

Experiencias de evaluación de los aprendizajes en la Universidad Pontificia Bolivariana

Beatriz Elena López Vélez
Juan Carlos Echeverri Álvarez
Guillermo Echeverri Jiménez
Mateo Muñetones Rico
Mónica Uribe Ríos
Compiladores



370

López Vélez, Beatriz Elena, autor
Experiencias de evaluación de los aprendizajes en la Universidad Pontificia Bolivariana/ Beatriz Elena López Vélez y otros sesenta y nueve -- 1 edición -- Medellín: UPB. 2022 -- 462 páginas.

1. Formación docente 2. Educación Preescolar: transición (Colombia)
3. Educación

CO-MdUPB / spa / RDA / SCDD 21 /

© Varios autores

© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Experiencias de evaluación de los aprendizajes en la Universidad Pontificia Bolivariana

Primera edición, 2022

Dirección de Docencia

Laboratorio de Aprendizaje, Tecnologías e Innovación – UPB Lati

Grupo de Investigación Pedagogía y Didácticas de los Saberes

Gran Canciller UPB y Obispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Magíster Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Álvaro Gómez Fernández

Coordinadora (e) Editorial: Maricela Gómez Vargas

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: Geovany Snehider Serna Velásquez

Corrección de Estilo: Santiago Gallego

Imagen portada: Shutterstock - 734948962

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2022

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 2239-28-10-22

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

6.5 Evaluación integral del desarrollo de la competencia de diseño en Ingeniería Química

Programa en el que se desarrolla la práctica:
Ingeniería Química

Carlos Ocampo-López

Ingeniero químico

Doctor en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana

Docente de los cursos Diseño de Procesos y Laboratorio de Ingeniería de Procesos

Érika Arenas-Castiblanco

Ingeniera química

Magíster en Sistemas Energéticos de la Universidad Pontificia Bolivariana

Doctora en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia

Líder del proceso ABET en Ingeniería Química-UPB

Luis Alejandro Forero-Gaviria

Ingeniero químico

Doctor en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana

Coordinador del Programa de Ingeniería Química-UPB

Juan David Martínez-Arboleda

Ingeniero químico

Doctor en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana

Coordinador del área de diseño en Ingeniería Química-UPB

Fabio Castrillón-Hernández

Ingeniero químico

Magíster en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana

Director de la Facultad de Ingeniería Química-UPB

Líder del proceso ABET en la Escuela de Ingenierías de la UPB

Margarita Enid Ramírez-Carmona

Ingeniera química

Magíster y doctora en Tecnología de Procesos Químicos y Bioquímicos de la Universidad Federal de Río de Janeiro

Docente del curso Diseño de Producto

Hader Humberto Alzate-Gil

Ingeniero químico

Doctor en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana

Docente del curso Mecánica de Fluidos

Jorge Alberto Velásquez-Jiménez

Ingeniero químico

Doctor en Ingeniería Química

Docente del curso Balances en Procesos de Ingeniería Química

Antecedentes

El programa de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana fue creado en 1937 y fue el primer programa de su tipo en Colombia. Inició labores en 1938. Recibió su primera acreditación de alta calidad en 2004 y ha mantenido esta condición hasta la fecha. La más reciente renovación de acreditación de alta calidad la recibió en 2020. A lo largo de su historia, el programa ha tenido varias modificaciones en su plan de estudios, adaptándose a los cambios del contexto nacional e internacional.

Entre 2009 y 2011, la Universidad Pontificia Bolivariana planteó la directriz de seguir un modelo de educación por competencias y privilegiar el

aprendizaje en el estudiante, declarando estos lineamientos en el modelo pedagógico integrado (Universidad Pontificia Bolivariana, 2015). A raíz de esto, el programa revisó diferentes referentes nacionales e internacionales en educación en el área de la ingeniería. Se encontró con que varios referentes adoptan un modelo en el que aquello que los estudiantes son capaces de realizar se expresa en términos de “resultados de aprendizaje”. Se destaca el modelo ABET (The Accreditation Board for Engineering & Technology), modelo que surge en la década de 1990 en Estados Unidos, en el cual se establecen once resultados de aprendizaje conocidos como *a-k learning outcomes* (Lattuca, Terenzini y Fredricks Volkwein, 2006) que incluyen aspectos como la habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería; la habilidad para diseñar un proceso, sistema o componente, considerando necesidades específicas que incluyan aspecto técnicos, económicos, éticos y otros; y la habilidad para trabajar en equipo, entre otros.

