

Buenas prácticas DE Assessment EN Programas DE Ingeniería

**ASOCIACIÓN COLOMBIANA
DE FACULTADES DE INGENIERÍA**

Carrera 68D 25B 86 oficina 205
Edificio Torre Central, Bogotá, D.C., Colombia, Suramérica
PBX: + 57(601) 427 3065
acofi@acofi.edu.co www.acofi.edu.co

Consejo Directivo

Presidencia

Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín

Roberto Carlos Hincapié Reyes

Vicepresidencia

Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias

Miguel Ángel García Bolaños

Consejeros

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá
Universidad Católica de Manizales, Manizales
Universidad de Antioquia, Medellín
Universidad del Norte, Barranquilla
Universidad del Valle, Santiago de Cali
Universidad Eia, Envigado
Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga
Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

Lope Hugo Barrero Solano
David Marcelo Agudelo Ramírez
Jesús Francisco Vargas Bonilla
Julián Alberto Arellana Ochoa
Johannio Marulanda Casas
Jesús María Soto Castaño
Olga Patricia Chacón Arias
Claudio Camilo González Clavijo
María Alejandra Guzmán Pardo

Director Ejecutivo

Luis Alberto González Araujo

Autores

Augusto Sisa-Camargo
Julián Yepes-Martínez
Rafael E. Vásquez
Fabio Castrillón
César Nieto-Londoño
Santiago Rúa
Walter Mendoza Borrero
Alexandra Aparicio Rodríguez
Claudio Camilo González Clavijo
José D. Márquez
Jorge Francisco Estela Uribe

Editores

Amparo Camacho Diaz, Universidad del Norte
Luis Alberto González Araujo, Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

ISSN: 2955-0076

Primera edición: 300 ejemplares - Marzo de 2022
Impreso en Colombia

Producción gráfica

Opciones Gráficas Editores Ltda.
Diseño gráfico
Luis Fernando Conde López
www.opcionesgraficas.com
instagram: @opcioneseditores
(+60 1) 237 2383
Bogotá D.C., Colombia

Los textos que aquí se publican son de exclusiva responsabilidad de su autor y no expresan necesariamente el pensamiento ni la posición de ACOFI.

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción y la comunicación pública total o parcial y la distribución, sin la autorización previa y expresa de los titulares.

Tabla de contenido

9

Estrategias de *Learning Analytics* para el diagnóstico del proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes en el escenario de educación remota.

85

Assessment y rediseño curricular en el marco de la reacreditación de alta calidad

31

Herramientas TIC y TAC en tiempos de pandemia: Una guía rápida de los usos en la evaluación en programas de ingeniería en Colombia

107

Ensayos hacia un examen más equitativo en ambiente virtual

65

Aprendizaje activo, aula invertida y buenas prácticas de assessment en un curso de doctorado en ingeniería

127

Evaluación de resultados de estudiantes en Ingeniería Industrial de la Javeriana Cali con el modelo 1 – 7 de ABET



Presentación

La División de Ingenierías de la Universidad del Norte y la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería se complacen en entregarle a la comunidad académica de ingeniería la tercera publicación de “Buenas prácticas de assessment en ingeniería”, que representa la consolidación del ejercicio iniciado en el año 2018, a través del Simposio de buenas prácticas de assessment, como una contribución al fortalecimiento de la calidad en la educación de las facultades, escuelas y programas de ingeniería.

Como en las anteriores publicaciones, este documento conserva el propósito de dar conocer el trabajo que realizan los programas de ingeniería en la comprensión y aplicación del concepto de assessment, entendido éste, como una forma de implementación e interpretación de los resultados de aprendizaje, a partir de evidencias e información pertinente para establecer el logro de estos.

Es así como “Buenas prácticas de assessment” reúne trabajos de facultades de ingeniería de varias regiones de Colombia, en torno al objetivo formulado en este proyecto: compartir aprendizajes, experiencias y conocimientos para brindar una educación de calidad.

Les expresamos a cada uno de los autores, nuestro agradecimiento por su trabajo, generosidad, dedicación y esfuerzo para hacer posible esta publicación.

Amparo Camacho Díaz

Directora Académica División de Ingenierías
Universidad del Norte

Luis Alberto González Araujo

Director Ejecutivo
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería

Estrategias de *Learning Analytics* para el diagnóstico del proceso de enseñanza-aprendizaje de estudiantes en el escenario de educación remota.

Augusto Sisa-Camargo

Resumen—En este trabajo se presentan algunas experiencias de **Learning Analytics** que, si bien no fueron creadas totalmente durante el período de pandemia por Covid19, su uso si ha sido fácilmente masificado y puesto a disposición de la comunidad educativa gracias al acceso a plataformas informáticas que simplifican la captura y análisis de información del proceso de enseñanza-aprendizaje. Este trabajo puede considerarse como un work-in-progress con una exhibición de algunos de los productos que pueden ser obtenidos a través del análisis de datos capturados por sistemas de videoconferencias o de LMS y que potencialmente pueden ser usados como suministro a los procesos de tomas de decisión en el diseño y ejecución de cursos de ingeniería o el contexto de evaluación por ciclos de esquemas de acreditación como los usados por ABET. Como contexto para las experiencias presentadas en este trabajo se utilizan los grupos de estudiantes de pregrado entre sexto y octavo semestre del programa de ingeniería civil en la Universidad del Norte en Colombia a cargo del autor durante el período de aislamiento de los años 2020 y 2021.

Palabras clave—**Assessment**, educación remota, Learning Analytics, evaluación, covid19.



I. Introducción

Las condiciones generadas durante el primer semestre de 2020 por la pandemia de Covid-19 obligaron a las Instituciones de Educación Superior – IES a realizar un cambio radical en su funcionamiento para dar continuidad a sus actividades de formación de manera remota utilizando múltiples plataformas. Si bien esta rápida transición no fue planeada ni ejecutada de la manera esperada por la mayoría de los docentes y estudiantes, en muchos casos rápidamente ambas partes lograron adaptarse a la nueva situación.

Como parte de esta adaptación se introdujeron de manera masiva a las clases herramientas que no eran nuevas dentro de las IES, pero estaban reservadas a las clases con modalidades virtuales y algunos eventos especiales. Entre ellas se deben destacar las experiencias de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Norte con herramientas como Blackboard Collaborate [1], Zoom [2], Google Meet o MS Teams para el desarrollo de actividades sincrónicas de manera remota, pero sin dejar de mencionar el incremento en el uso de Learning Management Systems – LMS como Blackboard Learn [3] o Brightspace [4] y de manera transversal el ecosistema de aplicaciones de Google que incluye entre otras herramientas Google Drive, Google Classroom, Google Calendar y Gmail.

Al involucrar este gran número de herramientas computacionales se amplió notablemente la cantidad de datos acerca de los estudiantes respecto al desempeño o dedicación de estos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, así como el acceso de docentes, alumnos e institución a este tipo de información a través de las herramientas computacionales ya existentes en la mayoría de las IES.

Es importante mencionar que este levantamiento de información no se inició durante el aislamiento generado por la pandemia, sino que como consecuencia de la situación mundial se incrementó o masificó el número de variables acerca de las actividades sincrónicas como por ejemplo: tiempos de conexión, tiempos de visualización o resultados pregunta a pregunta durante las evaluaciones remotas, que ya se registraban antes pero solo en una fracción muy pequeña de la mayoría de las instituciones y que de repente llegaron a casi el 100% de la población al ser requisito usar alguna de las plataformas de conexión remota.



A. Learning Analytics

En años anteriores al aislamiento preventivo diferentes grupos de investigadores en educación habían empezado a usar estrategias propias de las ciencias de datos para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje dando lugar a lo que hoy se conoce como *Learning Analytics* (o Analítica de aprendizaje de manera menos frecuente en entornos hispanohablantes). De acuerdo con [5] el concepto *Learning Analytics* - LA engloba los procesos de medición, recopilación, análisis y reporte de datos acerca de los alumnos y sus contextos con el objetivo de comprender y optimizar el aprendizaje y el ambiente en el que se produce.

Actualmente el campo de LA despierta intereses en un amplio conjunto de escenarios como: investigación en educación, assessment, evaluación y diagnóstico, aplicaciones de TIC en educación, diseño participativo de *curricula*, y ciencia de datos; área que a su vez incluye aplicaciones de estadística, visualización, big-data e inteligencia artificial. Evidencia de este interés puede ser como se indica en [6] que entre 2014 y 2019 en Scopus se registraron 2853 artículos relacionados con LA. Después de estas fechas de acuerdo con trends.google.com la tendencia en la popularidad en la búsqueda de este término se ha mantenido aproximadamente sostenida como se muestra en la Figura I1.

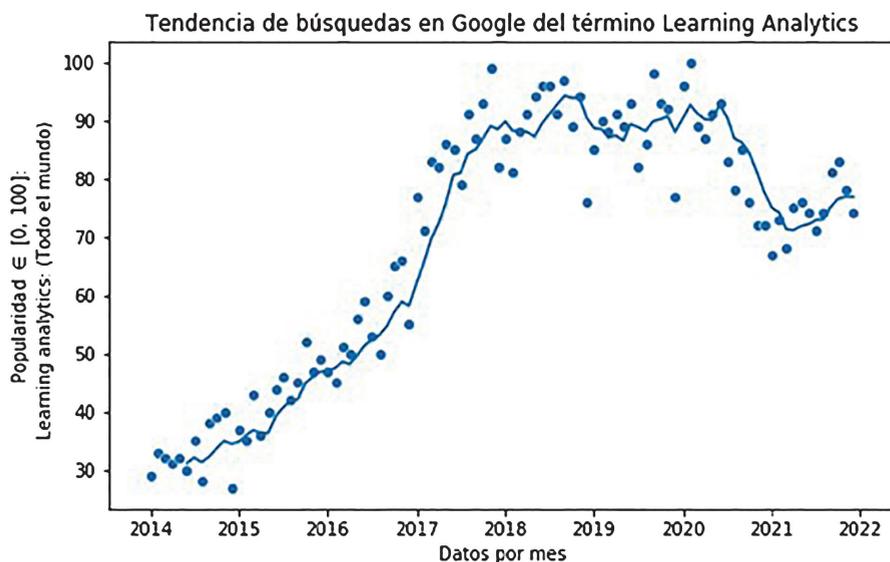


Figura I-1 Tendencia en Google de búsquedas del término Learning Analytics



II. Antecedentes

A. Antecedentes de ciencia de datos

Con diferentes nombres en los últimos años el procesamiento de grandes volúmenes de datos se ha vuelto bastante común y con frecuencia realizado de manera automatizada por muchas instituciones de muy diferentes sectores de económicos y sociales, y eso ha estado de la mano del incremento en las capacidades de captura, almacenamiento y procesamiento de las últimas décadas.

Estos incrementos en las capacidades computacionales han contribuido en muchos casos a que actualmente solo requieren herramientas complejas durante la adquisición de los datos, pero una vez almacenados, en múltiples ocasiones con herramientas tradicionales de estadística como pruebas de hipótesis, ajuste de modelos y de visualización ya se pueden obtener productos de buena calidad basados en datos para toma de decisiones en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Sin embargo, si además se incluyen técnicas popularizadas recientemente en el contexto de ciencia de datos como redes neuronales, arboles de decisión, entre muchas otras los productos generados permiten un espectro aún más amplio de toma de decisiones, desarrollo de modelos explicativos o incluso predictivos.

B. Antecedentes de enseñanza-aprendizaje

En el campo específico de la educación la aplicación de técnicas de ciencias de datos ha ampliado el abanico de opciones y de información disponible útil para la toma de decisiones, tanto aquellas centradas en el desempeño de los estudiantes como aquellas en la planeación que realizan profesores u facilitadores (Ver Figura II1). Este escenario involucra muchos aspectos y tal vez el inicialmente más visible está asociado a los contenidos y/o habilidades que se espera que se desarrollen los estudiantes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero una vez el proceso se este dando es conveniente registrar los datos generados durante el proceso y entre los cuales se puede mencionar la existencia de logs relacionados con los tiempos dedicados a diferentes actividades con variados niveles de agregación, equipos de trabajo, caracterización académica, social y/o demográfica, requisitos del marco educativo y métricas acerca del desempeño de los estudiantes.



Tradicionalmente la gestión de esta información estaba limitada a las capacidades humanas del analista o autoridad institucional competente, pero con el aumento en el volumen de datos la capacidad exclusivamente humana fácilmente es rebasada por el flujo casi continuo de nuevos datos lo que genera la demanda de contar con software y hardware con la capacidad de almacenar y procesar estos volúmenes de información para convertirlos en información útil para la toma de decisiones. Sin embargo, no se puede dejar de lado que los datos capturados representan a personas tanto del lado de los estudiantes como del lado de los profesores o facilitadores lo que implica establecer un marco ético con el cual se asegure la privacidad de la información y en especial el anonimato de personas que pudieran ser afectadas negativamente por el proceso, este aspecto genera la demanda en las instituciones de una participación en el proceso de LA desde las áreas administrativas que en últimas actuaran como elemento de control de la información y los productos obtenidos a través de la aplicación de la LA.

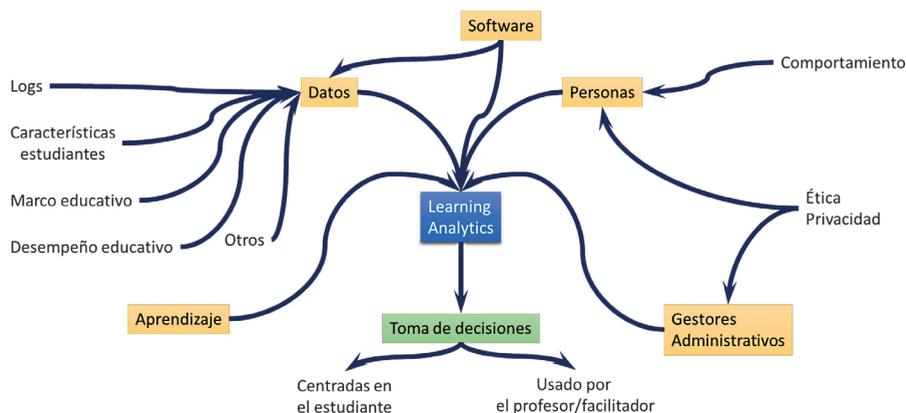


Figura II-1 Esquema de relaciones en Learning Analytics

Lee *et.al.* reportan en [7] como aunque las publicaciones en LA han incrementado en número notablemente el desarrollo y uso de las herramientas continua siendo dominado por departamentos TIC lo que sigue siendo un reto para la mayoría de los educadores por la demanda de tiempo, experiencia e incluso dinero en ocasiones.

III. Métodos

Las siguientes estrategias y experiencias de LA mostradas a continuación utilizan aplicativos desarrollados en Python [8] como cuadernillos de



Jupyter [9] utilizándolos como una herramienta de divulgación para el público en general más allá del personal de TIC. Por comodidad algunos de los datos almacenados son preservados en simples archivos de MS Excel para facilitar su divulgación con estudiantes o con órganos de gestión administrativa en especial con aquellos de archivos evidencia para los procesos de acreditación del programa.

Cada uno de estos aplicativos aprovecha diferentes fuentes de información y que incluyen los resultados de evaluaciones sumativas o formativas desarrolladas dentro de la clase, los registros de conexión a plataformas de teleconferencias y visualización de vídeos, los registros de desarrollo de intentos de evaluación en LMS y cuando están disponibles los registros de caracterización académica de los estudiantes antes de inicio al curso.

Como población de análisis se utilizan algunos cursos de los semestres 6 a 8 del programa de Ingeniería Civil de la Universidad del Norte en Barranquilla durante el período de aislamiento por Covid 19 en los años 2020 y 2021.

IV. Resultados

A. Demostración de estrategias y Experiencias aplicadas

1). Asistencia a clases sincrónicas

La asistencia a clases sincrónicas no es obligatoria en todas las instituciones de educación superior, en especial en aquellos programas orientados a la educación virtual. Sin embargo, para las que sí es obligatorio durante la etapa de aislamiento en muchas de ellas se flexibilizó este requerimiento como consecuencia de las posibles restricciones de acceso que tuvieron los estudiantes.

Sin embargo, al usar herramientas de videoconferencias como Google Meet, o Zoom el registro del momento y desconexión de cada usuario puede ser almacenado con una precisión de minutos y con ella realizar análisis como el mostrado en la Figura IV1 donde se visualiza a través de varias cajas de bigotes el tiempo de conexión de los estudiantes durante un período académico de 16 semanas. En este caso el grupo mostrado este compuesto por 61 estudiantes en total, matriculados en el octavo semestre en ingeniería civil durante el año 2021.



En este caso se utiliza como hipótesis que el tiempo de conexión esta correlacionado con la asistencia y atención de los estudiantes a la clase. Sin embargo, es claro que esto no necesariamente es cierto en todos los casos y que es perfectamente posible que un estudiante se conecte a la sesión sincrónica pero no atienda a la clase realmente. Sin embargo, dado que en la población de aplicación no existía una penalidad por no asistencia es altamente probable que quien se conectara tuviera genuino interés en atender a la clase y no solamente registrar su asistencia.

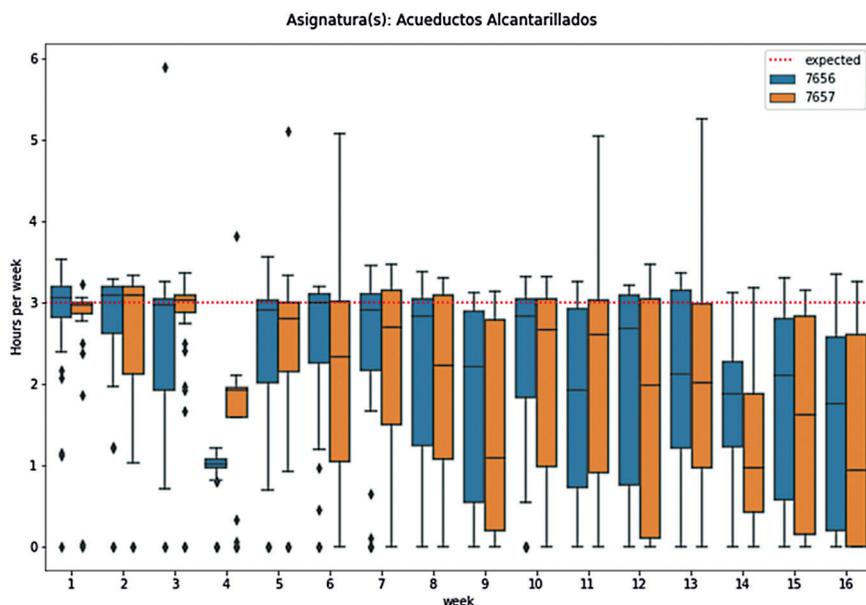


Figura IV-1 Caja de bigotes de tiempo de conexión de los estudiantes

La adquisición de datos en este caso fue realizada desde la plataforma de ZOOM para todas las sesiones sincrónicas del período, y aunque este proceso para cada una se podía realizar de manera manual a través de la aplicación web, en total eran 64 sesiones lo cual era dispendioso para muchos educadores.

Para facilitar este tipo de adquisición ZOOM cuenta con una API⁴ para desarrolladores, pero solo usuarios con rol de administrador pueden extraer su potencial y al no contar con acceso a la APU para este ejercicio se desarrolló una aplicación de “Web Scraping”⁵ en Python

⁴ API: Application Programming Interface

⁵ Web Scraping: Técnica de extracción de información de sitios web, usualmente simulando la navegación de un humano.



usando la librería Selenium para este lenguaje [10]. Este desarrollo computacional permitió que la extracción de información pueda masificarse y comparar los comportamientos observados con otros grupos.

Con base en la imagen presentada antes y en posteriores conversaciones con los estudiantes se pudo identificar entre otras cosas como en la mayoría de los casos las primeras semanas de clase la asistencia era casi total, pero en la medida en la que avanza el período académico la mediana de la cantidad de horas de asistencia a la semana se reducía gradualmente. Las razones de este comportamiento están más allá del alcance de este trabajo, pero de manera preliminar se consideró el agotamiento de los estudiantes, por un lado, la acumulación de actividades de otros grupos y en el caso particular del período de aplicación el desarrollo de protestas en el país desde la semana 14 y a la cuales asistieron varios estudiantes efecto que se nota en la gráfica.

También es posible identificar en esta gráfica maneras especiales que usan muchos estudiantes al conectarse con frecuencia se registraban asistencias/conexiones mayores a 3 horas a la semana, aunque esta era la intensidad máxima de contacto esperada. Se encontraron dos explicaciones a estas observaciones, primero en el hecho de que algunos de los estudiantes simultáneamente se conectaban desde dos equipos diferentes, usualmente un celular y un computador, como mecanismo de prevención ante la inestabilidad de la conexión a Internet o por fallas eléctricas y que habían sido causa de problemas en otros momentos del aislamiento; y por otro lado en que la configuración de las sesiones no impedía el ingreso antes de la misma y por tanto el tiempo de contacto registrado iniciaba antes de la hora de llegada del profesor y a menos que se cerrara explícitamente por el profesor podría continuar incluso después del retiro del profesor de la sesión sincrónica.

Por supuesto teniendo la hora de inicio y salida del profesor se puede corregir este análisis, pero esa actividad no se realizó con los datos presentados en este trabajo.

Como se mencionó antes en el caso de la Universidad del Norte durante el aislamiento por Covid19 no se aplicaron penalidades por no asistir a las sesiones sincrónicas, pero el registro de esta manera permitió identificar fácilmente a estudiantes que tuvieron fuertes limitaciones de



acceso a Internet durante el semestre, en especial en sectores rurales, o simplemente como ocurrió con un grupo en particular durante una semana que un grupo importante dio prioridad a otras clases como consecuencia de la presentación de trabajos en otros cursos.

Muchas de las técnicas de ciencia de datos tienen entre sus objetivos de aplicación tratar de identificar patrones o correlaciones entre diferentes variables para tratar de entender un comportamiento presente o predecir uno futuro.

De manera exploratoria se comparó el promedio de horas de contacto registrado a la semana de cada estudiante con un rasgo independiente del desempeño de estos. Uno de los rasgos usados para el caso de este trabajo fue el promedio acumulado del estudiante en la institución dada la facilidad de acceso al mismo en una IES, pero en principio podría ser el resultado en una prueba externa como por ejemplo las pruebas Saber 11, o el resultado del desempeño en otro curso o en una actividad específica según la disponibilidad de acceso a la información.

En la Figura IV2 se muestra la comparación entre el promedio acumulado y las horas de conexión sincrónica registrada (asistencia). Visualmente se puede inferir una correlación positiva entre las dos variables, aunque no demasiado alta. Y con mucho más detalle en la Tabla IV1 en la cual se aprecia un $R^2 = 0.139$ y una significancia estadística ($p\text{-value} < 0.05$) para la relación entre las dos variables.

Con estos resultados se puede afirmar que para la muestra analizada aquellos estudiantes con un promedio más alto tienden a asistir más a clase. Y en este caso en particular cada 0.1 unidades en el promedio acumulado son casi 5 minutos más de asistencia en promedio a la semana.

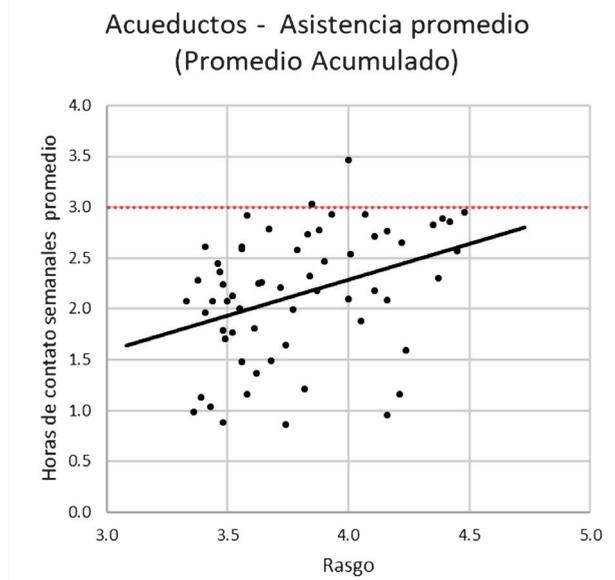


Figura IV2 Dispersión de promedios acumulados vs. horas de contacto registradas

De manera similar en la Figura IV3 se muestra la comparación entre la nota definitiva obtenida en el curso por los estudiantes y las horas de conexión registradas, y aunque nuevamente se observa una correlación positiva, el coeficiente $R^2 = 0.059$ es menor al mostrado antes y escasamente mayor a cero y el modelo lineal en este caso no muestra significancia estadística (Ver Tabla IV2)

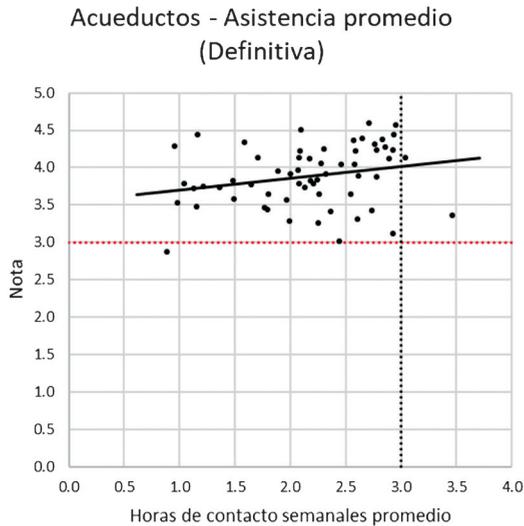


Figura IV3 Dispersión de notas definitivas vs horas de contacto registradas



Tabla IV-1 Resumen ajuste de regresión: Asistencia Promedio~Promedio Acumulado

```

modelo = 'Attendance_Promedio~Promedio'
                                OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:      Attendance_Promedio    R-squared:                0.139
Model:              OLS                   Adj. R-squared:           0.124
Method:             Least Squares         F-statistic:              9.374
Date:               Tue, 01 Mar 2022      Prob (F-statistic):      0.00333
Time:               03:04:43              Log-Likelihood:          -51.000
No. Observations:  60                    AIC:                     106.0
Df Residuals:      58                    BIC:                     110.2
Df Model:           1
Covariance Type:   nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----+-----
Intercept          -0.4880     0.869     -0.561     0.577     -2.228     1.252
Promedio            0.6987     0.228     3.062     0.003     0.242     1.155
=====
Omnibus:                 3.242    Durbin-Watson:           2.481
Prob(Omnibus):           0.198    Jarque-Bera (JB):        3.084
Skew:                   -0.543    Prob(JB):                 0.214
Kurtosis:                2.765    Cond. No.                 47.6
=====

Notes:
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.
  
```

Tabla IV-2 Resumen ajuste de regresión: Definitiva ~ Asistencia Promedio

```

modelo = 'Definitiva~Attendance_Promedio'
                                OLS Regression Results
=====
Dep. Variable:      Definitiva            R-squared:                0.059
Model:              OLS                   Adj. R-squared:           0.043
Method:             Least Squares         F-statistic:              3.647
Date:               Fri, 18 Jun 2021     Prob (F-statistic):      0.0611
Time:               01:36:49              Log-Likelihood:          -28.786
No. Observations:  60                    AIC:                     61.57
Df Residuals:      58                    BIC:                     65.76
Df Model:           1
Covariance Type:   nonrobust
=====
                    coef    std err          t      P>|t|      [0.025    0.975]
-----+-----
Intercept            3.5373     0.189    18.705     0.000     3.159     3.916
Attendance_Promedio  0.1607     0.084     1.910     0.061    -0.008     0.329
=====
Omnibus:                 2.271    Durbin-Watson:           1.903
Prob(Omnibus):           0.321    Jarque-Bera (JB):        2.202
Skew:                   -0.442    Prob(JB):                 0.333
Kurtosis:                2.685    Cond. No.                 9.82
=====

Notes:
[1] Standard Errors assume that the covariance matrix of the errors is correctly specified.
  
```



2). Tiempo de visualización de videos grabados

En la Universidad del Norte durante el tiempo de educación remota consecuencia del aislamiento por Covid19 todas las plataformas de teleconferencias utilizadas tenían la opción de grabar y publicar las sesiones sincrónicas.

En este caso particular se utilizó ZOOM nuevamente que además de la anterior funcionalidad permitía generar un registro del tiempo de visualización de los vídeos por parte de los estudiantes y/o profesores. Y como herramienta de descarga nuevamente se uso un cuadernillo de Jupyter con Python y Selenium para obtener la información registrada por la plataforma.

Una vez con la información descargada un análisis exploratorio permito generar figuras como las mostradas a continuación.

La Figura IV4 muestra en la parte inferior como en general cada semana los grupos de análisis contaban con dos vídeos, uno por cada sesión sincrónica, para un total de aproximadamente 3 horas a la semana como se esperaba. En esta misma figura en la parte superior se observa como la cantidad de visualizaciones es variable y se incremento en la medida en la que avanzó el período académico y con picos extremos en temas previos a la presentación de evaluaciones sumativas.

El análisis de las visualizaciones puede extenderse aún más al analizar la duración de la visualización que de ser la totalidad del video debería ser en ocasiones de casi una hora y en otras de casi dos horas de acuerdo con la duración de las clases sincrónicas programadas.

Sin embargo, al realizar el análisis de esta información y construir los histogramas de duración de visualizaciones de la Figura IV5 se observa que la mayoría de las vistas son bastante más cortas y que de hecho una fracción importante de ellas son de solo un minuto. Razón por la cual en la parte inferior de la figura se filtraron aquellas vistas tan cortas y mostrar la evidencia de que en general las visualizaciones en muy pocas ocasiones superaban la hora y la mayoría eran de solo media hora.



