



---

# Portafolios de evidencias para un aprendizaje contextualizado y una evaluación formativa en Ingeniería en Computación: Experiencia en el curso de Análisis de Algoritmos

*Diego Munguía Molina*<sup>1</sup>

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Costa Rica

[dmunguia@itcr.ac.cr](mailto:dmunguia@itcr.ac.cr)

## Resumen

El curso de Análisis de Algoritmos de la carrera de Ingeniería en Computación del TEC es parte fundamental de la formación de profesionales en las áreas de ingeniería de software o ciencia de la computación. Tiene, además, un fuerte componente matemático que lo diferencia de otros cursos más enfocados en programación. En función de estas características, se plantean tres preguntas para mejorar el curso: ¿cómo fomentar aprendizajes significativos y permanentes de sus contenidos?, ¿cómo colocar estos aprendizajes en un contexto tal que sean aplicables para la mejora y el bienestar de la sociedad?, ¿cómo lograr una evaluación que sea más justa y formativa? Se propone una metodología de mediación pedagógica centrada en portafolios de evidencias para acercarse a estas cuestiones. Se analiza, cualitativamente, el efecto de aplicar esta metodología en el curso durante dos semestres, a partir del aporte



<http://dx.doi.org/10.15359/rep.esp-21.3>

- <sup>1</sup> Ingeniero en Computación por la Escuela de Computación del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Máster en Educación con énfasis en Pedagogía Universitaria por la Universidad Nacional de Costa Rica. Se desempeña como profesor en la carrera de Ingeniería en Computación en la Unidad Desconcentrada IC en el Centro Académico de Alajuela y como investigador y extensio-nista en el Laboratorio Experimental de la misma unidad en la línea de educación en ingeniería.

de observaciones y reflexiones del estudiantado que participó. Los resultados indican una mejora en las calificaciones, y una profundización en los contenidos, gracias a la oportunidad y motivación para indagar, aprender haciendo y reflexionar sobre los propios aprendizajes.

**Palabras claves:** Ingeniería, ciencias de la computación, portafolios, evaluación formativa, aprendizaje contextualizado.

### **Abstract**

The course Analysis of Algorithms from the major in Computer Science at TEC is fundamental part of the academic preparation of professionals in the areas of software engineering or computer science. I also has a strong mathematical component that differentiates it from other courses that are more focused on programming. Based on these characteristics, three questions to improve the course were formulated: How can meaningful, permanent learning of contents be fostered?, How can these instances of learning be placed in a context that allows applying them for society's improvement and well-being?, and How can a more fair and more formative assessment process be attained? Thus, a methodology of pedagogical mediation focused on portfolios is proposed. The effects of applying this methodology in the course during two semesters was analyzed qualitatively from observations and students' reflexions. The findings point to an improvement in students' grades and deepening in the contents studied thanks to the opportunity and motivation to inquire, learn by doing, and reflect on one's own learning.

**Keywords:** engineering, computer science, portfolios, formative assessment, contextualized learning

## **Introducción**

**A**nálisis de Algoritmos es un curso básico de la carrera de Ingeniería en Computación en el área de ciencias de la computación, ubicado en el tercer semestre del plan. Se enfoca en el desarrollo de habilidades técnicas para la aplicación de herramientas matemáticas —como lo son la matemática discreta, el



análisis asintótico, y el cálculo— en el análisis del potencial consumo de recursos de un algoritmo<sup>2</sup> abstrayendo los detalles particulares de la máquina donde se ejecuta. Tradicionalmente, se imparte siguiendo las estrategias didácticas de clase magistral y de evaluación sumativa basada en pruebas y tareas cortas, exámenes y proyectos ([Escuela de Computación, 2013](#)).