El modelo IChemE (Institution of Chemical Engineers) es otro modelo que surge en el Reino Unido; en él también se definen resultados de aprendizaje relacionados con la aplicación de las matemáticas y las ciencias en el contexto de la ingeniería, un adecuado nivel de desarrollo en principios, práctica y diseño en el contexto de la ingeniería química, y un aprendizaje integrado al involucrar aspectos de salud, seguridad, ética y otros (Fitzpatrick, 2009). Otro referente analizado es la concepción CDIO (concebir-diseñar-implementar-operar) (Crawley *et al.*, 2007), que surge en 2000 como iniciativa de colaboración entre algunas universidades de Suecia y el MIT (Massachusetts Institute of Technology) para responder las necesidades de un contexto donde los empleadores consideraban que a los estudiantes en las universidades solo se les hacía énfasis en la teoría y que había pocos fundamentos en prácticas y en el desarrollo de habilidades como diseño, trabajo en equipo y comunicación.

Con base en la revisión realizada y acogiendo el modelo pedagógico integrado de la Universidad, el programa de Ingeniería Química de la UPB (IQ-UPB) propuso, en la transformación curricular realizada en 2015, las siguientes competencias a ser desarrolladas por los estudiantes en el plan de estudios: mejoramiento continuo, investigación, uso de TIC, comuni-

cación, trabajo en equipo, y planeación y evaluación de proyectos y diseño. Como parte de la estrategia para fomentar el desarrollo y hacer seguimiento de los estudiantes en la competencia de diseño, se incluye un curso nuevo en el plan de estudios, el curso de Diseño de Producto, que se cursa en el primer semestre, y se modifican contenidos y formas de evaluación en los cursos de Mecánica de Fluidos para Ingenieros Químicos (cuarto semestre), Balances en Procesos de Ingeniería Química (sexto semestre), y Diseño de Procesos y Laboratorio Ingeniería de Procesos (noveno semestre).

En 2021, la Escuela de Ingenierías de la Universidad Pontificia Bolivariana inició un proceso que busca explorar la posibilidad de presentar cuatro de sus programas (Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química) al proceso de acreditación internacional en el modelo ABET. En años recientes, ABET ha redefinido sus resultados de aprendizaje pasando de un modelo de once resultados de aprendizaje (*a-k learning outcomes*) a un modelo de siete resultados de aprendizaje de los estudiantes o *student outcomes* (SO1-SO7) (ABET, 2021). En este contexto de la transformación curricular UPB y la exploración de la posibilidad de presentar el programa al proceso de acreditación ABET, el objetivo de este documento es presentar la experiencia del programa de Ingeniería Química en la sistematización de la evaluación de los aprendizajes en el ámbito de la competencia de diseño.

Objetivo de la práctica

Evaluar el grado de desarrollo de la competencia de diseño en los estudiantes del programa de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Metodología

Tomando en cuenta la transformación curricular y la adaptación al modelo ABET, el resultado de aprendizaje general para el aspecto de diseño

se formula como lo plantea ABET en el SO2. Este SO es definido así: “Habilidad para aplicar diseño de ingeniería para producir soluciones que cumplan necesidades específicas con consideraciones de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos”. Para realizar la medición del desempeño de los estudiantes en este resultado, el programa de IQ-UPB propone tres resultados de aprendizaje específicos de la competencia, que en ABET equivalen a indicadores de desempeño. El conjunto de estos tres indicadores debe dar cuenta del cumplimiento del resultado de aprendizaje general. En la tabla 1 se presentan los indicadores establecidos.

Tabla 1. Indicadores de desempeño para el resultado de aprendizaje en diseño

Resultado de aprendizaje general: Habilidad para aplicar diseño de ingeniería para producir soluciones que cumplan con necesidades específicas con consideraciones de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.
Indicador 1: Determinar las necesidades específicas y restricciones para el planteamiento del diseño de un proceso.
Indicador 2: Presentar alternativas de solución aplicando herramientas de ingeniería para el cálculo y la evaluación de las variables que conforman el diseño de un proceso.
Indicador 3: Evaluar las alternativas de solución teniendo en cuenta consideraciones de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

Fuente: Elaboración propia.

