

DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA MEDICIÓN DE LA COMPETENCIA DE INNOVACIÓN EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA

Gerardo Baro R.*, Universidad de Chile, gerardo.baro@ug.uchile.cl
Horacio Buldrini D., Universidad de Chile, hbuldrin@uchile.cl
Ignacio González A., Universidad de Chile, ignacigonzalez@uchile.cl

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo y validación de una herramienta para medir la competencia de innovación en estudiantes de primer año de ingeniería de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Utilizando como base el Barómetro de Competencias de Innovación INCODE, la herramienta de autoevaluación fue adaptada al contexto local, validada y posteriormente modificada mediante un pre-piloto y un piloto, que incluyeron pruebas psicométricas y análisis factorial. Los resultados mostraron que la herramienta es fiable y efectiva para evaluar dimensiones clave de la innovación, como la creatividad, el pensamiento crítico, la iniciativa, el trabajo en equipo y el networking. La información obtenida permite identificar áreas de mejora en los programas educativos y garantiza que los cursos estén alineados con los objetivos formativos, contribuyendo al desarrollo de ingenieros preparados para enfrentar desafíos tecnológicos y sociales con una mentalidad innovadora. Esta herramienta proporciona una base sólida para la mejora continua en la enseñanza de la innovación, alineando la formación académica con las demandas del mercado laboral y los retos globales en los graduados de ingeniería.

PALABRAS CLAVES: autoevaluación, medición de competencias, evaluación educativa, innovación.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo busca desarrollar y validar una herramienta para medir, en estudiantes de los primeros años de la carrera de ingeniería, el aprendizaje de la competencia de innovación. Se busca medir en las y los estudiantes cómo evolucionan las habilidades o competencias que les permitan a ellas y ellos identificar oportunidades, generar ideas y desarrollar soluciones novedosas que respondan a los desafíos tecnológicos y sociales de manera creativa y efectiva. Ante la necesidad de verificar el cumplimiento del perfil de estudios de Plan Común de Ingeniería y Ciencias (Nivel 1) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, se busca medir el desarrollo y progresión de la competencia de innovación por medio de herramientas de evaluación (Charosky et al., 2022), aplicadas en base a indicadores de resultados del aprendizaje esperados para el perfil. Hero et al. (2017) señala en una revisión sistemática que las herramientas de autopercepción son útiles para que el estudiante comprenda su propio desarrollo, y propone habilidades necesarias para la innovación colaborativa, resaltando que los hallazgos tienen implicancias para la pedagogía de la innovación y evaluación basada en competencias. Las encuestas de autoevaluación son una estrategia aceptable para medir la innovación en poblaciones suficientemente grandes (Cruz et al., 2019).

Según lo definido por el Manual de Oslo de la OCDE (2018), innovación es un nuevo o mejorado producto o proceso (o combinación) que difiere significativamente de los productos o procesos previos de la unidad que han sido hechos disponibles a potenciales usuarios (productos) o puestos en uso por la unidad (procesos). El objeto de innovación es el resultado

del proceso constituido por las actividades de innovación. Entre los métodos de medición que el Manual describe, se encuentra el método orientado al sujeto, en el que se incluyen encuestas o cuestionarios sobre las actividades de innovación llevadas a cabo por una persona; consecuentemente, su capacidad de innovar se define como la competencia de innovación (Andreu-Andrés et al., 2017).

Para que un individuo lleve a cabo actividades de innovación, requiere desarrollar un conjunto de habilidades y competencias durante sus estudios (Hernandez-Linares et al., 2014). Además, un determinante para innovar es la autonomía (Martín et al., 2015), y para lograr una buena autonomía es importante la autopercepción y eso hace que sea válido medir el desarrollo de la competencia de innovación mediante una encuesta de autopercepción, que en el contexto estudiantil se adapta a una encuesta de autoevaluación.

El presente trabajo consiste en el diseño de una encuesta de autoevaluación y la validación del modelo subyacente en esta encuesta. Particularmente, el diseño inicial se basa en el del Barómetro de Competencias de Innovación INCODE (ICB) para el proyecto INCODE (Innovation Competencies Development) de la Unión Europea, posteriormente extendido a FINCODA (Framework for Innovation Competencies Development and Assessment) (Penttilä & Kairisto-Mertanen, 2012; Marín-García et al., 2013). Dicha herramienta ha sido validada en diversas instancias (Marín-García et al., 2013; Butter & van Beest, 2017; Keinänen et al., 2018; Andreu-Andrés et al., 2018; Guzmán-Soria et al., 2022) y se considera una herramienta fiable (Butter & van Beest, 2017; Guzmán-Soria et al., 2022).