Los contenidos de este curso son fundamentales para la práctica de la disciplina, pues permiten determinar las limitaciones de las herramientas a su disposición para la resolución de problemas computacionales. Estos contenidos serán necesarios para desarrollar conocimientos sobre temas más avanzados de la carrera y para tratar problemas de investigación y aplicación de mucha relevancia en la actualidad como lo son los grandes datos o la inteligencia artificial, temas que hoy en día empujan los alcances de la disciplina. Por lo tanto, resulta necesario lograr aprendizajes significativos en el estudiantado, que superen la memorización mecánica y que permitan a sus estudiantes poder utilizar este conocimiento en la resolución de problemas complejos que encontrarán en el ámbito profesional y académico. Este es el primer problema que motivó al planteamiento de la experiencia que aquí se comparte: ¿Cómo lograr una construcción del conocimiento permanente y significativo para la mayoría de estudiantes que pasen por este curso?

El segundo problema tiene que ver con la necesidad de superar un enfoque exclusivo en el conocimiento técnico. La razón instrumental, a pesar de ser una dimensión de indiscutible importancia en el proceso de formación profesional de esta carrera, no debería ser la única. [Horheimer \(1947\)](#) advierte sobre la fetichización de la razón instrumental —a través de la cual esta deja de ser un medio para convertirse en un fin en sí misma por su valor utilitario— y su efecto en la mecanización tanto de nuestra relación con el resto de la naturaleza como de nuestra propia construcción de sociedad. Ante esta posibilidad, es necesaria la capacidad para analizar críticamente la tecnología, contextualizando sus alcances y efectos en el marco de alguno de los proyectos posibles para el desarrollo humano. Por tanto, se plantea también la pregunta: ¿Cómo gestionar un eje transversal en el curso para fomentar una contextualización de estos contenidos técnicos tan puntuales?

<sup>2</sup> Principalmente, se refiere al consumo de tiempo de procesador y espacio de memoria cuando el algoritmo se implementa como un programa en un sistema computacional.

La primera vez que el autor impartió este curso en el semestre 2017-I se siguió el acercamiento didáctico tradicional, con una evaluación de dos rubros: 20 % para pruebas cortas y 80 % repartido en 4 exámenes sumativos compuestos por preguntas de desarrollo. El primer examen tuvo una media de calificaciones de 30 %; justo después de este examen, 5 estudiantes se retiraron del curso. La media de calificaciones de exámenes fue de 41,9 puntos de los 80 disponibles. Reflexionando sobre los resultados de esta instancia del curso, principalmente en cuanto a las personas estudiantes que decidieron retirarse después del primer examen, se observan algunos posibles problemas con el planteamiento de la evaluación: el enfoque sumativo podría fomentar la memorización de mecánicas matemáticas y algorítmicas más que de pensamiento crítico, contextualización de conocimientos y resolución de problemas, limitando las posibilidades de aplicación efectiva de este conocimiento en contextos de desempeño profesional. Por otro lado, los resultados de la evaluación plantean la duda sobre si se están construyendo aprendizajes significativos o no, pues los resultados negativos podrían deberse a un mal desempeño relacionado con el formato de las pruebas o simplemente a que no se desarrollaron las habilidades necesarias para resolverlas. En cualquier caso, el planteamiento evaluativo utilizado no permite profundizar en esta pregunta. Respecto de esta reflexión se plantea la cuestión sobre la necesidad de un método de evaluación que sea formativo, con el fin de poder observar continua y permanentemente el progreso de las personas estudiantes en su aprendizaje. Principalmente para tomar medidas correctivas a tiempo y minimizar la tasa de retiros y reprobación.

La propuesta que se ensaya para las tres preguntas aquí planteadas es que el proceso de desarrollo de un portafolio de evidencias —como apoyo a la mediación y a la evaluación, y orientado hacia la reflexión crítica y el diálogo tanto horizontal como histórico— fomenta la construcción de aprendizajes significativos y contextualizados. Esta propuesta se puso en práctica para el curso en cuestión durante dos semestres (2017-II y 2018-I), este artículo documenta la sistematización de esta experiencia con el fin de fomentar su discusión crítica en aras de mejorarla y, posiblemente, inspirar el desarrollo de experiencias similares en otros contextos de educación superior en computación.