En el plan de estudios del programa de IQ-UPB se han establecido cinco cursos como puntos clave para fomentar y evaluar el desarrollo de la competencia de diseño en los estudiantes. Estos cursos son: Diseño de Producto, Mecánica de Fluidos para Ingenieros Químicos, Balances en Procesos de Ingeniería Química, Diseño de Procesos y Laboratorio de Ingeniería de Procesos. Para realizar la trazabilidad del desarrollo y desempeño de los estudiantes en cada indicador, el programa estableció unas rúbricas, que en ABET equivalen a criterios, y que son los parámetros con los cuales los docentes hacen las mediciones en los cursos ya indicados. Estos criterios se

han gradado en tres niveles: “En desarrollo”, “Satisfactorio” y “Ejemplar”. En el documento “Sistema institucional para la evaluación de los aprendizajes (SIEVA)” de la UPB (Universidad Pontificia Bolivariana, 2022), se propone una gradación de cinco niveles para la construcción de rúbricas. La gradación de tres niveles que se presenta en este trabajo tendría la siguiente equivalencia con la propuesta por la Universidad: “En desarrollo” equivale al nivel “Insuficiente”, “Satisfactorio” equivale a los niveles “Básico” y “Bueno”, y “Ejemplar” equivale a los niveles “Muy bueno” y “Excelente”. En las tablas 2 a 4 se presentan los criterios de cada indicador de desempeño con los respectivos descriptores en cada uno de los tres niveles.

Tabla 2. Criterios o rúbricas para el indicador 1

Criterio	Descriptores		
	En desarrollo	Satisfactorio	Ejemplar
C211. Comprendo las reglas heurísticas y la normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.	Conoce las reglas heurísticas o la normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.	Aplica en forma correcta algunas reglas heurísticas y normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.	Aplica en forma correcta todas las reglas heurísticas y la normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.
C212. Comprendo las herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica.	Conoce algunas herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica.	Aplica en forma correcta algunas herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica.	Aplica en forma correcta todas las herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica.
C213. Aplico estrategias para la identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.	Identifica algunos riesgos y peligros asociados a un proceso de ingeniería sin emplear una herramienta especializada.	Aplica con errores una estrategia para la identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.	Aplica correctamente una estrategia para la identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Criterios o rúbricas para el indicador 2

Criterio	Descriptorios		
	En desarrollo	Satisfactorio	Ejemplar
C221. Aplico los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño u optimización mediante simulación de procesos.	Aplica los balances de materia y energía para procesos y equipos de procesos.	Aplica los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño.	Aplica los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño y optimización mediante simulación de procesos.
C222. Aplico algoritmos para el dimensionamiento básico de equipos de proceso.	Aplica inadecuadamente algoritmos y heurísticas para el dimensionamiento básico de equipos de proceso.	Aplica correctamente algoritmos y heurísticas para el dimensionamiento básico a algunos equipos de proceso	Aplica correctamente algoritmos y heurísticas para el dimensionamiento básico a todos los equipos de proceso.
C223. Comprendo las pautas para la elaboración de diagramas de proceso.	Elabora diagramas de procesos cumpliendo con menos del 60 % de las pautas establecidas suministradas por el programa.	Elabora diagramas de procesos cumpliendo con al menos el 60 % de las pautas establecidas suministradas por el programa.	Elabora diagramas de procesos cumpliendo con todas las pautas establecidas suministradas por el programa.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Criterios o rúbricas para el indicador 3

Criterio	Descriptorios		
	En desarrollo	Satisfactorio	Ejemplar
C231. Aplico herramientas para evaluar una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Aplica correctamente menos del 60 % de las herramientas suministradas por el programa para realizar la evaluación de una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Aplica correctamente al menos del 60% de las herramientas suministradas por el programa para realizar la evaluación de una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.	Aplica correctamente todas las herramientas suministradas por el programa para realizar la evaluación de una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.

Fuente: Elaboración propia.

La nomenclatura C### obedece a un acuerdo para identificar el número del resultado de aprendizaje (SO), el número del indicador y el número del criterio. Por ejemplo, C223 significa que ese criterio corresponde al resultado de aprendizaje 2 (SO2), indicador de desempeño número 2, el criterio 3, que corresponde a este indicador 2.

En la tabla 5 se presenta la distribución de la medición de los diferentes criterios en los cursos definidos como claves para el seguimiento del desarrollo del resultado de aprendizaje para la competencia de diseño, resaltando con cursiva los criterios que son evaluados en cada curso.