DESARROLLO

Para llevar a cabo este proceso se realiza un despliegue con aplicación práctica en dos etapas: pre-piloto y piloto. En la Fig. 1 se muestra un diagrama que describe el proceso de diseño y validación que se realizó para llegar a tener la encuesta en su versión definitiva. Utilizando como base el modelo actual de la competencia de innovación en el programa de ingeniería y ciencias definido para el primer nivel de progresión (Hélice, 2022) y la encuesta ICB del proyecto INCODE con su modelo subyacente de 5 dimensiones.

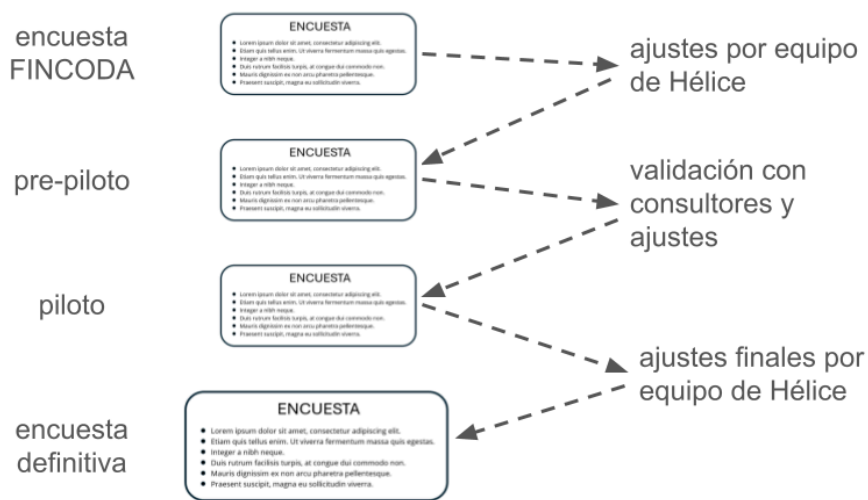


Figura N° 1. Diagrama del proceso de diseño y validación de la encuesta.

A partir de la encuesta ICB, se realiza un rediseño adaptado al contexto en que se realiza el despliegue de un pre-piloto. Este rediseño contempla una nueva redacción de varias preguntas, con el objetivo de que sean más claras para estudiantes que recién entran en el ciclo de estudios de educación superior. Se realiza un mínimo de cambios de redacción respecto a las originales de dicha encuesta usada de base a modo de priorizar la conservación de la cohesión del modelo sin introducir sesgos adicionales, y se preserva el orden inicial para evitar introducir nuevos sesgos producto de cambios en el orden antes de análisis posteriores realizados en el presente trabajo (Elson, 2017). De cualquier manera requieren validación al aplicarse en un contexto diferente de lo validado en las investigaciones citadas, siendo el pertinente el de los cursos innovación del Nivel 1. Como parte del pre-piloto, se realiza una validación psicométrica de la redacción de las preguntas con un comité de consultores en el área (Aithal & Aithal, 2020), y luego una aplicación sobre una muestra reducida de estudiantes para obtener retroalimentación sobre la comprensión de las preguntas. Contando con esta información, se realizan nuevas modificaciones que son validadas en el piloto sobre una muestra de mayor tamaño, obteniéndose un nuevo modelo por medio de análisis factorial, con mejor ajuste de consistencia interna, obteniendo así una versión definitiva de la encuesta que permita medir la evolución de la competencia de innovación en el contexto de los cursos impartidos en el plan común.

En el modelo de 5 dimensiones usado en ICB (Pérez-Peñalver et al., 2018), se consideran las competencias (1) Creatividad, (2) Pensamiento crítico, (3) Iniciativa, (4) Trabajo en equipo y (5) Networking. Este modelo abarca competencias individuales (creatividad, pensamiento crítico, iniciativa), competencias interpersonales (trabajo en equipo) y manejo de redes (networking), validadas en las diferentes iteraciones de esta encuesta, siendo las más pertinentes las de Marín-García et al. (2013), Butter & van Beest (2017) y Keinänen et al. (2018). Las competencias, según Pérez-Peñalver et al. (2018), se definen como sigue:

1. Creatividad: capacidad de pensar más allá de las ideas, reglas, patrones o relaciones existentes.
2. Pensamiento crítico: capacidad de analizar problemas, evaluar ventajas y desventajas, y estimar los riesgos involucrados para un propósito,
3. Iniciativa: capacidad de tomar decisiones o tomar acciones para poner en práctica ideas que fomenten cambios positivos, para influir en las personas creativas y en aquellos que tienen que implementar las ideas.
4. Trabajo en equipo: capacidad de trabajar eficazmente con otros en un grupo.
5. Networking: capacidad de involucrar a partes interesadas fuera del equipo.