## Antecedentes

Es posible encontrar, en la bibliografía, distintas experiencias documentadas sobre el uso de la técnica del portafolio en las áreas de tecnología e ingeniería. Pérez *et al.* (2015) realizaron una revisión de investigaciones teóricas publicadas principalmente en español sobre evaluación del aprendizaje entre 2009 y 2013. Determinaron que el portafolio fue uno de los temas de investigación más estudiados en la muestra seleccionada, tanto como instrumento de evaluación como estrategia formativa. Dentro de sus conclusiones resaltaron la doble función evaluativa y formativa del portafolio.

[El portafolio] es el instrumento mediador por excelencia, para valorar el desempeño de los estudiantes ... propiciando el uso colaborativo de otras herramientas, como formas de mediación, para crear, obtener y comunicar sentido, en ayudar a los estudiantes a apropiarse o tomar el control de su propio aprendizaje. (Pérez *et al.*, 2015, p. 162)

Barragán (2005) reportó una experiencia del uso de portafolios en un curso sobre tecnología educativa para la carrera de ciencias de la educación, a nivel de licenciatura, en la Universidad de Sevilla, España. Afirmó que la motivación para utilizar esta técnica es la formación de estudiantes reflexivos y críticos. Propuso estructurar los portafolios en dos bloques, uno para actividades obligatorias y el otro para actividades optativas. El trabajo obligatorio pretendía establecer un piso mínimo, mientras que el optativo abría la posibilidad de aumentar la calificación. Resalta la actividad optativa llamada *diario de campo* que buscaba obtener la opinión de estudiantes sobre cómo aprendieron y cómo se sintieron durante el proceso. La evaluación se realizó como un proceso constante de realimentación, aunque no especifica cuál fue la dinámica que se siguió ni su frecuencia. Reportó, como resultados, que el uso de portafolios no impactó negativamente el rendimiento académico de las personas estudiantes y que hubo un número satisfactorio de aprobados (79 %). Adicionalmente, las personas estudiantes reportaron un grado de satisfacción favorable con las actividades realizadas y con su nivel de aprendizaje. Como consideración final, se resaltó el grado de esfuerzo requerido por parte del personal docente, pues el uso de

portafolios requiere de atención individualizada. En su caso reportaron una proporción de 112 estudiantes por docente.

May *et al.* (2016) evaluaron los resultados de la utilización de portafolios en tres cursos del área de ingeniería en el Instituto Tecnológico Superior de Progreso en Yucatán, México. De los resultados reportados, resalta la relación que se da entre el nivel de experiencia del personal docente implementando la técnica del portafolio y la percepción estudiantil sobre el aporte del portafolio a su propio aprendizaje, estudiantes que trabajaron portafolios con docentes con poca experiencia no percibieron que este hubiera ayudado a su aprendizaje. En este caso, también se resaltó el tiempo que se invierte en las revisiones conjuntas del portafolio entre estudiante y docente. El estudiantado de los primeros tres semestres de carrera percibió el portafolio como una imposición y un requisito a cumplir; mientras que el más avanzado encontró valor en el portafolio como material de referencia a futuro.

Muñoz y Moreno (2014) reportaron resultados del uso experimental de portafolios en el curso de Bases de Datos de la carrera de computación en la Escuela Politécnica de Zamora en España. El uso de portafolios se planteó de manera tal que no afectara la calificación de las personas estudiantes que decidieran participar voluntariamente del experimento; 9 estudiantes participaron del estudio. El portafolio se estructuró con tres secciones: una presentación de cada estudiante; una sección de reflexiones y análisis del aprendizaje en las que para cada ejercicio asignado se incorporan elementos de reflexión sobre la complejidad del ejercicio y una sección de monitoreo de tiempo. Dentro de los resultados encontrados, reportaron las autoras que el 75 % estudiantes participantes aprobó el primer examen del curso y 100 % el segundo examen. Resaltaron la exigencia de tiempo para la persona docente. Las personas estudiantes reportaron una mayor capacidad de reflexión, el desarrollo de habilidades técnicas sobre bases de datos, y el desarrollo de habilidades de organización de tareas. También consideraron que las tareas del portafolio estaban al mismo nivel que las tareas regulares del curso, además de que fueron interesantes y que fomentaban la aplicación del conocimiento visto en clase. Finalmente, consideraron que las actividades del portafolio requirieron más tiempo del esperado.