Use of videos by course name: ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

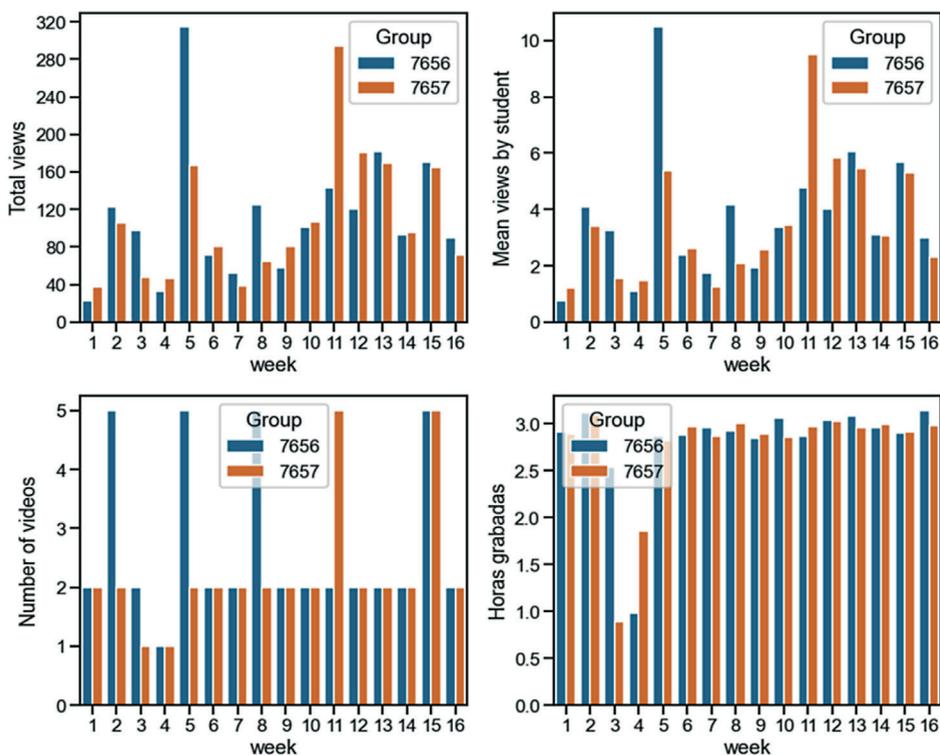


Figura IV-4 Datos por semana para número de visualizaciones totales, número de visualizaciones por estudiante, número de videos y horas grabadas.

Identificada la alta presencia de visualizaciones de un minuto un tercer análisis gráfico de la información registrada consistió en generar la Figura IV6 y Figura IV7 donde se muestra la cantidad de visualizaciones por semana y las cajas de bigotes de las duraciones de las visualizaciones de las grabaciones correspondientes a sesiones sincrónicas por semana.

En estas figuras se observa que por ejemplo algunos de los picos observados antes se han desaparecido indicando tal vez que eran producto de un ejercicio de búsqueda de un contenido en particular y que eran descartados rápidamente en el primer minuto de la grabación. Sin embargo, se mantiene la observación hecha antes en la cual en la medida que aumentaba el período académico el número de visualizaciones también aumentaba tal vez como una manera de compensación al no asistir a la clase sincrónica como se mostró antes.



Con las cajas de bigotes además se tiene una mejor evidencia de lo atípico que es que un estudiante vea una grabación de más de una hora, aunque las clases duren dos horas y como las medianas de la duración de las visualizaciones en buena parte del período académico suelen estar cercanas a la media hora o menos.

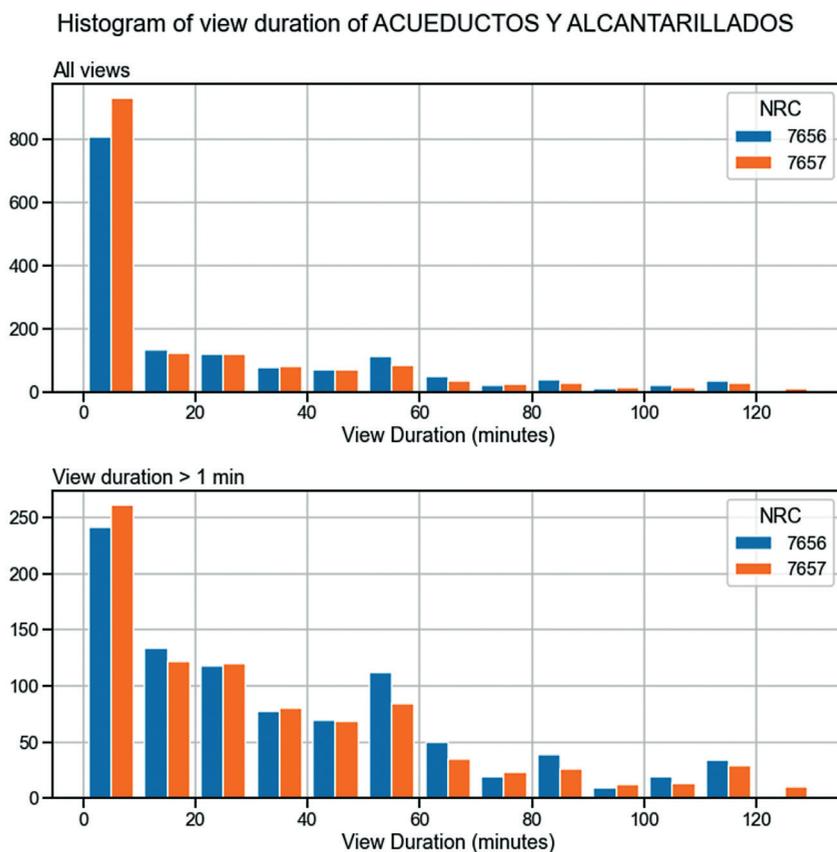


Figura IV5 Histogramas de duración de visualizaciones de grabaciones de videos.

Durante las últimas cuatro semanas del período académico, de la 13 a la 16, en Colombia se presentaron varias protestas sociales con la participación de varios grupos estudiantiles [11] en especial durante la semana 13 se notó una disminución importante en la asistencia sincrónica como se mostró en la Figura IV1. Y de acuerdo con la información aquí presentada también se observa que los videos de esa semana también corresponden a las semanas con mayor visualización, lo que muestra de alguna manera evidencia de que algunos estudiantes aún en medio de las protestas trataban de mantener sus responsabilidades académicas en otros horarios.

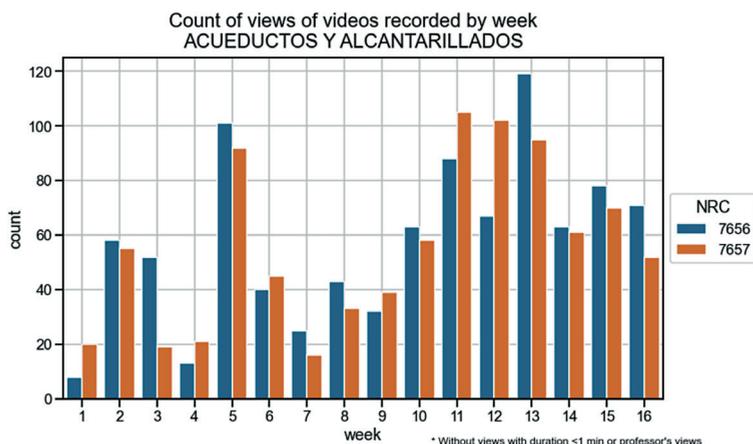


Figura IV6 Cantidad de visualizaciones de las grabaciones filtrando vistas de menos de un minuto.

Sin embargo, también se puede inferir con base en las gráficas presentadas que, aunque aumentó la cantidad de visualizaciones en las últimas semanas en medio de las protestas de todas maneras la mediana de las duraciones de las visualizaciones siguió siendo menor a una hora y en la semana de mayor presencia estudiantil solo un poco superior a 20 minutos.

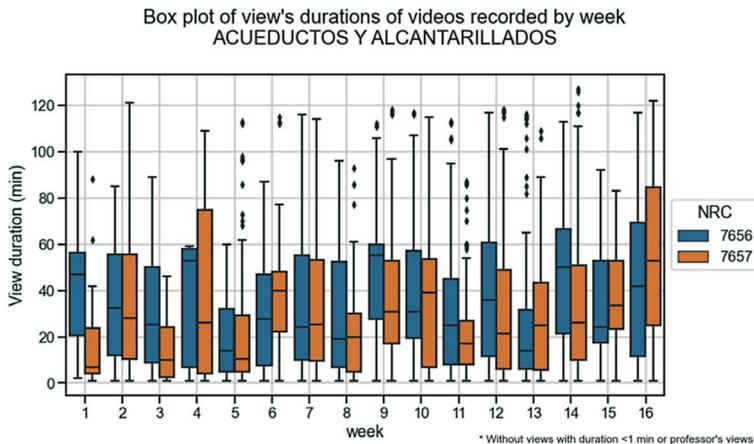


Figura IV7 Caja de bigotes de la duración de las visualizaciones de las grabaciones filtrando vistas de menos de un minuto.

3).Posible efecto del aislamiento en la conformación de grupos de trabajo.

Durante el primer semestre del año 2021 el aislamiento por Covid 19 completaba un año y para entonces ya se había realizado la adaptación



de buena parte de las dinámicas propias de la formación académica a la situación mundial. Y como era normal en los cursos presenciales algunas actividades extra-clase fueron propuestas para ser realizadas individualmente, o en grupos de dos o tres personas elegidas por los mismos estudiantes.

Sin embargo, al hacer un análisis de la cantidad de estudiantes por grupo para estudiantes de sexto semestre (clase de hidrología) y de octavo semestre (clase de acueductos y alcantarillados) se encontró una fuerte diferencia en la distribución como se muestra en la Figura IV8.

En el caso de los estudiantes que estaban en ese momento en sexto semestre se encontró que muchos de ellos prefirieron hacer el trabajo de manera individual, mientras que los estudiantes de octavo semestre prefirieron trabajar en grupos de tres integrantes. El comportamiento expresado por los estudiantes de octavo semestre era el comportamiento habitual de la mayoría de los estudiantes en cualquier semestre antes del aislamiento por la pandemia en actividades similares.

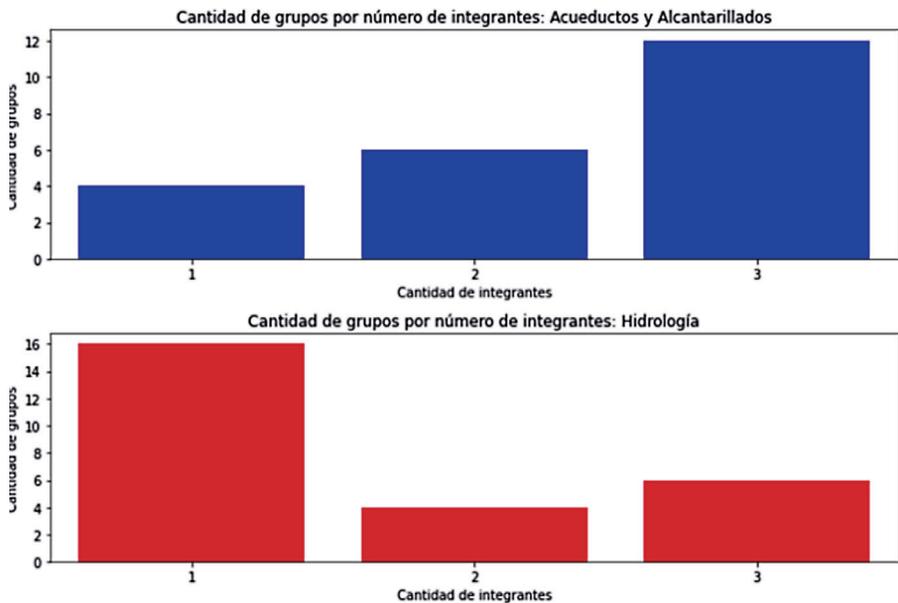


Figura IV-8 Distribución del número de integrantes por grupo para dos asignaturas diferentes.

Observando este comportamiento tan atípico se conversó con algunos estudiantes indagando por una explicación y se encontró que buena parte de los estudiantes que estaban trabajando solos lo hacían simplemente porque no conocían a casi nadie en el curso o a muy pocos.



Esto era especialmente evidente para aquellos estudiantes que no vivían en Barranquilla y se encontraban en sus ciudades de origen desde el primer semestre de 2020, momento en el cual se encontraban en cuarto semestre y que de acuerdo con el plan de estudios de ingeniería civil de la Universidad del Norte estaban terminado el ciclo básico.

Esto resulta importante como una posible explicación al considerar que en muchos programas de ingeniería en Colombia los primeros semestres suelen ser tomados en grupos conformados por estudiantes de diversos programas profesionales y solo al finalizar este ciclo inician a ver una mayoría de materias exclusivamente con estudiantes de sus mismos programas.

Esta situación generó dificultades para que los escenarios habituales de encuentro que se daban en la presencialidad se dieran durante el periodo de aislamiento dificultando incluso que se reconocieran.

V. Discusión

En general en la aplicación de estrategias de ciencias de datos y en particular en las de Learning Analytics no se puede perder de vista que además de la captura de los datos, el análisis exploratorio visual o tabular, el análisis estadístico, siempre se está hablando de personas (estudiantes y profesores) y que esta información no suele tener una única interpretación sencilla y extrapolable a todos los casos.

Esto es evidente en los modelos de regresión mostrados en los que se relacionaba la asistencia promedio a la semana con el promedio acumulado previo al inicio del período académico y la nota definitiva en el curso. Por ejemplo, se podría plantear la pregunta ¿Por qué no hay significancia estadística entre la asistencia sincrónica y la nota definitiva? Y suponer como posibles respuestas que tal vez el aprendizaje significativo no se da durante la clase sincrónica sino por ejemplo al realizar las tareas extraclase o por otro lado que al contar los estudiantes con grabaciones de todas las clases preferían verlas en otros momentos además de las horas sincrónicas programadas por la Universidad. O por otro lado medir con el mismo conjunto de datos el interés de los estudiantes en su formación personal a través del tiempo dedicado a las clases.

Con respecto al análisis de la cantidad y duración de las visualizaciones realizadas por los estudiantes, además de las particularidades



mencionadas del período académico consecuencia de las jornadas de protestas realizadas, vale la pena resaltar como la duración real de una visualización con poca frecuencia puede superar los 30 minutos y excepcionalmente los 60 minutos.

Esto invita a poner sobre la mesa la conveniencia de producir en el futuro videos con duraciones mayores a estas magnitudes. Es posible en este caso que el agotamiento ante videos largos también pueda ser explicado por la falta de edición o de elementos de producción audiovisual en las grabaciones directas de las sesiones sincrónicas, pero lastimosamente con los recursos disponibles para la mayoría de los educadores en sus casas y equipos de trabajo este tipo de elementos estaban fuera del alcance en general.

Con respecto al caso de la preferencia identificada a trabajar de manera individual en los estudiantes de sexto semestre en el primer semestre de 2021 contrario al comportamiento habitual previo a la pandemia es un reto para las IES al retornar a la presencialidad recuperar las relaciones entre estudiantes, pues hasta cierto punto se debe tratar de mitigar las consecuencias de un aislamiento tan extenso en el cual muchas de las relaciones interpersonales que llevarían en condiciones normales a formar desde amistades hasta incluso familias durante la vida universitaria en muchos casos sencillamente no se dieron.

VI. Recomendaciones de implementación

Una de las ventajas de que buena parte de los pasos requeridos para implementar alguna de las técnicas de LA requieren de un esfuerzo de programación computacional es que este esfuerzo NO tiene que ser realizado por cada docente, sino que por el contrario puede fácilmente y debería ser desarrollado a nivel institucional o al menos por dependencias específicas para ser reutilizado en cada grupo en el cual se considere pertinente y útil.

Este desarrollo computacional de manera centralizada permite dos cosas principalmente. Por un lado, permite la estandarización de variables, formatos, estilos, entre otras características lo que a su vez facilita la integración y comparación de resultados entre diferentes grupos o momentos de aplicación de la técnica de interés; y por otro lado permite que aquellos docentes que no están interesados o capacitados para



desarrollar computacionalmente una técnica de LA desde ceros de todas maneras podrían disfrutar de los productos obtenidos a través de ella.

En el caso del ejercicio realizado en la Universidad del Norte por conveniencia se utilizaron herramientas desarrolladas en Python y Jupyter precisamente con el objeto de que al requerir su uso de manera masiva no se tuvieran restricciones por uso de licencias.

En la medida que la disponibilidad de datos aumenta y el alcance del modelo se amplía es fácil que el proceso total de Learning Analytics entre en situaciones que deben ser evaluadas desde el punto de vista ético y que incluso para algunos casos puedan requerir algún tipo de autorización de un organismo administrativo dentro la IES.

VII. Conclusiones

Con el amplio y fácil acceso a datos que ofrecen las herramientas actualmente disponibles en el aula y en la educación remota por un lado y las necesidades de mejora continua, assessment del proceso enseñanza-aprendizaje por el otro, se podría decir casi que sería un despropósito no usar esta información como parte del proceso de toma de decisiones.

Un reto que se genera a partir de la experiencia adquirida durante el tiempo de educación aislamiento es como trasladar algunas de estas estrategias utilizadas a la presencialidad, en la cual no se cuenta habitualmente con la cantidad de grabaciones realizadas con las plataformas de teleconferencias, ni sus estadísticas de uso, ni se tendrá el nivel de precisión de asistencia registrado en estas mismas herramientas. Por lo pronto se mantendrán aquellas estrategias dependientes de los sistemas LMS que continuarán siendo habituales en la IES.

Los resultados presentados en este trabajo corresponden a las experiencias de un único profesor con estudiantes del programa de ingeniería civil en la Universidad del Norte. Esta población es un conjunto bastante específico y que para el caso exclusivo de ingenierías tal vez sea una muestra válida para toma de decisiones. Pero es claro que se obtendrán mejores productos en la media que se amplie la muestra de la población de análisis incluyendo al menos dos profesores más y al menos un grupo más de estudiantes de tercer o cuarto semestre para tener una medición en la mayoría de los momentos de formación profesional.



Referencias

- [1] Blackboard Inc., “Blackboard Collaborate,” 2021. [Online]. Available: <https://www.blackboard.com/en-eu/teaching-learning/collaboration-web-conferencing/blackboard-collaborate>.
- [2] Zoom Video Communications Inc., “Zoom,” 2021. [Online]. Available: <https://zoom.us/>.
- [3] Blackboard Inc., “Blackboard Learn,” 2021. [Online]. Available: <https://www.blackboard.com/en-eu/teaching-learning/learning-management/blackboard-learn>.
- [4] D2L Corporation, “Brightspace,” 2021. [Online]. Available: <https://www.d2l.com/>.
- [5] Society for Learning Analytics Research (SoLAR), “What is Learning Analytics?,” 2021. <https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics/>.
- [6] R. Pazmiño-Maji, L. Naranjo-Ordoñez, M. Conde-González, and F. García-Peñalvo, “Learning Analytics in Ecuador: An Initial Analysis based in a Mapping Review,” in *TEEM'19: Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 2019, pp. 304–311.
- [7] L.-K. Lee, S. K. S. Cheung, and L.-F. Kwok, “Learning analytics: current trends and innovative practices,” *J. Comput. Educ.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, Mar. 2020, doi: 10.1007/s40692-020-00155-8.
- [8] Python Software Foundation, “The Python Language Reference Version 3,” *Python.org*, 2018. <https://docs.python.org/3/reference/index.html> (accessed May 24, 2018).
- [9] Jupyter Team, “Project Jupyter,” 2014. [Online]. Available: <https://jupyter.org/>.
- [10] SeleniumHQ, “Selenium 4,” 2021. [Online]. Available: <https://www.selenium.dev/>.
- [11] El Espectador, “Paro Nacional 28 de abril: estos son los puntos de concentración en las principales ciudades,” Bogotá D.C., Colombia, 2021.



Augusto Sisa.

Recibió su título de pregrado y de maestría en ingeniería civil de la Universidad de los Andes en Bogotá, Colombia en los años 2001 y 2003 respectivamente.

Él ha estado vinculado como profesor de planta del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental en la Universidad del Norte en Colombia desde 2005. En esta institución se ha dedicado al área de recursos hídricos e hidráulicos en actividades docentes en cursos como hidrología, acueductos y alcantarillados y soluciones computacionales a problemas en ingeniería, este último ofrecido a través del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. Adicionalmente ha participado en actividades de investigación y consultoría en las mismas áreas mencionadas antes y extendidas al desarrollo de aplicaciones soportadas en software a la medida y Sistemas de Información Geográfica – SIG y Ciencia de Datos.

.....
Este trabajo ha sido enviado para su revisión el 17 de agosto de 2021 y aceptado en su versión definitiva el día 31 de enero de 2022 para ser publicado de manera conjunta entre la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI y la Universidad del Norte. Las actividades descritas fueron realizadas dentro de las actividades docentes y de acreditación propias del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad del Norte localizada en el Área Metropolitana de Barranquilla, Colombia.

A. Sisa, trabaja en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad del Norte, como profesor asistente del área de recursos hídricos. Km 5 Vía Puerto Colombia, Área Metropolitana de Barranquilla, Colombia. (e-mail: asisa@uninorte.edu.co).

Herramientas TIC y TAC en tiempos de pandemia: Una guía rápida de los usos en la evaluación en programas de ingeniería en Colombia

Julián Yepes-Martínez¹
juliany@uninorte.edu.co

Resumen—Uno de los elementos más importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje es la evaluación, que ha pasado de ser un procedimiento realizado de forma presencial, con ciertas características y condiciones, a desarrollarse en un modelo en línea, remoto o soportado por herramientas TIC, debido a la emergencia sanitaria por la propagación del virus SARS-CoV-2 desde marzo de 2020. En el este artículo se explica la diferencia entre herramientas de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y las herramientas de la tecnología para el aprendizaje y el conocimiento (TAC), se dan a conocer las dimensiones de la evaluación orientada al aprendizaje, y se presenta un listado de herramientas tecnológicas utilizadas por el autor con los pros y contras, la clasificación, según la taxonomía de Bloom, sobre el tipo de pensamiento que promueve y, por último, un caso de estudio aplicado a la evaluación del trabajo en equipo en la asignatura de laboratorio de Termodinámica II, bajo la luz de la rúbrica de evaluación del *Student Outcome* 5 de ABET: Capacidad para funcionar efectivamente en un

.....
¹ Docente Departamento de Ingeniería Mecánica – Universidad del Norte-Barranquilla, Colombia.



equipo cuyos miembros, juntos, proporcionan liderazgo, crean un ambiente colaborativo e incluyente, establecen metas, planean tareas y logran objetivos.

El artículo pretende ser una guía rápida de aplicación de las diversas TIC con el propósito de alcanzar los resultados de aprendizajes planteados al inicio de las actividades, teniendo en cuenta la tipología de evaluación y el nivel del proceso cognitivo alcanzado de acuerdo con la taxonomía de Bloom y el tipo de interacción que se desea promover entre el estudiante y las herramientas tecnológicas.

Abstract— One of the most important elements in the teaching-learning process is the evaluation, which has been transformed from a procedure carried out in person, under certain characteristics and conditions, to an online model, remote or supported by ICT tools due to the health emergency caused by the spread of the SARS-CoV-2 virus since March 2020. This paper explains the difference between Information and Communication Technology - ICT tools, and Learning and Knowledge Technology - LKT tools. The dimensions of learning-oriented assessment and a list of technological tools used by the author with the pros and cons are presented. The classification, under Bloom's taxonomy, of the type of thinking it promotes and, finally and their relationship with the ICT Tools. Finally, a case study applied to the evaluation of teamwork in the laboratory subject of Thermodynamics II is presented under the light of the evaluation rubric of the Student Outcome 5 - ABET: Ability to function effectively in a team whose members together provide leadership, create a collaborative and inclusive environment, set goals, plan tasks, and achieve objectives.

This document is intended to be a quick guide for the application of the various ICT. The purpose of achieving the learning outcomes proposed at the beginning of the activities, taking into account the type of evaluation, the level of cognitive process achieved according to Bloom's Taxonomy and the type of interaction to be promoted between the student, and the technological tools are analyzed.

Keywords—Assessment, TIC, TAC, Student Outcome, Autoevaluación, Co-Evaluación, interacción y taxonomía de Bloom.



I. Introducción

El año 2020 será recordado por la expansión del virus SARS-CoV-2 o, en otras palabras, la pandemia del COVID-19. Esta emergencia sanitaria tuvo grandes y graves efectos tanto en el área de la salud como en el campo socioeconómico, por cuanto creó un escenario de crisis y zozobra en un corto tiempo. El sector de la educación no estuvo al margen de las consecuencias, debido al limitado tiempo para la preparación o planeación que se tuvo con respecto al cambio de un modelo presencial a un modelo en línea.

En principio, la crisis sanitaria se caracterizó por buscar el control y detener la propagación, llevando al cierre de fronteras de los países afectados y garantizando el bienestar de la población. Posteriormente, una vez logrado cierto control de algunos de los aspectos de salud, las acciones se han enfocado en minimizar las afectaciones en otros sectores impactados, y la educación ha quedado en el espectro de acción. Un caso especial ha sido la educación superior, en la que se ha generado como respuesta una “modalidad *online* de emergencia”, con sus aciertos y dificultades. El proceso fue reactivo antes que planeado, por lo que algunas prácticas, sobre todo en el proceso de evaluación, se convirtieron en una réplica de lo que se hacía en la presencialidad [1]. Según las estadísticas y el mapa interactivo de la Unesco [2], en el mes de marzo del año 2020 se afectó el 91,3 % del total de estudiantes matriculados en el mundo, representados en aproximadamente 1500 millones de personas que no pudieron asistir a sus clases presenciales.

Los momentos y elementos de la clase se han visto expuestos e influidos por la reinversión en pandemia de los campus universitarios, incluyendo los procesos de evaluación. Dentro de los principales inconvenientes reportados por varios autores al migrar a alguno de los formatos adoptados (remoto, mediado por las TIC o educación *online*) están los problemas de logística o técnicos, retos en los procesos de enseñanza-aprendizaje, privacidad y seguridad de los sistemas utilizados y, uno de los mayores, el entrenamiento del personal académico o docentes en las nuevas tecnologías [3].

El desarrollo de competencias digitales en los docentes de educación superior es considerado como la clave para la enseñanza del siglo XXI. Los docentes no solo deben ser expertos o líderes en sus áreas disciplinares sino también tener la competencia digital para preparar al alumnado en la



cualificación de competencias profesionales en un mundo caracterizado por la inmediatez de la información y su fácil acceso [4-5].

En el contexto educativo, las tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (TAC) se definen como el uso de tecnología para desarrollar conocimiento en el alumnado o entorno académico implementado. Surge de la necesidad latente de garantizar que los resultados de aprendizaje se alcancen de forma efectiva y van más allá de aprender a utilizar una herramienta tecnológica [6]. La introducción de las TAC redefine los roles y escenarios de la enseñanza, busca producir un aprendizaje más profundo y beneficiar en el alumnado la habilidad de aprender más, aprender siempre, aprender a aprender y para toda la vida [6]; y en nuestro entorno y área de desempeño, busca que el alumno también tenga afianzadas las competencias digitales, ya que existe una errónea creencia de que todos los estudiantes, por ser nativos digitales, ya tienen las competencias digitales requeridas; sin embargo, un gran porcentaje de ellos son catalogados como “huérfanos digitales”, ya que han sido sobreexposados a la tecnología; cuentan con habilidades para el manejo de redes sociales, pero no saben como utilizar la tecnología para su aprendizaje. Esa labor de alfabetización digital recae de nuevo en el docente [7].

La situación de emergencia y adopción de modalidades de educación diferente de la presencial ha puesto de manifiesto las siguientes tres brechas [8]:

- Acceso a dispositivos electrónicos con conexión a internet.
- Tiempo y calidad de uso, debido a la necesidad de compartir los dispositivos electrónicos existentes con otros miembros de la familia.
- Competencias digitales de docentes y estudiantes para el uso de las herramientas tecnológicas con fines educativos y no de comunicación.

Específicamente, en términos de la evaluación, ha generado, después de un año de aislamiento, el análisis en los docentes sobre qué no y qué sí deben cambiar de las prácticas que venían realizando en *assessment*. En el primer caso, se debe continuar con la intención que debe tener la evaluación, como la oportunidad de seguir aprendiendo; se debe cambiar la evaluación “de” por la evaluación “para” [9]. En el segundo caso, se han replanteado la forma de planeación, la herramienta y priorizar en procesos, no para reducir el trabajo, sino para que aporte mayor



información o *data* para el soporte de la retroalimentación y aplicar las acciones de mejora en los procesos [10]. Se debe seguir garantizando que haya correlación entre el instrumento diseñado, el momento en que se aplica y el tipo de información recolectada con miras a alcanzar los resultados de aprendizajes esperados.

Las creencias del docente sobre las actividades implementadas tienen gran influencia en el diseño del instrumento; es así como al inicio de la pandemia muchos docentes optaron por invertir su tiempo en la búsqueda del control de las actividades de evaluación y en normalizar un proceso en la virtualidad; se dejaron en segundo plano las condiciones auténticas del alumno y no se desarrollaron procesos democráticos y equitativos. Fue así como, a partir de un análisis de correlación, para los instructores, mientras los exámenes asincrónicos o semi en línea se asociaron con un aumento en la percepción de fraude, los desarrollados completamente en línea o con libro abierto estaban asociados a la percepción del instructor de una disminución en el fraude [1].