La encuesta implementa una escala tipo Likert de 5 puntos (Vannette & Krosnick, 2017), poniendo la opción de menor desempeño en el apartado de la pregunta en el extremo izquierdo y la de mejor desempeño en el extremo derecho (Youn et al., 2018), siendo entonces la opción 1 *Muy en desacuerdo*, y la opción 5 *Muy de acuerdo*, permitiendo un punto de equilibrio en el centro con la opción 3 de manera de facilitar la decisión a la hora de responder (Vannette & Krosnick, 2017).

De este modelo de ICB (Pérez-Peñalver et al., 2018), se tiene en el Anexo 1 la separación de las preguntas por competencias de la innovación, para la realización de la primera versión de la encuesta en el pre-piloto. Contando con esta primera versión de la encuesta, se entra en una primera etapa pre-piloto de validación del diseño, en que se realiza su validación psicométrica con el comité de consultores, en paralelo con una aplicación con una muestra reducida de estudiantes y ayudantes involucrados en su proceso de enseñanza de los cursos de innovación para obtener retroalimentación. Al contar con la información de ambas partes, se realizan cambios en la redacción de las preguntas para su mejor comprensión, siendo esto necesario en

consideración de que debe ser aplicada de manera masiva posteriormente, buscando que el mayor número de encuestados entienda lo que se le pide. La aplicación sobre esta muestra es a través de un formulario en la plataforma Ucampus (plataforma de Sistema de Gestión de Aprendizaje y Sistema de Información Estudiantil que se usa en la Universidad de Chile).

Luego, se pasa a la etapa piloto, en que la encuesta mejorada debe someterse a una prueba sobre una muestra significativa para validar el modelo. Primeramente, se realizan pruebas de confiabilidad sobre el modelo original (el tomado de base del ICB) sobre cada una de sus dimensiones, usando Alfa de Cronbach; un valor de 1 indica consistencia interna perfecta, sobre 0.9 es excelente, sobre 0.7 es alta consistencia (Aithal & Aithal, 2020). Es necesaria la verificación de la calidad de los datos y los ítems de la encuesta, lo que es realizado por medio de test de esfericidad de Bartlett y test de adecuación de KMO (Kaiser, 1970), en base a lo que se determina si es posible realizar el análisis factorial para encontrar, primeramente, el número de factores apropiado para separar los ítems, y posteriormente, encontrar los ítems pertenecientes a cada uno de estos, determinando así las dimensiones del modelo subyacente. Dicho análisis factorial se realiza con rotación Varimax, que produce factores ortogonales, permitiendo explicar de mejor manera el concepto descriptivo de cada factor, y así determinar la dimensión a la que corresponde. Finalmente, se agregan los detalles complementarios para la aplicación de la encuesta, necesarios para la realización de estudios posteriores.

RESULTADOS

Resultados de la etapa pre-piloto

En la validación psicométrica de la redacción de las preguntas de la primera versión de la encuesta, los consultores que revisaron estas preguntas detectaron ambigüedades en la redacción de los ítems 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 19 y 21. Por otra parte, se aplica la encuesta por medio de Ucampus, habilitada específicamente para $n=35$ estudiantes, de los cuales 19 corresponden propiamente a estudiantes, siendo 2 de la etapa previa al ingreso a educación superior, un estudiante de 2do semestre del plan curricular, 16 estudiantes de 3er semestre del plan. Esta muestra la completan 16 ayudantes de los cursos de innovación del Nivel 1. Considerando que la muestra es pequeña ($n=35$), solo se toma en cuenta la retroalimentación de los participantes en torno a la redacción de las preguntas, en la cual 6 estudiantes destacan problemas para entender los conceptos abarcados en las preguntas de la dimensión Networking y además 7 de los ayudantes también plantearon lo mismo. Ningún otro comentario fue recurrente.

Resultados de la etapa piloto

La encuesta mejorada a partir de los resultados previos se aplica sobre la totalidad del universo de estudiantes de 1er semestre ($n=825$), de los cuales responden 151 estudiantes. Con los resultados, se realiza el análisis de consistencia del modelo inicial, en que se obtienen las siguientes confiabilidades por Alfa de Cronbach: 0.79 para la dimensión de Creatividad, 0.79 para Pensamiento crítico, 0.80 para Iniciativa, 0.57 para Trabajo en equipo y 0.83 para Networking. Esto corresponde a una primera prueba para evaluar el desempeño del modelo planteado por la literatura mostrada, habiéndose realizado adaptaciones a la encuesta para el contexto de aplicación del presente trabajo. Posteriormente se aplica el test de esfericidad de Bartlett que muestra significancia en rechazar la hipótesis de que no exista correlación entre las variables involucradas, con valor de Chi-cuadrado de 1522.83 ($p < 0.001$), por lo que se puede realizar un análisis factorial sobre los resultados; el test de adecuación de KMO muestra un resultado de 0.87, en el rango de meritorio. Se muestra además que la varianza mínima para realizar el análisis factorial es alcanzada en 6 factores como puede verse en la Fig. 2, representando un incremento en una dimensión adicional respecto del modelo previo.