Se observa que en el curso Diseño de Producto se miden dos criterios (C212 y C223), en el curso Mecánica de Fluidos para Ingenieros Químicos se miden cuatro (C211, C213, C222 y C231) y en el curso de Balances en Procesos de Ingeniería Química se miden tres (C213, C221 y C223). Las mediciones en estos cursos, a la fecha de realización de este trabajo, son de carácter formativo para el programa. Esto significa que los docentes les asignan una calificación a las evaluaciones de los estudiantes (evaluación sumativa del estudiante), pero los resultados son utilizados como una evaluación formativa para identificar acciones de mejoramiento en el proceso de formación y evaluación del aprendizaje.

En los cursos de Diseño de Proceso y Laboratorio de Ingeniería de Procesos que se cursan al final del plan de estudios, en el noveno semestre, se evalúan todos los criterios con carácter sumativo para el programa. Esto significa que las mediciones en estos cursos darán cuenta del grado máximo de desarrollo de la competencia de diseño con la cual egresa el estudiante del programa de IQ-UPB. Esta medida de cómo egresa el estudiante es la que se debe reportar para el proceso de acreditación ABET y también servirá para implementar acciones de mejoramiento en el programa y lograr que la cantidad de estudiantes que alcanza el grado máximo (ejemplar) sea cada vez mayor. La evaluación de los criterios, o mediciones directas, la realizan los docentes mediante la asignación de proyectos y algunas evaluaciones tipo examen escrito en los cursos mencionados. En la tabla 6 se presenta una breve descripción de los proyectos que realizan los estudiantes en cada curso.

Tabla 5. Distribución de la medición de criterios de la competencia de diseño en el plan de estudios del Programa de IQ-UPB

Diseño de Producto	Mecánica de Fluidos	Balances	Diseño de Procesos/Lab. Ing. Procesos
<ul style="list-style-type: none"> • C211. Comprendo las reglas heurísticas y la normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales. • C212. <i>Comprendo las herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica.</i> • C213. Aplico estrategias para la identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales. • C221. Aplico los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño u optimización mediante simulación de procesos. • C222. Aplico algoritmos para el dimensionamiento básico de equipos de proceso. • C223. <i>Comprendo las pautas para la elaboración de diagramas de proceso.</i> • C231. Aplico herramientas para evaluar una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>C211. Comprendo las reglas heurísticas y la normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.</i> • C212. Comprendo las herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica. • <i>C213. Aplico estrategias para la identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.</i> • C221. Aplico los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño u optimización mediante simulación de procesos. • <i>C222. Aplico algoritmos para el dimensionamiento básico de equipos de proceso.</i> • C223. Comprendo las pautas para la elaboración de diagramas de proceso. • <i>C231. Aplico herramientas para evaluar una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • C211. Comprendo las reglas heurísticas y la normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales. • C212. Comprendo las herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica. • <i>C213. Aplico estrategias para la identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.</i> • <i>C221. Aplico los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño u optimización mediante simulación de procesos.</i> • C222. Aplico algoritmos para el dimensionamiento básico de equipos de proceso. • <i>C223. Comprendo las pautas para la elaboración de diagramas de proceso.</i> • C231. Aplico herramientas para evaluar una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>C211. Comprendo las reglas heurísticas y la normatividad técnica y legal para establecer restricciones relacionadas con un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.</i> • <i>C212. Comprendo las herramientas para identificar clientes o mercado potencial relacionados con una necesidad específica.</i> • <i>C213. Aplico estrategias para la identificación de riesgos y peligros asociados a un diseño de ingeniería y sus condiciones operacionales.</i> • <i>C221. Aplico los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño u optimización mediante simulación de procesos.</i> • <i>C222. Aplico algoritmos para el dimensionamiento básico de equipos de proceso.</i> • <i>C223. Comprendo las pautas para la elaboración de diagramas de proceso.</i> • <i>C231. Aplico herramientas para evaluar una alternativa de diseño considerando aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.</i>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Proyectos asignados en los cursos para la evaluación de los criterios

Diseño de Producto	Mecánica de Fluidos	Balances	Diseño de Procesos/ Lab. Ingen. de Proc.
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño conceptual de un producto en el contexto de la ingeniería química. • De la idea al producto. • Introducción a estándares de ingeniería: diagramas de bloques (BD) y flujo de procesos (PFD). • Propuesta de valor. • Mercado y clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamiento de tuberías y especificación para el transporte de líquidos. • Selección tuberías y bombas. • Restricciones de operación. • Estimación de costos. • Evaluadores externos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asignación de un proceso (p. e., obtención de ácido acrílico a partir de propileno) para establecer lo siguiente. • Balances de materia y energía. • Diagrama de flujo del proceso. • Identificación de aspectos de seguridad de sustancias involucradas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de un proceso que responda a necesidades del contexto. • Mercado: capacidad de producción. • Novedad frente a procesos convencionales. • Diagramas de bloques (BD) y flujo de proceso (PFD). • Costos, rentabilidad. • Seguridad del proceso. • Evaluadores externos.