La evaluación, enmarcada en forma general en la toma de decisiones, está contextualizada por Rodríguez [11] cuando afirma que “se entiende por evaluación, en sentido general, aquel conjunto de procesos sistemáticos de recogida, análisis e interpretación de información válida y fiable que, en comparación con una referencia o criterio, nos permita llegar a una decisión que favorezca la mejora del objeto evaluado”. Definir el enfoque de la evaluación para una actividad específica debe ser tomado como parte vital en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se presenta en la figura 1 un esquema adaptado de las principales dimensiones de la evaluación para establecer la mejor estrategia, acorde con los resultados de aprendizaje esperados y las actividades formativas transformadas, el porqué y para qué se evalúa y, además, qué se necesita para evaluar en un modelo en línea. Al final “no hay aprendizaje sin evaluación” [12].

En cuanto a la evaluación formativa, es posible indicar que su propósito es obtener información del progreso del estudiante y entregarle una retroalimentación a tiempo para contruir espacios académicos más confiables para estudiantes. Dicha retroalimentación puede proporcionar reforzamiento motivacional, conocimiento de los resultados a partir de los cuales pueda generar estrategias de aprendizaje y enseñanza más efectivas [13]. Por su parte, la evaluación sumativa puede definir su propósito en registrar o reportar la estimación de los logros alcanzados por los estudiantes; generalmente se hace al finalizar el curso y conduce a



calificaciones [14]. En el caso de los agentes involucrados en la evaluación, es necesario darle mayor importancia al papel activo del estudiante en sus procesos evaluativos por medio de la autoevaluación y la coevaluación, y estos a su vez apoyados por la tecnología. Se ha demostrado que el uso de estos dos tipos de evaluación (autoevaluación y coevaluación) genera en el estudiante, por su participación activa en el proceso, una mayor capacidad de autorregulación y una habilidad muy estimada por estos tiempos, el aprender a aprender [10, 15].

En los siguientes apartados se darán a conocer algunas opciones de uso de tecnología para los procesos de evaluación, asociadas con el tipo de necesidad que se desea promover en el alumnado, de acuerdo con el ajuste propuesto por [16], y se expondrá un ejemplo realizado con la asignatura Laboratorio de Termodinámica II del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Norte en el segundo semestre de 2020.

II. Tecnologías del aprendizaje y el conocimiento (Tac)

Para hablar de las TAC, es necesario conocer y haber trabajado con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), y aunque suene a una clase de música, las TIC y las TAC tienen influencia en los procesos y la intención que se quiere conseguir en la educación con sus usos. Según Lozano [17], “Las TAC tratan de orientar las TIC hacia unos usos más formativos, tanto para el estudiante como para el profesor, con el objetivo de aprender más y mejor” y con esto se busca incidir en las metodologías y el uso didáctico de las TIC en la docencia. Va más allá del simple hecho de usar una TIC y llevarla al servicio de aprendizaje y la adquisición de conocimiento. Es cambiar el “aprendizaje de la tecnología” por el “aprendizaje con la tecnología” [18]. Las TAC integran, según la idea de ambientes de aprendizajes, los equipos electrónicos y materiales digitales diseñado por los docentes o personal de apoyo tecnológico; es reorientar y potencializar los servicios, redes, *software* y dispositivos presentes en la era digital. Las TAC son el puente entre las TIC y la educación [18].



Figura. Dimensiones de la evaluación orientada al aprendizaje.
Fuente: Adaptado de [8].

III. Taxonomía de bloom en la era digital

La taxonomía de Bloom es una herramienta clave para los docentes a la hora de preparar el tipo de actividades y materiales, de acuerdo con el tipo de habilidades de pensamiento que desee promover y, claro está, evaluar



en el estudiante. La taxonomía de Bloom fue publicada originalmente en 1950 y revisada de nuevo en el año 2000 [19]. Aparece resumida en la figura 2. Constantemente la taxonomía de Bloom ha sido actualizada por diferentes autores con principales ajustes a su aplicación en la era digital [20], en la cual se enfoca en el uso de TIC como medio para llegar a recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.



Figura 2. Modelo de tipo de conocimientos y cómo puede ser usado.
Fuente: [21].

Existe material de apoyo que, al igual que las herramientas tecnológicas, están en constante actualización; uno de estos materiales para uso en la era digital de la taxonomía de Bloom es la *Pedagogy Wheel* [22], que también se encuentra en su versión 4.1 en español² en la figura 3 y muestra de forma sencilla la oportunidad de realizar el diseño instruccional para los cursos; lleva al profesor por una ruta sencilla desde el tipo de nivel de pensamiento que desea promover, el diseño de objetivos de aprendizaje y las actividades que se pueden realizar, hasta la herramienta tecnológica

² <https://bit.ly/3x0bxx4>



que se podría utilizar para promover el tipo de pensamiento propuesto. Al final, con el uso de la taxonomía de Bloom en la era digital, se busca promover la construcción del conocimiento y del aprendizaje de forma secuencial, fortaleciendo las habilidades digitales requeridas para el siglo XXI.

El criterio para seleccionar una aplicación de acuerdo con las habilidades de pensamiento de orden superior o inferior que se desee promover, puede basarse en las siguientes recomendaciones [22]:

Comprensión: Las aplicaciones (*apps*) que caben en esta categoría de “comprensión” proveen formas para que los estudiantes expliquen ideas o conceptos. Las *apps* de comprensión no son meramente aquellas que permiten seleccionar una respuesta correcta, sino establecer un formato más abierto para que los estudiantes parafraseen o expliquen los significados.

Recordar: Las *apps* de esta categoría mejoran la habilidad del usuario para definir términos, identificar hechos, y recordar o localizar información. Le piden al usuario seleccionar una respuesta correcta de una lista, secuenciar contenido o introducir datos.

Aplicar: Las *apps* de esta categoría proveen oportunidades para que los estudiantes demuestren su habilidad para implementar procedimientos o métodos aprendidos. También resaltan la habilidad para aplicar conceptos en circunstancias fuera de contexto o no familiares.

Análisis: Las *apps* de esta categoría mejoran la habilidad del usuario para diferenciar entre lo relevante y lo irrelevante, determinar relaciones y reconocer la organización del contenido.

Evaluación: Las correspondientes *apps* mejoran la habilidad del usuario para juzgar material o métodos basados en criterios establecidos por ellos mismos o fuentes externas. Ayudan a los estudiantes a emitir juicios sobre la fiabilidad, exactitud, calidad y efectividad sobre el contenido para tomar decisiones con sustento.

Creación: Las *apps* de esta categoría proveen a los usuarios oportunidades para generar ideas, diseñar planes, procesos y productos.

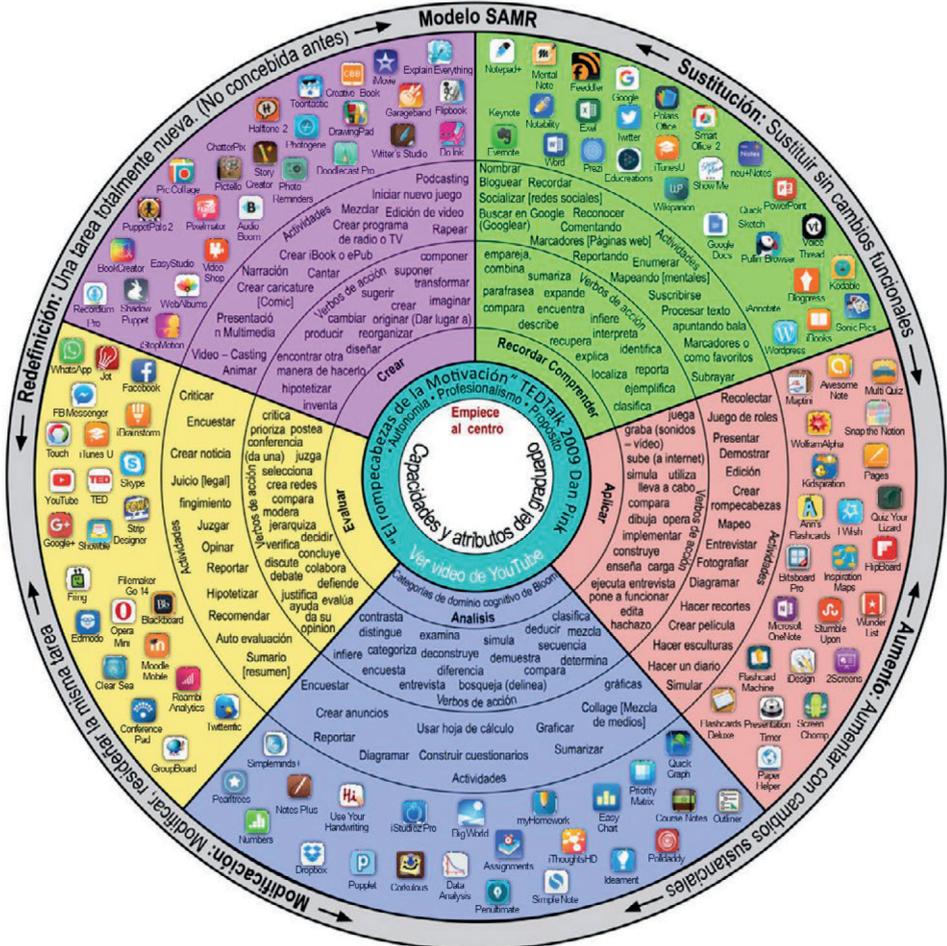


Figura 3. La rueda de la pedagogía. Fuente: Adaptado de [22].

IV. Interacciones en clase con uso de herramientas TIC

Una de las mayores preocupaciones de los docentes en cuanto al diseño instruccional para modalidad en línea, remoto o apoyado por TIC es la forma como el estudiante interactúa con las herramientas o su papel en la actividad planteada; en la tabla 1 se resumen las categorías de interacción que se pueden encontrar en clases, su relación con el objetivo de aprendizaje



proyectado por el docente, la contribución de cada uno de los participantes en la actividad y su interacción con los otros miembros de la clase.

V. Herramientas TIC, características y cómo transformarlas en herramientas TAC

En la tabla 2 se presenta una actualización de algunas herramientas TIC utilizadas por el autor, con información general sobre su uso, contribuciones positivas y aspectos por mejorar de ellas, información del sitio web donde se puede acceder y si su uso tiene costo asociado. Por último, el tipo de nivel de pensamiento que promueve y la forma como se puede transformar en una herramienta TAC.

VI. Evaluación de la rúbrica so5: trabajo en equipo

Dentro de las actividades que se han dispuesto en la implementación de los *Students Outcomes* que forman parte de la acreditación internacional ABET [23], el autor ha utilizado la herramienta TIC *co-rubrics* y, a continuación, da a conocer los resultados obtenidos.

La metodología que se utiliza es la implementación de la rúbrica para el SO5 que se relaciona en la tabla 3, con el complemento *co-rubrics* y aplicado a un grupo de 40 estudiantes que integraron el curso Laboratorio de Termodinámica II durante el segundo semestre del año 2020. El objetivo es que el 80 % de los estudiantes se encuentren en los niveles bueno y muy bueno. Las prácticas están basadas en el uso del simulador Aspen-Hysys® Versión 11. El docente, en un primer momento, conformó 13 grupos (12 de 3 personas y 1 de 4); luego de 4 semanas de trabajo entre los integrantes del equipo y la entrega del primer informe de laboratorio, se les solicitó a los estudiantes que hicieran una autoevaluación de su trabajo en el equipo y al mismo tiempo evaluaran el de sus compañeros. Se usó la herramienta TIC con el propósito de evaluar la habilidad de cada miembro para trabajar en equipo de forma colaborativa. Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos y se propuso un cambio en la conformación del grupo para que fueran ellos mismos los que seleccionaran sus compañeros de trabajo y después de la práctica 2 se aplicó de nuevo la rúbrica de trabajo. La actividad de reflexión y el proceso de evaluación es lo que convierte la herramienta TIC en una herramienta TAC.



Los resultados de las evaluaciones en los dos primeros momentos del curso para el criterio de desempeño “Contribución al trabajo que debe hacer el equipo” se pueden visualizar en la figura 4.

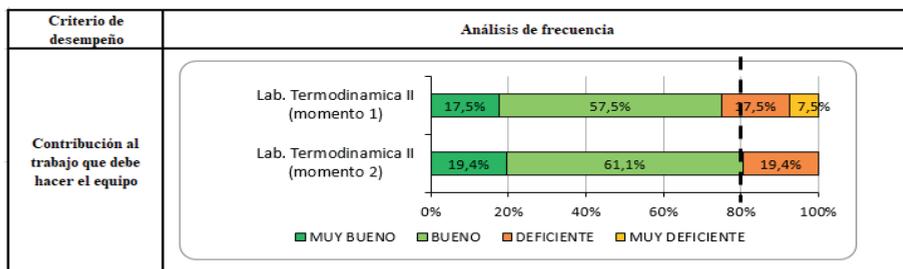


Figura 4. Resultados del criterio de desempeño “Contribución al trabajo que el equipo debe hacer”. Fuente: El autor.

Los resultados de las evaluaciones en el primer y segundo momentos del curso para el criterio de desempeño “Interacción con los compañeros de equipo” se pueden visualizar en la figura 5.

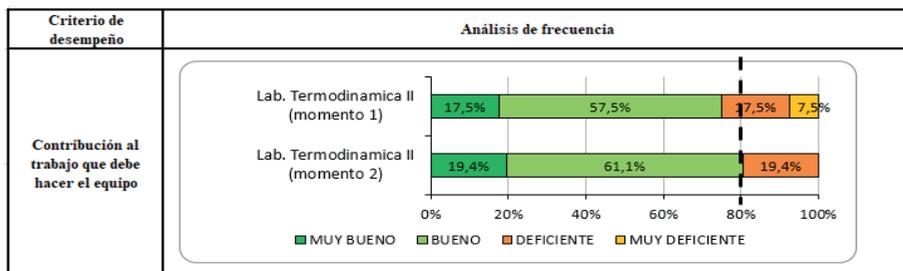


Figura 5. Resultados del criterio de desempeño “Interacción con los compañeros de equipo”. Fuente: El autor.

Los resultados de las evaluaciones en el primer y segundo momentos del curso para el criterio de desempeño “Mantener al equipo cumpliendo el plan de trabajo” se pueden visualizar en la figura 6.

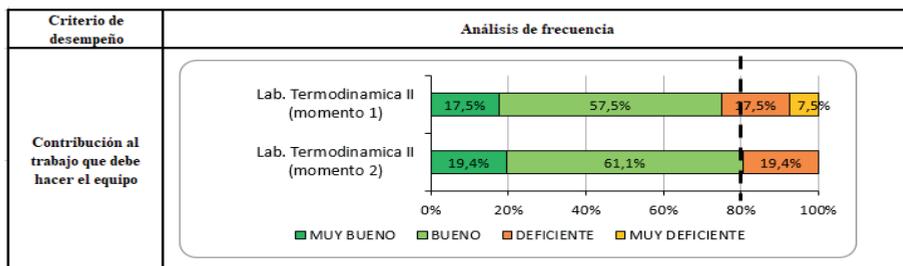


Figura 6. Resultados del criterio de desempeño “Mantener al equipo cumpliendo el plan de trabajo”. Fuente: El autor.



VII. Análisis de resultados

De lo expuesto en la figura 4 es posible deducir que hay una mejora en los resultados de las evaluaciones realizadas, ya que en el primer momento los estudiantes se enfrentaban a una herramienta de simulación nueva, conociendo la interfaz, los procedimientos y funciones. Los estudiantes mencionan en sus comentarios que sienten que no contribuyen mucho al trabajo en equipo desde la parte del uso del *software*, pero sí en la revisión bibliográfica, tabulación y gráficas de los resultados y, por último, la redacción del informe final. En el segundo momento evaluado, los estudiantes se sienten más confiados con las actividades relacionadas con el uso del simulador.

De los resultados de la figura 5 es posible analizar que, en el primer momento, el 20 % de los estudiantes perciben que no tienen una interacción con el equipo de trabajo de la forma adecuada, ya que, como lo comentan en las evaluaciones recolectadas, no se sentían a gusto con los compañeros, quizás porque no los conocían personalmente y se les dificultaba entablar mejores relaciones de forma remota. Posterior al cambio de miembros de equipo, seleccionados por los mismos estudiantes, la percepción de mejor interacción alcanzó un 86,1 % en los niveles muy bueno y bueno.

De los resultados de la figura 6 se concluye que, en ambos momentos de la evaluación, los estudiantes de los niveles muy bueno y bueno alcanzan el 80 %, migrando de 5,0 % de muy bueno en el primer momento a 19,4 % en un segundo momento, y, en el caso del nivel bueno, pasa de un 70 % de un primer momento a un 55,6 % en un segundo momento. Lo anterior demuestra mejoría en las habilidades para mantener el equipo en una ruta clara y alcanzar los objetivos. En el caso del restante 20 % de estudiantes, también se nota una mejoría en las evaluaciones obtenidas, ya que pasa del 10 % de estudiantes en el nivel muy deficiente al 0 % en el segundo momento, lo que se traduce en un paso del 15 % del nivel deficiente a un 20 % en el segundo momento de la evaluación. Los estudiantes remiten en sus comentarios que en el primer momento no se acoplaban al estilo de trabajo de los otros integrantes del equipo, que en ocasiones preferían realizar las actividades propuestas y no entrar en conflicto por las tareas asignadas y no cumplidas por los miembros del equipo.



VIII. Conclusiones

Las herramientas TIC por sí solas no permiten alcanzar los resultados de aprendizaje esperados en los alumnos; por tanto, la forma en que se implementa el diseño instruccional es vital, sobre todo en el modo en que interactúa el estudiante con las herramientas tecnológicas y el objetivo de la habilidad de pensamiento de orden inferior o superior que se desea alcanzar con los alumnos. En el momento en que éstas se conviertan en un medio para tener estudiantes activos, comprometidos y conscientes de sus aprendizajes, se convertirán en herramientas TAC.

Es necesario concertar, alfabetizar y concientizar al aprendiz de la buena utilización de las herramientas tecnológicas, ya que de esta forma se empoderará de sus actividades y de sus resultados.

Es esencial relacionar las actividades en clases, los instrumentos utilizados y la evaluación por aplicar con los resultados de aprendizajes, y en ese camino, cruzar la información de la forma en que interactúan los estudiantes con las herramientas y las actividades propuestas bajo la lupa de la taxonomía de Bloom.

En el caso de la experiencia con la evaluación formativa en las dimensiones de autoevaluación y coevaluación, se concluye que se debe trabajar más en las habilidades de trabajo en equipo, que se deben reforzar los roles del equipo y ser flexible y abierto de mente para el trabajo con nuevas personas. En el caso que se ilustra en este artículo, se trabajó con una restricción sanitaria y de confinamiento debido al COVID-19, y los estudiantes rechazaron el trabajo con personas con las que nunca habían interactuado. La tolerancia, el respeto y el liderazgo en equipos son valores que se deben seguir cultivando.

La evaluación del trabajo en equipo no es una actividad que se haga en un solo momento, ya que requiere el análisis de la forma en que interactúan los miembros del equipo, las acciones de mejora por aplicar y la forma como se pueden superar las dificultades; por lo tanto, se recomienda hacer evaluaciones continuas, apoyadas en herramientas tecnológicas que permitan recolectar los datos de forma rápida y comparar la evaluación de los desempeños individuales y en equipo.

Tabla 1. Categorías de interacción en el aula con el apoyo de TIC. Compilado por CEDU³

Categoría de interacción	Elementos de planeación				Interacción de grupo: trabajar independientemente del profesor	Interacción individual	Interacción con las TIC
	Objetivos de aprendizaje previstos por el profesor para los estudiantes	Naturaleza de la respuesta a las acciones de los estudiantes	Provisión de contenido	Influencia del estudiante en el profesor / rumbo de la clase			
<p>Ninguna interactividad</p> <p>El recurso TIC se usa simplemente para presentar información estándar, como una secuencia preparada de diapositivas. El uso de la tecnología es principalmente para enfocar la atención de los estudiantes en puntos sobresalientes. El profesor planifica de antemano qué características se van a proporcionar, basándose en la conciencia de los atributos de los estudiantes, en particular, su conocimiento previo de la materia y sus habilidades metacognitivas. El docente mantiene el control total del ritmo de la clase, lo que refleja el formato de lección / demostración de la lección y la provisión de contenido fijo para que los estudiantes lo absorban.</p>	Absorber información.	Ninguna	Todo el contenido es proporcionado por el docente.	Los estudiantes solo pueden optar por no participar.	Conferencia / demostraciones del docente.	Mirar o copiar.	Mirar o leer texto o gráficos lineales fijos (secuencia preparada de diapositivas o páginas web).

.....
³ Centro para la Excelencia Docente (CEDU) –Universidad del Norte- <https://cedu.uninorte.edu.co/>





Categoría de interacción	Elementos de planeación				Influencia del estudiante en el profesor / rumbo de la clase	Toda la clase: profesor-estudiantes	Interacción de grupo: trabajar independientemente profesor	Interacción individual	Interacción con las TIC
	Objetivos de aprendizaje previstos por el profesor para los estudiantes	Naturaleza de la respuesta a las acciones de los estudiantes	Provisión de contenido						
<p>Directiva</p> <p>La interacción directiva con las TIC se caracteriza por la incorporación en la planificación del profesor de preguntas fijas con respuestas específicas. Estas preguntas están diseñadas para generar actividad cognitiva en los estudiantes y proporcionar el potencial de respuestas correctas que reflejen el grado de comprensión alcanzado hasta el momento. El ritmo de la clase aún lo controla el profesor en la medida en que brinda oportunidades para el uso de las TIC según un esquema planificado previamente.</p>	<p>Responde</p> <p>Aprender hechos y técnicas.</p>	<p>Respuesta seleccionada de opciones preparadas.</p>	<p>Toda la estructura y la mayor parte de la información es proporcionada por el docente - algunos pequeños vacíos que deben ser llenados.</p>	<p>Los estudiantes tienen una selección limitada de opciones (reactivo).</p>	<p>Canalización de preguntas por parte del docente.</p>	<p>Diálogo mediante respuestas a las preguntas.</p>	<p>Hacer, usar.</p>	<p>Recuerdo de hechos, siguiendo el procedimiento estandarizado u hojear hipertexto fijo.</p>	

Categoría de interacción	Elementos de planeación				Interacción de grupo: trabajar independientemente del profesor	Interacción individual	Interacción con las TIC
	Objetivos de aprendizaje previstos por el profesor para los estudiantes	Naturaleza de la respuesta a las acciones de los estudiantes	Provisión de contenido	Influencia del estudiante en el profesor / rumbo de la clase			
<p>Dialéctica</p> <p>En esta categoría hay una transición notable en el uso de las TIC de un modo receptivo a un modo constructivo, con la intención de que el estudiante adopte una disposición activa para lograr la comprensión de los temas tratados en clase. La interactividad dialéctica con las TIC implica una posible variación en planeación previa del profesor, ya que las preguntas formuladas están diseñadas para identificar más claramente los aprendizajes de los estudiantes y permitirle al profesor adaptar las actividades en función de las respuestas de los estudiantes. Las preguntas de sondeo también promueven la reflexión de los estudiantes sobre sus respuestas y estructuran su actividad metacognitiva a lo largo de líneas potencialmente fructíferas.</p>	<p>Desarrollar el conocimiento de conceptos y procesos.</p>	<p>Respuesta ideada para estimular la adopción de una visión particular.</p>	<p>Toda la estructura es proporcionada por el docente pero con poca información.</p>	<p>Las ideas de los estudiantes son consideradas por el docente (proactivo).</p>	<p>Diálogo desafiante.</p>	<p>Construir, encontrar.</p>	<p>Construir el producto según lo especificado, lo que implica la selección de opciones y fuentes.</p>





Categoría de interacción	Elementos de planeación				Interacción de grupo: trabajar independientemente del profesor	Interacción individual	Interacción con las TIC
	Objetivos de aprendizaje previstos por el profesor para los estudiantes	Naturaleza de la respuesta a las acciones de los estudiantes	Provisión de contenido	Influencia del estudiante en el profesor / rumbo de la clase			
<p>Dialogica</p> <p>En esta categoría, las preguntas del docente proporcionan una estructura más flexible, simplemente llamando la atención sobre temas y estrategias relevantes. Proporcionan potencial para la actividad de conjetura y formulación de preguntas por parte de los estudiantes a través de la cual comparten los procesos de planeación con el docente. Para el trabajo en grupo e individual, las TIC tendrán una estructura más flexible en esta categoría y, en consecuencia, requerirán más capacidad por parte de los estudiantes, y para el trabajo en grupo, mayores habilidades para orquestar las contribuciones de los miembros del grupo.</p>	<p>Comprensión crítica de conceptos y procesos.</p> <p>Respuesta diseñada para generar variedad de puntos de vista.</p> <p>Esbozo de una estructura única de contenido proporcionada por el docente.</p> <p>Las ideas de los estudiantes influyen en el desarrollo de la clase (influencia mutua).</p> <p>Enfocar el diálogo y la aceptación de preguntas por parte del profesor.</p> <p>Diálogo acumulativo a Diálogo exploratorio.</p> <p>Crear, explorar.</p>	<p>Desarrollar productos que requieran búsqueda de información, prueba de hipótesis, comparación y elaboración de material.</p>					

Categoría de interacción	Elementos de planeación				Interacción de grupo: trabajar independientemente del profesor	Interacción individual	Interacción con las TIC
	Objetivos de aprendizaje previstos por el profesor para los estudiantes	Naturalidad de la respuesta a las acciones de los estudiantes	Provisión de contenido	Influencia del estudiante en el profesor / rumbo de la clase			
<p>Sinérgica</p> <p>La interactividad sinérgica con las TIC se caracteriza por una actividad reflexiva independiente llevada a cabo por los estudiantes colectivamente en el entorno de toda la clase, con el profesor y los estudiantes, orquestando juntos características que incluyen la elección de herramientas TIC para ayudar a estructurar ideas. La capacidad de todos los estudiantes y del profesor de utilizar herramientas para aportar ideas (que pueden explorarse, almacenarse, revisarse e incluso deshacerse en secuencia) en igualdad de condiciones, es fundamental para la interactividad sinérgica. En el trabajo en grupo puede haber un papel para las herramientas TIC colaborativas, para generar una reflexión colectiva incluso en el entorno del aula. A escala individual, el tipo de interactividad sinérgica se puede ver cuando los estudiantes son capaces de involucrarse en tareas desafiantes para las cuales usan herramientas y TIC en una integración casi perfecta de su mente y la tecnología, que se caracteriza como "explorar-aprovechar" para lograr una solución sofisticada.</p>	<p>Aplicación crítica de conceptos y procesos en variedad de situaciones.</p> <p>Respuestas reflexivas.</p> <p>Estructura e información aportadas colectivamente.</p> <p>Las ideas de los estudiantes contribuyen igualmente.</p> <p>Preguntas y respuestas críticas por el profesor y los estudiantes.</p>	<p>Diálogo colaborativo.</p> <p>Aprovechar y explotar el conocimiento.</p>	<p>Resolución de problemas abierta o creación de producto que implica identificación de contexto / material, análisis, reflexión.</p>				

Fuente: Adaptado de [16].