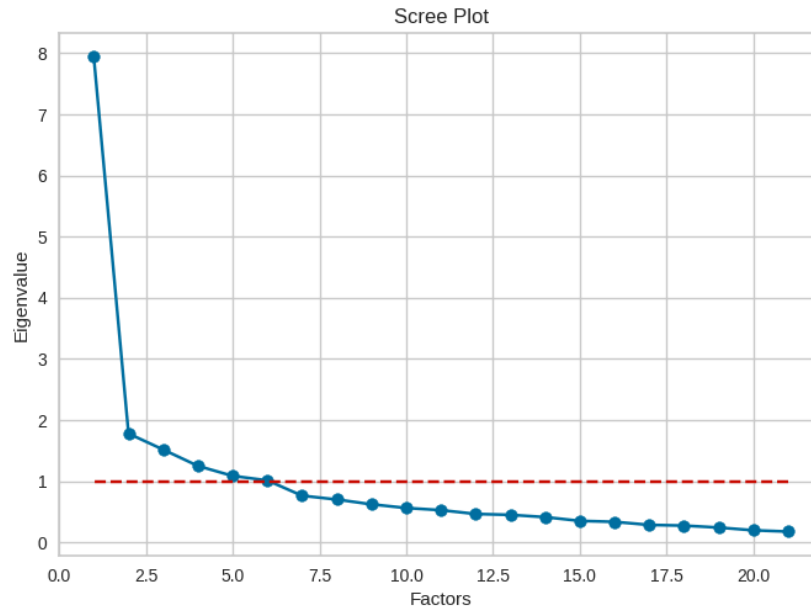


Figura N° 2. Autovalores por número de factores.

Notando que el ítem 7 muestra baja adecuación (0.37) por criterio de comunalidad (Tabla Anexo 2), se decide descartarlo para la prosecución de nuestro proyecto. Procediendo con el análisis factorial, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla N° 1, realizada con rotación Varimax, en que se observa que los ítems correspondientes a la dimensión original de Trabajo en equipo están repartidos entre dos subdimensiones. Con este nuevo modelo, se obtienen confiabilidades de 0.82 para Creatividad, 0.81 para Pensamiento crítico, 0.82 para Iniciativa, 0.76 para una Subdimensión 1 de Trabajo en equipo a la que se denomina Moderación del equipo, 0.76 para otra Subdimensión 2 de Trabajo en equipo y 0.83 para Networking.

Tabla N° 1. Cargas factoriales y comunalidades para el modelo final.

Ítem	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Comunalidad
1			0,845				0,797
2			0,676				0,557
3			0,601				0,563
4	0,583						0,476
5	0,687						0,584
6	0,691						0,666
8	0,589						0,497
9		0,679					0,624
10		0,619					0,554
11		0,408					0,427
12		0,514					0,511
13					0,639		0,503
14					0,767		0,720
15					0,511		0,574
16		0,466					0,518
17						0,680	0,574
18						0,760	0,674
19				0,814			0,786
20				0,503			0,552
21				0,733			0,730

Diseño de encuesta definitiva

En consideración de los ítems pertenecientes a la Subdimensión 1 de Trabajo en equipo, esta se denomina como Colaboración en equipo, definida como la capacidad de trabajar de manera efectiva con otros dentro del equipo. Por otra parte, la Subdimensión 2 de Trabajo en equipo se denomina Moderación del equipo, definida como la capacidad de guiar y facilitar las dinámicas internas del equipo. Dadas estas nuevas dimensiones obtenidas a partir de la dimensión de Trabajo en equipo, se realizan modificaciones con respecto a las subdimensiones anteriormente definidas en el pre-piloto para obtener el siguiente modelo conformado según los ítems definidos al comienzo del piloto y en el que no está incluido el ítem 7 ya que este fue eliminado por su baja adecuación por criterio de comunalidad:

Creatividad

1. Hago propuestas novedosas a las exigencias de la tarea.
2. Sugiero ideas nuevas u originales para resolver problemas.
3. Sugiero formas creativas para llevar las ideas a la realidad.

Pensamiento crítico

4. Analizo y evalúo críticamente lo que requieren las tareas.
5. Comprendo cómo se relacionan e interactúan los diferentes aspectos de la tarea.
6. Soy capaz de ver una tarea desde diferentes puntos de vista.
8. Soy capaz de anticipar los impactos y alcances de las decisiones.