Fuente: Elaboración propia.

Como complemento a las mediciones directas, los procesos de seguimiento al desarrollo de competencia también deben incluir otros elementos evaluadores que involucren autoevaluación o coevaluación. En el modelo ABET, estas mediciones complementarias se denominan “mediciones indirectas”. Para el caso de la competencia de diseño, en el programa de IQ-UPB se implementa una medición indirecta mediante una encuesta, organizada en Microsoft Forms, que se aplica a los estudiantes de los cursos mencionados para identificar su percepción respecto a la contribución de cada curso y los proyectos asignados para fomentar el desarrollo de la competencia de diseño. Adicionalmente, en la encuesta, se indaga por sugerencias de los estudiantes para mejorar el proceso de desarrollo de la competencia.

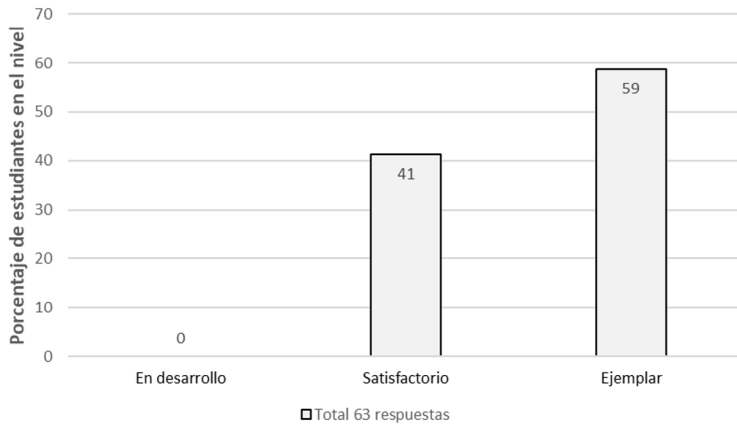
Resultados

Aunque los cambios en el plan de estudios se han realizado desde 2015 con la implementación de la transformación curricular, solamente en el primer semestre de 2022 se inició la sistematización del levantamiento de los resultados de la medición, mediante un ensayo piloto incentivado por la posibilidad de presentar el programa a la acreditación ABET. Adicionalmente, se espera que esta experiencia sirva como apoyo para implementar el sistema de medición de resultados de aprendizaje que el Ministerio de Educación Nacional de Colombia exige como requisito para otorgar el registro calificado (Ministerio de Educación Nacional, 2020). Dado que ABET solo exige reporte de evaluación sumativa hacia el final del proceso de formación, porque el principal interés es saber cómo egresa el estudiante, la medición directa de todos los criterios se realizó en los cursos de Diseño de Procesos y Laboratorio Ingeniería de Procesos, y la medición indirecta se realizó aplicando una encuesta a los estudiantes de los cursos de Diseño de Producto, Mecánica de Fluidos y Balances.

Medición directa realizada por los docentes

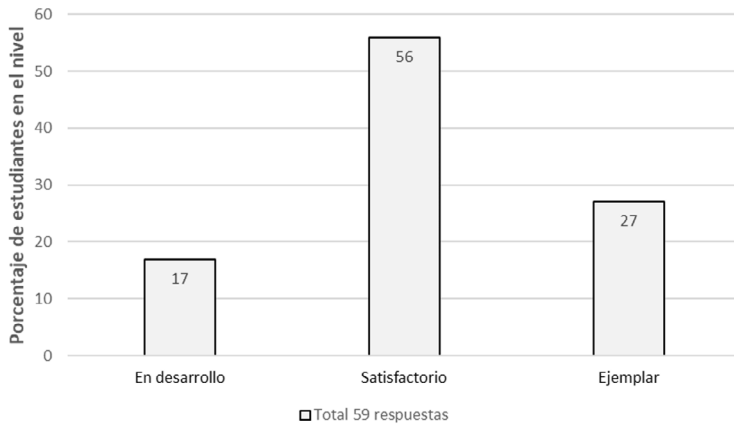
La prueba piloto de medición de la competencia de diseño en los cursos Diseño de Procesos y Laboratorio de Ingeniería de Procesos que están ubicados en el noveno semestre del plan de estudios se realizó usando como elementos evaluadores un proyecto con las características descritas en la tabla 6, columna Diseño de Proceso/Laboratorio Ingeniería de Procesos, y dos exámenes escritos. Procurando objetividad en la formulación de las preguntas, los elementos evaluadores fueron revisados por un grupo de profesores que acompañaron al docente de los cursos en la redacción de las preguntas. En las figuras 1 a 3 se presenta la distribución porcentual de los estudiantes en los niveles “En desarrollo”, “Satisfactorio” y “Ejemplar” para cada indicador de desempeño (tabla 1). Estas distribuciones se establecieron con base en las evaluaciones realizadas para medir los criterios que apuntan a cada uno de los tres indicadores.