Cain y Woodward (2013) analizaron su experiencia utilizando portafolios en un curso introductorio de programación de computadoras en EEUU. El portafolio contenía una colección del trabajo



realizado en exámenes y asignaciones semanales, y un reporte de aprendizaje que incluía reflexiones sobre lo aprendido, una justificación de la selección de los trabajos para el portafolio, y cómo estos se relacionaban con los objetivos de aprendizaje del curso. Los autores analizaron las reflexiones reportadas por sus estudiantes, obteniendo dos grandes categorías: asuntos generales sobre aprendizaje, y asuntos relacionados con programación de computadoras. En cuanto a los aspectos generales resaltaron: autocrítica en el manejo del tiempo, problemas con enfrentarse a temas de computación por primera vez, y reflexiones sobre las oportunidades de aprendizaje a partir de los errores cometidos. Con respecto a los asuntos relacionados con programación, identificaron una serie de aspectos técnicos que representaron dificultades particulares para el estudiantado como: el uso de punteros, recursividad, paso de parámetros y diseño de programas. Finalmente, emitieron las siguientes recomendaciones: evitar mezclar evaluación formativa con evaluación sumativa, pues la evaluación sumativa fomenta que no se hable abiertamente de los errores y limitaciones en el entendimiento; hay una curva de aprendizaje para ajustarse al trabajo con portafolios; es importante una comunicación de las expectativas sobre el trabajo a realizar con el portafolio, particularmente en relación con el manejo del tiempo; es necesario mantener una retroalimentación constante sobre los resultados, en especial para identificar y corregir retos o limitaciones en los aprendizajes; algunas personas estudiantes entregaron trabajos deliberadamente incorrectos para que el personal tutor resolviera los problemas al corregirlos en las revisiones parciales; se recomienda utilizar ayudas visuales para observar el progreso y el manejo del tiempo; y, finalmente, se sugiere avisar a las personas estudiantes de retos y problemas comunes para manejar sus expectativas y evitar retiros por desmotivación.

A partir de esta breve revisión, se observa que el portafolio es una técnica utilizada en diversos contextos culturales y educativos. Es también un tema de interés actual en investigación. Se ha utilizado en contextos de enseñanza en ingeniería y tecnología con resultados satisfactorios. Las recomendaciones generalizadas tienen que ver con el hecho de que el uso de este instrumento requiere de una mayor inversión de tiempo, tanto de parte de las personas estudiantes como de las docentes, para ser desarrollada a cabalidad en comparación con actividades de evaluación más tradicionales. Otras recomendaciones se

refieren al choque cognitivo y a la curva de aprendizaje que puede generar la aplicación de esta técnica en estudiantes; particularmente para quienes la están experimentando por primera vez.

Se desprende de los trabajos aquí mencionados que el portafolio es una herramienta que puede ser utilizada con fines muy diferentes, tanto en contextos pedagógicos que busquen la formación de profesionales con mayor criticidad y reflexión, así como en contextos más pragmáticos, por ejemplo en la capacitación técnica a través de la enseñanza por competencias (Barragán, 2005).

### Referentes teóricos

El aprendizaje es un proceso central relacionado con las preguntas planteadas en este estudio. Por esta razón, el punto de partida serán las propuestas teóricas del constructivismo sociohistórico cultural (CSHC) y la pedagogía de la liberación. En relación con los problemas que inspiran esta experiencia, desde el CSHC se plantea cómo fomentar aprendizajes significativos, y se menciona, específicamente, un acercamiento para la enseñanza de la matemática, pues el análisis de algoritmos es matemática aplicada. Por otro lado, la pedagogía de la liberación tiene como fin lograr una educación contextualizada a la realidad de sus estudiantes, de manera que les permita observarla críticamente y transformarla.

A continuación, se establecen los referentes teóricos sobre los que se basa el acercamiento propuesto para las dos preguntas de praxis pedagógica problematizadas en este estudio: la mediación y la evaluación.