Iniciativa

9. Muestro iniciativa para actuar.
10. Trabajo persistentemente para alcanzar las metas.
11. Me atrevo a tomar decisiones, pero con fundamento.
12. Ejecuto las tareas orientándolas hacia los objetivos finales.
16. Soy capaz de tomar la iniciativa sin que alguien me lo pida.

Colaboración en equipo

13. Tomo los puntos de vista de miembros del grupo en consideración.
14. Soy capaz de colaborar.
15. Participo activamente para que el grupo consiga sus metas.

Moderación del equipo

17. Soy capaz de movilizar a los demás a actuar.
18. Puedo resolver conflictos en un grupo para conseguir una meta en común.

Networking

19. Puedo usar redes de contacto más allá del equipo.
20. Soy capaz de interactuar y trabajar en entornos multidisciplinarios.
21. Soy capaz de generar redes de contacto más allá del equipo.

Según lo mostrado en el pre-piloto sobre la falta de claridad respecto a la definición de Networking, se opta por separar la encuesta definitiva en diferentes secciones. Cada una de estas secciones representa una dimensión del modelo de innovación a implementar, y se decide intercalar en la encuesta una definición breve para contextualizar las preguntas respecto de lo que busca medir cada dimensión.

Dentro de las secciones intermedias de la encuesta con menor número de preguntas, se decidió incluir 2 controles de atención, con el fin de mejorar la calidad de respuestas sin arriesgar el comportamiento de respuesta deliberada (Kung et al., 2018). Las preguntas corresponden a una del tipo dirigida y a otra del tipo de manipulación instruida, contando con controles de atención de más de un tipo para incrementar la tasa de captura de encuestados distraídos (Abbey & Meloy, 2017), siendo estas respectivamente: *la siguiente pregunta es muy sencilla y debes responderla seleccionando la opción que estás muy en desacuerdo; mi equipo de trabajo del semestre en este ramo tiene 20 personas*. Se destaca particularmente que la conformación de equipos en los cursos de innovación del Nivel 1 es de 6 integrantes como máximo, sin excepción.

Previo a las secciones correspondientes al modelo de innovación, se incluyen preguntas para mitigar la endogeneidad respecto de la realización de los cursos de innovación del Nivel 1. La motivación detrás de esto es generar posibles variables instrumentales que limpien las variables de tratamiento que sean pertinentes para aplicaciones futuras de la encuesta, en que será precisamente necesario estimar el efecto de tratamiento realizado dentro de cada curso según corresponda.

Dadas las previas consideraciones, se incorporan los controles de atención y la sección de preguntas de control, además de colocar una sección de preguntas de cierre al final de la encuesta, para permitir la recolección de información adicional que pueda señalar el encuestado. Finalmente, la encuesta definitiva se muestra a continuación:

Texto de introducción a la encuesta

A grandes rasgos, innovación es un nuevo o mejorado producto o proceso que difiere significativamente del que se tenía. Para innovar, una persona requiere usar su competencia o capacidad de innovar, que en el contexto de la carrera de Ingeniería y Ciencias es fundamental para su desarrollo, y cumple un rol pivotal en la sociedad.

Para responder esta autoevaluación, debe evaluar distintos aspectos de cómo percibe su capacidad para innovar ante diferentes aseveraciones, pudiendo ubicar su respuesta en cualquier punto en el rango entre estar Muy en desacuerdo, hasta estar Muy de acuerdo.

La honestidad de sus respuestas proveerá de información importante para la mejora continua de los cursos de innovación de Plan Común, pues este instrumento sirve para medir el progreso del desarrollo de la competencia de innovación a lo largo del plan de estudios.

Preguntas de control

1. ¿Has participado en algún curso o instancia formativa de innovación o emprendimiento, externo a la facultad? (Sí / No)
2. Para este semestre, ¿participas de algún curso o instancia formativa de innovación o emprendimiento, externo a la facultad? (Sí / No)
3. ¿Consideras que en tu entorno personal, externo a los estudios, se incentiva el aprendizaje o la creatividad? (Sí / No)
4. ¿Tienes acceso a recursos tecnológicos, como internet y computador o smartphone? (Sí / No)
5. ¿Has usado plataformas online para aprender algo por cuenta propia? (Sí / No)

Creatividad

Entendiendo la creatividad como la capacidad de pensar más allá de las ideas, reglas, patrones o relaciones existentes, responde las siguientes preguntas.

1. Hago propuestas novedosas a las exigencias de la tarea.
2. Sugiero ideas nuevas u originales para resolver problemas.
3. Sugiero formas creativas para llevar las ideas a la realidad.

Pensamiento crítico

Definiendo pensamiento crítico como la capacidad de analizar problemas, evaluar ventajas y desventajas, y estimar los riesgos involucrados para un propósito, responde.