Figura 1. Distribución de los resultados de los estudiantes para el indicador 1

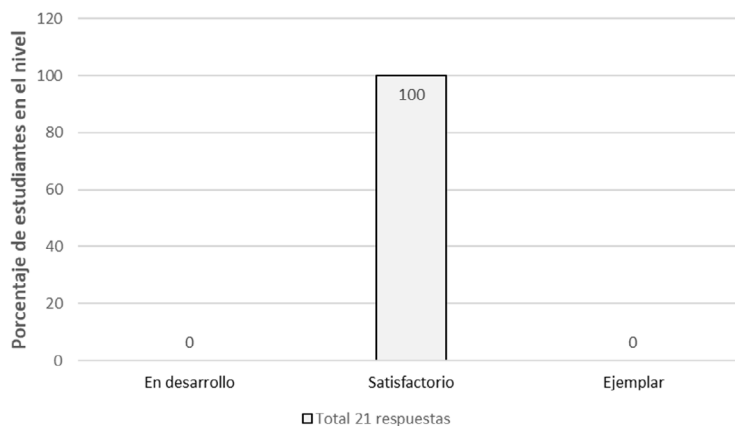


Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Distribución de los resultados de los estudiantes para el indicador 2



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Distribución de los resultados de los estudiantes para el indicador 3

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 se observa que todos los estudiantes evaluados logran por lo menos un nivel satisfactorio en el indicador 1, que está formulado como “Determinar las necesidades específicas y restricciones para el planteamiento del diseño de un proceso”. Para el indicador 2, “Presentar alternativas de solución aplicando herramientas de ingeniería para el cálculo y la evaluación de las variables que conforman el diseño de un proceso”, se observa en la figura 2 que el 17 % de los estudiantes no estaría logrando el desarrollo de la competencia en el nivel que espera el programa de IQ-UPB (es decir, tener al menos un nivel satisfactorio). Para este indicador del análisis de las evaluaciones, se encontró que el 56 % de los estudiantes muestran falencias en el criterio C221 (“Aplico los balances de materia y energía para el cálculo de indicadores de desempeño u optimización mediante simulación de procesos”) y que fue medido a través de un examen. Los estudiantes atribuyeron estos resultados a que el tiempo para realizar la prueba no les alcanzó para calcular los indicadores de desempeño que se les preguntó.

Para el indicador 3 (“Evaluar las alternativas de solución teniendo en cuenta consideraciones de salud pública, seguridad y bienestar, así como

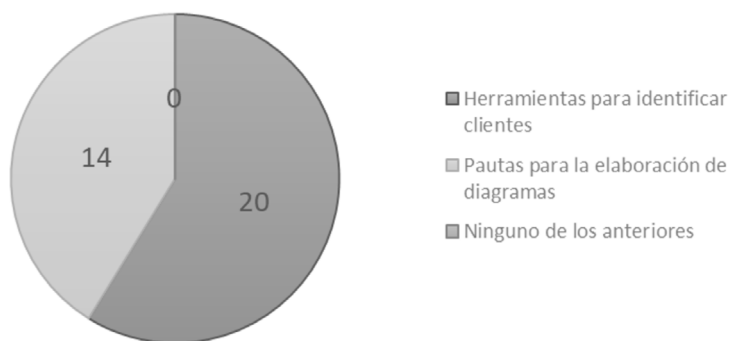
factores globales, culturales, sociales, ambientales y económico”), la figura 3 muestra que el 100 % de los estudiantes están en el nivel satisfactorio. Este indicador se mide con solo un criterio, el C231. Tener al 100 % de los estudiantes en un solo nivel muestra que es necesario revisar el elemento que se usó para realizar la evaluación.