### Mediación

Vygotsky (2015) plantea la teoría del CSHC como una explicación del funcionamiento de los procesos de aprendizaje a partir del estudio del desarrollo infantil. De acuerdo con este autor, el conocimiento no fluye desde los objetos ni desde las personas, más bien el conocimiento es construido por cada individuo a partir de su interacción con el medio que le rodea —los objetos y las otras personas—. Esta construcción se logra a través de la mediación del lenguaje, donde el significado de las palabras es la unidad mínima del conocimiento. De esta forma, el conocimiento contiene una dimensión histórica, pues se construye en el tiempo, junto con el lenguaje, de manera colectiva a través de la interacción social.



A partir de estas conclusiones, se derivan algunas implicaciones para los procesos educativos. Las personas estudiantes no pueden ser entendidas como agentes pasivos que reciben el conocimiento transmitido por las personas docentes. Más bien, deben adoptar un rol activo en la construcción de su propio aprendizaje. Por otro lado, la docencia se torna en una actividad de facilitación de experiencias significativas que serán insumos para la construcción de conocimientos. Se pone en cuestionamiento, entonces, el acercamiento didáctico tradicional basado en clases magistrales que se ha seguido en el curso.

Desde el CSHC, se entiende al aprendizaje como un proceso centrado en el estudiantado, no en la docencia, donde el conocimiento es construido activamente por quienes aprenden a partir de experiencias significativas con elementos de su entorno. Este entorno está constituido principalmente por otras personas (Barahona, 2013), de lo cual se desprende que el aprendizaje es un proceso social.

Vygotsky (2015) plantea, además, la teoría de la zona de desarrollo próximo (ZDP) como un derivado metodológico para el proceso de enseñanza y aprendizaje enmarcado dentro del CSHC. Propone que existe una relación dialéctica entre la enseñanza y el desarrollo —como construcción del conocimiento a partir de la mera experiencia—. La ZDP se entiende como un proceso cognitivo de sistematización de experiencias; como “el lugar en el que los conceptos espontáneos de un niño, empíricamente abundantes se encuentran con la sistematización y lógica del razonamiento adulto” (Vygotsky, 2015, p. 33).

La ZDP marca la diferencia entre la capacidad independiente, entendida como aquello que la persona estudiante puede lograr por sí misma, y la capacidad potencial, lo que puede lograr con la ayuda de una persona experta. Desde esta perspectiva, el papel docente es propiciar las situaciones significativas que permitan al estudiantado constante e iterativamente transformar su capacidad potencial actual en un nuevo estado de capacidad independiente.

El enfoque temático del curso objeto de este trabajo se enmarca en el área de la ciencia de la computación<sup>3</sup>, por tanto, el acercamiento pedagógico a este mismo se puede enriquecer tomando en cuenta los métodos epistemológicos de la matemática. En relación con esto,

3 La ciencia de la computación es una categoría matemática que estudia modelos abstractos para la mecanización de cálculos.

Schmittau (2003) contextualiza el CSHC a la enseñanza de la matemática. Parte de la observación de que los conceptos matemáticos no se pueden construir exclusivamente a partir de la experiencia<sup>4</sup>. Observa también que la didáctica enfocada en la mecánica de los procesos matemáticos es ineficaz, pues promueve la memorización, pero no la contextualización. La propuesta pedagógica de este autor es, entonces, desarrollar en conjunto, docentes y estudiantes, modelos abstractos que les permitan conocer la estructura lógica del concepto matemático en estudio.

Esta propuesta se inspira en el análisis que se realiza desde el CSHC de los conceptos científicos. Estos se caracterizan por ser históricos y culturales, es decir, son construidos colectivamente a través del tiempo y espacio. Entonces, debido a su propia naturaleza, su construcción está ligada a algún proceso de mediación entre sujetos. Así plantea, por ejemplo, que es posible entender la adición y sustracción como operaciones complementarias en un modelo abstracto de agregación de objetos; este mismo modelo puede ser aplicado a otras operaciones como la negación y disyunción en lógica booleana o la unión y diferencia en teoría de conjuntos.