1. Analizo y evalúo críticamente lo que requieren las tareas.
2. Comprendo cómo se relacionan e interactúan los diferentes aspectos de la tarea.
3. Soy capaz de ver una tarea desde diferentes puntos de vista.
4. Soy capaz de anticipar los impactos y alcances de las decisiones.
5. La siguiente pregunta es muy sencilla y debes responderla seleccionando la opción que estás muy en desacuerdo.

Iniciativa

Entendiendo la iniciativa como la capacidad de tomar decisiones o tomar acción sin recibir una orden o instrucción externa.

1. Muestro iniciativa para actuar.
2. Trabajo persistentemente para alcanzar las metas.
3. Me atrevo a tomar decisiones, pero con fundamento.
4. Ejecuto las tareas orientándolas hacia los objetivos finales.
5. Soy capaz de tomar la iniciativa sin que alguien me lo pida.

Colaboración en equipo

Por colaborar en equipo, nos referimos a la capacidad de trabajar de manera efectiva con otros dentro de tu mismo equipo.

1. Tomo los puntos de vista de miembros del grupo en consideración.
2. Soy capaz de colaborar.
3. Participo activamente para que el grupo consiga sus metas.

Moderación del equipo

Por moderar al equipo, nos referimos a la capacidad de guiar y facilitar las dinámicas internas del equipo.

1. Soy capaz de movilizar a los demás a actuar.
2. Puedo resolver conflictos en un grupo para conseguir una meta en común.
3. Mi equipo de trabajo del semestre en este ramo tiene 20 personas.

Networking

Entendiendo redes de contacto como entablar conexiones con personas más allá del equipo al que perteneces, que estén dispuestas a aportar con información, recursos u oportunidades con algún propósito, responde las siguientes preguntas.

1. Puedo usar redes de contacto más allá del equipo.
2. Soy capaz de interactuar y trabajar en entornos multidisciplinarios.
3. Soy capaz de generar redes de contacto más allá del equipo.

Preguntas de cierre

1. ¿Para qué te es útil la innovación? (*Desarrollo*)
2. Indica para qué te han servido los cursos de innovación. (*Desarrollo*)

Retroalimentación

*¿Qué te pareció la encuesta? (*Desarrollo*)*

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue el diseño de una encuesta de autoevaluación que permitiese medir de manera fiable la competencia de innovación en estudiantes de Plan Común de Ingeniería y Ciencias de la FCFM, que permitiese obtener indicadores de progresión sobre la misma para así esclarecer el cumplimiento del perfil de estudios que se espera que tenga un estudiante egresado de las carreras pertinentes. Se comienza por tomar el trabajo realizado en el programa INCODE, adaptarlo al contexto de aplicación en la FCFM, y posteriormente realizar las validaciones y modificaciones correspondientes para verificar que dicha herramienta fuese cohesionada y correctamente construida; la validación por medio de consultores, junto a la retroalimentación de involucrados en el Nivel 1 y la implementación de herramientas y técnicas de validación del constructo se prueban efectivas, obteniéndose los resultados buscados. Los análisis realizados permitieron evidenciar un mejor modelo subyacente para la encuesta, en que se encontró que la subdivisión de la competencia de Trabajo en equipo resulta en una mayor cohesión interna.

Pese a la validez del procedimiento, existe el riesgo de sesgos en la autoevaluación, puesto que los encuestados pueden querer mostrarse en una luz más favorable (Paulhus & Vazire, 2007). Esto resalta la importancia de contar con contrastes con otros tipos de evaluación, o la necesidad de implementar la herramienta de una manera en que sea posible obtener conclusiones esclarecedoras sobre lo que mida la herramienta. Se recomienda realizar dos aplicaciones de la encuesta sobre una misma muestra en diferentes instancias de tiempo, considerando los controles por factores externos que han sido incluidos en la herramienta, para así mitigar por factores endógenos que influyen sobre el cambio en la autopercepción de la competencia en cada encuestado. El contexto en que se aplica la encuesta es de cursos

semestrales, por lo que el inicio y el fin de cada curso corresponden a los momentos idóneos para dichas aplicaciones de la encuesta.

En conclusión, este trabajo busca evaluar y fortalecer la competencia de innovación en el contexto de los cursos de Plan Común (Nivel 1) de la FCFM, competencia fundamental para el desarrollo de habilidades y conocimientos necesarios para enfrentar los desafíos tecnológicos y sociales de manera efectiva, siendo una competencia transversal en la formación en ingeniería. A través de esta herramienta se busca realizar mediciones, analizar y obtener aspectos de mejora que permitan evaluar la progresión de los estudiantes y garantizar que los cursos están alineados con los objetivos formativos, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones informadas sobre la mejora continua de los programas y metodologías de enseñanza, fomentando un entorno educativo que promueva el desarrollo de ingenieros que estén formados con la capacidad de adaptarse, cuestionar el status quo, y proponer soluciones novedosas a problemas complejos. Este conjunto de conocimientos y habilidades son esenciales para que puedan desempeñarse con éxito en el futuro laboral de sus carreras, donde la capacidad de innovar es cada vez más valorada y requerida, asegurando que los graduados estén preparados para enfrentar y superar los retos del futuro en ingeniería y posicionándolos como agentes de cambio en la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento por su gran aporte en este trabajo a los señores Cristian Buzeta, Profesor Asistente, Departamento de Administración, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile, Sergio Celis, profesor asociado de la Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de Chile y Nicolás Bravo Herrera del equipo de investigación del Área de Aprendizaje de Ingeniería y Ciencias (A2IC), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