**Tabla 2.** Herramientas TIC utilizadas por el autor y convertidas en TAC x

Herramienta TIC	Características	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Página web
NearPod	<p>Agrega interactividad a las presentaciones realizadas en PowerPoint o Google <i>slides</i>. Los estudiantes se conectan a la presentación en línea por un código. Permite trabajar de forma asincrónica los contenidos</p>	<p>Diferentes tipos de actividades: simulaciones PhET, preguntas abiertas, dibujar, video de FlipGrid, calculadora graficadora, videotutoriales, elementos en 3D y visitas 360 grados, entre otros. Es intuitivo. Se puede trabajar de forma sincrónica o asincrónica. Recolecta data de las actividades (versión paga). Se tiene información en tipo real de los resultados de los estudiantes. Permite la retroalimentación en grupos o individuales. Permite descargar informes individuales o en grupo en formato excel y pdf.</p>	<p>Algunas funciones están en la versión paga. Requiere acceso a internet. Es mejor la versión web que la <i>app</i> en celular.</p>	<p>https://nearpod.com/</p>
PearDeck	<p>Similar a las actividades realizadas con NearPod en PowerPoint y Google slides.</p>	<p>Incluyen plantillas de acuerdo con el nivel de escolaridad, los momentos dentro de la clase y las subáreas de desempeño para facilitar y dar ideas de actividades. Se puede trabajar de forma sincrónica o asincrónica. Recolecta data de las actividades (versión paga). Se tiene información en tipo real de los resultados de los estudiantes. Permite la retroalimentación en grupos o individuales. Permite descargar informes grupales en formato hoja de cálculo de Excel.</p>	<p>No tiene interacciones con otras aplicaciones como lo hace NearPod. La versión gratuita no permite identificar los estudiantes por sus direcciones de correo de forma automática; para eso se aconseja una primera diapositiva donde se le pida el nombre al estudiante.</p>	<p>https://www.pear-deck.com/</p>



¿Hay versión gratuita?	¿Hay app para celular?	Ejemplo de actividades TAC	Tipo de interacción	Nivel de pensamiento
Sí	Sí	<p>Crear una presentación con actividades secuenciales que inicie con una actividad básica de recordar o clasificar; posteriormente, adicionar una simulación de PhET que simule un escenario, luego, en otra actividad, grafiquen los datos obtenidos y generen algún comentario (deben escribir). A partir de los datos presentados por los participantes, evaluar en qué condiciones es posible obtener los mejores resultados, así utilicen la justificación como herramienta. y por último, puedan proponer condiciones de trabajo o variables por controlar para crear una escenario óptimo al objetivo propuesto inicialmente.</p>	<p>Ninguna interacción, directiva, dialéctica, dialógica y sinérgica.</p>	<p>Recordar-comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.</p>
Sí	No	<p>Realizar encuestas y preguntas en los primeros cinco minutos de la clase, posteriormente hacer una clasificación arrastrando elementos entregados y agregando los nombres de las partes de algún dispositivo o sistema. También puede presentar una tabla con información y pedir que grafiquen. Pueden solicitar un análisis de causa-efecto y al final decir que escriban las conclusiones de alguna actividad realizada.</p>	<p>Ninguna interacción, directiva y dialéctica</p>	<p>Recordar-comprender, aplicar y analizar. Es posible llegar a evaluar y crear con mejor uso de la aplicación</p>



Herramienta TIC	Características	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Página web
FlipGrid	Aplicación que permite que el estudiante o docente puedan crear videos con duración entre quince segundos y cinco minutos (se configura de acuerdo con la actividad). Los demás estudiantes pueden ver los videos y comentar los demás.	Se incentiva el control del tiempo y la comunicación asertiva. Puede crear temas de trabajo y limitar el acceso a estudiantes relacionados con un dominio académico: @uninorte.edu.co Puede crear una cadena de videos a partir de un solo video original.	Dificultad si no cuenta con cámara en su dispositivo. Requiere una curva de aprendizaje no tan corta.	https://info.flipgrid.com/
PhET (University of Colorado Boulder)	Simulaciones interactivas de ciencias y matemáticas que se basan en la indagación del estudiante. Funcionan con HTML5.	Totalmente gratuitas. Código abierto. Acoplamiento con otras aplicaciones como NearPod. Tienen incluidas guías de referencia para el trabajo en asignaturas STEM. Tiene complemento para PowerPoint por lo que pueden funcionar <i>offline</i> Grupo multidisciplinario detrás de su realización y diversas investigaciones sobre su uso.	Requiere una guía o material de apoyo para el estudiante ya que puede explorar su uso, pero necesita apoyo para conectar su uso, sus resultados y los objetivos de aprendizaje deseados.	https://phet.colorado.edu/
EducaPlay	Plataforma para creación de actividades multimedia apoyada con la metodología de aprendizaje basado en juegos (ABJ).	Variadas actividades como crucigramas, sopas de letras, pasapalabras, videotutoriales, entre otros. Sencillo e intuitivo. Acepta imágenes y archivos de audio. No requiere instalar <i>software</i> . Puede crear tiquetes de entrada para estudiantes sin necesidad de crear cuenta para ellos.	Algunas actividades requieren uso de dispositivos externos para interactuar, como micrófono y parlantes. Sensibles a errores de escritura del estudiante. Algunas actividades son limitadas para su uso sin licencia comercial. Para agregar a sistemas de gestión de aprendizajes (LMS en inglés) requiere licencia comercial.	https://es.educaplay.com/



¿Hay versión gratuita?	¿Hay app para celular?	Ejemplo de actividades TAC	Tipo de interacción	Nivel de pensamiento
Sí	Sí	<p>Enviar video con las respuestas de una posición del docente o compañeros sobre un tema en específico.</p> <p>Vender una idea de por qué su propuesta es la más adecuada para un diseño en particular. Solicitar que agregen sugerencias de trabajo o que evalúen una idea expuesta.</p>	Sinérgica	Recordar-comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.
Sí	Sí	<p>Crear una práctica de laboratorio virtual sobre algunos de los temas para reforzar un tema visto o generar expectativas antes de las clases (FlippedClassroom).</p>	Sinérgica	Recordar-comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear
Sí	No	<p>Un crucigrama con conceptos o fundamentos, que tenga la oportunidad de dar pistas de letras y esté cronometrizado, para generar conexiones mentales de las posibles respuestas. Se puede asignar como material de estudio.</p>	Directiva	Recordar-comprender, aplicar y analizar.



Herramienta TIC	Características	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Página web
Edpuzzle	Herramienta que permite editar videos y agregarles preguntas, cuestionarios y notas de voz, además de crear videoquices. Excelente herramienta para aplicar metodología <i>Flipped Classroom</i> . Se puede adaptar a modalidad sincrónica o asincrónica.	Puede tomar video propios o de las plataformas YouTube o Charlas TED. Es posible limitar el tiempo para realizar preguntas. Brinda estadísticas de tiempo utilizado para ver videos, si los revisaron de nuevo los videos y los resultados de las preguntas. Sincronización con Google Classroom. Aplicación gratuita. Ofrece certificaciones en la herramienta. Permite agregar comentarios en forma de retroalimentación durante las actividades asignadas.	Requiere acceso a internet de parte de los estudiantes. Se recomienda videos de máximo 5 minutos para mantener la concentración en las actividades.	https://edpuzzle.com/
Padlet	Plataforma digital para crear murales colaborativos, tanto de forma sincrónica como asincrónica.	Fácil acceso y uso. Permite descargar los muros en formato PDF. Tiene control de tipo de permisos y control de privacidad. Permite subir material multimedia.	La versión gratuita solo permite crear hasta cinco murales, pero se pueden reciclar o renovar. Requiere acceso a cámara y micrófono para subir material multimedia.	https://padlet.com/
Genially	Plataforma digital para crear contenido interactivo; permite adicionar otras aplicaciones basadas en lenguaje HTML5. AL final se obtiene material tan versátil como una página web.	Flexible e interactivo. Constante renovación y actualización por parte del equipo de trabajo. Adaptable a las necesidades o metodologías activas. Gran número de plantillas disponibles en la versión gratuita.	Si no tiene licencia versión Pro, hay limitaciones de plantillas, herramientas y adquisición de datos de los resultados de los estudiantes. Además, no tendría la opción de descargar las actividades <i>offline</i> .	https://www.genial.ly/



¿Hay versión gratuita?	¿Hay app para celular?	Ejemplo de actividades TAC	Tipo de interacción	Nivel de pensamiento
Sí	Sí	Video de un tema de interés para el curso, con diversas preguntas que abarquen todos los niveles de tipo de pensamiento que se desea promover.	Dialéctica	Recordar-comprender, aplicar, análisis, evaluar y crear.
Sí	Sí	Se solicita a los estudiantes que suban al muro colaborativo fotografías de los diseños realizados a mano, posteriormente se les pide que adicionen comentarios a sus compañeros (coevaluación) y, por último, se pueden escoger los mejores diseños y llegar al consenso del diseño final.	Sinérgica	Recordar-comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.
Sí	No	Creación de una tabla periódica interactiva en la que, dependiendo del elemento químico seleccionado, se active un video, una actividad o un reto. Posteriormente, puede crear una sala de EscapeRoom para ludificar la evaluación de los conceptos trabajados. Y por último, sincronizar una evaluación sumativa en Google form.	Dependiendo del diseño, puedo llegar a tener una interacción sinérgica.	Recordar-comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear.



Herramienta TIC	Características	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Página web
Google form	Herramienta del <i>Google Workspace</i> para realizar encuestas y entregar resultados de forma gráfica tabulados en hoja de cálculo de Excel y fácil análisis.	<p>Permite crear diferentes tipos de preguntas.</p> <p>Es posible subir archivos y material multimedia como forma de respuesta.</p> <p>Puede restringir el acceso si no se tiene cuenta institucional (caso licencia institucional).</p> <p>Permite generar retroalimentación con videos de las preguntas.</p> <p>Dependiendo de las preguntas, permite entregar un resultado de actividades en tiempo real.</p> <p>Tiene opción de agregar complementos para control de tiempo en las preguntas.</p> <p>Se pueden hacer actividades tanto sincrónicas como asincrónicas.</p>	<p>Algunos servicios requieren cuenta institucional.</p> <p>No permite vigilar en tiempo real el avance de cada estudiante hasta que no termine y envíe la prueba.</p> <p>Se requiere acceso a internet para su uso.</p> <p>Requiere una cuenta institucional que permita subir archivos de gran peso.</p>	https://docs.google.com/forms
Telegram	Dialéctica	<p>Mayor privacidad para el docente, ya que no tiene que dar número de celular.</p> <p>Puede tener la versión para computador sin haberla descargado en el celular.</p> <p>Puede enviar documentos de mayor peso en comparación con otras aplicaciones similares.</p> <p>Permite enviar material multimedia de mayor peso, conservando la calidad del mismo, en comparación con aplicaciones similares.</p> <p>Permite hacer encuestas dentro de los grupos de trabajos.</p> <p>Puede hacer actividades tipo quiz.</p> <p>Puede fijar mensajes, resaltar ideas o información de interés.</p> <p>Puede borrar mensajes para todo los miembros del grupo sin importar la fecha en que hayan sido enviados.</p> <p>Se puede limitar algunas acciones en el grupo para mejorar la comunicación de tipo académico. Ejemplo: bloquear el envío de memes.</p>	<p>Requiere acceso a internet.</p> <p>No se encuentra en la lista de aplicaciones incluida en los paquetes de datos.</p>	https://web.telegram.org



¿Hay versión gratuita?	¿Hay app para celular?	Ejemplo de actividades TAC	Tipo de interacción	Nivel de pensamiento
Sí	No	Crear un banco de preguntas sobre actividades realizadas. Crear una evaluación sumativa con el enunciado al inicio, en forma de enlace a un archivo en PDF, con restricciones de acceso para ciertos usuarios (conociendo las direcciones electrónicas) y solicitando que suba sus evidencias de los procedimientos seguidos y diseños finales obtenidos. Pueden subir archivos o documentos específicos o una carpeta comprimida con todas las evidencias.	Dialéctica	Recordar-comprender, aplicar y analizar.
Sí	Sí	Enviar un video sobre una temática establecida antes de la clase, luego realizar una encuesta acerca del tema visto y, finalmente, activar la opción de un bot para responder las preguntas más frecuentes.	Dialéctica	Recordar-comprender, aplicar y analizar.



Herramienta TIC	Características	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Página web
Co-rubrics	Complemento para hojas de cálculo de Google para la evaluación apoyada por rúbricas. Este complemento toma la información tabulada en las hojas de cálculo, genera los formularios de preguntas tomando como base la rúbrica y envía la información a los estudiantes. Todos los miembros de la clase, docentes y estudiantes, pueden realizar la evaluación y generar la información de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación. Al final se puede acceder a un reporte en documentos de Google sobre los resultados obtenidos.	Fácil acceso y uso. Rápido análisis de resultados obtenidos. Buen insumo para acciones de mejora. Adaptable a diferentes tipos de actividades basadas en el uso de rúbricas.	Requiere acceso a internet.	https://corubrics-es.tecnocentres.org/

Fuente: El autor.

Tabla 3. Rúbrica del SO5: Capacidad para funcionar efectivamente en un equipo cuyos miembros, juntos, proporcionan liderazgo, crean un ambiente colaborativo e incluyente, establecen metas, planean tareas y logran objetivos

Rúbrica SO5	Muy deficiente	Deficiente
Contribución al trabajo que debe hacer el equipo	No demuestra compromiso. No asiste a las reuniones, o llega tarde, y no se prepara. No ayuda a los compañeros. Abandona el trabajo si este se vuelve difícil.	Demuestra un compromiso parcial. A veces falta a las reuniones o no se prepara. A veces no ayuda a sus compañeros. Abandona el trabajo si este resulta difícil.
Interacción con los compañeros de equipo	No comparte información, se queja, pone excusas o está a la defensiva. No acepta ayuda o consejo de sus compañeros.	Comparte poca información con los compañeros. Pocas veces es percibido como parte del equipo. Pocas veces atiende las recomendaciones de sus compañeros.
Mantener al equipo cumpliendo el plan de trabajo	No le interesa saber si las metas se están cumpliendo, ni el progreso de sus compañeros. Evita discutir problemas del equipo aun cuando sean obvios.	A veces se interesa en el cumplimiento de las metas propuestas, pero rara vez conoce el progreso de sus compañeros. Pocas veces discute acerca de los problemas del equipo.



¿Hay versión gratuita?	¿Hay app para celular?	Ejemplo de actividades TAC	Tipo de interacción	Nivel de pensamiento
Sí	No	<p>Generación de una rúbrica para evaluar la capacidad de comunicar efectivamente en un rango amplio de audiencia los resultados de un proyecto final. Tomar los datos de las evaluaciones y aportar recomendaciones y acciones de mejora al estudiante/grupo que presentó el proyecto.</p> <p>También puede generar la evaluación en diferentes momentos de la clase para ver la evolución del desempeño.</p>	Dialéctica	Evaluar

Bueno	Muy bueno
Demuestra compromiso y completa sus tareas a tiempo. Ayuda a aquellos compañeros que tengan dificultad cuando esto es fácil o importante.	Hace contribuciones importantes al trabajo que debe hacer el equipo y ayuda a los compañeros que tienen dificultad en completar su parte.
Escucha a sus compañeros y comparte información con ellos. Participa de lleno en actividades del equipo, respeta y responde a las recomendaciones de los compañeros.	Anima a sus compañeros a intercambiar ideas. Les solicita recomendaciones y usa estas sugerencias para mejorar su trabajo.
Sabe lo que cada cual debe estar haciendo y es capaz de percibir dificultades. Alerta o sugiere a los compañeros si el éxito del equipo se ve amenazado.	Está pendiente del progreso del equipo y de cada compañero, vigilando condiciones que amenacen el desempeño. Les hace a sus compañeros recomendaciones oportunas y pertinentes que aseguren el avance deseado.



Referencias

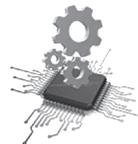
- [1] Marioni, G., Van't Land, H. .and Jensen, T., *The Impact of Covid-19 on Higher Education around the World*. 2020.
- [2] Unesco, Education: From disruption to recovery, 2021. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>.
- [3] Asgari, S., Trajkovic, J., Rahmani, M., Zhang, W., Lo, R. C., and Sciortino, A., An observational study of engineering online education during the COVID-19 pandemic, *PLoS One*, 16(4), pp. 1-17, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0250041.
- [4] Cabero-Almenara, J. and Guillén-Gámez, F. D., Classification models in the digital competence of higher education teachers based on the DigCompEdu Framework: logistic regression and segment tree classification models in the digital competence of higher education teachers based on the DigCompEdu Fram, Jan. 2021. DOI: 10.20368/1971-8829/1135472.
- [5] Intef, Marco común de competencias digitales docente, 2017.
- [6] Velasco R., M. Á. Las TAC y los recursos para generar aprendizaje, *Infancia, Educación y Aprendizaje*, 3(2), pp. 771-777, 2017.
- [7] Román-Belmontes, E. G., Huérfanos digitales: atención educativa en tiempos de virtualidad emergente, 2020.
- [8] García-Peñalvo, F. J., Corell, A., Abella-García, V. and Grande, M., Online assessment in Higher Education in the time of COVID-19 = La evaluación *online* en la educación superior en tiempos de la COVID-19, 21, pp. 1-26, 2020.
- [9] Shieh, J.-J. and Cefai, C., Assessment of learning and teaching in Higher Education: a case analysis of a University in the South of Europe, 2017.
- [10] García-Jiménez, E., La evaluación del aprendizaje: de la retroalimentación a la autorregulación. El papel de las tecnologías, *RELI. - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 21(2), pp. 1-24, 2015. DOI: 10.7203/relieve.21.2.7546.



- [11] Rodríguez Conde, M. J., Aplicación de las TIC a la evaluación de alumnos universitarios. Introducción 1. Conceptos previos: Evaluación de aprendizajes desde una perspectiva formativa y sumativa, *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 6(2), 2005, [Online].
- [12] Obrador, P., Experta y Simce: no hay aprendizaje sin evaluación, pero no cualquier evaluación es buena, *BiobioChile*, 2016. <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/educacion/2016/06/08/experta-y-simce-no-hay-aprendizaje-sin-evaluacion-pero-no-cualquier-evaluacion-es-buena.shtml>.
- [13] Ryan, S., Bernard, S., Freeman, H. and Patel, D. *The Virtual University-The Internet and Resource-Based Learning*, (1.^a ed.). London: Routledge, 2000.
- [14] Morgan, C. and O'Reilly, M.. *Assessing Open and Distance Learners*. Routledge, 2002.
- [15] Díaz Alonso, O., Autoevaluación y coevaluación en la práctica . Una forma diferente de entender el proceso evaluativo, 2018. [Online]. http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/7076/TFM_DIAZ_ALONSO_ONOFRE.pdf?sequence=1<https://www.uco.es/servicios/ucopress/ojs/index.php/ripadoc/article/view/12002>.
- [16] Beauchamp, G. and Kennewell, S., Interactivity in the classroom and its impact on learning, *Comput. Educ.*, 54(3), pp. 759-766, 2010. DOI: 10.1016/j.compedu.2009.09.033.
- [17] Lozano, R., De las TIC a las TAC: tecnologías del aprendizaje y del conocimiento, *Anu. ThinkEPI*, 5(0), pp. 45-47, 2011.
- [18] Santana Sardi, G. A., Castro Coello, R. L., Gutiérrez Santana, J. A., Briones Palacios, Y. M. and Mawyin Cevallos, F. A., Criterios sobre las tecnologías del aprendizaje y conocimiento (TAC) en tiempo de pandemia COVID-19, *South Florida J. Dev.*, 2(2), pp. 1809-1821, 2021. DOI: 10.46932/sfjdv2n2-053.
- [19] Anderson, L. and Krathwohl, D. (eds.), *A taxonomy for learning, teaching, and AA taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged*. New York: Longman, 2001.



- [20] Churches, A., *Taxonomía de Bloom para la era digital*, Eduteka ICESI, 2020. <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomDigital>.
- [21] Heer, R. *Revised Bloom's Taxonomy*, Iowa State University Center of Excellence in Teaching, 2009. <https://www.celt.iastate.edu/teaching/effective-teaching-practices/revised-blooms-taxonomy/> (accessed Jul. 02, 2021).
- [22] Carrington, A., *The Padagogy Wheel ... it's a Bloomin' better way to teach*, *Designing Outcomes*, 2015. <https://designingoutcomes.com/the-padagogy-wheel-its-a-bloomin-better-way-to-teach/sed>.
- [23] ABET, *Criteria for accrediting Engineering Programs*, ABET Board of Delegates Engineering Area Delegation, 2018. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2019-2020/> (accessed Dec. 05, 2020).



Autor



Julián Yepes-Martínez.

Ingeniero químico y magíster en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Química de la Universidad del Valle. Actualmente es docente tiempo completo en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la misma universidad e investigador junior e integrante del grupo de investigación de Uso Racional de la Energía y Preservación del Medio Ambiente (Urema) con categoría A1 ante Minciencias.

Su área de desempeño son las aplicaciones de los termofluidos. También ha desarrollado actividades en conjunto con el Centro Para la Excelencia Docente (CEDU) de Uninorte, entre las que se destacan: transformación de curso, laboratorio pedagógico y participación de Comunidades de Aprendizaje Docente. En el año 2020 fue premiado en el Concurso de Innovación Pedagógica por la implementación de una estrategia de curso gamificado en la asignatura de Termodinámica.

Aprendizaje activo, aula invertida y buenas prácticas de *assessment* en un curso de doctorado en ingeniería

Rafael E. Vásquez

Escuela de Ingenierías - Facultad de
Ingeniería Mecánica
Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia
rafael.vasquez@upb.edu.co

César Nieto-Londoño

Escuela de Ingenierías - Facultad de
Ingeniería Aeronáutica
Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia
cesar.nieto@upb.edu.co

Fabio Castrillón

Escuela de Ingenierías - Facultad de
Ingeniería Química
Universidad Pontificia Bolivariana
Medellín, Colombia
fabio.castrillon@upb.edu.co

Santiago Rúa

Departamento de Ingeniería Electrónica
y de Telecomunicaciones
Universidad de Medellín
Medellín, Colombia
srua@udem.edu.co

Resumen— Este trabajo muestra el uso de aprendizaje activo, aula invertida y buenas prácticas de *assessment* dentro del programa de Doctorado en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. Se describe el modelo pedagógico de la universidad, el cual está centrado en el estudiante y privilegia los procesos de aprendizaje, y se muestra la descripción del currículo del doctorado basado en dicho modelo. Para evidenciar la inclusión de aprendizaje activo en el doctorado, se describe el curso de Estimación Óptima, el cual se desarrolla con



la metodología de aula invertida, y se basa en una experiencia de aprendizaje mediante la experimentación en un sistema de tanques multipropósito construido en la universidad con fines académicos e investigativos. La naturaleza del curso y sus experiencias de aprendizaje permiten realizar un proceso de assessment en el curso que evidencian la construcción de conocimiento y las habilidades generales, como el pensamiento crítico y la comunicación, fundamentales hoy en día para los egresados de un programa doctoral.

Palabras claves— aprendizaje activo, aula invertida, formación doctoral, assessment, educación en ingeniería

Abstract— This work addresses the use of active learning, flipped classroom and good assessment practices within the Engineering Doctorate program at the Universidad Pontificia Bolivariana. We first describe the Integrated Pedagogical Model of the University that considers the student as the center of the process and favors active learning activities. Then, the description of the doctoral curriculum based on such model is shown. To demonstrate the inclusion of active learning in the Doctorate, the Optimal Estimation course, developed with the flipped classroom methodology, and based on a learning experience through experimentation in a multipurpose tank system built at the University for academic and research purposes, is described. The nature of the course and its learning experiences allow an assessment process to be carried out at the course level that show the construction of both knowledge and general skills, such as critical thinking and communication, which nowadays are fundamental today for graduates of a doctoral program.

Keywords— active learning, flipped classroom, doctoral education, assessment, engineering education.

I. Introducción

La educación en ingeniería ha experimentado cambios notables en los últimos 30 años gracias a necesidades del entorno y modelos de acreditación como el de ABET, que ha sido utilizado exitosamente para promover procesos de *assessment*, especialmente en programas de



pregrado [1]. Este no ha sido más común para programas de posgrado, que hoy en día tienen necesidades específicas de formación, orientadas por las demandas y posibilidades de la carrera profesional [2], y que por su naturaleza tienen grupos más pequeños y con orientación de formación más personalizada. Sin embargo, múltiples esfuerzos se han dirigido a modernizar la educación en ingeniería, y se espera que los estudiantes aprendan a través de metodologías que se basen en aprendizaje activo, aprendizaje basado en problemas, ejercicios de diseño, experiencias de laboratorio, entre otras [3], que permitan, adicionalmente, el entrenamiento en habilidades genéricas: comunicación, trabajo en equipo, pensamiento crítico, etc. Karabulut-Ilgu et al. [4] realizaron una investigación cualitativa/cuantitativa a través de una revisión de trabajos publicados entre 2000 y 2015 sobre el uso de aula invertida para educación en ingeniería, que muestra un claro interés por el uso de este tipo de metodologías, pero evidenciaron la necesidad de estudiar más a fondo el fenómeno en lo que a procesos de *assessment* y evaluación se refiere. Este tipo de trabajos es más limitado cuando se trata de la formación en el nivel de doctorado, la cual hoy en día tiene más exigencias desde el futuro desempeño profesional de los graduados, sobre todo en economías emergentes en las que las universidades tienen un papel protagónico en el desarrollo económico y social [5]. Hoy en día es posible encontrar experiencias muy interesantes en diseño curricular, como la de Cropley [6], quien usa el *Quality Function Deployment* (QFD), técnica usada en diseño de productos que permite relacionar cualitativamente las expectativas de los *stakeholders* y las características de ingeniería del producto, lo cual se puede utilizar para realizar mapeos entre objetivos educacionales de programas y resultados de aprendizaje en el modelo ABET, por ejemplo.

A escala mundial se han realizado diversos esfuerzos de transformación curricular eb posgrado. Noguchi [7] llevó a cabo un estudio sobre las necesidades prácticas de la profesión de la ingeniería en Japón, en el que participaron la industria, las asociaciones profesionales y la academia. En Colombia, Vásquez et al. [8] realizaron el desarrollo de un planta industrial a escala de laboratorio para usarla en actividades para el aprendizaje de control de procesos, en pregrado y posgrado, que a su vez permite realizar investigación y entrenamiento industrial con base en el nuevo modelo pedagógico de la universidad, el cual se centra en el estudiante. Feig [11] evidenció la importancia de este tipo de aportes para la educación de posgrado, mostrando, por ejemplo, que en Estados Unidos la mayoría de



graduados de programas de doctorado no siguen una carrera académica, sino dentro de la industria, generan nuevas empresas, y son contratados para trabajos en el Gobierno y en organizaciones sin ánimo de lucro, lo que requiere pensadores críticos, en general. Es posible encontrar varios trabajos de los últimos cinco años que evidencian cómo está cambiando la formación doctoral y sus procesos desde la perspectiva de modelos muy conocidos como CDIO [12], en continentes como Europa [13], y en países como Rusia [14], Australia [15] y China [16], entre otros.

Si bien se han evidenciado buenas prácticas de *assessment*, como las publicadas por ACOFI [17] para programas de pregrado, es esencial evidenciar algunas dinámicas que han enmarcado procesos de este tipo para la formación doctoral. Tucker y Uline [18] realizaron un estudio en Estados Unidos sobre actividades de *assessment* realizadas en relación con la admisión, la adquisición de conocimiento y la finalización en programas de doctorado (Ed.D. y Ph.D.). Zhou y Okahana [19] realizaron un estudio en más de 5000 programas de doctorado en 212 universidades de Estados Unidos sobre la importancia del apoyo de los departamentos para que los estudiantes completen su programa de formación doctoral, el cual incluyó el apoyo tanto económico como académico. Kumar y Stracke [20] estudiaron reportes de evaluación de la tesis de dos programas doctorales en Australia y Malasia, y mostraron cómo se puede realizar un *assessment* de la disertación que le permita al candidato aprender y no solo ser evaluado. Verderame et al. [21] evidenciaron la importancia del *assessment* basado en el desarrollo de competencias para la educación doctoral, dado que el proceso tradicional no provee un estándar para evaluar el conocimiento, las habilidades y las actitudes del estudiante doctoral. Ortega y Kent [22] propusieron realizar una ingeniería inversa para programas doctorales, de forma que el currículo se pueda retroalimentar desde las necesidades de las carreras de los futuros doctores, y evidenciaron que cada día hay más tendencia a usar modelos basados en resultados de aprendizaje para este tipo de programas. Passaretta et al. [23] realizaron un estudio sobre la carrera de los graduados de programas de doctorado en Italia con cinco años de egreso, y resaltaron cómo las reformas educativas y las necesidades del mercado han ido cambiando las expectativas de corto y mediano plazo. Krumsvik et al. [24] reportaron el uso de aula invertida, evaluación formativa y educación remota para un curso de escritura científica en programas de doctorado en Noruega, con resultados positivos para el proceso de aprendizaje. Sletto et al. [25] presentaron la experiencia de



un curso de escritura científica en la Universidad de Texas, en Austin, pensado para desmitificar las dificultades de la escritura y publicación técnica y científica, incluyendo desde el diseño del curso a partir de los resultados de aprendizaje y sus estrategias de *assessment*.

Este trabajo muestra el uso de aprendizaje activo, aula invertida y buenas prácticas de *assessment* en el curso de Estimación Óptima dentro del Doctorado en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). La Sección II contiene la descripción del modelo pedagógico de la UPB. Luego se muestra cómo está conformado el programa de Doctorado en Ingeniería en las secciones III y IV. La Sección V contiene prácticas didácticas y de *assessment* en los cursos para programas de doctorado. Finalmente, la Sección VI resume los resultados de aprendizaje, las experiencias y la evaluación del curso de Estimación Óptima, y la Sección VII contiene las conclusiones.

II. Modelo Pedagógico UPB

El modelo pedagógico integrado de la Universidad Pontificia Bolivariana [27] está centrado en el aprendizaje y tiene al estudiante como actor principal del proceso educativo y al profesor como mediador. Este modelo tiene los siguientes componentes:

- Las intencionalidades formativas
- La opción curricular
- Las concepciones de profesor y estudiante
- Las concepciones de enseñanza, aprendizaje y didáctica
- La concepción de evaluación

En el año 2010 se establecieron lineamientos para la transformación curricular de todos los programas de la universidad, a partir de la definición de capacidades humanas y competencias basadas en los perfiles de egreso. Para desarrollar los objetivos educativos deseados de cada programa, la UPB organizó todos los planes de estudio de posgrado de la universidad en tres ciclos educativos:

- Ciclo Básico de Formación Humanista
- Ciclo Disciplinar
- Ciclo de Investigación



III. Doctorado en Ingeniería de la UPB

El Doctorado en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana forma para la intervención, resolución de problemas, generación de proyectos e investigación del entorno social, los diferentes sectores de la sociedad y la industria. Este programa se caracteriza por la consolidación de los grupos de investigación que lo respaldan y en las líneas de investigación declaradas por ellos. Esto permite la formación de profesionales de la ingeniería capacitados para prestar servicios al país, a las universidades y centros de investigación y a las industrias en un campo muy amplio. La industria y, en general, la comunidad, se benefician en los aspectos social y económico con los profesionales egresados en estas disciplinas por su capacidad de producir bienes de forma limpia y eficiente.

Esta formación complementa las capacidades y habilidades personales, la vocación y la experiencia tendiente a mejorar su desempeño en procesos de dirección en áreas de producción, calidad, investigación, innovación y desarrollo de las áreas técnicas en las empresas, además de la proposición, planeación, ejecución y dirección o coordinación de procesos de desarrollo e investigación, y la docencia y la investigación en instituciones de educación superior que trabajen en áreas y temas afines a la ingeniería.