Medición indirecta-encuesta de percepción de los estudiantes

Una población total de 63 estudiantes respondió la encuesta. Estos estudiantes se distribuyen en 21 de primer semestre en el curso Diseño de Producto, 12 en el cuarto semestre en el curso de Mecánica de Fluidos y 30 en el sexto semestre en el curso de Balances. A todos se les formuló esta pregunta: “¿Considera que el curso y el proyecto han contribuido para que, desde su experiencia como estudiante, pueda desarrollar habilidades en el diseño en ingeniería para producir soluciones que cumplan con necesidades específicas y que tomen en cuenta consideraciones de seguridad, salud pública, bienestar o factores económicos, ambientales, sociales o culturales?”. 59 estudiantes respondieron que sí y 4 estudiantes respondieron que no.

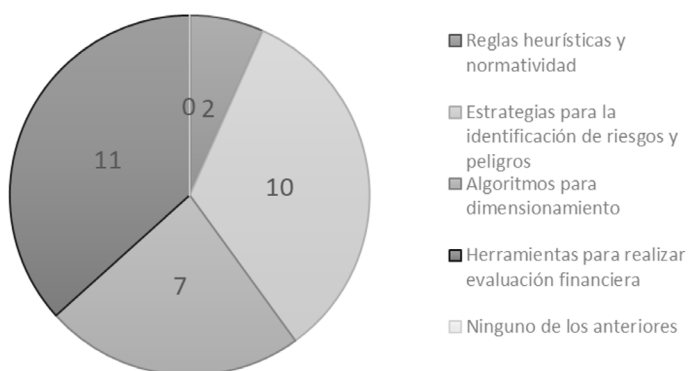
Debido a que en cada uno de los tres cursos en los que se aplicó la encuesta se hace énfasis en diferentes criterios, se les planteó a los estudiantes de cada curso la siguiente pregunta: “De los siguientes criterios, ¿cuáles considera que usted tuvo la oportunidad de aplicar mediante la realización del proyecto?”. Y se les presentó a los estudiantes un listado de los criterios evaluados en el correspondiente curso (tabla 5) para que ellos realizaran la selección, incluyendo también la opción de “Ninguno de los anteriores” para permitir que algún estudiante expresara que sintió que no aplicó alguno de los criterios. En las figuras 4 a 6 se presentan los resultados obtenidos para cada curso.

Figura 4. Percepción de los estudiantes, aplicación de criterios del curso Diseño de Producto



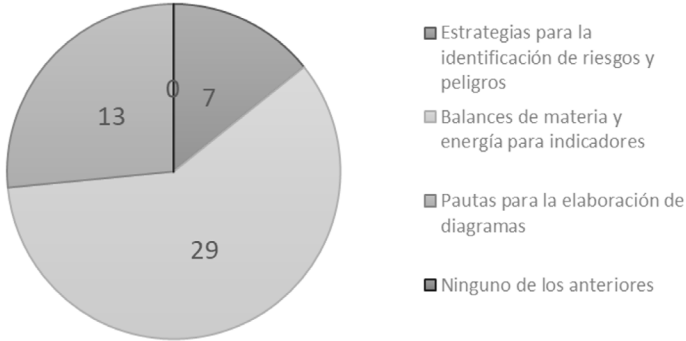
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Percepción de los estudiantes, aplicación de criterios del curso Mecánica de Fluidos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Percepción de los estudiantes, aplicación de criterios del curso Balances



Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 4 a 6 se observa que todos los estudiantes perciben que al menos un criterio fue aplicado por ellos al realizar el proyecto en el curso. Esta encuesta permite identificar que algunos estudiantes no perciben que algunos criterios fueran aplicados por ellos al realizar sus proyectos. En el curso Diseño de Producto, de 21 estudiantes, 20 percibieron que aplicaron el criterio relacionado con herramientas para identificar clientes y solo 14 percibieron haber aplicado el criterio relacionado con pautas para la elaboración de diagramas. En el curso Mecánica de Fluidos, de 12 estudiantes, 11 percibieron aplicar el criterio relacionado con evaluación financiera, 10 percibieron aplicar la identificación de riesgos y peligros, 7 percibieron la aplicación de algoritmos de dimensionamiento y solo 2 percibieron la aplicación de heurísticas y normatividad. En el curso de Balances, de 30 estudiantes, 29 percibieron aplicar balances de materia y energía para indicadores, 13 percibieron el uso de pautas para la elaboración de diagramas y solo 7 percibieron aplicar estrategias para la identificación de riesgos y peligros.