REFERENCIAS

- Abbey, J. D., & Meloy, M. G. (2017). Attention by design: Using attention checks to detect inattentive respondents and improve data quality. *Journal Of Operations Management*, 53-56(1), 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2017.06.001>
- Aithal, A., & Aithal, P. S. (2020). Development and Validation of Survey Questionnaire & Experimental Data – A Systematical Review-based Statistical Approach. *International Journal of Management, Technology, and Social Sciences*, 5(2), 233-251. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3724105>
- Andreu-Andres, M. Á., Gonzalez-Ladron-de-Guevara, F. R., Garcia-Carbonell, A., & Watts-Hooge, F. (2018). Contrasting innovation competence FINCODA model in software engineering: Narrative review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 715-734. <https://doi.org/10.3926/jiem.2656>
- Andreu-Andrés, M. Á., Marín-García, J. A., & García-Carbonell, A. (2017). El Barómetro INCODE como herramienta de autoevaluación de las competencias de innovación. *Revista de docencia universitaria*, 15(2), 275-294. <https://doi.org/10.4995/redu.2017.7746>
- Butter, R., & van Beest, W. (2017). Psychometric validation of a tool for innovation competencies development and assessment.
- Charosky, G., Hassi, L., Papageorgiou, K., & Bragós, R. (2022). Developing innovation competences in engineering students: a comparison of two approaches. *European Journal of Engineering Education*, 47(2), 353-372. <https://doi.org/10.1080/03043797.2021.1968347>
- Cruz, M. L., Saunders-Smits, G. N., & Groem, P. (2019). Evaluation of competency methods in engineering education: a systematic review. *European Journal of Engineering Education*, 45(5), 729-757. <https://doi.org/10.1080/03043797.2019.1671810>
- Elson, M. (2017). Question Wording and Item Formulation. *The International Encyclopedia of Communication Research Methods*. <https://doi.org/10.1002/9781118901731.iecrm0200>
- Guzmán-Soria, E., De la Garza-Carranza, M. T., Herrera-Laguna, V. Y., & Sánchez-Mojica, K. Y. (2022). El autoliderazgo, la autoeficacia emprendedora y las competencias innovadoras de la generación centenal en México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 30. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2022874080>
- Hélice. (2022). Mapa de progresión de la competencia Innovación en el currículum de Ingeniería y Ciencias FCFM.
- Hernandez-Linares, R., Agudo, J. E., Rico, M., & Sánchez, H. (2014). Transversal Competences of University Students of Engineering. *Croatian Journal of Education*, 17(2), 383-409. <https://doi.org/10.15516/cje.v17i2.1062>
- Hero, L.-M., Lindfors, E., & Taatila, V. (2017). Individual Innovation Competence: A Systematic Review and Future Research Agenda. *International Journal of Higher Education*, 6(5). <https://doi.org/10.5430/ijhe.v6n5p103>
- Kaiser, H. F. (1970). A second generation little jiffy. *Psychometrika*, 35(4), 401-415. <https://doi.org/10.1007/BF02291817>
- Keinänen, M., Ursin, J., & Nissinen, K. (2018). How to measure students' innovation competences in higher education: Evaluation of an assessment tool in authentic learning environments. *Studies in Educational Evaluation*, 58, 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2018.05.007>
- Kung, F. Y., Kwok, N., & Brown, D. J. (2017). Are Attention Check Questions a Threat to Scale Validity? *Applied Psychology*, 67(2), 264-283. <https://doi.org/10.1111/apps.12108>