La mediación a partir de estos modelos permite partir de lo abstracto, para estudiar algún fenómeno concreto y luego volver a lo abstracto para enriquecer el modelo con nuevos aprendizajes. Posibilita, además, establecer relaciones entre diversas teorías matemáticas y desarrollar habilidades para la resolución de problemas. En el caso del curso Análisis de Algoritmos, se trabajaría con apoyo docente en los algoritmos desde una representación abstracta<sup>5</sup>, para luego ser materializados en una implementación concreta en algún lenguaje de programación, analizada empíricamente y, por último, abstraída nuevamente en un modelo de análisis de complejidad.

Desde el pensamiento latinoamericano, el posicionamiento pedagógico de Freire (2005) coincide con la propuesta de Vygotsky (2015) en por lo menos dos puntos: entiende el aprendizaje como un proceso social, y destaca el rol central de la palabra. Parte del entendimiento de que todo proceso educativo es social y, por tanto, inevitablemente político. Para él, la educación tiene como finalidad

---

4 Algunos constructos ni siquiera tienen correlato con la realidad inmediata observable, por ejemplo, sería imposible construir al conjunto de los números reales partiendo del conteo como noción empírica.

5 Esta representación es una forma de pseudocódigo basado en notación lógico-matemática.



una transformación de la realidad de las personas educandas, particularmente aquellas que se encuentran sometidas bajo distintos niveles de relaciones de dominio y opresión.

Desde este acercamiento, no puede haber transformación de la realidad sin acción, y no puede haber acción transformadora sin una reflexión que la dirija. Así, plantea una praxis, un ciclo de realimentación entre la reflexión crítica que inevitablemente lleva a la acción, y una acción consciente que produce saber acerca del mundo, el cual se hará objeto de la reflexión.

De este modo, ni es un juego diletante de palabras huecas, un “rompecabezas” intelectual que por no ser reflexión verdadera no conduce a la acción, ni es tampoco acción por la acción, sino ambas. Acción y reflexión entendidas como una unidad que no deber ser dicotomizada. (Freire, 2005, p. 69)

Esta praxis no puede ser individual, pues implica reconocer el conocimiento como una producción social, que resulta de la acción y de la reflexión, de la curiosidad en constante movimiento de búsqueda (Freire, 2017).

Esta necesidad requiere, entonces, de un método para la construcción de conocimiento que llama *diálogo problematizador*. Coincide con Vygotsky (2015) en el papel primordial de la palabra como el medio a través del cual los sujetos construyen sus realidades; sin embargo, también profundiza en la idea al analizar la relación entre la palabra y el binomio de reflexión y acción contenido en ella — entiende la palabra como creadora, “como significación que se constituye en su intención significante, coincidente con intenciones de otros que significan el mismo mundo“ (Fiori, 2005, p. 15). Por tanto, es a través de la palabra que se produce el diálogo, y es el diálogo el medio para la construcción conjunta de la realidad.

El diálogo problematizador para que tenga sentido debe partir de un referente, de un entendimiento común entre los sujetos participantes en cuanto a aquello que se busca transformar, “a través del diálogo podemos mirar el mundo y nuestra existencia en sociedad como proceso, algo en construcción, como realidad inacabada y en constante transformación” (Zitkoski, 2015, p. 152).

Este referente común es lo que Freire llama “tema generador” (2005, p. 118). Por la misma naturaleza del binomio acción-reflexión que le vuelve inseparable, los temas generadores son producto de la relación indisociable humanos-mundo, de la interdependencia entre sujeto y objeto. En otras palabras, cada individuo construye su propia realidad, y para encontrar ese lugar común —el referente— es necesario investigar cuál es la realidad del otro ser, adentrarse en el conocimiento mutuo.

Esta investigación debe asumirse, además, de manera crítica, no basta entonces con llegar a un lugar común, es necesaria también la problematización, “[s]iendo un proceso de búsqueda de conocimiento, y por lo tanto de creación, exige de sus sujetos que vayan descubriendo, en el encadenamiento de los temas significativos, la interpenetración de los problemas” (Freire, 2005, p. 134).