El Doctorado en Ingeniería de la UPB tiene como objeto la construcción de conocimientos y habilidades fundamentales en áreas medulares de la ingeniería. Esto le permite al egresado del programa desempeñarse en diversos campos científicos y tecnológicos con la flexibilidad e idoneidad que el sistema de innovación, investigación y desarrollo colombiano requiere. De igual forma, brinda la formación de competencias orientadas a conocer y utilizar un conjunto básico de herramientas de ingeniería y gestión tendientes a desarrollar habilidades para abordar, entender y aplicar nuevas herramientas de acuerdo con las necesidades específicas de su ejercicio investigativo y científico.

Finalmente, la interdisciplinariedad en el Doctorado en Ingeniería comprende el trabajo conjunto y articulado entre ingenieros de diversas disciplinas, vinculados a los grupos de investigación, con ingenieros o investigadores de otras áreas del conocimiento. La interdisciplinariedad en el Doctorado en Ingeniería se propicia por medio de tres mecanismos: la integración de cursos de otras disciplinas dentro de la estructura curricular; la integración de profesionales, tanto estudiantes como profesores, para



análisis de casos; y la propuesta de trabajos interdisciplinarios que impulsan los grupos de investigación que fundamentan las tesis de los estudiantes del programa.

IV. Currículo Doctorado en Ingeniería

El currículo y los planes de estudio de los programas académicos de la UPB tienen como contexto el modelo pedagógico descrito, que busca la formación integral de su comunidad universitaria en sus cuatro dimensiones: cristiana, humana, social y académica. La estructura de la propuesta del programa de Doctorado en Ingeniería acoge los lineamientos que establece la UPB para los programas de posgrado, sustentados en tres ciclos de formación.

Los ciclos son una estructura curricular de visión amplia que establece vínculos entre los objetos de formación humana y científica, de un nivel de generalidad alto que delimita las capacidades humanas que se busca construir con los estudiantes en el proceso de la formación.

A. Ciclo Básico de Formación Humanista (CBFH)

El CBFH imparte los principios y valores reconocidos por la UPB en su misión y visión. Este ciclo tiene como horizonte formativo al humanismo cristiano, a través del cual se logran los propósitos de identidad, incorporación, difusión y apropiación del espíritu que anima el proyecto educativo institucional (PEI). Este ciclo consta de seis (6) créditos distribuidos en tres (3) cursos electivos, uno de ellos en ética y los otros dos que se pueden escoger de la amplia oferta que tiene la UPB para este ciclo, incluso en modalidad virtual.

B. Ciclo Disciplinar (CD)

El CD en el Doctorado en Ingeniería consta de veinticuatro (24) créditos, distribuidos en ocho (8) cursos. En la actualidad, existe una oferta de más 90 cursos que se programan semestre a semestre y, en caso de ser necesario, se imparten de modo dirigido en función del plan de formación y necesidad específica de cada estudiante.

La tabla 1 contiene un ejemplo de las competencias definidas para el ciclo disciplinar del programa de Doctorado en Ingeniería de la UPB.



Competencias CD Doctorado en Ingeniería de la UPB

Competencias

Identifica, plantea y resuelve problemas en el contexto de la ingeniería a través de las matemáticas, la estadística, las ciencias exactas y la simulación computacional.

Diseña, analiza y evalúa opciones de solución para problemas de ingeniería, a partir de consideraciones técnicas, económicas, ambientales, sociales, políticas y éticas, para el desarrollo sostenible de la sociedad.

Aplica estrategias para generar, analizar e interpretar datos o información, y establece mecanismos apropiados para la comunicación de resultados hacia un rango amplio de usuarios.

Investiga, planea, gestiona y ejecuta proyectos de investigación básica y aplicada con miras a producir conocimiento en las líneas de investigación, teniendo en cuenta la calidad ética y humana dignas de un profesional bolivariano.

Lidera y participa en grupos de trabajo sinérgicos, multidisciplinarios y con diferentes niveles de formación.

Comprende la importancia del conocimiento de la persona como ser social que participa en procesos de concepción, diseño e implementación de soluciones tecnológicas y su responsabilidad ética y personal como parte de ellos.

Utiliza las TIC y las herramientas tecnológicas de manera ética para buscar y procesar información, y trabajar en redes en la solución de problemas de ingeniería.

C. Ciclo de Investigación (CI)

El CI busca desarrollar la cultura de investigación e innovación en los estudiantes, a través del pensamiento crítico y el trabajo autónomo. Se estructura en dos momentos. Primero, la formación investigativa, que busca el desarrollo capacidades humanas en y para la investigación, de acuerdo con los propósitos y alcances del programa; incluye cursos específicos de formación en investigación y en desarrollo tecnológico e innovación. Segundo, el ejercicio investigativo, en el que el énfasis está en la resolución de problemas y la generación de nuevas comprensiones y metodologías, conocimiento científico y tecnológico; compete al desarrollo, elaboración y defensa de la propuesta y tesis de doctorado y la ejecución de la pasantía de investigación. En el programa se establecen 80 créditos para el ciclo de investigación, ocho de los cuales corresponden a la etapa de formación investigativa, distribuidos en cuatro cursos;



los 72 créditos restantes están orientados al ejercicio investigativo, correspondientes al desarrollo y formulación de la tesis (60 créditos) y pasantía de investigación (12 créditos).

Todos los estudiantes del doctorado se encuentran vinculados a alguno de los grupos de investigación de la Escuela de Ingenierías que respaldan el programa de doctorado. El sistema investigativo de la universidad y, en particular, de la Escuela de Ingenierías, alcanzó un desarrollo y posicionamiento significativo que se ha consolidado a través de los años y se refleja en la actualidad a través del crecimiento en número y calidad de los diversos grupos de investigación que apoyan y fundamentan las actividades académicas e investigativas, tanto de la Escuela de Ingenierías como del Doctorado en Ingeniería. Estos grupos de investigación poseen una extensa producción científica en temas afines a las áreas de investigación del doctorado, tales como artículos publicados en revistas indexadas internacionales, libros nacionales e internacionales, prototipos y patentes, entre otros. La producción científica de los grupos, el desarrollo de proyectos de investigación y extensión, la participación de estudiantes del programa en estos mismos procesos, le han permitido al programa tener un mayor impacto en los sectores académico e industrial, facilitando la incorporación más rápida y efectiva de los doctores formados al sistema de ciencia y tecnología nacional. Finalmente, el paso de proyectos aislados a un programa de investigación doctoral ha hecho que dichos proyectos tengan alto impacto, pertinencia y sostenibilidad en el tiempo.

V. Técnicas didácticas y assessment en los cursos

A. Metodologías en los cursos

La educación de posgrado en ingeniería ha tenido cambios relevantes durante la última década. Evidencia de lo anterior son los trabajos en los que se pone de manifiesto la necesidad de desarrollar habilidades más generales para el ejercicio profesional, las cuales son adquiridas a través de mayores experiencias teórico-prácticas que se pueden fortalecer a través de técnicas didácticas basadas en aprendizaje significativo [28].

Adicionalmente, el desarrollo de competencias propias de la formación doctoral de un modo autónomo y estratégico [27] puede favorecerse utilizando de manera eficaz la “meta estrategia” conocida como aula invertida, para lograr una mayor implicación del estudiante en su proceso



de aprendizaje, es decir, un aprendizaje para el dominio de lo que debe ser dominado [31].

B. Aula invertida

En la metodología de aula invertida, el profesor actúa como facilitador del proceso de aprendizaje, mientras que el estudiante se ubica en el centro de este, el aula pasa a ser un lugar activo y la instrucción incluye conceptos y aplicabilidad al contexto del alumno [31]. La instrucción directa se lleva a cabo fuera del aula, usando la tecnología digital, teniendo como guía un trayecto de actividades y combinando con una experiencia de aprendizaje activo en el aula; esta última se traslada a un laboratorio de investigación universitario o empresarial, planta piloto o ambiente de simulación que emula un proceso de interés.

C. Instrumentos de evaluación

El modelo pedagógico integrado de la UPB declara la necesidad de utilizar tanto la evaluación sumativa como la formativa para fines de seguimiento del proceso de formación de los estudiantes [27]. En el caso de los doctorados, la evaluación formativa es clave, pues permite ir afinando en tiempo real los niveles de competencia preestablecidos por la institución a lo largo del plan de estudios. Con respecto a la evaluación sumativa en los programas doctorales, esta se concentra principalmente en la recolección de evidencias relacionadas con la producción investigativa, principalmente artículos científicos, defensas de proyectos y disertaciones, lo anterior acompañado de listas de control, escalas de valoración y rúbricas, según el caso.

D. Assessment a nivel de doctorado

El *assessment* de los programas de doctorado en ingeniería representa un desafío para las instituciones de educación superior, dado el bajo número de estudiantes en comparación con su contraparte de pregrado y el mayor nivel de complejidad cognitiva asociada a las competencias esperadas [32]. Se concibe evaluación tanto sumativa como formativa, haciéndose especial énfasis en esta última, teniendo en cuenta la tutoría uno a uno típica de la formación doctoral y la consecuente relación generada entre el director de tesis y el doctorando [32].



Los programas de doctorado en la Universidad Pontificia Bolivariana concentran su proceso de *assessment* en las competencias asociadas con investigación y desarrollo de proyectos, estableciendo unos momentos de medición bien definidos a lo largo del plan de estudios y teniendo en cuenta el aporte de los cursos al logro de ellas. La tabla 2 muestra los cursos o experiencias de aprendizaje para el *assessment* de las competencias del ciclo de investigación con los créditos respectivos y el semestre aproximado.

Tabla 2. Experiencias de aprendizaje y evidencias para el *assessment* de competencias asociadas con el Ciclo de Investigación

Curso / experiencia aprendizaje	Créditos	Sem.	Evidencia
Curso de Investigación 1	2	II	- Documento con estado del arte y estructura de propuesta de investigación
Curso de Investigación 2	2	III-IV	- Documento con propuesta de artículo - Presentación oral ante docente de curso y pares
Curso de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación	2	III	- Documento con resultados de análisis de estudio de caso
Curso de Investigación 3	2	V-VII	- Documento con propuesta completa - Presentación oral ante docentes del programa
Pasantía de investigación	12	V-VIII	- Documento con reporte de la pasantía
Evaluación formativa de la propuesta de tesis	60	III-VII	- Presentación oral ante el Comité Tutorial
Propuesta doctoral		III-VII	-Documento con propuesta para evaluación de jurados (dos externos y uno interno)
Sustentación de propuesta doctoral		III-VII	- Presentación oral de la propuesta de tesis ante jurados (dos externos y uno interno)
Tesis doctoral		V-VIII	- Documento de tesis para evaluación de jurados (dos externos y uno interno)
Sustentación de tesis doctoral		V-VIII	- Presentación oral de la tesis ante jurados (dos externos y uno interno)

VI. Buena práctica en el curso Estimación Óptima

El curso de Estimación Óptima (tres créditos) forma parte de los cursos electivos del ciclo disciplinar que se ofrecen en el Doctorado en Ingeniería, y tiene como propósito de formación aplicar los conceptos de estimación



óptima para determinar el estado de un sistema dinámico utilizando diferentes tipos de observadores. Los contenidos del curso son: vectores y matrices, procesos estocásticos, realizaciones en espacio de estado, controlabilidad y observabilidad, observadores de estado (filtro de Kalman, filtro de Kalman extendido, observador de alta ganancia), consideraciones computacionales, y otros filtros (filtro adaptativo y filtro H_∞).

A. Relación de competencias y criterios de evaluación

El curso de Estimación Óptima tiene los siguientes resultados de aprendizaje:

- Utiliza los conceptos de procesos estocásticos para la solución de problemas de ingeniería que involucren variables aleatorias.
- Modela fenómenos físicos utilizando representación en espacio de estado.
- Diseña filtros óptimos lineales y no lineales para la estimación de variables de estado de un sistema.
- Implementa filtros y observadores de estado teniendo en cuenta el costo computacional y las consideraciones de la unidad de cómputo utilizada.
- Elabora mejoras en los algoritmos implementados utilizando técnicas de filtrado avanzado y estimación robusta.

Estos resultados de curso tributan a las siguientes competencias del programa:

- Diseña, analiza y evalúa opciones de solución para problemas de ingeniería, a partir de consideraciones técnicas, económicas, ambientales, sociales, políticas y éticas para el desarrollo sostenible de la sociedad.
- Aplica estrategias para generar, analizar e interpretar datos o información, y establece mecanismos apropiados para la comunicación de resultados hacia un rango amplio de usuarios.

B. Experiencias de aprendizaje

En los cursos del Doctorado en Ingeniería se realizan y comparten diferentes actividades y experiencias de aprendizaje. Particularmente, el curso de Estimación Óptima se basa en una experiencia de aprendizaje



activo mediante la experimentación en un sistema de tanques multipropósito construido en la universidad con fines académicos e investigativos (figura 1).

El objetivo con este sistema es que el estudiante construya estimadores de estado teniendo en cuenta variables de proceso e instrumentación comúnmente encontradas en la industria. Las tareas asignadas dentro del curso pueden resumirse así:

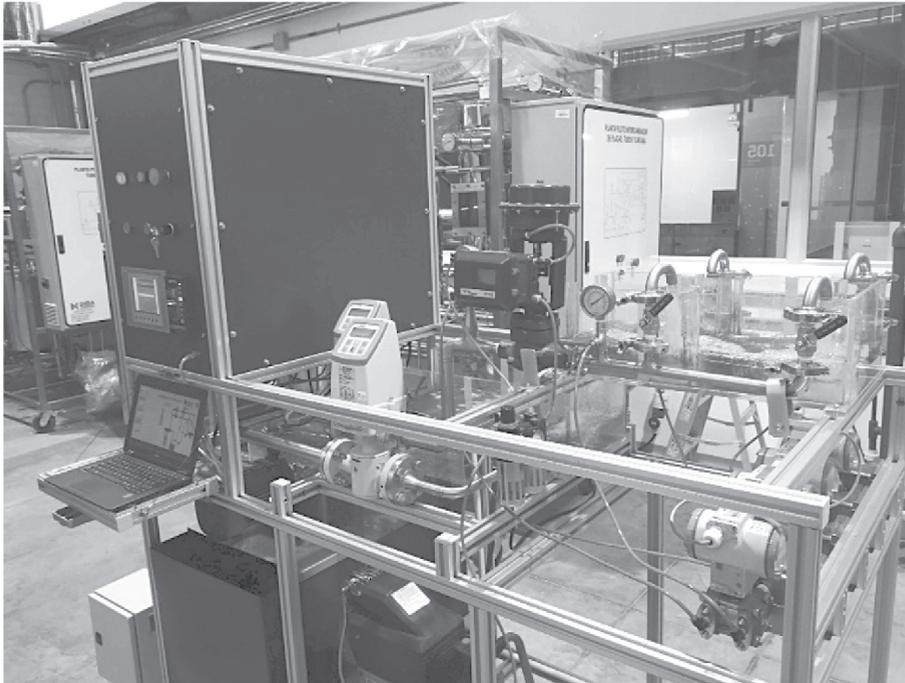


Figura 1. Sistema de tanques experimental.
Fuente: [10]

- El estudiante debe construir un modelo de espacio de estados de tercer orden basado en el sistema de tanques interactuantes superior y tanque en cascada inferior.
- El estudiante analiza la controlabilidad y observabilidad de dicho modelo, teniendo en cuenta los sensores y actuadores disponibles en el proceso.
- Diseña y simula diferentes observadores de estados tales como: filtro de Kalman, filtro extendido de Kalman, observador de alta ganancia, filtro de Kalman adaptativo, filtro de Kalman robusto y filtro H_{∞} .



- Compara y selecciona dos observadores de estado para la implementación en la planta real.

C. Evaluación de la experiencia

La evaluación sumativa del curso se evidencia mediante la escritura de un reporte que sigue lineamientos para la escritura de un artículo científico y el uso de una rúbrica de evaluación. Dicho reporte contiene elementos tales como:

- Una introducción en la que se indica la importancia y relevancia de la estimación óptima en un contexto de la industria. Incluye un resumen de las herramientas matemáticas utilizadas para entender el proceso de estimación (notación matemática, uso de vectores y matrices, entre otros).
- Descripción del modelo matemático del proceso. Esta descripción va acompañada de una comparación de la respuesta real de la planta versus el modelo propuesto para la misma como simulación.
- Simulación y comparación de los observadores propuestos para el proceso. Dichos observadores se seleccionan utilizando índices de desempeño.
- Implementación en planta real. Se muestran datos reales del comportamiento de los observadores seleccionados para su implementación.

Es importante entender que la evaluación de dicha experiencia involucra no solo al estudiante, sino al docente, al convertirse en una guía en el desarrollo de los retos propuestos dentro del curso. Con fines de evaluación formativa, en este curso se realizaron 18 sesiones de dos horas semanales, dentro de las cuales se incluyeron momentos para el seguimiento del proyecto y solución de dudas conceptuales; los resultados de estos encuentros fueron consignados por el estudiante. Debido a que la experiencia se trasladó a un escenario más activo por parte del estudiante, es esencial realizar en el futuro un mejor balance entre la teoría y la experimentación que realizan los estudiantes. Elementos más detallados de esta experiencia, orientados a la transformación curricular de cursos relacionados con la formación de posgrado en ingeniería de control de la UPB, pueden encontrarse en [10].



Un aspecto por destacar como consecuencia de la experiencia fue la publicación de un artículo en revista internacional indexada Q1 [32], cuyo encabezado se muestra en la figura 2.



Article

Observability Analysis and Observer Design for a Nonlinear Three-Tank System: Theory and Experiments

Santiago Rúa ^{1,2}, Rafael E. Vásquez ^{1,*}, Naveen Crasta ³ and Carlos A. Zuluaga ¹

¹ School of Engineering, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín 050031, Colombia; santiago.rua@unad.edu.co (S.R.); carlos.zuluaga@upb.edu.co (C.A.Z.)

² Grupo de Investigación en Desarrollo Tecnológico GIDESTEC, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Carrera 45 # 55-19, Medellín 050012, Colombia

³ Institute for Systems and Robotics, Instituto Superior Técnico, 1049-001 Lisbon, Portugal; naveen.crasta@gmail.com

* Correspondence: rafael.vasquez@upb.edu.co; Tel.: +57-4-4488388 (ext. 14165)

Received: 9 September 2020; Accepted: 19 October 2020; Published: 25 November 2020



Figura 2. Encabezado de artículo derivado de la experiencia del curso Estimación Óptima publicado en la revista Sensors [32]

VII. Conclusiones

Este trabajo mostró la incursión en el uso de aprendizaje activo, aula invertida y buenas prácticas de *assessment* en un curso del programa de Doctorado en Ingeniería de la Universidad Pontificia Bolivariana. El modelo pedagógico integrado de la UPB está centrado en el estudiante como actor principal del proceso de aprendizaje y promueve, precisamente, el uso de este tipo de experiencias de aprendizaje activo en las cuales el profesor actúa como mediador. La naturaleza del curso Estimación Óptima y sus experiencias de aprendizaje permitieron realizar un proceso no tradicional para la formación académica y el *assessment* en el nivel de curso en el programa de Doctorado en Ingeniería de la UPB. Se evidenció que, además de la construcción de conocimiento, se reforzaron habilidades generales como el pensamiento crítico y la comunicación, consideradas fundamentales hoy en día para la carrera de los egresados de un programa doctoral.



Referencias

- [1] Hoey, *Designing Better Engineering Education through Assessment*. Sterling, VA, USA: Stylus, ch. Tools and assessment methods specific to graduate education, pp. 149-167, 2008.
- [2] I. Leshner, Rethinking graduate education, *Science*, 349(6246), pp. 349-349, jul 2015. DOI: 10.1126/science.aac9592
- [3] P. C. Wankat and L. G. Bullard. The future of engineering education -Revisited, *Chemical Engineering Education*, 50(1), pp. 19-28, 2016.
- [4] A. Karabulut-Ilgu, N. J. Cherrez, and C. T. Jahren, A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education, *British Journal of Educational Technology*, 49(3), pp. 398-411, feb. 2017. DOI: 10.1111/bjet.12548.
- [5] Cherkezishvili, T. Sanikidze, and P. Gibbs, Modern challenges: the socio-political issues of introducing professional and practice in doctoral education in the emerging economy of georgia, *Quality in Higher Education*, 26(1), pp. 98-113, jan. 2020. DOI: 10.1080/13538322.2020.1728834.
- [6] D. H. Cropley, Applying quality function deployment to the design of engineering programmes: approaches, insights and benefits, *Australasian Journal of Engineering Education*, pp. 1-14, jun. 2020. DOI: 10.1080/22054952.2020.1776532.
- [7] H. Noguchi, Investigation of the goals of graduate engineering education, *Journal of Engineering Education Research*, 17(4), pp. 25-32, 2014. DOI: 10.18108/jeer.2014.17.4.25.
- [8] R. E. Vásquez, N. L. Posada, F. Castrillón, and D. Giraldo, Development of a laboratory equipment for dynamic systems and process control education, in *Proceedings of the ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress and Exposition IMECE2014*, 5, Montreal, Quebec, Canada, 2014, p. V005T05A005. DOI: 10.1115/IMECE2014-38924
- [9] R. E. Vásquez, N. L. Posada, and F. Castrillón, Development of a multipurpose experimental station for the teaching of process



control, *Formación Universitaria*, 8(5), pp. 25-34, 2015. DOI: 10.4067/S0718-50062015000500004

- [10] R. E. Vásquez, F. Castrillón, S. Rúa, N. L. Posada, and C. A. Zuluaga, Curriculum change for graduate-level control engineering education at the Universidad Pontificia Bolivariana, *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 9, pp. 306-311, 2019, DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.08.225.
- [11] A. L. Feig, L. Robinson, S. Yan, M. Byrd, and A. Mathur, Using longitudinal data on career outcomes to promote improvements and diversity in graduate education, *Change: The Magazine of Higher Learning*, 48(6), pp. 42-49, nov. 2016. DOI: 10.1080/00091383.2016.1247582
- [12] A. Chuchalin, Evolution of the CDIO approach: BEng, MSc, and Ph.D. level, *European Journal of Engineering Education*, 45(1), pp. 103-112, jan. 2018. DOI: 10.1080/03043797.2017.1422694.
- [13] A. Hasgall, B. Saenenand, L. Borrell-Damian, F. V. Deynze, M. Seeber, and J. Huisman, Survey: Doctoral education in europe today: approaches and institutional structures, *EUA Council for Doctoral Education (EUA-CDE)*, Ghent, Belgium, Tech. Rep., 2019.
- [14] N. Maloshonok, and E. T., Towards the new model of doctoral education: The experience of enhancing doctoral programs in Russian universities, *Voprosy Obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, 3, pp. 8-42, sep. 2019. DOI: 10.17323/1814-9545-2019-3-8-42.
- [15] H. Coates, G. Croucher, K. Moore, U. Weerakkody, M. Dollinger, I. Grosemans, E. Bexley, and P. Kelly, Contemporary perspectives on the Australian doctorate: framing insights to guide development, *Higher Education Research & Development*, 39(6), pp. 1122-1139, jan. 2020, DOI: 10.1080/07294360.2019.1706451.
- [16] Y. Xiao, Z. xiang Li, J. Chen, J. Wang, Z. xin Mo, Q. ming Qiu, S. Zhu, and S. yi Zhu, Keeping up with the pace of international doctoral education reform: China implements the application-assessment system, *Postgraduate Medical Journal*, in press, may 2021. DOI: 10.1136/postgradmedj-2021-140205.



- [17] ACOFI, Buenas prácticas de assessment en programas de ingeniería. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte, 2020.
- [18] P. D. Tucker and C. L. Uline, The role of candidate assessment within educational leadership doctoral programs, *International Journal of Educational Reform*, 24(3), pp. 248-265, 2015. DOI: 10.1177/105678791502400304.
- [19] E. Zhou and H. Okahana, The role of department supports on doctoral completion and time-to-degree, *Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice*, 20(4), pp. 511-529, dec. 2016. DOI: 10.1177/1521025116682036.
- [20] V. Kumar and E. Stracke, Reframing doctoral examination as teaching, *Innovations in Education and Teaching International*, 55(2), pp. 219-227, jan. 2017. DOI: 10.1080/14703297.2017.1285715.
- [21] M. F. Verderame, V. H. Freedman, L. M. Kozlowski, and W. T. McCormack, Competency-based assessment for the training of Ph.D. students and early-career scientists, *eLife*, 7, may. 2018. DOI: 10.7554/elife.34801.
- [22] S. T. Ortega and J. D. Kent, What is a Ph.D.? reverse-engineering our degree programs in the age of evidence-based change, *Change: The Magazine of Higher Learning*, 50(1), pp. 30-36, jan. 2018. DOI: 10.1080/00091383.2018.1413904.
- [23] G. Passaretta, P. Trivellato, and M. Triventi, Between academia and labour market|the occupational outcomes of Ph.D. graduates in a period of academic reforms and economic crisis, *Higher Education*, 77(3), pp. 541-559, jun. 2018. DOI: 10.1007/s10734-018-0288-4.
- [24] R. J. Krumsvik, L. Ø. Jones, K. Leer-Salvesen, K. L. Høydal, and F. M. Røkenes, Face-to-face and remote teaching in a doctoral education course, *Uniped*, 42(02), pp. 194-214, jun. 2019, DOI: 10.18261/issn.1893-8981-2019-02-07.
- [25] B. Sletto, K. Stiphany, J. F. Winslow, A. Roberts, M. Torrado, A. Reyes, A. Reyes, J. Yunda, C. Wirsching, K. Choi, and K. Tajchman, Demystifying academic writing in the doctoral program: Writing workshops, peerreviews, and scholarly identities, *Planning Practice & Research*, 35(3), pp. 349-362, apr. 2020. DOI: 10.1080/02697459.2020.1748331.



- [26] J. Hanson, W. Loose, and U. Reveles, A qualitative case study of all-but-dissertation students at risk for dissertation noncompletion: A new model for supporting candidates to doctoral completion, *Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice*, p. 152102512091071, mar 2020. DOI: 10.1177/1521025120910714.
- [27] UPB, Modelo Pedagógico Integrado, Universidad Ponticia Bolivariana, 2015. [Online]. <https://www.upb.edu.co/es/identidad-principios-historia/proyecto-institucional-modelo-pedagogico>.
- [28] D. Carroll, and M. Tani, Job search as a determinant of graduate over-education: evidence from Australia, *Education Economics*, 23(5), pp. 631-644, apr. 2014. DOI: 10.1080/09645292.2014.908164.
- [29] A.Wallin, P.Nokelainen, and S.Mikkonen, How experienced professionals develop their expertise in work-based higher education: a literature review, *Higher Education*, 77(2), pp. 359-378, feb. 2019. DOI: 10.1007/s10734-018-0279-55.
- [30] R.Felder, P.Kline, K. Harmening, D. Moore, and E.P.St. John, Professional development and moral reasoning in higher education graduate programs, *International Journal of Doctoral Studies*, 14, pp. 383-401, 2019. DOI: 10.28945/4274.
- [30] J. Tourón, D. Martín R, *Aprender y enseñar en la universidad de hoy*. Logroño, España: Universidad Internacional de La Rioja, 2019.
- [32] J. Spurlin, S. Rajala, and, J. Lavelle, *Designing Better Engineering Education Through Assessment*. Virginia, USA: Stylus Publishing, 2008.
- [33] S. Rúa, R. E. Vásquez, N. Crasta, and C. A. Zuluaga, Observability Analysis and Observer Design for a Nonlinear Three-Tank System: Theory and Experiments, *Sensors*, 20(23), p. 6738, nov. 2020. DOI: 10.3390/s20236738.

Assessment y rediseño curricular en el marco de la reacreditación de alta calidad

Walter Mendoza Borrero, UNAD, walter.mendoza@unad.edu.co; Alexandra Aparicio Rodríguez, UNAD, alexandra.aparicio@unad.edu.co, y Claudio Camilo González Clavijo, UNAD, claudio.gonzalez@unad.edu.co

Resumen—Este artículo presenta el proceso de rediseño curricular y del ciclo de **assessment**, en el marco de la reacreditación de alta calidad del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) de Colombia. El rediseño curricular se elaboró a partir de problemas y resultados de aprendizaje. La ruta de trabajo parte de referentes internacionales de agencias certificadoras como ABET, EUR-ACE, ARCU-SUR, de referentes nacionales, de lineamientos del Ministerio de Educación Nacional de Colombia y de las directrices institucionales. En la experiencia, se evidencia un proceso riguroso y sistemático que permitió la alineación curricular con todos los componentes del diseño, entre otros, la fundamentación teórica y epistemológica, los propósitos formativos, los perfiles de formación, las competencias, los núcleos problémicos, el núcleo integrador de problema, todos ellos articulados alrededor de los resultados de aprendizaje. El plan de trabajo se realizó mediante la organización de los actores en redes académicas (curricular y de curso) que posibilitaron la participación de sus integrantes. El diseño del ciclo de **assessment** permitió la articulación con los procesos de autoevaluación institucional y la coherencia con el diseño curricular, con lo cual se convirtió en una estrategia de mejoramiento continuo para el logro de altos estándares



de calidad. Como parte de las conclusiones del proceso, se puede afirmar que trabajar por resultados de aprendizaje implica llevar a cabo rediseños curriculares que afectan los niveles macro, meso y microcurricular y las diversas instancias de participación para toma de decisiones, que van desde el programa hasta la alta dirección.