- Marín-García, J. A., Pérez-Peñalver, M. J., & Watts, F. (2013). How to assess innovation competence in services: The case of university students. *Dirección y Organización*, 50, 48-62. <https://revistadyo.es/index.php/dyo/article/viewFile/431/451>
- Martín, P., Potočnik, K., & Fras, A. B. (2015). Determinants of students' innovation in Higher Education. *Studies in Higher Education*, 42(7), 1229-1243. <http://dx.doi.org/10.1080/03075079.2015.1087993>
- Paulhus, D. L., & Vazire, S. (2007). The self-report method. In R. W. Robins, R. C. Fraley, & R. F. Krueger (Eds.). *Handbook of research methods in personality psychology* (pp. 224–239). London: *The Guilford Press*.
- Penttilä, T., & Kairisto-Mertanen, L. (2012). Innovation Competence Barometer ICB – A Tool For Assessing Students' Innovation Competences As Learning Outcomes In Higher Education. *INTED2012 Proceedings*, 6347-6351. <https://library.iated.org/view/PENTTILA2012INN>
- Pérez-Peñalver, M. J., Aznar-Mas, L. E., & Montero-Fleta, B. (2018). Identification And Classification of Behavioural Indicators to Assess Innovation Competence. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(11). <https://doi.org/10.3926/jiem.2552>
- OECD & Eurostat. (2018). Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation (4th ed.). *OECD Publishing*. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Vannette, D. L., & Krosnick, J. A. (Eds.). (2017). *The Palgrave Handbook of Survey Research*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54395-6>
- Youn, S., Kennedy, M., & Campbell, I. (2018). Evidence-Based Survey Design: The Use of Ascending or Descending Order of Likert-Type Response Options. *Performance Improvement*, 57(9), 9-16. <https://doi.org/10.1002/pfi.21800>



ANEXOS

Anexo 1: Modelo de pre-piloto

Creatividad

1. Hago propuestas adecuadas a las exigencias de la tarea.
2. Sugiero ideas nuevas u originales para resolver problemas.
3. Sugiero nuevos modos de materializar las ideas.
11. Tomo decisiones atrevidas pero justificadas.
15. Participo activamente para que el grupo consiga sus metas.

Pensamiento crítico

4. Evalúo críticamente lo que se pide para las tareas.
5. Entiendo las relaciones causales entre los diferentes aspectos de la tarea.
6. Soy capaz de ver una tarea desde diferentes puntos de vista.
7. Uso los recursos disponibles de manera hábil.
8. Soy capaz de anticipar acontecimientos próximos.
18. Puedo resolver conflictos en un grupo para conseguir una meta en común.

Iniciativa

9. Muestro entusiasmo en lo que realizo.
10. Trabajo persistentemente para alcanzar las metas.
12. Oriento la tarea hacia los objetivos finales.
16. Soy capaz de tomar la iniciativa sin que alguien me lo pida.

Trabajo en equipo

13. Tomo los puntos de vista de miembros del grupo en consideración.
14. Soy capaz de colaborar.
17. Soy capaz de mover a los demás a actuar.

Networking

19. Puedo usar redes de comunicación externas.
20. Soy capaz de trabajar en entornos multidisciplinarios.
21. Soy capaz de hacer networking (establecer redes de contactos).

Anexo 2:

Tabla N° 2. Comunalidades para análisis de encuesta con 21 ítems.

Ítem	Comunalidad
1	0,843
2	0,525
3	0,557
4	0,435
5	0,565
6	0,685
7	0,374
8	0,530
9	0,649
10	0,543
11	0,426
12	0,513
13	0,473
14	0,735
15	0,580
16	0,528
17	0,572
18	0,677
19	0,788
20	0,546
21	0,718

Anexo 3:

Tabla N° 3. Cargas factoriales y comunalidades para modelo final (completa)

Ítem	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Comunalidad
1	0,178	0,155	0,845	0,134	0,041	0,075	0,797
2	0,150	0,120	0,676	0,203	0,097	0,106	0,557
3	0,283	0,198	0,601	0,162	0,153	0,179	0,563
4	0,583	0,277	0,114	-0,039	0,023	0,205	0,476
5	0,687	0,197	0,156	0,107	0,189	0,009	0,584
6	0,691	0,266	0,201	0,216	0,172	0,005	0,666
8	0,589	0,086	0,201	0,246	0,158	0,122	0,497
9	0,204	0,679	0,158	0,262	0,095	0,129	0,624
10	0,289	0,619	0,152	0,141	0,161	0,130	0,554
11	0,258	0,408	0,220	0,220	0,300	0,075	0,427
12	0,360	0,514	0,202	0,056	0,152	0,221	0,511
13	0,241	0,065	0,067	0,156	0,639	0,050	0,503
14	0,038	0,207	0,080	0,125	0,767	0,253	0,720
15	0,240	0,409	0,156	0,049	0,511	0,246	0,574
16	0,127	0,466	0,073	0,131	0,272	0,432	0,518
17	0,044	0,141	0,104	0,215	0,175	0,680	0,574
18	0,144	0,157	0,149	0,121	0,113	0,760	0,674
19	0,156	0,114	0,164	0,814	0,157	0,180	0,786
20	0,294	0,206	0,197	0,503	0,345	0,104	0,552
21	0,099	0,248	0,261	0,733	0,083	0,212	0,730