distancia*, (58). <https://doi.org/10.6018/red/58/3>.
- Guaman-Quintanilla, S., Everaert, P., & Chiluiza, K. (2023). Impact of design thinking in higher education: A multi-actor perspective on problem solving and creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 33, 217–240. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09724-z>.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Análisis multivariante* (8.^a ed.). Cengage Learning.
- Hernández, A., Hidalgo, M. D., Hambleton, R. K., & Gómez-Benito, J. (2020). International Test Commission guidelines for test adaptation: A criterion checklist. *Psicothema*, 32(3), 390–398. <https://doi.org/10.7334/psicothema2019.306>.
- Heredia, P. H., Gutiérrez, M., & Romero, M. F. (2024). Comprensión lectora y resolución de problemas matemáticos: Un estudio de caso. *Perfiles educativos*, 46(185), 69–88. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2024.185.61367>.
- Hyytinen, H., Toom, A., & Shavelson, R. J. (2019). Enhancing scientific thinking through the development of critical thinking in higher education. En M. Murtonen & K. Balloo (Eds.), *Redefining scientific thinking for higher education: Higher-order thinking, evidence-based reasoning and research skills* (pp. 59-78). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24215-2_3.
- International Engineering Alliance. (2021). *Atributos del egresado y competencias profesionales*. International Engineering Alliance. <https://www.ieagrements.org>.
- Intriago, L. P., Viteri, J. C., & Changotasig, A. M. (2024). Modelo motivacional de Pintrich como estrategia de autorregulación en la construcción de conocimiento. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(5), 1784-1800. <https://doi.org/10.33322/cl.v8i5.13649>.

- Kline, R. B. (2016). *Principles and Practice of Structural Equation Modeling* (4 ed.). The Guilford Press.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido: Teoría y práctica* (2.ª ed., trad. al esp.). Paidós Comunicación.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>.
- Leyva Barajas, Y. E. (2010). La evaluación como recurso estratégico para la mejora de la práctica docente ante los retos de una educación basada en competencias. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 3(1e), 233-245. https://rinace.net/riee/numeros/vol3-num1_e/art18.pdf.
- Limbani, F., Goudge, J., Joshi, R., Maar, M., Miranda, J., Oldenburg, B., ... Webster, J. (2019). Process evaluation in the field: Global learnings from seven implementation research hypertension projects in low- and middle-income countries. *BMC Public Health*, 19, 953. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7261-8>.
- Loría, J. H., Romero, M. A., & Valle, B. (2024). Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería. Manual del Marco de Referencia 2025 (MR 2025) para la acreditación de programas de ingeniería: Categorías y criterios. CACEI. <https://cacei.org.mx/objs/crsl/carr01.pdf>.
- López-Gómez, E. (2018). El método Delphi en la investigación actual en educación: Una revisión teórica y metodológica. *Educación XX1*, 21(1), 17–40. <https://doi.org/10.5944/educxx1.15536>.
- Montilla-García, H. (2022). Pensamiento sistémico en el modelo de resolución de problemas en estudiantes de tercer grado de secundaria. *Revista Científica de Sistemas e Informática*, 2(1), e162–e162.
- Morales, B. L., & Barriga, A. D. (2021). Diseño y validación de un caso de enseñanza electrónico sobre pensamiento crítico. *Apertura*, 13(2), 88–105. <https://doi.org/10.32870/Ap.v13n2.2089>.
- Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- O'Connor, J., & McDermott, I. (1998). *Introducción al pensamiento sistémico* (2.ª ed.). Ediciones Urano.
- Parmigiani, D., Nicchia, E., Murgia, E., & Ingersoll, M. (2024). Formative assessment in higher education: An exploratory study within programs for professionals in

- education. *Frontiers in Education*, 9, 1366215.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1366215>.
- Paul, R., & Elder, L. (2005). Una guía para los educadores en los estándares de competencia para el pensamiento crítico. Fundación para el Pensamiento. Crítico.
https://www.criticalthinking.org/resources/PDF/SP-Comp_Standards.pdf.
- Pedrosa, I., Suárez-Álvarez, J., & García-Cueto, E. (2013). Evidencias sobre la validez de contenido: Avances teóricos y métodos para su estimación. *Acción Psicológica*, 10(2), 3-18. <https://doi.org/10.5944/ap.10.2.11820>.
- Piñeiro-Naval, V. (2020). La metodología de análisis de contenido: Usos y aplicaciones en la investigación comunicativa del ámbito hispánico. *Comunicación y Sociedad*, 33(3), 1–16. <https://doi.org/10.32870/cys.v2020i33.7427>.
- Senge, P. (1996). *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Granica.
- Sung-Hee, J., Kwoon, I., Mina, Y., Ido, R., & Kyoungwon, S. (2023). Supporting students' self-regulated learning in online learning using artificial intelligence applications. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(37), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00406-5>.
- Tecnológico Nacional de México. (2024). *Modelo educativo del Tecnológico Nacional de México: Humanismo para la justicia social*. Tecnológico Nacional de México. https://www.tecnm.mx/images/areas/docencia/Modelo_Educativo_TecNM_2024.pdf.
- Tecnológico Nacional de México. (2016). *Manual de lineamientos académico-administrativos del Tecnológico Nacional de México*. Tecnológico Nacional de México. https://www.tepic.tecnm.mx/doc/Manual_de_Lineamientos_TecNM.pdf.
- Tobón, S. (2008). *Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica* (2.ª ed.). Ecoe Ediciones.
- Tobón, S., Pimienta, J., & García, J. (2010). *Secuencias didácticas: Aprendizaje y evaluación de competencias*. Pearson Educación.
- Tovakol, M., & Wetzal, A. (2020). Factor analysis: A means for theory and instrument development in support of construct validity. *International Journal of Medical Education*, 11, 245–247. <https://doi.org/10.5116/ijme.5f96.0f4a>.
- Vygotsky, L. S. (2012). *Pensamiento y lenguaje*. Ediciones Quinto Sol.
- Vygotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Editorial Crítica.

Watzlawick, P., Bavelas, J. B., & Jackson, D. D. (1991). Teoría de la comunicación humana. Editorial Herder.

Yohan, H., Yeonhoo, K., S., S., Seung-Yong, O., & Hyunju, L. (2023). Promoting engineering students' social responsibility and willingness to act on socioscientific issues. *International Journal of STEM Education*, 10(11), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00402-1>.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2.

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	Albino Rodríguez-Díaz
Metodología	Albino Rodríguez-Díaz, Jovita Romero-Islas (igual)
Software	NO APLICA
Validación	Albino Rodríguez-Díaz, Jovita Romero-Islas (igual)
Análisis Formal	Albino Rodríguez-Díaz, Víctor Manuel Lamas Huízar; (apoya)
Investigación	Jovita Romero-Islas, Albino Rodríguez-Díaz (igual)
Recursos	Jovita Romero-Islas, Jorge Alberto Parra Mayorquín (apoya)
Curación de datos	Albino Rodríguez-Díaz
Escritura - Preparación del borrador original	Albino Rodríguez-Díaz, (principal) Jovita Romero-Islas (apoya)
Escritura - Revisión y edición	Albino Rodríguez-Díaz; Jovita Romero-Islas (igual)
Visualización	Jorge Alberto Parra Mayorquín
Supervisión	Jovita Romero-Islas (principal) Víctor Manuel Lamas Huízar (apoya)
Supervisión	Julián González Borrayo
Administración de Proyectos	Julián González Borrayo
Adquisición de fondos	NO APLICA