Palabras claves. Assessment, calidad, rediseño curricular, resultados de aprendizaje.

I. Introducción

Realizar un proceso de reacreditación de alta calidad a partir de los lineamientos del Consejo Nacional de Acreditación de Colombia conlleva la toma de decisiones de diferente índole, académicas, administrativas, curriculares investigativas, logísticas y de apoyo, que involucran a todos los actores que son parte del proceso formativo: estudiantes, docentes, líderes o directivos académicos, empleadores, sector productivo y, por supuesto, la alta dirección de la institución en la cual se inscribe el programa. Para el Programa de Ingeniería de Sistemas de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, este proceso de reacreditación implicó no solo el cumplimiento de la normativa vigente presentada en el Decreto 1330 de 2019 [1], el Acuerdo 02 del Consejo Nacional de Educación Superior (CESU) [2] y la Resolución 21795 de 2020 [3], sino algunos de los lineamientos que en materia de acreditación y certificación internacional se tienen como referencia para los programas de ingeniería, entre ellos Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) [4], EUR-ACE European-Accredited Engineer [5] y ARCU-SUR [6]. A partir de esta nueva normativa que, entre otras, exige la formulación, verificación, seguimiento, evaluación y toma de decisiones alrededor de los resultados de aprendizaje, fue necesario pensar en un proceso de rediseño curricular, pues el programa en mención ya venía funcionando y contaba con registro calificado y acreditación de alta calidad vigentes en legislaciones educativas diferentes de las mencionadas. A continuación, se expone parte del proceso de rediseño curricular a partir de resultados de aprendizaje que se llevó a cabo para permitir la correcta articulación y coherencia de los elementos que conforman el nuevo diseño curricular del programa.



II. Algunos Referentes Para El Rediseño Curricular

Pensar en la articulación de resultados de aprendizaje para el Programa de Ingeniería de Sistemas implicaba ir más allá de hacer ajustes o agregados al plan de estudios; su mayor reto era dar inicio a un proceso de rediseño curricular que requería tener como referentes varios aspectos: la articulación con el Proyecto Académico Pedagógico Solidario y el modelo pedagógico unadista, la fundamentación teórica del programa, la concepción de currículo, los resultados de aprendizaje y las competencias, entre otros.

III. La articulación con el Proyecto Académico Pedagógico Solidario (PAPS)

El punto de partida institucional para cualquier proceso de diseño o rediseño curricular es el proyecto educativo institucional (PEI) que, en el caso de la UNAD, es el Proyecto Académico Pedagógico Solidario (PAPS) [7], el cual presenta una declaración explícita de su propósito de responder a los desafíos, demandas, problemas, cuestionamientos y oportunidades que la sociedad, desde diferentes ámbitos, le hacen a la universidad colombiana. El PAPS presenta su proyecto de nación y de persona que quiere formar, haciendo una apuesta interesante por los procesos de inclusión y reconocimiento de las múltiples realidades y comunidades existentes a lo largo del territorio nacional, lo que permite una educación de fácil acceso, con estándares de calidad, que llegue a todos los lugares del territorio colombiano donde no hay otras ofertas educativas, en pro de la formación de profesionales en sus lugares de residencia, y por ende, el desarrollo de las zonas marginadas. Para lo anterior, el PAPS articula seis componentes: Académico-cultural, Pedagógico-didáctico, Regional-comunitario, Tecnológico-contextual, Económico-productivo y Organizacional-administrativo. Todos ellos están dirigidos al logro de su misión de “contribuir a la educación para todos a través de la modalidad abierta, a distancia y en ambientes virtuales de aprendizaje, mediante la acción pedagógica, la proyección social, el desarrollo regional, la acción comunitaria, la inclusión, la solidaridad, la investigación, la internacionalización y la innovación en todas sus expresiones, con el uso intensivo de las tecnologías, en particular de la



información y las comunicaciones (TIC), para fomentar y acompañar el aprendizaje autónomo, significativo y colaborativo, generador de cultura y espíritu emprendedor que, en el marco de la sociedad global y del conocimiento, propicie el desarrollo económico, social y humano sostenible de las comunidades locales, regionales y globales con calidad, eficiencia equidad social” [8].

En coherencia con lo anterior, el rediseño curricular del Programa de Ingeniería de Sistemas debe contribuir a que sus estudiantes y egresados aporten al desarrollo de sus regiones y permitan la transferencia del conocimiento mediante el desarrollo de un espíritu crítico, sistémico, innovador y creativo que permita dar soluciones pertinentes y a tiempo, a las necesidades encontradas en las comunidades. De aquí surge un primer aspecto por tener en cuenta en el rediseño del programa: trabajar a partir de la identificación de problemas y oportunidades de solución.

IV. La articulación con el Modelo Pedagógico Unadista

El Modelo Pedagógico Unadista MPU [9] es el marco de referencia que orienta el sentido en la acción pedagógica unadista, para el fomento del aprendizaje autónomo, colaborativo y significativo, en el contexto de los programas y servicios, mediante el uso intensivo de tecnologías digitales, con el fin de contribuir a la formación, cualificación y capacitación de personas éticas, solidarias y emprendedoras.

El MPU dirige su acción al estudiante, como centro del proceso, buscando que sea un sujeto activo, líder, con conciencia social, con capacidad de autodeterminación, autocontrol y autogestión en su proceso de aprendizaje, dispuesto a contribuir a la construcción de una sociedad solidaria, justa y libre. Su proceso de autoformación también se basa en el uso intensivo y la apropiación de las tecnologías digitales y exponenciales [10].

Del MPU se desprenden al menos dos elementos para el rediseño curricular del programa: uno, relacionado con el desarrollo de capacidades de autogestión y autoaprendizaje en el estudiante; y otro, con la apropiación de tecnologías que, articuladas a su proceso de autoformación, le permitan obtener aprendizajes significativos, autónomos y colaborativos dentro de su área de conocimiento.



V. La fundamentación teórica del programa

Este aspecto, igualmente fundamental en el rediseño curricular, incluye grandes retos para los líderes del programa y los diseñadores curriculares, pues el conocimiento avanza a pasos agigantados y lo que hoy es vigente, es probable que mañana no lo sea. Pensar en la fundamentación teórica de un programa que tendrá una vigencia de registro calificado de siete años, o de cuatro a seis si es de acreditación, requiere un cambio de actitud para comprender que existen y existirán tendencias teóricas emergentes que están en continuo desarrollo y que, por lo tanto, este aspecto no se escapa de una mirada prospectiva, más aún en el campo de la ingeniería, donde los saberes cambian permanentemente. Lo anterior exige una fundamentación que parta, como mínimo, de los siguientes aspectos: a) la evolución histórica de la ingeniería, que permita conocer, sus orígenes, desarrollos, retos y/o prospectivas; b) el estado de la formación de la ingeniería, que dé a conocer los paradigmas actuales de la enseñanza en este campo y a la vez permita proponer nuevos esquemas formativos centrados no en la enseñanza, sino en el aprendizaje; c) los campos de formación que se requieren para formar un ingeniero de sistemas apoyándose en las tendencias nacionales e internacionales, y atendiendo la legislación nacional, así como los lineamientos y criterios de las asociaciones de ingeniería y de las agencias certificadoras internacionales; d) las miradas de teóricos reconocidos por la comunidad académica que enriquezcan las propuestas y dejen puntos de reflexión y revisión dentro de las propuestas de cada institución; e) el análisis del estado de la profesión, las necesidades formativas, los campos de ocupación posibles y los problemas que se deben atender a partir del diagnóstico de necesidades, f) los rasgos distintivos que, como programa e institución, se plantearán y que lo diferenciarán de otras ofertas en el país o el mundo, haciéndolo atractivo y novedoso.

Los aspectos anteriores consolidan una buena fundamentación del programa, por cuanto son el pilar para las decisiones siguientes en torno al rediseño curricular. Sobre la fundamentación teórica y como aporte al rediseño curricular, queda claro que la mirada debe ser amplia, flexible, novedosa, con apertura hacia la implementación de nuevas tendencias que, sin perder el norte del programa, lo enriquezcan y permitan su continuo desarrollo y reorientación.



VI. La concepción de currículo y el enfoque curricular propuesto

Pensar en el rediseño del programa a partir de resultados de aprendizaje remite, necesariamente, a tener claridad sobre la concepción curricular más apropiada que permita centrar todos los esfuerzos en el aprendizaje, el reconocimiento de la existencia de diferentes estilos de aprender [11] y, por ende, de la coherencia entre los elementos que lo constituyen.

Dentro de los lineamientos institucionales para el trabajo curricular, la UNAD define tres niveles para la construcción curricular (macro, meso y microcurrículo) que, de manera articulada, contribuyen a la formación integral del estudiante. El nivel macrocurricular expresa las directrices institucionales en torno al concepto de ser humano y tipo de sociedad que la UNAD coadyuva a construir, el cual está organizado en cuatro campos de formación: acogida e integración unadista, formación interdisciplinaria básica común, formación disciplinaria y formación complementaria. El nivel mesocurricular es la articulación del macrocurrículo en el programa, donde se gestiona la construcción de la malla curricular y sus respectivas rutas de formación; y desde el nivel microcurricular se determina la operacionalización del modelo pedagógico en los cursos de los diferentes programas [12].

Partiendo de estos lineamientos curriculares, a través del estatuto académico [8] se define un enfoque curricular que se articula con las dinámicas de las áreas, disciplinas, profesiones, contextos, campos de acción y saberes; dicho enfoque se articula en torno a problemas que se expresan a partir de núcleos problémicos y núcleos integradores de problemas que son transversales a los ejes epistemológicos, didácticos y pedagógicos de cada programa académico. Los núcleos problémicos promueven la praxis mediante procesos de reflexión dialógica para dar respuesta a las necesidades y oportunidades propias de los multicontextos, con el fin de contribuir a la transformación de la realidad, de las comunidades y de los sujetos que los conforman, con alto sentido de pertinencia.

Un núcleo problémico es una necesidad, una oportunidad o un vacío en el conocimiento que convoca a diferentes disciplinas y permite un abordaje integral, un tipo de mediación pedagógica, una propuesta didáctica específica y un tratamiento axiológico, con el fin de contribuir a la formación del estudiante y generar conocimiento pertinente tanto para los contextos sociales como para las mismas disciplinas [13].



Dado lo anterior, pensar en el diseño curricular a partir de núcleos problémicos exige un análisis profundo de la realidad, de las necesidades y demandas del campo de formación de la ingeniería de sistemas, para lo cual, a partir de preguntas problematizadoras o generadoras de investigación, se llega a su construcción. Para lograr la coherencia entre estos núcleos problémicos, la UNAD determina la necesidad de formular núcleos integradores de problemas definiéndolos como la estrategia de articulación que determina las improntas formativas de un programa.

De acuerdo con lo anterior, los núcleos problémicos y el núcleo integrador de problema serán las situaciones problémicas que enmarcan el discurso disciplinar y el contexto específico en el cual se desarrollan las competencias referidas a la disciplina, la acción pedagógica crítica y constructora de valores y ciudadanía, las necesidades de investigación socialmente pertinente y la proyección regional y comunitaria [12].

Determinar un enfoque curricular en torno a problemas y a partir de resultados de aprendizaje implica para el rediseño del Programa de Ingeniería de Sistemas tomar decisiones sobre los problemas por abordar, la definición explícita de sus núcleos en coherencia con los resultados de aprendizaje y demás elementos de construcción curricular, que deben trascender la mirada supeditada a la asignatura, que fragmenta el conocimiento. Este tipo de diseño curricular está mediado por problemas que atraviesan los ejes epistemológicos y los saberes propios de la ingeniería.

VII. Resultados de aprendizaje

A partir de la normativa vigente en Colombia, que ya fue mencionada en la introducción de este artículo, y tomando referentes internacionales, la UNAD define los resultados de aprendizaje como: “Las declaraciones explícitas y precisas de los desempeños conceptuales, procedimentales, tecnológicos, disciplinares, actitudinales y contextuales que se espera que los estudiantes alcancen y sean capaces de demostrar al finalizar su proceso de formación, tanto en los cursos como en el programa. Dinamizan el alineamiento entre las intencionalidades formativas, los contenidos, las estrategias y actividades de aprendizaje con las estrategias de evaluación, en coherencia con las competencias y el perfil de egreso planteados en el diseño curricular por la institución” [14].



Como una implicación de esta definición para el rediseño curricular, se necesita formular resultados de aprendizaje de programa y de curso articulados a los núcleos problémicos y demás elementos que conforman el diseño curricular para ir perfilándolo con coherencia y pertinencia.

VIII. Competencias y propósitos formativos

La UNAD define las competencias como “conjuntos articulados de conocimientos, capacidades, habilidades, actitudes y aptitudes que la institución, a través de sus programas formativos, espera que los estudiantes desarrollen y fortalezcan para posibilitar la comprensión y el análisis de problemas o situaciones y actuar de forma ética y socialmente responsable en diferentes contextos. Las competencias se manifestarán en situaciones de trabajo o estudio y en el desempeño profesional y personal” [8].

Dada la definición anterior, el Programa de Ingeniería de Sistemas formula en su rediseño curricular las competencias por desarrollar en sus egresados, siguiendo los lineamientos institucionales y en articulación con los resultados de aprendizaje, pues ambos conceptos son complementarios y permiten ir perfilando las características que el egresado del programa tendrá, motivo por el cual, y para garantizar su cumplimiento, formula sus mecanismos de evaluación y acompañamiento determinando puntos de control que permitan identificar el estado de logro de ellos y los ajustes de mejora o fortalecimiento a que haya lugar.

Desde el nivel mesocurricular, los propósitos de formación dan cuenta de las intencionalidades formativas que el programa tiene al comprometerse con una promesa de valor determinada y entregar a la sociedad un profesional con un perfil formulado y conocido ampliamente.

Se entiende entonces como propósito el componente que da intencionalidad y direccionalidad a la planificación. Son una explicación de la aspiración que orienta el quehacer educativo y expresan los aspectos deseables o que se quieren conseguir [15].

Por otra parte, en el ámbito microcurricular, los propósitos de formación de un curso “son enunciados que definen los logros que el estudiante debe alcanzar al finalizar su proceso de formación, como resultado de la experiencia de aprendizaje, enmarcada en un contexto específico”. Deben ser de carácter cualitativo, claro, medible y alcanzable en el tiempo que dure el curso [12]. Los propósitos formativos de un curso se enuncian



desde la mirada del docente y representan sus intencionalidades formativas para el logro de los resultados de aprendizaje propuestos. Los propósitos formativos de este nivel se formulan en articulación con los demás elementos del diseño mesocurricular, pero responden a la articulación entre resultados de aprendizaje de curso, contenidos, estrategias de enseñanza-aprendizaje, actividades, evidencias, criterios de evaluación y niveles de desempeño.

Como consecuencia para el rediseño curricular, los propósitos formativos de programa y de curso deben formularse en coherencia con los resultados de aprendizaje del programa, los núcleos problémicos, el perfil de egreso y las competencias.

IX. Rediseño Curricular Del Programa

Con el propósito de dar respuesta a los lineamientos institucionales, la normativa vigente y los criterios de acreditación de alta calidad, se da inicio al proceso de rediseño curricular alrededor de problemas y resultados de aprendizaje del Programa de Ingeniería de Sistemas a través de las fases que se presentan continuación, las cuales no representan la totalidad del proceso ni se desarrollaron de manera lineal, pues el proceso de rediseño curricular, al ser arbitrario, pero por consenso, se realiza de manera articulada, lo que implica la necesidad de ir y venir sobre todas las fases del proceso de construcción.

X. Conformación y trabajo por redes académicas

El trabajo en la UNAD se articula a partir de redes académicas definidas como “Dispositivos de organización de actores académicos de la institución que promueven el diálogo y la construcción colectiva en función del cumplimiento de los propósitos de formación de los programas y de su articulación como comunidad de interacción e indagación” [8]. Los tipos de redes son el circuito académico, la red curricular y la red de curso.

Acorde con lo anterior, el trabajo de rediseño se centró en la red curricular que representa el espacio dialógico donde el líder del Programa de Ingeniería de Sistemas, con los directores de curso, realizó el análisis de los elementos que constituyen el rediseño curricular, trazó el plan de trabajo y dio inicio al proceso.



Por otra parte, la red de curso, conformada por el director de curso, los docentes, los consejeros y monitores de apoyo, trabajó articulada desde el nivel microcurricular, realizando los procesos de certificación y acreditación de curso con el nuevo rediseño a partir de resultados de aprendizaje.

Para la comprensión de las fases siguientes es necesario aclarar que el programa ya había realizado el análisis contextual y de tendencias a escala regional, nacional e internacional de la ingeniería de sistemas, e igualmente había reconocido los principales problemas y necesidades en el campo formativo, proceso descrito anteriormente. Las fases que se presentan a continuación fueron asumidas por las redes académicas según su competencia.

XI. Definición de núcleos problémicos y del núcleo integrador de problema

A partir del análisis situacional y contextual del campo de la ingeniería de sistemas, la red curricular del programa define los núcleos problémicos. Para este proceso se siguió esta metodología: a) se identificaron los problemas más relevantes, a los cuales pretende dar respuesta el programa a través de su propuesta formativa; b) para cada problema se identificaron las posibles causas que lo originaban;

c) se identificaron las necesidades para atender esos problemas; d) se formularon preguntas orientadoras que ayudaron a la formulación del núcleo problémico; e) se formuló el núcleo problémico; f) una vez definido el núcleo problémico, se definió el núcleo integrador de problema.

Siguiendo la metodología planteada, a partir de las discusiones y el trabajo de la red curricular se definieron cuatro núcleos problémicos para el programa así:

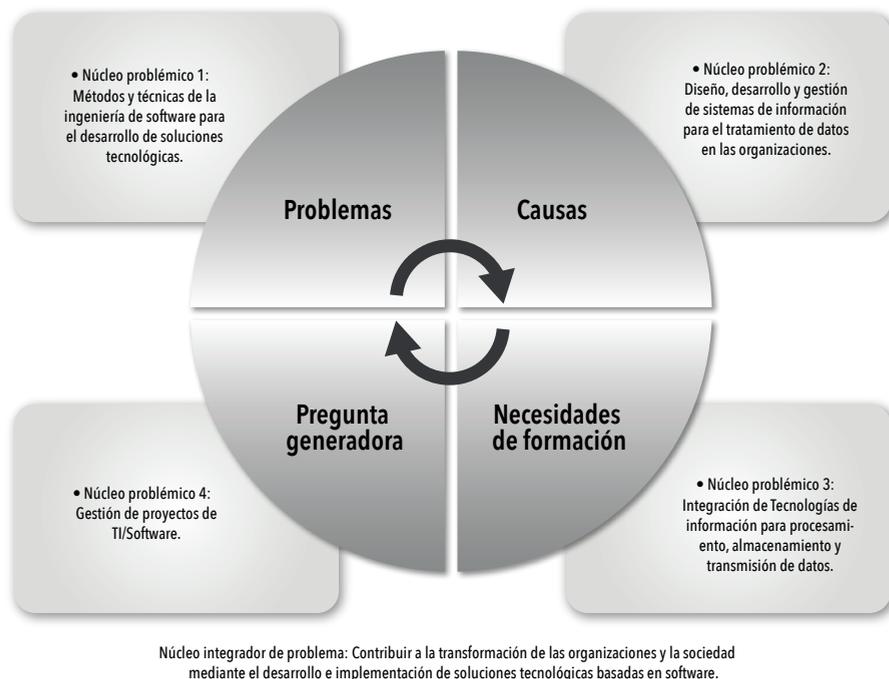


Figura 1. Definición de núcleos problemáticos e integrador de problema. Fuente: Los autores.

Núcleo problemático 1. Métodos y técnicas de la ingeniería de software para el desarrollo de soluciones tecnológicas. En este primer núcleo se pretende dar solución a algunas de las necesidades identificadas, entre ellas: bajo conocimiento de los profesionales en la lógica de programación; falta de actualización en técnicas, metodologías y modelos para el desarrollo de software de calidad; poco conocimiento en la utilización de modelos actualizados para desarrollo de software; falta de escenarios que permitan de forma integral la aplicación de las metodologías y modelos para concebir, diseñar, implementar y operar proyectos de desarrollo de software; necesidad de contar con procesos de investigación desde la base tecnológica que contribuya a la búsqueda de soluciones a través de la aplicación de la ingeniería de software.

Núcleo problemático 2. Diseño, desarrollo y gestión de sistemas de información para el tratamiento de datos en las organizaciones, el cual, busca comprender y modelar procesos y datos organizacionales, definiendo e implementando soluciones técnicas y de proceso, gestionando proyectos e integración de sistemas, dentro de las organizaciones y entre ellas. Las necesidades por abordar son: falta de conformación de equipos de desarrollo que planeen el diseño e



implementación de sistemas de información a gran escala; actualización permanente en el uso de herramientas para construcción de sistemas de información; bajo conocimiento de los profesionales en técnicas de documentación y pruebas y calidad de software; déficit de profesionales formados en el manejo y tratamiento de grandes volúmenes de información.

Núcleo problémico 3. Integración de tecnologías de información para procesamiento, almacenamiento y transmisión de datos. Desde este núcleo se busca integrar tecnologías de información que permitan identificar y definir los requisitos informáticos para la transmisión y almacenamiento de datos e información adecuados para que las organizaciones logren sus objetivos en un ambiente competitivo. Las necesidades del sector identificadas en este núcleo son: carencia de profesionales que permitan satisfacer las exigencias de tratamiento integrado de la información, de naturaleza diversa, que garanticen la integridad y velocidad de transmisión de datos; necesidad de formar profesionales con capacidad de integración de hardware y software para brindar soluciones a los requerimientos de los usuarios en el tratamiento de la información.

Núcleo problémico 4. Gestión de proyectos de TI/Software. Este núcleo busca diseñar y ejecutar proyectos de TI/Software orientados a la solución de problemas específicos de los sectores público o privado que demanden la implementación de opciones de mejoramiento o producción de conocimiento frente a los procesos que desarrollan. Las necesidades identificadas en este núcleo apuntan a: falta de una estrategia complementaria al desarrollo de software para que el estudiante adquiera las competencias necesarias para identificar los diferentes manejos normativos en cuanto a la producción y comercialización del software para variados escenarios de actualidad; escasez de escenarios organizados para implementar la gestión tecnológica para sistemas productivos basados en software; necesidad de formar profesionales con conocimientos en el manejo de herramientas y técnicas que permitan la gestión de TI.

Con estos cuatro núcleos problémicos se definió el núcleo integrador de problema que quedó formulado así: Contribuir a la transformación de las organizaciones y la sociedad mediante el desarrollo e implementación de soluciones tecnológicas basadas en software.



XII. Formulación de propósitos formativos

Los propósitos de formación se definen teniendo en cuenta las necesidades de las regiones, del estudiante y del sector productivo, identificadas a través de los estudios desarrollados y la fundamentación teórica, que sustentan el núcleo integrador de problema y los núcleos problémicos.

Los propósitos de formación desde las necesidades de las regiones se formularon a partir del resultado del diagnóstico que se realizó para justificar el rediseño curricular del Programa de Ingeniería de Sistemas, el cual contó con un análisis de las necesidades de la sociedad, desde un contexto focalizado en las regiones, en el que la pertinencia de la profesión se fundamenta en lo que puede hacer o contribuir a dichas necesidades.

Por lo anterior, en coherencia con las necesidades regionales, identificadas en el análisis de la condición de justificación, los propósitos desde las regiones buscan atender el desarrollo socioeconómico de las regiones y el país; fortalecer la industria de TI mediante acciones estratégicas para disminuir la brecha; desarrollar la industria colombiana de TI/SW como un sector de clase mundial; administrar grandes volúmenes de datos; proveer soluciones de software e infraestructura tecnológica de acuerdo con requerimientos del cliente y estándares del sector; impulsar el desarrollo de aplicaciones móviles; desarrollar competencias específicas en los campos de sistemas de información, producción de software, servicios en la nube y la gerencia de proyectos; crear y desarrollar contenidos y aplicaciones locales orientadas a los problemas relevantes de las comunidades en las regiones; desarrollar, reconvertir e incorporar nuevas tecnologías para lograr mejores niveles de innovación como fuente de esta; adoptar nuevas tecnologías que permitan el mejoramiento de la cobertura y la calidad de la infraestructura de TI/SW en el país. Desde el punto de vista de las regiones, se encuentra que el ingeniero de sistemas debe contribuir al desarrollo socioeconómico de las comunidades desde lo local, regional, nacional y mundial, a través de su desempeño profesional, como solucionador de problemas que se presenten en el sector de TI/SW.

Los propósitos formativos desde la dimensión del estudiante se formularon atendiendo la necesidad de formación personal y profesional



para desarrollar capacidades para el aprendizaje autónomo como estrategia privilegiada para aprender durante toda la vida; la formación integral que le permita el desempeño responsable de su profesión, el buen ejercicio de los derechos y deberes ciudadanos y la vida en familia y en comunidad; la formación solidaria en cumplimiento de los postulados misionales; el aprendizaje práctico que acerque al estudiante a las realidades de aplicación de su profesión en un entorno complejo y dinámico; el desarrollo de competencias específicas de la profesión, en los campos de ingeniería de software, sistemas de información, tecnologías de la información y la gestión de proyectos que faciliten una adecuada inserción al medio, fomentando así el desarrollo en las regiones y el país.

De igual manera, es importante que el estudiante comprenda la responsabilidad y el impacto del ejercicio de su profesión, y del mismo modo sea consciente de lo que puede aportar al crecimiento de su propia disciplina, demostrando interés por la investigación y el desarrollo de conocimientos en el campo de la ingeniería, la comprensión del impacto de las soluciones y de los productos tecnológicos que desarrolla, la necesidad de un ejercicio ético de la profesión y la correcta aplicación de los métodos, enfoques, estrategias y herramientas de ingeniería que contribuyan al crecimiento y la apreciación de la profesión.

Desde el punto de vista de la disciplina, los propósitos se formularon de tal manera que el estudiante logre adquirir, comprender y aplicar el conocimiento de las ciencias básicas, de las ciencias de la ingeniería y de las ciencias aplicadas que le permiten concebir, diseñar e implementar soluciones de tecnología de la información para mejorar el rendimiento de las organizaciones con impacto y responsabilidad social; ser un solucionador de problemas, en la medida que diseña y desarrolla proyectos que contribuyan al desarrollo tecnológico, económico y social de su entorno; elaborar proyectos de investigación aplicada que apunten al desarrollo tecnológico e innovación de su región [16].

XIII. Los perfiles de formación y la definición de competencias

De acuerdo con los propósitos de formación a partir de las necesidades regionales, del estudiante y de la profesión, y en articulación con los núcleos problémicos, se definen los perfiles de formación profesional y ocupacional que dan cuenta del tipo de ingeniero que se quiere formar.



Para esta tarea fue importante desarrollar tres pasos: el primero, la identificación de los campos de acción del ingeniero de sistemas; segundo, el nombre de la ocupación, atendiendo las tendencias prospectivas a escala nacional e internacional; tercero, las competencias requeridas para desempeñarse en cada uno de esos campos y ocupaciones.

Para definir las competencias, la red curricular parte de referentes institucionales, entre ellos: la ACM, ABET, EUR-ACE y la estrategia CDIO; de referentes nacionales desde el marco nacional de cualificación y la mesa sectorial del SENA, entre otros, y de los referentes institucionales en torno a la formulación e inclusión de competencias.

Con el análisis de necesidades en cuanto a las competencias y a partir de los referentes mencionados, se definen competencias por cada uno de los cuatro núcleos problémicos presentados, con lo cual se logró hasta el momento coherencia en el rediseño curricular en todos los aspectos mencionados del mesocurrículo (propósitos, perfiles, competencias, núcleos problémicos).

XIV. La articulación con los resultados de aprendizaje y el plan de estudios

La definición y la articulación de los resultados de aprendizaje al rediseño curricular del programa en torno a problemas se desarrolló desde referentes de los contextos internacional, nacional, institucional, y de los diversos niveles de construcción curricular. Fue así como en el nivel macrocurricular se partió del Proyecto Académico Pedagógico Solidario (PAPS) [7], identificando las intencionalidades formativas que desde su marco axiológico y teleológico plantea para la formación de la persona y la sociedad; de igual manera, desde este se retoman las directrices de construcción curricular y el marco de referencia para la construcción de los resultados de aprendizaje.

En el nivel mesocurricular, desde el contexto nacional, se atiende toda la normativa vigente en torno a resultados de aprendizaje, según la presentación hecha anteriormente. En el contexto internacional se elabora una matriz comparativa sobre resultados de aprendizaje propuestos por agencias certificadoras y de acreditación para programas de ingeniería, a saber: la Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET [4], EUR-ACE [5]) y el Sistema ARCU-SUR [6]. Con esta matriz se identificaron los



puntos de encuentro y coincidencia de las tres agencias, lo cual permitió definir ocho resultados de aprendizaje de programa en línea con las tendencias formativas a escala nacional e internacional, alineados a los núcleos problémicos, las competencias, y los propósitos formativos.

Teniendo los resultados de aprendizaje de programa, construidos y debatidos desde las redes académicas, curricular y de curso, se dio inicio a la construcción del plan de estudios, evidenciando el aporte de cada curso al logro de los resultados de aprendizaje del programa; es decir, todos los cursos se pensaron en su articulación y aporte al cumplimiento de los resultados de aprendizaje de programa y, por ende, en alineación con los propósitos, perfiles, competencias y núcleos problémicos.