Aunque los proyectos asignados, en su redacción, fueron revisados por varios docentes adicionales al del curso –lo que buscó que los entregables presentaran resultados en coherencia con los criterios que se evaluaban–,

la encuesta indica que hay estudiantes que no asocian algunas actividades realizadas durante la ejecución del proyecto con algunos de los criterios que dan cuenta del desarrollo de la competencia de diseño. Esto indica que se debe revisar nuevamente la redacción de los proyectos asignados, al igual que realizar entre los estudiantes una labor explicativa sobre cómo se asocian las actividades asignadas con el desarrollo de la competencia de diseño.

Recomendaciones y trabajo futuro

El proceso de sistematización de evaluación de los aprendizajes debe involucrar a todos los estamentos relacionados con un programa. De la prueba piloto que se presenta en este trabajo que involucró a docentes y estudiantes del programa de Ingeniería Química de la UPB, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Revisar los elementos que se utilizan para hacer la evaluación, especialmente aquellos que dieron como resultado una clasificación del 100 % de los estudiantes en un solo nivel. La redacción de los elementos de evaluación no debe quedar en manos de solo un docente, sino que debe ser un trabajo del cuerpo conjunto de los docentes del programa para buscar objetividad en la realización de las mediciones y evitar sesgos en los resultados.
- Mantener la realización de mediciones indirectas, a través de la realización de encuestas o la reunión con grupos focales de estudiantes, puesto que estas permiten establecer si los estudiantes están comprendiendo cómo se les están evaluando los aprendizajes, y tener retroalimentación para mejorar tanto los procesos de evaluación como de enseñanza.
- Realizar mediciones sistemáticas de resultados de aprendizaje generales y específicos y el análisis integral de la información que se recolecta en este proceso es un trabajo que lleva a identificar muchas acciones de mejoramiento, pero también es un trabajo exigente. Se recomienda implementar sistemas simples que no contengan gran cantidad de indi-

cadores de desempeño (formulaciones de competencia) ni de criterios (resultados de aprendizaje específicos).

- En este trabajo solo se presentó lo relacionado con el resultado de aprendizaje general de diseño (SO2). Con los otros resultados de aprendizaje (SO1, SO3, SO4, SO5, SO6 y SO7) se hizo al interior del programa un reporte similar, lo que dio como resultado que es necesario revisar en detalle muchos de los elementos evaluadores. Instituciones acreditadoras internacionales en ingeniería como ABET recomiendan no hacer levantamiento de las mediciones de todos los resultados en un solo semestre y proponen realizar las mediciones a lo largo de dos o tres semestres, ya que el proceso es muy demandante en tiempo para los docentes.
- La construcción de las rúbricas para evaluar los criterios es un proceso que debe involucrar al conjunto de docentes del programa para que, al momento de su aplicación, los docentes comprendan qué se espera de la medición y exista una apropiación colectiva del proceso de medición.
- Se recomienda continuar con la realización de grupos focales con egresados del programa, empleadores y expertos temáticos para mantener actualizada la práctica y asegurar que las estrategias de evaluación y el desarrollo de los resultados de aprendizaje estén alineados con las demandas actuales del mercado profesional.

Referencias

- ABET (2021). *Accreditation Policy and Procedure Manual 2022-2023*. Baltimore: ABET. Disponible en www.abet.org.
- Crawley, E. et al. (2007). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. Nueva York: Springer.
- Fitzpatrick, B. E. (2009). "Making programmed learning outcomes explicit for students of process and chemical engineering". *Education for Chemical Engineers*, 4(2), pp. 21-28.
- Lattuca, L.; Terenzini, P. y Fredricks Volkwein, J. (2006). *Engineering change: A study of EC2000*. Baltimore: ABET.

- Ministerio de Educación Nacional (2020). “Resolución 021795 de noviembre de 2020”. Disponible en <https://www.mineducacion.gov.co/portal/normativa/Resoluciones/402045:Resolucion-021795-de-19-de-noviembre-de-2020>.
- Universidad Pontificia Bolivariana (2015). “Modelo pedagógico integrado”. Disponible en <https://www.upb.edu.co/es/documentos/doc-modelo-pedagogicoesn-lau-1464098892245.pdf>.
- _____. (2022). “Sistema institucional para la evaluación de los aprendizajes”. Medellín: UPB.