Una vez diseñado el plan de estudios se inició la construcción de resultados de aprendizaje en el nivel microcurricular, donde las redes de curso fueron protagonistas del proceso. La formulación de los resultados de aprendizaje de curso se realizó siguiendo directrices institucionales y de programa, en coherencia con los elementos internos del diseño microcurricular; entre ellos, los propósitos del curso, los contenidos, las actividades, la estrategia de aprendizaje, las evidencias, los criterios de evaluación y la definición de los niveles de desempeño, todos ellos articulados a uno o varios de los resultados de aprendizaje del programa.

En consecuencia, y como respuesta a la consistencia curricular, los resultados de aprendizaje de los cursos quedaron alineados a: a) los resultados de aprendizaje del programa, b) el núcleo integrador de problema del programa, c) las competencias del núcleo problémico al que pertenece el curso, d) los propósitos de formación, e) la estrategia de aprendizaje descrita, f) los contenidos, evidencias, criterios y niveles de desempeño.

XV. Diseño del Assessment

El rediseño curricular del programa contempló la elaboración de la propuesta de acompañamiento, evaluación y medición de los resultados de aprendizaje del programa y de cada curso. Se denomina assessment, que se construyó con el fin de: a) acompañar al estudiante en su proceso formativo para facilitarle el logro de los resultados de aprendizaje, b) definir puntos de evaluación y control que permitan conocer el avance y nivel de adquisición que los estudiantes van teniendo en los resultados de aprendizaje, c) tener información confiable para la toma de decisiones



informada en torno a los resultados de aprendizaje y a las acciones de mejora y sostenimiento a que haya lugar, d) tomar decisiones en el ámbito curricular, e) articularse a los procesos de autoevaluación institucional y evaluación externa, f) permitir un proceso fluido, pertinente y sistemático de evaluación de los resultados de aprendizaje, g) elaborar planes de acción y de mejoramiento, h) promover la cultura del mejoramiento continuo para alcanzar altos niveles de calidad educativa.

En el assessment diseñado participan todos los actores del proceso educativo, en diferentes niveles de participación y variados escenarios, según la pertinencia y el momento evaluativo que se desarrolle. Dichos actores son: estudiantes, docentes organizados en redes académicas (curso y curricular) [17], egresados, empleadores, representantes del sector productivo, líderes de instituciones adscritas al programa en modalidad de trabajo de práctica, investigadores, directivos académicos y otros invitados según la pertinencia.

En la figura 2 se muestran las fases que conforman el ciclo de *assessment* del programa.



Figura 2. Ciclo *assessment*.

Fuente: Los autores

La fase 1, de ponderación de resultados de aprendizaje de programa; y la fase 2, sobre el mapeo general de los resultados de aprendizaje del programa versus el plan de estudio y resultados de aprendizaje de curso, corresponden a los niveles de decisión mesocurricular. En estas dos fases las instancias de evaluación y toma de decisión corresponden a las redes académicas, la red curricular y de curso y el comité curricular de programa. En la fase de mapeo se determinaron los cursos del plan de estudios que,



por su importancia en el programa, serán evaluados en todas las fases del ciclo del *assessment* hasta llegar al plan de mejoramiento. Para el caso de ingeniería de sistemas, se seleccionaron los cursos de la estrategia CDIO y los de investigación, práctica y trabajo de grado, los cuales tendrán tres momentos de control desde las fases 5, 6 y 7. Los demás cursos del plan de estudios se evaluarán de forma permanente hasta la fase 5, en la cual las redes de curso tomarán las decisiones en cada curso y, si es el caso, generarán un plan de acción.

La fase 3, sobre *syllabus*, guía de actividades y rúbrica de evaluación, corresponde al nivel microcurricular. En ella se diseñan los *syllabus* de cada curso.

La fase 4, de registro de calificaciones a partir de RAC; y la fase 5, de medición de desempeño por momentos evaluativos de los resultados de aprendizaje de curso, corresponden al nivel microcurricular: la fase 4 en el nivel de diseño y la 5 en el de evaluación; ambas ejecutadas por las redes de curso. Como se mencionó anteriormente, hasta esta fase el *assessment* se realiza a todos los cursos del plan de estudio.

La fase 6, de medición general de los resultados de aprendizaje de programa, trabaja con los insumos de la fase 5, realiza el análisis respectivo y toma decisiones en el nivel mesocurricular. Dependiendo de la trascendencia de las decisiones en materia curricular, dichas decisiones se llevan al Comité Curricular, al Consejo de Escuela, o al Consejo Superior, según sea el caso, de acuerdo con los lineamientos institucionales para la aprobación de cambios sustanciales en el programa. La fase 5, como se mencionó, se realizará en tres momentos de control (semestres tercero, sexto y noveno), los cuales se complementarán con métodos indirectos como encuestas, grupos focales, entrevistas, etc., a todos los actores.

La fase 7 del plan de mejoramiento se realiza en el nivel mesocurricular y se articula a los procesos de autoevaluación institucional señalando los responsables y los momentos de control.

Al ser un proceso sistemático, las redes de curso y curricular tendrán todas las evidencias del proceso y de los ajustes realizados al programa como producto del *assessment*, lo cual permitirá medir los niveles de desempeño y trazar la línea de calidad a partir de indicadores en cada momento.



XVI. CONCLUSIONES

La incorporación de resultados de aprendizaje a los programas debe hacerse a través de un proceso de rediseño curricular en el cual participen varios actores académicos que sean parte del programa. Además, debe contar con el apoyo institucional desde sus diferentes niveles de participación. De igual manera, pensar un programa por resultados de aprendizaje implica tomar decisiones y emprender acciones concretas desde los niveles macro, meso y microcurricular.

En cada etapa de rediseño curricular los actores participan de manera activa y según niveles diferenciados de toma de decisión. El éxito de un rediseño curricular a partir de resultados de aprendizaje está en la coherencia que se logre entre los aspectos que lo conforman: la fundamentación teórica, los resultados de aprendizaje, los propósitos formativos, las competencias, los perfiles, y el enfoque curricular, entre otros.

Plantear una propuesta curricular a partir de resultados de aprendizaje sin el diseño de un *assessment* que posibilite la evaluación de la misma, a partir de los resultados de aprendizaje, no les permitirá a sus diseñadores conocer el avance, los logros, las dificultades y los ajustes por implementar con miras a un mejoramiento permanente que posibilite altos estándares de logro y calidad.

El ciclo de *assessment* debe caracterizarse por ser un proceso sistemático, riguroso, pertinente y eficiente en su diseño; deben tomarse decisiones en cuanto a: a) los puntos de control o evaluación, b) las estrategias y el método por emplear, c) los cursos que servirán de base para todo el *assessment*, que deben ser seleccionados con criterios académicos que logren identificar aquellos que por su importancia en el plan de estudios son el eje transversal de la formación, lo que no significa que los demás cursos no deban evaluarse, d) los niveles de evaluación y toma de decisiones. De lo contrario, el *assessment* puede convertirse en una actividad inmanejable y no dar los productos esperados.

Todo *assessment* tiene la finalidad de lograr estándares de calidad a partir de procesos continuos de mejora, acompañamiento y evaluación; por tanto, no existe una sola ruta, ni se deben importar modelos de otras instituciones, pues el *assessment* debe ser una creación propia de cada institución, articulada a sus necesidades, su dinámica y cultura institucional.



Referencias

- [1] Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Decreto 1330 del 25 de julio de 2019.
- [2] Consejo Nacional de Educación Superior (CESU). Acuerdo 2. Colombia. 2020.
- [3] Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Resolución 021795 del 19 de noviembre de 2020.
- [4] ABET. *Criterios de acreditación de programas de ingeniería*. <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2018-2019/>. 2018.
- [5] EUR-ACE. Criterios y directrices Marco EUR-ACE. ENAEE. 2015.
- [6] ARCU-SUR. Criterios de calidad para la acreditación ARCU-SUR. Ingeniería. 2019.
- [7] Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2011). *Proyecto Académico Pedagógico Solidario (PAPS) V. 3.0*. <https://academia.unad.edu.co/images/pap-solidario/PAP%20solidario%20v3.pdf>
- [8] Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2018). *Acuerdo 014 de 2018 por el cual se modifica el Estatuto General de la UNAD*. https://sgeneral.unad.edu.co/images/documentos/consejoSuperior/acuerdos/2018/COSU_ACUE_014_20180723.pdf
- [9] Abadía, C., Reyes, O., Guerrero, M. Modelo pedagógico unadista. Vicerrectoría Académica y de Investigación. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 2020.
- [10] Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2020). *Acuerdo 029 del 12 de agosto de 2020. Estatuto académico*. Consejo Superior UNAD.
- [11] Mendoza, W. Estilos de aprendizaje de estudiantes y docentes de la Universidad de San Buenaventura de Cali (Colombia). Un estudio ex post facto de corte descriptivo, longitudinal, correlacional. Universidad Católica Argentina Santa María de los Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina UCA. 2020.
- [12] Abadía, C., Vela, P., Montero, R. (2016). Lineamientos generales del currículo. Serie. Lineamientos microcurriculares en la UNAD V.2. Vicerrectoría Académica y de Investigación. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).



- [13] Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2011). *Proyecto Académico Pedagógico Solidario*.
- [14] Abadía, C., Reyes, O., Martínez, H. Enfoque de los resultados de aprendizaje en el diseño curricular de la UNAD. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). 2020.
- [15] Espinal, A. (2012). ¿Construir objetivos, propósitos o competencias? Una propuesta orientadora. EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires. N.º 170, Julio de 2012. www.efdeportes.com
- [16] Aparicio, A. Resultados de aprendizaje de ingeniería de sistemas. Anexo documento maestro. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). 2020.
- [17] Vicerrectoría Académica y de Investigación. Redes Académicas 2018, versión 3.0. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).



Autores



Walter Mendoza Borrero.

Recibió los títulos de doctor en Psicopedagogía de la Universidad Católica Argentina en 2020, magíster en Educación de la Universidad Javeriana de Cali (Colombia) en 1995 y en Dirección Universitaria de la Universidad de los Andes (Colombia) en 2004; especialista en Investigación Educativa en Contextos de Docencia Universitaria de la Universidad de San Buenaventura (Cali) en 2000, y licenciado en Literatura de la Universidad del Valle en 1991. Ha desempeñado cargos directivos académicos y actualmente es docente de tiempo completo de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) e investigador *junior* adscrito al Grupo de Investigación SIGCIENY, avalado por el Minciencias en categoría A-1.



Alexandra Aparicio Rodríguez.

Recibió los títulos de máster en Educación y TIC de la Universitat Oberta de Catalunya (España) en 2008, especialista en Ingeniería de Software de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia) en 2004, e ingeniera de sistemas con énfasis en Software de la Universidad Antonio Nariño (Colombia) en 1996. Se ha desempeñado como directora académica y actualmente es docente de tiempo completo y líder nacional de cadena formativa y del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Está adscrita al Grupo de Investigación Byte in Design.

Ensayos hacia un examen más equitativo en ambiente virtual

*José D. Márquez. Uninorte.
jmarquez@uninorte.edu.co*

Resumen—Este trabajo es el resultado de una reflexión derivada de la forma en que se deben llevar a cabo los exámenes en tiempos de la pandemia derivada del Covid-19. Se presentan tres ensayos de exámenes aplicados en forma remota a los estudiantes de un curso de sexto semestre de ingeniería de sistemas, los cuales propenden a la minimización del fraude. Del primer ensayo al último se observa una mejora en los resultados obtenidos, gracias a que se disminuye la presión ejercida por los tiempos asignados a las pruebas.

Palabras claves —Ensayo, Examen, Fraude, Virtual.

I. Introducción

Los tiempos que estamos viviendo como consecuencia de la pandemia por Covid-19 han llevado a repensar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde distintas aristas. El inicio del confinamiento derivado de esta situación tan novedosa para todos ha suscitado la reflexión sobre las formas como se debe seguir con el proceso de enseñanza-aprendizaje en aras de no bajar la calidad que se les brinda a los estudiantes.



La pandemia de Covid-19 ha afectado significativamente los sistemas educativos de todos los países de América Latina. A partir de la necesidad de contrarrestar la enfermedad, se ha determinado el cierre de los centros educativos en todos los niveles académicos, lo que ha llevado a que más de 165 millones de estudiantes dejen de asistir a los centros de enseñanza, desde el preescolar hasta la educación superior, en 25 países de la región [1].

Mover la educación al formato en línea puede permitir la flexibilidad de la enseñanza y el aprendizaje en todo lugar y momento, pero la velocidad con la que se espera que suceda este cambio no tiene precedentes y los resultados no serán los esperados [2]. De esta manera, las universidades se convirtieron en una especie de “MacGyvers”, teniendo que improvisar soluciones de una forma inesperada. No importa cuán inteligentes sean estas soluciones, los profesores encuentran que esto se convierte en un proceso muy estresante.

La pandemia desencadenó la necesidad de generar soluciones al acto académico en el aula de clases de una forma rápida, y aun así se obtuvieron los mejores resultados disminuyendo los posibles errores. Se potencializaron herramientas que estaban en segundo plano o que no se conocían en el contexto presencial por parte de muchos docentes.

Las universidades, con el apoyo de las oficinas académicas, han generado una serie de lineamientos que suplen la presencialidad. Sin embargo, en este entorno de alta velocidad de implementación de las estrategias, sin probarlas previamente, se han cometido errores que, por fortuna, en la medida en que se va avanzando en la implementación y puesta en marcha, se establecen correcciones para alcanzar los objetivos propuestos.

Dado que el mundo académico no estaba preparado para esta emergencia derivada de la pandemia, las universidades, y específicamente los profesores, han venido diseñando un conjunto de estrategias con el apoyo de herramientas digitales que les permitan ir solventando la situación, tanto en el desarrollo de la clase como en los componentes adicionales que permiten verificar los conocimientos adquiridos por los estudiantes: la evaluación.

La puesta en escena de las clases en forma no presencial, remota o virtual a través de medios digitales ha sido una irrupción sorpresiva que ninguno de los actores del proceso de enseñanza-aprendizaje imaginó. En aras



de mantener el proceso vivo, cada una de las universidades se planteó la necesidad de continuar utilizando las tecnologías informáticas y de comunicaciones como medio de apoyo para darle continuidad.

Entre las dificultades a las que se ha visto abocado el sector educativo por la pandemia, están los inconvenientes para mantener encuentros en las pantallas, el agotamiento y la tristeza derivada del encierro. Por otro lado, se ha evidenciado de forma más clara cómo la desigualdad social, económica y cultural impide el libre desarrollo de la acción educativa [3].

La educación a distancia requiere mayor compromiso y dedicación por parte del docente, condicionado a la preparación de materiales y medios que permitan llegar de mejor manera a los estudiantes, y esto no puede ser abordado de la mejor forma a causa de la emergencia. La escasez de tiempo se traduce en una transcripción lineal de estrategias y contenidos que no habían sido pensados para ese contexto [4].

Sin embargo, la pandemia también ha fortalecido la defensa de la acción educativa [3]. Esta ha llevado a insertarse en la cultura de la conectividad [5] con la inclusión de componentes pedagógicos que permitan estar al alcance de los estudiantes.

II. Evaluación en pandemia

Las estrategias pedagógicas y las herramientas informáticas de apoyo, utilizadas para lograr su aplicación, con miras a alcanzar un aprendizaje determinado en los estudiantes, trazan un camino que lleva a la evaluación para determinar la calidad de lo que se aprende en el tiempo especificado para ello [6].

En los procesos de evaluación existen los enfoques en cuanto a la función de evaluación formativa y sumativa. En su función formativa, la evaluación puede utilizarse para la mejora y el desarrollo de una actividad que se esté llevando a cabo [7]. Su objetivo es monitorizar el aprendizaje del estudiante, de tal forma que los resultados sean utilizados para dar retroalimentación continua. Los profesores la utilizan para mejorar su actividad docente y los estudiantes para realzar su aprendizaje [8].

La función sumativa puede emplearse para la rendición de cuentas o la evaluación del punto final del proceso [7]. La evaluación sumativa



establece balances fiables de los resultados obtenidos al final de un proceso de enseñanza-aprendizaje. Hace énfasis en la elaboración de instrumentos fiables de medición de los conocimientos por evaluar y, al final, recolecta la información después de aplicar los instrumentos de medición [8].

Según Moreno Olivos [7], la evaluación consiste en detectar la realidad educativa, desde una perspectiva cualitativa, cuantitativa o mixta, con el fin de tomar decisiones. Según el mismo autor, a través de la evaluación valoramos y conocemos una situación educativa en su proceso durante un momento determinado para conocer la efectividad de la actividad desarrollada.

Con el panorama presentado e impuesto por la pandemia, los docentes e instituciones de educación superior se vieron en la necesidad de presentar soluciones urgentes a los vacíos determinados por la educación remota en el uso de didácticas, recursos de apoyo a la docencia, uso y apropiación de herramientas tecnológicas y, lógicamente, al proceso de evaluación en el aula de clases.

La evaluación del conocimiento se constituye en uno de los puntos más reflexivos, dadas las condiciones de invisibilidad de los estudiantes al no ser una evaluación presencial. Entre los puntos de reflexión están:

- La honestidad e integridad: Al presentar una prueba, los estudiantes pueden tender a establecer mecanismos de plagio o transferencia de información entre ellos a través de chats, correo electrónico o llamadas. También pueden buscar ayuda entre las notas de clases, las presentaciones, la web y los textos guías.
- Falta de apoyo tecnológico: Es posible que algunos estudiantes, y no pocos, puedan sentir la ausencia de herramientas tecnológicas que apoyen el proceso de realización de pruebas. La falta de un buen canal de internet, un computador con las condiciones adecuadas, o de fluido eléctrico, pueden crear diferencias enormes entre los estudiantes al resolver un examen o prueba.
- Tipo de prueba: Ante esta novedad, surge la pregunta de si se debe mantener el tipo de pruebas que se aplicaba en la modalidad presencial o se debe virar hacia otro tipo exámenes de conocimiento. Se deben seguir realizando exámenes o se debe pasar a otro tipo de modalidades de evaluación tales como presentación de trabajos escritos donde se aplique el conocimiento, como sustentaciones y exámenes orales, entre otros.



- Tiempo para resolución de las pruebas: Dado el grado de invisibilidad que presentan los estudiantes, ¿cuánto tiempo se debe proporcionar para la resolución de una prueba? ¿Debe disminuirse este tiempo en función de evitar posibilidades de plagio, comparar respuestas con compañeros o cualquier otro mecanismo que conlleve fraude?
- Tiempo para diseño y revisión de la prueba: Dependiendo del tipo de prueba, oral o escrita, de resolución de preguntas en forma de respuestas rápidas o preguntas abiertas, presentación de trabajos escritos o cualquier otra modalidad, implica una inversión considerable del tiempo del docente al diseñar, revisar y calificar la prueba.
- Justicia en la evaluación: Considerar una prueba justa que equilibre los distintos puntos de reflexión expuestos, de tal forma que los estudiantes no sientan la presión propia de una prueba, por los aspectos adicionales que son nuevos en la naturaleza de esta modalidad.

III. Solución planteada

La reflexión en torno a la forma de realizar una evaluación individual sumativa se dirigió hacia la manera de llevar a cabo una prueba que beneficiara al estudiante, de tal forma que no se ejerza una presión adicional a la propia de una prueba.

La intención de la prueba es que el estudiante demuestre en forma individual cómo aplicar y reconocer los conceptos obtenidos en distintos cortes de tiempo.

Dentro de la reflexión se determinaron ensayos que no incluyeran la supervisión visual del estudiante y mitigaran la posibilidad de fraude. Sin embargo, las distintas posibilidades de exámenes podrían favorecer la revisión de notas de clases y presentaciones, la web, además de consultar textos guías y establecer contacto con los compañeros de curso o personas externas.

A partir de este análisis y pensando en minimizar las posibilidades de fraude, se constituyeron tres ensayos de exámenes, los cuales fueron originándose a partir de los resultados y la retroalimentación dada por los estudiantes después de tomarlos.



Los ensayos se derivaron con el objetivo de aplicar una evaluación más justa, acorde a las circunstancias de aislamiento y tecnológicas. Además, el interés es que los estudiantes logren una mayor aplicación de los conceptos, disminuyan la memorización y alcancen un trabajo más independiente.

La herramienta tecnológica empleada para llevar a cabo los ensayos de exámenes fue Blackboard [9], la cual permitió construir los bancos de preguntas de los temas por evaluar. Igualmente, a través de esta herramienta se configuró el examen con las características que se describirán; además, esta plataforma realiza la autocalificación para evitar más trabajo adicional derivado de la calificación manual.

La evolución de los ensayos llevó a los siguientes tipos de exámenes, según la forma cómo se desplegaban las preguntas a los estudiantes:

IV. Ensayo 1. Preguntas una a una con límite de tiempo

Esta primera etapa nace de las primeras reflexiones acerca de cómo construir y aplicar una prueba que fuera lo más inmune al plagio y a situaciones irregulares.

Dentro de la reflexión se incluyó no supervisar a los estudiantes, evitar que tuvieran tiempo para conversar entre ellos a través de las herramientas existentes, impedir o disminuir la posibilidad de revisión de cualquier medio de apoyo (presentaciones, notas de clases, libros, web, etc.) y establecer la diferenciación exhaustiva de exámenes desplegados entre los estudiantes.

Las principales características y consideraciones de este ensayo fueron:

- El tiempo de duración del examen es de 60 minutos.
- El examen está constituido por seis preguntas.
- Hay seis bancos de preguntas con los temas por evaluar.
- Las preguntas están basadas en problemas con respuestas rápidas y aplicación de conceptos básicos.
- Cada banco consta mínimo de seis preguntas del mismo tema.
- Las preguntas se despliegan una a una a partir del tiempo cero, en intervalos de diez minutos, de forma automática, dejando solo



abierta la pregunta actual, y las anteriores se cierran en cuanto el tiempo vence, sin posibilidad de regresar a ellas.

- La pregunta desplegada cada vez para todos los estudiantes es del mismo tema, pero seleccionada de forma aleatoria del banco correspondiente.
- Las cinco primeras preguntas corresponden al modelo de rellenar espacios en blanco. Es decir, se escribe una frase que corresponde a un tema, donde la parte visible contiene unos datos (numéricos, por lo general) que sirven de base para llevar a cabo cálculos cuyos resultados deben servir para rellenar los espacios en blanco. Las respuestas son exactas y no hay posibilidad de que exista más de una para rellenar un espacio.
- La sexta pregunta corresponde al modelo de selección múltiple con única respuesta. Está constituida por cinco interrogantes, con cuatro opciones cada uno.
- A partir de la segunda pregunta, se lleva a cabo su despliegue cinco minutos antes, con el ánimo de permitirles a los estudiantes que terminen antes de los diez minutos reglamentarios, responder sus preguntas con anticipación. Sin embargo, esto no implica que el estudiante cuenta con más tiempo adicional para responder.
- Cada pregunta se autocalifica y los estudiantes observan los resultados de la evaluación inmediatamente después de presentarla.

La figura 1 muestra el esquema gráfico de despliegue en el tiempo de cada una de las preguntas que constituyen el examen. Las preguntas se van desplegando en el tiempo una a continuación de la otra y no hay posibilidad de retorno luego de que el plazo se haya vencido o ya haya sido respondida y sometida a la plataforma para su autocalificación.

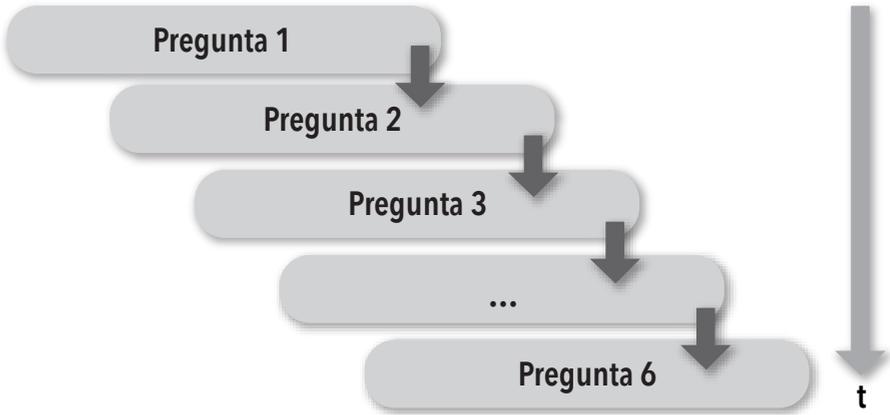


Figura 1. Despliegue de las preguntas en el examen del ensayo 1.

La figura 2 muestra el despliegue del examen para el ensayo 1. Esta corresponde a la vista del profesor. El punto correspondiente se obtiene de un banco que contiene seis o más preguntas.

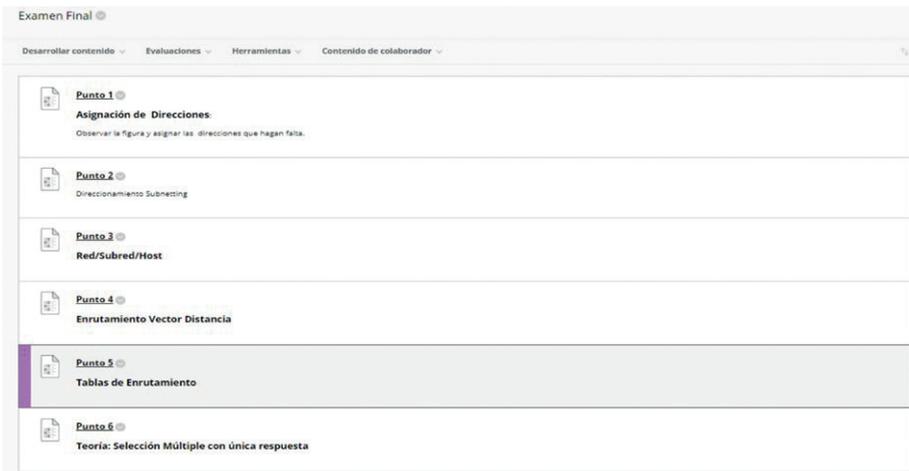


Figura 2. Configuración del examen para el ensayo 1.

El 39 % de los estudiantes que presentaron este examen lo aprobaron. Los principales aspectos criticados a este tipo de examen y que derivaron en una segunda reflexión y ensayo fueron los siguientes:

- No se consideraba justo que no hubiera retroceso.
- Los estudiantes deberían poder elegir el orden en que debían responder sus preguntas.



- Si respondía una pregunta por anticipado podría utilizar este tiempo restante en otra pregunta en la que tuviera más dificultades para resolverla.
- La presión del tiempo para finalizar la resolución de una pregunta era muy alta.
- No hubo tiempo para revisar las respuestas.

V. Ensayo 2. Lotes de preguntas limitados por el tiempo

El segundo ensayo nace de la necesidad de establecer mejoras en el primero. Surge de la retroalimentación dada por los estudiantes y los resultados de las calificaciones.

Considerando estos aspectos, y teniendo en cuenta las mismas premisas de prevención o mitigación del fraude expuestas previamente, se estableció un segundo ensayo en el examen.

Las principales características de este ensayo fueron las siguientes:

- El tiempo de duración del examen es de 120 minutos.
- Preguntas constituidas por problemas con respuestas rápidas y aplicación de conceptos básicos.
- Siete bancos de preguntas con los temas por evaluar.
- Cada banco consta de mínimo seis preguntas relacionadas con la misma temática.
- Se despliegan dos lotes de tres preguntas con problemas que aplican los conceptos evaluados.
- Se despliega un último lote con diez preguntas de selección múltiple con única respuesta.
- Los lotes se denominan Parte1, Parte 2 y Parte 3.
- A cada lote se le asigna un tiempo acorde con la dificultad de las preguntas que lo constituyen.
- Los lotes (partes) de preguntas se despliegan en el mismo orden para todos los estudiantes. Es decir, en primera instancia se despliega el primer lote que corresponde a un grupo de tres preguntas; vencido el tiempo para este primer lote, se despliega el segundo y, por último, el tercero.



- Dentro del tiempo asignado para cada lote se puede seleccionar el orden en que se responderán las preguntas que lo constituyen. El estudiante se puede devolver a las preguntas previamente respondidas para su revisión o responderlas parcialmente y luego regresar para completarlas.
- Los estudiantes no se pueden regresar a las preguntas dentro de un lote que ya fue sometido o al cual se le venció el tiempo para su resolución.
- Para cada estudiante, las preguntas desplegadas dentro de cada lote se seleccionan de forma aleatoria de los bancos correspondientes.
- Para cada estudiante, las preguntas se despliegan dentro de cada lote en cualquier orden con el fin de no tener una misma secuencialidad en su presentación para todo el curso.
- A partir de la segunda pregunta, se lleva a cabo el despliegue cinco minutos antes, con el ánimo de permitirles a los estudiantes que terminen antes del tiempo reglamentario, responder sus preguntas con anticipación, sin que implique que va a contar con tiempo adicional para sus respuestas dentro de cada lote.
- Cada lote de preguntas se autocalifica y los estudiantes observan los resultados de la evaluación inmediatamente después de someterlo para calificación.

La figura 3 muestra el esquema gráfico de despliegue en el tiempo de los lotes de preguntas que constituyen el examen. Los lotes se van desplegando en el tiempo uno a continuación del otro y no hay posibilidad de retorno luego de que el plazo se haya vencido o ya haya sido respondido y sometido a la plataforma para su autocalificación.

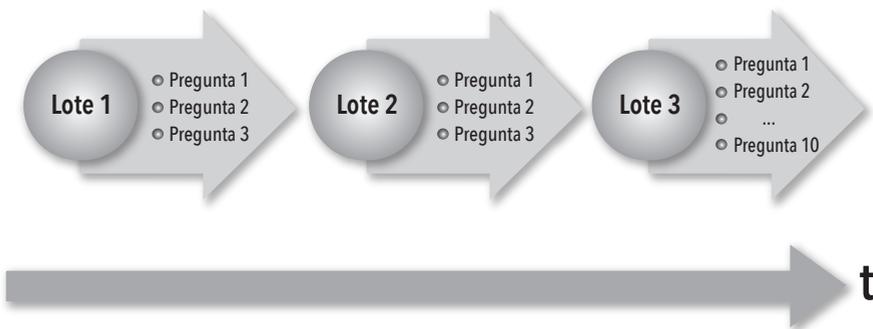


Figura 3. Despliegue de las preguntas en el examen del ensayo 2.



La figura 4 muestra el despliegue del examen para el ensayo 2. Esta corresponde a la vista del profesor. El punto correspondiente se obtiene de un banco que contiene seis o más preguntas.

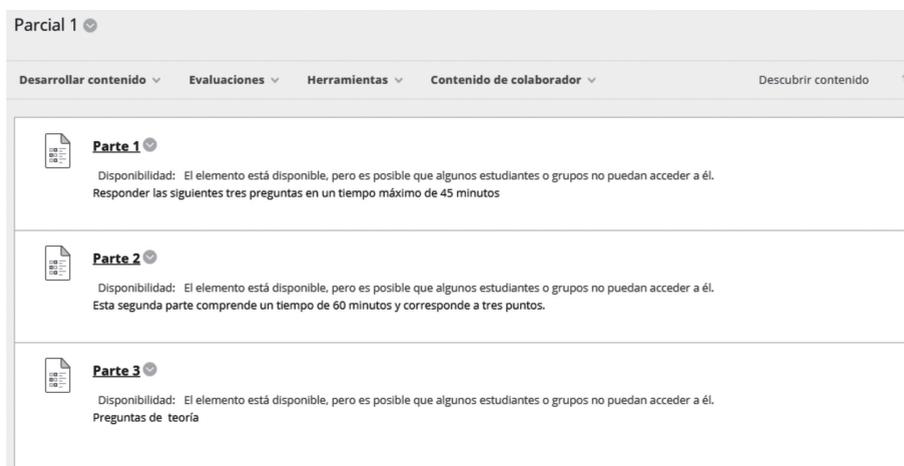


Figura 4. Configuración del examen para el ensayo 2.

El 84 % de los estudiantes aprobó este examen. Esto constituye una mejora enorme con respecto al primer ensayo. Los principales aspectos criticados a este tipo de examen y que derivaron en una tercera reflexión fueron los siguientes:

- Los estudiantes consideraban que el retroceso en la revisión de todos los puntos sería lo más justo.
- Cuando se finalizaba un lote antes de tiempo se podía utilizar el restante para revisar las preguntas previamente solucionadas o responder las faltantes.
- La presión del tiempo siguió siendo uno de los factores críticos.
- Sin embargo, consideraron que hubo más tiempo de revisión y pudieron seleccionar el orden para responder dentro de cada lote.

VI. Ensayo 3. Visualización total de preguntas

Después de la revisión de los resultados del segundo ensayo y teniendo en cuenta las inconformidades aún presentadas por los estudiantes, se diseñó el tercer ensayo de evaluación.



El tercer ensayo parte de los comentarios positivos relacionados con la posibilidad de seleccionar dentro de un mismo lote el orden de resolución de las preguntas y el hecho de poder retroceder para revisarlo antes de someterlo al autocalificador.

Este ensayo mantuvo las premisas de prevención o mitigación del fraude expuestas; sin embargo, es posible que los estudiantes revisaran sus notas de clases, la web, textos y otras ayudas. Así mismo, era posible comunicarse entre sí.

A continuación, se listan las principales características de este ensayo con el fin de mitigar el fraude:

- El tiempo de duración del examen es de 120 minutos.
- Las preguntas están constituidas por problemas con respuestas rápidas y aplicación de conceptos básicos.
- Se construyeron bancos de preguntas con los temas por evaluar.
- Cada banco consta de mínimo seis preguntas relacionadas con el mismo tema.
- Se configura el examen con todas las preguntas desplegadas a la vez.
- Las preguntas se seleccionan del banco en forma aleatoria y se ordenan en forma aleatoria en el despliegue.
- Los estudiantes pueden responder en cualquier orden y devolverse a preguntas respondidas previamente para completar y corregir.
- Una vez que la prueba se somete al autocalificador, es imposible retornar a las preguntas para corregir.
- La calificación se obtiene inmediatamente después de someter la prueba al autocalificador.
- Las retroalimentaciones a las respuestas del examen se dan una vez todo el grupo ha finalizado la prueba.

Es evidente que con este tipo de prueba el estudiante tiene la oportunidad de buscar medios de ayuda para resolver sus preguntas. Sin embargo, la aleatoriedad en la selección y presentación de las preguntas dentro del examen mitiga, en alguna medida, esta posibilidad.

La principal ventaja es que se piensa más en el estudiante, dado que se disminuye la presión adicional por los tiempos tan rigurosos asignados



en los dos primeros ensayos. Además, en el ensayo no es relevante que el estudiante vuelva a leer lo que ya estudió si no recuerda algún concepto, dado que las preguntas no están orientadas a recitar conceptos, sino a aplicarlos en problemas específicos.

La figura 5 muestra el esquema gráfico de despliegue del total de preguntas en el tiempo asignado para la resolución del examen. Las preguntas se despliegan en su totalidad a partir del tiempo cero y los estudiantes tienen la posibilidad de retornar para revisar y completar las anteriores. No hay posibilidad de retorno luego de que el plazo venza o ya haya sido respondida y sometida a la plataforma para su autocalificación.

La figura 6 muestra el despliegue del examen para el ensayo 3. Esta corresponde a la vista del profesor. Cada punto se obtiene de un banco que contiene seis o más preguntas.

El 87 % de los estudiantes aprobó este examen. Esto constituye una mejora enorme con respecto al primer ensayo; la diferencia con el segundo no fue tan significativa. De forma positiva, los estudiantes consideran que hay más tiempo de revisión y pueden seleccionar el orden en que responden las preguntas.

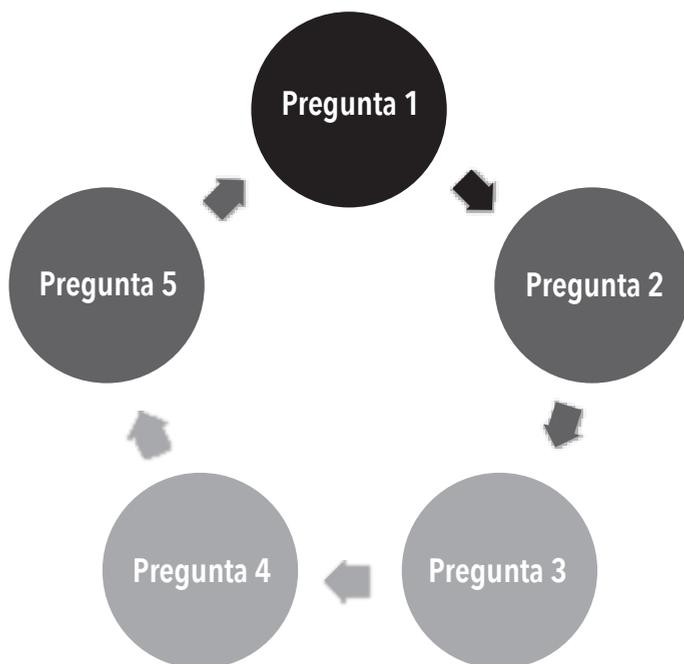


Fig. 5. Despliegue de las preguntas en el examen del ensayo 3.



Fig. 6. Configuración del examen para el ensayo 3.

VII. Resultados

Después de reflexionar sobre la forma en que debía aplicarse un examen que mitigara el fraude, que alcanzara un nivel de justicia y evitara la presión adicional del tiempo, se constituyeron los tres ensayos presentados, que derivan en los resultados mostrados en la tabla I.

TABLA I. Resultados de aplicación de los ensayos de exámenes

	Número de estudiantes	Promedio de calificación	% Aprobación
Ensayo 1	54	2,8	39 %
Ensayo 2	63	3,7	84 %
Ensayo 3	63	3,9	87 %

Estos ensayos se hicieron en una misma asignatura de sexto semestre de ingeniería de sistemas durante los periodos comprendidos entre el primer y el segundo semestres de 2020.

Se observa que hay un cambio significativo entre los resultados del ensayo 1 y los ensayos 2 y 3. La diferencia entre los ensayos 2 y 3 no es significativa.



El ensayo 3 se destaca porque genera menos presión en los estudiantes y es el más parecido a un examen presencial de desarrollo en el aula de clases, donde los estudiantes pueden seleccionar el orden en que responderán la prueba y, además, pueden retroceder para revisar las respuestas anteriores o completarlas.

Todos los ensayos tienen la carga adicional para el profesor por la construcción de muchas preguntas para alimentar los bancos y, de esta forma, garantizar la aleatoriedad. Sin embargo, benefician al profesor porque los autocalifica la plataforma una vez el estudiante concluye la prueba.

VIII. Conclusiones

Cabe resaltar que el tiempo de pandemia ha propuesto retos importantes tanto en las metodologías de enseñanza-aprendizaje como en la evaluación de los cursos impartidos.

Este último reto se hace grande ante la incertidumbre de cómo llevar un examen presencial escrito de un aula de clases al entorno virtual en la web. Un entorno en el que el estudiante no se hace visible tan fácilmente y puede ser proclive al fraude, el cual se puede materializar de muchas formas: comunicación con sus compañeros, revisión de contenidos en distintos medios, suplantación o cualquier otra modalidad.

Dado este panorama, los tres ensayos presentados muestran la evolución de la forma en que se despliegan los exámenes a los estudiantes de un curso de sexto semestre de ingeniería de sistemas en un entorno virtual, dentro de una plataforma que permite crear bancos de preguntas, configurar tiempos y autocalificar las pruebas una vez finalizadas. Los tres ensayos propenden a minimizar el fraude.

El primer ensayo es el más estricto, ya que presenta una pregunta cada diez minutos, y una vez transcurrido este tiempo se cierra y da paso a la siguiente hasta completar el examen. Las preguntas son escogidas aleatoriamente de un banco. En este primer ensayo no se puede volver a la pregunta ya respondida. Es una prueba que ejerce mucha presión en los estudiantes, lo cual tiende a que incurra en errores involuntarios en sus respuestas.

El segundo ensayo es una apuesta intermedia, donde se despliegan lotes de preguntas que deben ser respondidas en un tiempo específico.



Los lotes se presentan uno a uno con un tiempo determinado para la resolución de las preguntas dentro de él. Las preguntas dentro de cada lote se seleccionan aleatoriamente de un banco. Los estudiantes pueden responder las preguntas en cualquier orden dentro de cada lote y regresar a las preguntas ya respondidas para revisarlas o complementarlas.

El tercer ensayo despliega todas las preguntas a la vez durante el periodo de tiempo establecido para el examen. Las preguntas se seleccionadas aleatoriamente de un banco y se presentan en cualquier orden dentro de la prueba. Es el ensayo más justo de los tres y alivia la presión sobre los estudiantes. Estos pueden responderlas en cualquier orden y retroceder para revisarlas o completarlas.



Referencias

- [1] IADB. La educación en tiempos del coronavirus: Los sistemas educativos de América Latina y el Caribe ante COVID-19. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-educacion-en-tiempos-del-coronavirus-Los-sistemas-educativos-de-America-Latina-y-el-Caribe-ante-COVID-19.pdf> (accedido jun. 12, 2021).
- [2] The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning> (accedido jun. 12, 2021).
- [3] A. Fontana, Pandemia, tecnologías digitales y formación docente. Preguntas a partir de la experiencia, *Pensar Educ. En Tiempos Pandemia*, pp. 201-212, 2020.
- [4] A. Cannellotto, Universidades viralizadas: la formación en y post pandemia, *Pensar Educ. En Tiempos Pandemia*, pp. 213-228, 2020.
- [5] J. Van Dijck, *La cultura de la conectividad: Una historia crítica de las redes sociales*, 1.ª ed. Buenos Aires: Siglo Veintiuno, 2016.
- [6] O. Graizer, Contextos de transmisión: entre lo que es y lo que está siendo, *Pensar Educ. En Tiempos Pandemia*, pp. 251-266, 2020.
- [7] T. Moreno Olivos, La evaluación del aprendizaje en la universidad: tensiones, contradicciones y desafíos, *Rev. Mex. Investig. Educ.*, vol. 14, n.º 41, pp. 563-591, jun. 2009.
- [8] «tiposevaluacion.pdf». Accedido: jun. 14, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.edu.xunta.gal/centros/cpicruce/system/files/tiposevaluacion.pdf>
- [9] «Blackboard Learn | Blackboard». <https://www.blackboard.com/es-lac/teaching-learning/learning-management/blackboard-learn> (accedido jun. 15, 2021).18



Autor

José Márquez

Recibió los títulos de Ph.D en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Norte, magíster en Ciencias de la Computación del Itesm-México en convenio con la Universidad Autónoma de Bucaramanga, e ingeniero de sistemas de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. Desde 1995 es profesor de tiempo completo del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad del Norte. Su investigación se centra en la calidad del servicio (QoS) en redes de computadores, Redes AdHoc y codificación de redes en *multicasting*.



Claudio Camilo González Clavijo.

Recibió los títulos de magíster en Educación con énfasis en Desarrollo Humano de la Universidad de San Buenaventura (Cali), en 2011 y de ingeniero de sistemas de la Universidad Central en 1991. Ha desempeñado cargos de dirección académica. Actualmente realiza el doctorado en Tecnología Educativa de la Universidad de Lleida (España) y es el decano de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) de Colombia, donde también es investigador.

Evaluación de resultados de estudiantes en Ingeniería Industrial de la Javeriana Cali con el modelo 1 – 7 de ABET

Jorge Francisco Estela Uribe

Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana de Cali

jfe@javerianacali.edu.co

Resumen— En este artículo se presenta la comparación de las evaluaciones de los resultados de estudiantes en el Programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali entre los modelos A-K y el nuevo modelo 1-7. Como es sabido, ABET cambió al modelo 1-7 a finales de 2017, que entró en efecto a partir de 2019. Esto obligó a los programas de la Javeriana de Cali a adoptar el nuevo modelo durante la vigencia de su periodo de acreditación. Se presenta un resumen del modelo de evaluación de programas en los semestres 2018-2 a 2020-2.

Abstract— This work presents the comparison of the evaluation of student outcomes of the Industrial Engineering program of Javeriana Cali between the model A-K and the new model 1-7. As it is well known, ABET adopted the model 1-7 at the end of 2017 to be implemented since 2019. This forced the engineering programs of Javeriana Cali to change to the new system during their current period of accreditation. The bases of the program evaluation model is presented along with the results for the semesters 201782 to 2020-2.



I. Introducción

Este artículo presenta el producto de la evaluación de resultados de estudiantes en el Programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali entre el segundo semestre de 2018 y el segundo semestre de 2020.

La Facultad de Ingeniería y Ciencias de la universidad introdujo en el segundo semestre de 2018 el modelo de resultados de estudiantes que la Comisión de Acreditación de Ingeniería (EAC, por sus iniciales en inglés) de ABET aprobó a finales de 2017 para que entrara en efecto a partir de 2019. Este proceso lo documentó el autor en [1], pero se resume en que hubo que adaptar el modelo de evaluación de programas del modelo vigente anteriormente, el llamado modelo A-K, al nuevo, que en lo sucesivo se denominará modelo 1-7. Las mediciones con este modelo se iniciaron en el segundo semestre de 2018 y han seguido ininterrumpidamente desde entonces.

A continuación, se expone lo obtenido en cada uno de los siete resultados de estudiantes y el agregado del programa, para los cinco semestres de observación. Por supuesto, este ejercicio ofreció la posibilidad de observar qué efecto hubo en las mediciones por causa del método de educación remota y digital producto de la emergencia sanitaria del COVID-19 en el año 2020. En efecto, los resultados fueron mucho más satisfactorios de lo esperado, con mejoras del orden de un 10 % en los resultados agregados del Programa de Ingeniería Industrial.

II. El modelo de resultados de estudiantes 1-7

Las definiciones de los nuevos resultados de estudiantes de la EAC están disponibles en el sitio web de ABET, pero se reproducen aquí para facilidad del lector:

1. La habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería por medio de la aplicación de principios de ingeniería, ciencia y matemáticas.
2. La habilidad para aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, la seguridad y el bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos.



3. La habilidad para comunicarse efectivamente con una variedad de audiencias.
4. La habilidad para reconocer las responsabilidades éticas y profesionales en situaciones relacionadas con la ingeniería y para hacer juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.
5. La habilidad para funcionar efectivamente en equipos cuyos miembros en conjunto proveen liderazgo, crean un ambiente colaborativo e incluyente, establecen metas, planean tareas y cumplen objetivos.
6. La habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones.
7. La habilidad para adquirir y aplicar conocimiento que sea necesario, empleando estrategias apropiadas de aprendizaje.

Aunque ABET no ha recomendado ninguna equivalencia entre ambos modelos de resultados de estudiantes, es fácil identificar esas correspondencias como se indica en [1]. Por conveniencia, el Programa de Ingeniería Industrial entiende los resultados de estudiantes de la siguiente forma:

- Resultado de estudiantes 1: aplicación de conocimiento científico y técnico para resolver problemas complejos de ingeniería.
- Resultado de estudiantes 2: diseño de ingeniería para satisfacer necesidades en una variedad de contextos.
- Resultado de estudiantes 3: comunicación efectiva.
- Resultado de estudiantes 4: responsabilidad profesional y comprensión de los impactos de la ingeniería en varios contextos.
- Resultado de estudiantes 5: trabajo en equipo.
- Resultado de estudiantes 6: habilidad experimental y análisis e interpretación de información.
- Resultado de estudiantes 7: aprendizaje independiente según las necesidades.



III. El modelo de evaluación de resultados de estudiantes en cursos

Este modelo se describió en detalle en [2], y aquí se presenta un resumen. La base del modelo es la asignación de pesos relativos a la relación entre los objetivos educativos del programa académico y los resultados de estudiantes. Dichas relaciones indican los resultados de estudiantes sobre los que se apoya el logro de los objetivos educativos del programa académico. Por regla general, los programas académicos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias tienen cinco objetivos educativos, cada uno de los cuales se apoya en todos los resultados de estudiantes o en algunos pocos. Lo importante es que a cada una de esas interrelaciones se les asigna un nivel de relevancia en una escala discreta de 1 a 4, donde 1 es la mínima relevancia y 4 el valor máximo. Cada uno de los resultados de estudiantes tiene una suma de puntos que, comparada con el puntaje total, define el peso relativo del resultado de estudiantes en el conjunto de siete resultados. En la tabla 1 se expone la matriz de relaciones y pesos relativos.

Tabla 1. Matriz de relaciones entre objetivos educativos y resultados de estudiantes

Resultados de estudiantes	Objetivos educativos					Puntos	Pesos relativos (%)
	1	2	3	4	5		
1	4	4	3		3	14	18
2	4	4	2		3	13	16
3	3	2		4		9	11
4	3	2	4	4		13	16
5	2	2	2	4		10	13
6	3	4	1		3	11	14
7	3	1		1	4	9	11

De este ejercicio se concluye que el resultado de estudiantes más importante es la aplicación de conocimiento para resolver problemas de ingeniería, seguido en igual medida por el diseño de ingeniería y la comprensión de los impactos de la ingeniería; por la interpretación de información y por el trabajo en equipo, para terminar, en igual medida, con la comunicación efectiva y las estrategias de aprendizaje independiente. Los objetivos educativos son: 1. Los graduados seguirán



carreras como ingenieros industriales en la industria, la academia o el sector público. 2. Contribuirán al mejoramiento de la productividad y la calidad en sus organizaciones. 3. Contribuirán al bienestar y la sostenibilidad de sus comunidades y organizaciones. 4. Se distinguirán por su sentido de ciudadanía responsable, profesionalismo, liderazgo, y habilidades de comunicación. 5. Desarrollarán su habilidad para aprender independientemente como medio para su desarrollo profesional o estudios de posgrado.

La segunda parte del modelo consiste en establecer las relaciones entre los cursos y los resultados de estudiantes, es decir, asignar los resultados de estudiantes que cada curso puede desarrollar según su naturaleza, contenido y metodología. Por regla general del modelo, excepto el proyecto final de diseño, que se apoya en los siete resultados de estudiantes, todos los demás cursos involucran máximo cuatro resultados por curso. De nuevo se cuantifican esas relaciones en la misma escala de niveles de relevancia, de modo que los pesos relativos entre resultados de estudiantes sean iguales, o tan cercanos como sea posible, a los pesos relativos de la relación de objetivos educativos contra resultados de estudiantes. Esa es la forma de asegurar que la distribución de resultados de estudiantes entre el currículo sea consistente con la relación entre los resultados de estudiantes y los objetivos educativos. El resultado de lo anterior es que a cada curso le corresponde una “fórmula”, es decir, una especificación de los resultados de estudiantes que debe desarrollar con los correspondientes niveles de relevancia. Por ejemplo, el curso de Investigación de Operaciones I desarrolla los resultados de estudiantes 1, 6 y 7 con los pesos relativos 4, 2 y 4, respectivamente; el curso de Termodinámica desarrolla los resultados 1, 3, 4 y 6, con pesos relativos 4, 1, 1 y 4, respectivamente.

De lo anterior se deduce que los instrumentos de evaluación del curso, con su distribución porcentual, deben respetar los pesos relativos de la fórmula del curso. Así, cada instrumento de evaluación, o sea exámenes, laboratorios, tareas, proyectos, etc., está orientado a desarrollar una cantidad específica de resultados de estudiantes con una distribución porcentual específica. Entonces, es posible establecer un “balance de evaluación”, es decir, la distribución de resultados de estudiantes sobre los instrumentos de evaluación, de modo que se respete, al final del curso, el balance de pesos relativos entre los resultados de estudiantes del curso. Esto significa que la nota de cada instrumento de evaluación resulta única y exclusivamente de la evaluación de desempeño en los



resultados de estudiantes que le corresponden. Al final, la nota de curso resulta, de la manera convencional, a partir de la ponderación de las notas en los instrumentos de evaluación, pero equivalentemente da lo mismo, ponderando las notas en los resultados de estudiantes con sus pesos relativos.

Finalmente, los cursos que participan en la evaluación de resultados de estudiantes son: Ciencia e Ingeniería de Materiales, Termodinámica, Estática y Resistencia de Materiales, Control Estadístico de Procesos, Operaciones I, Operaciones II, Ingeniería de Métodos, Investigación de Operaciones I, Investigación de Operaciones II, Simulación, Ingeniería Económica, Modelación Logística, Introducción a la Ingeniería Industrial e Ingeniería de Costos.

IV. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIANTES

A continuación, se dan a conocer los siete resultados de estudiantes y los agregados del Programa de Ingeniería Industrial para el periodo de 2018-2 a 2020-2.

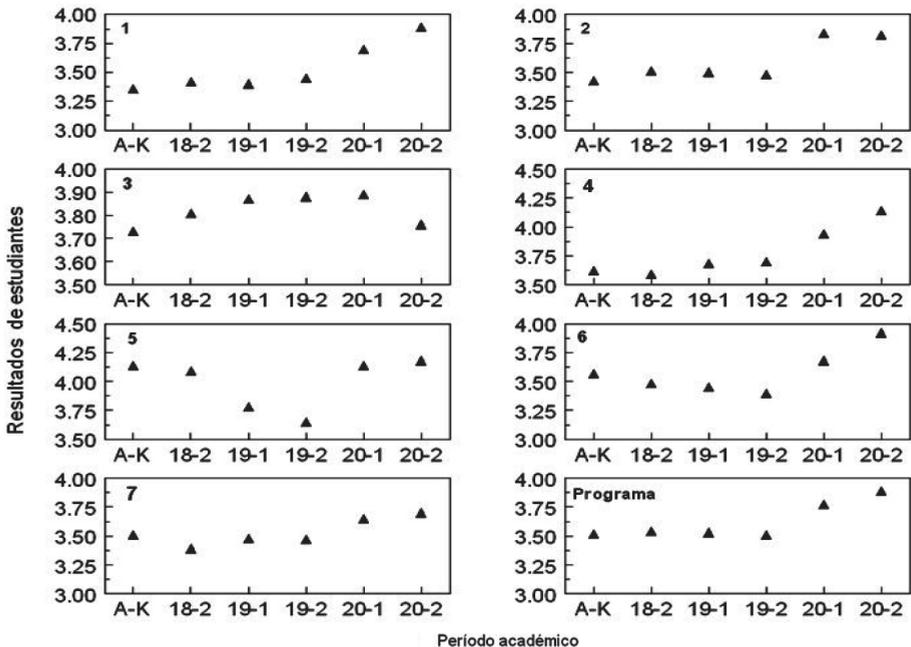


Figura 1. Producto de la evaluación de resultados de estudiantes



En la figura 1, cada uno de los paneles corresponde al resultado de estudiantes numerado y el panel “Programa” son los resultados agregados de éste. En cada uno de los paneles está la entrada “A-K”, que corresponde al promedio de los resultados con el modelo A-K desde que se inició la medición en el periodo 2012-2 y corrió hasta el semestre 2018-1. Para calcular estos promedios A-K se utilizaron las equivalencias entre los dos modelos que se describen en [1].

Los resultados 1, 2, 3, 4 y 7, y el agregado del programa mostraron un crecimiento sostenido a lo largo del periodo de observación; mientras que los resultados 5 y 6 mostraron un desmejoramiento considerable hasta el semestre 2019-2, pero también una recuperación notable durante el año 2020. Así mismo, cabe destacar que todos los resultados de estudiantes crecieron con respecto al promedio que traían del modelo A-K.

Estos resultados sugieren que los profesores tuvieron un periodo de ajuste de dos semestres, o tres en algunos casos, al nuevo modelo de evaluación. Adicionalmente, el programa incorporó dos nuevos cursos de evaluación al inicio del periodo de observación, como sucedió con Ingeniería de Costos e Introducción a la Ingeniería Industrial, con el consiguiente periodo de ajuste de los métodos de evaluación. Por otra parte, los resultados también indican que, una vez pasado el ajuste, los cursos empezaron a mejorar sus resultados sólidamente.

También es interesante ver que el mayor mejoramiento de los resultados ocurrió en el año 2020, cuando sobrevino la emergencia sanitaria del COVID-19 desde finales de marzo. Como es conocido por todos, el sistema educativo debió cambiar, en materia de una semana, del régimen de educación presencial al sistema de clases a distancia por medios digitales. Esto obligó a los profesores a transformar las metodologías e incorporar una variedad de medios de apoyo a la enseñanza. También las universidades hicieron grandes inversiones en el soporte tecnológico para posibilitar las clases por videoconferencia más una rica variedad de medios y pedagogías. Al inicio de la emergencia, en particular para este modelo de evaluación de cursos, la gran inquietud era el efecto que habría sobre los resultados de estudiantes que más dependen de las actividades prácticas y presenciales. Por ejemplo, el resultado cinco (trabajo en equipo) y el seis (habilidad experimental). Sin embargo, los resultados de la figura 1 muestran que no hubo tal efecto negativo sobre esos resultados de estudiantes; por el contrario, mostraron un mejoramiento muy robusto. La hipótesis es que sirvió la gran inversión que hizo la



Facultad de Ingeniería y Ciencias en la adquisición de simuladores de laboratorio, a producción de videos demostrativos y la realización de prácticas presenciales en la medida en que el protocolo de bioseguridad lo permitió, principalmente en el segundo semestre de 2020. Por su parte, los profesores reportaron que dedicaron mucho más tiempo a las exposiciones teóricas y a ilustrar la solución de ejercicios.

De todas formas, también es necesario admitir un cuestionamiento legítimo en torno a la integridad de las evaluaciones realizadas por medios remotos/digitales, pues hay muchas evidencias de propagación de errores y esquemas errados de solución de problemas. Esta es una preocupación inherente al método que se está empleando por obligación y es imposible separar su efecto sobre estas evaluaciones.

V. Conclusiones

Los resultados mostraron un método robusto y confiable de evaluación de los resultados de estudiantes. Tanto el programa en su conjunto como cada uno de los resultados de estudiantes, mostraron un mejoramiento continuado a lo largo de cinco semestres de observación que permite concluir que el programa está desarrollando adecuadamente los resultados de estudiantes. El periodo de observación incluyó el año 2020, en el que ocurrió la emergencia sanitaria, y los resultados no mostraron un efecto nocivo sobre la evaluación de los resultados de estudiantes. Esto es un tributo a la capacidad del programa y de los profesores para adaptarse a un cambio brusco de metodologías, pero también deja inquietudes muy difíciles de resolver sobre la integridad de algunas evaluaciones.

Referencias

1. Estela U., J. F. *Buenas prácticas de assessment en programas de ingeniería de Colombia*, pp. 59-66, ACOFI-Universidad del Norte, 2020.
2. Estela U., J. F. *Buenas prácticas de assessment en programas de ingeniería de Colombia*, pp. 55-67, ACOFI-Universidad del Norte, 2018.

Buenas prácticas de *Assessment* en Programas de Ingeniería, se terminó de imprimir en el mes de marzo de 2022 en los talleres de Opciones Gráficas Editores Ltda., en la ciudad de Bogotá.

Somos una empresa responsable con el ambiente.