Esta problematización se da a través del cuestionamiento de los temas que surjan. ¿De qué se tratan? ¿Por qué nos interesan? ¿Cómo se relacionan con temas anteriores? La pregunta adquiere, así, una importancia central en el proceso pedagógico, planteando los contenidos como problemas significativos que deben ser descifrados, en contraposición con otras perspectivas que se enfocan en la transmisión de “las respuestas correctas”.

Freire (2005) profundiza en la dimensión cultural del aprendizaje, indica que las experiencias de aprendizaje deben ser familiares para el estudiantado, afirma que “una primera condición que debe cumplirse se refiere a que, necesariamente, deben representar situaciones conocidas por los individuos cuya temática se busca detectar, lo que las hace reconocibles para ellos, posibilitando de este modo, su reconocimiento en ellas” (Freire, 2005, p. 144).

Desde la pedagogía de la liberación, se entiende la educación profesional “como un proceso de formación humana, que vincule formación técnica —los procesos de trabajo, de forma crítica— con los conocimientos técnicos, científicos, en su historicidad y a su función social y política” (Manfredi, 2015, p. 180). Se establece, de esta manera, como fin educativo la “construcción de sujetos humanos, críticos, social y políticamente activos” (Manfredi, 2015, p. 180).

¿Cómo se relaciona esto con la educación en ingeniería en computación? La computación nace en EEUU y Europa, en el contexto de las llamadas guerras mundiales; luego, durante la segunda mitad del siglo XX, se desarrolla principalmente en EEUU como parte del sector



militar y, a partir de la década del 60, como una industria masiva de consumo general. Este proceso de masificación permitió transformar la economía estadounidense en una economía global, estableciendo lo que [Castells \(2002\)](#) llama capitalismo informacional.

[Dussel \(2015\)](#) analiza la historicidad del pensamiento moderno occidental, que desemboca en este capitalismo informacional. Señala que el proceso inicia con la invasión europea a América en 1492, la cual potencia la dominación de Europa sobre buena parte del mundo. Esta dominación coloca el pensamiento moderno occidental en el tope de una jerarquía epistemológica construida desde este mismo pensamiento. La relación entre Occidente y su periferia, o entre el Norte y el Sur, como les llama [De Sousa \(2014\)](#), es una de hegemonía; el Sur consiente en adoptar al pensamiento moderno —racionalista, instrumentalizador, dicotómico y reduccionista— como la forma de pensamiento universal, como el único tipo de pensamiento válido, a costa de la minimización o desaparición de las formas de pensamiento locales y autóctonas, devaluadas con la categoría de mitologías o curiosidades etnológicas.

La computación llega a América Latina a través de procesos hegemónicos de transferencia tecnológica. De acuerdo con [De Souza \(2006\)](#), estos procesos de transferencia tecnológica del Norte hacia el Sur han tenido como objetivo, desde la colonia y hasta nuestros días, expandir sus mercados a estas economías periféricas, utilizándolas primordialmente como fuentes de mano de obra barata y de materia prima. A diferencia de los métodos directamente violentos utilizados durante la colonia, hoy en día estas relaciones de poder Norte-Sur se dan a través de una hegemonía epistemológica. Según [Dussel \(2015\)](#), esta hegemonía se construye desde la educación formal en el Sur, convenciendo a dichos pueblos de la inferioridad propia y de la necesidad de alcanzar un modelo de desarrollo prescrito por el Norte y que solo se puede entender desde el pensamiento moderno occidental.

En el caso de la computación, esta transferencia se da desde la Asociación para la Maquinaria Computacional (ACM, por sus siglas en inglés) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos capítulo de la Sociedad de Computadoras (IEEE-CS, por sus siglas en inglés) ([Sahami et al., 2013](#)), ambas localizadas en EEUU. La IEEE-CS se ha posicionado como un referente a nivel global en “todos los aspectos de teoría, diseño, práctica y aplicación relacionados con la tecnología y ciencia de la computación y procesamiento de información” ([IEEE](#)

Computer Society, s. f.). Estas organizaciones definen en conjunto recomendaciones curriculares para la educación superior en computación que son utilizadas como referencia por instituciones educativas en América Latina y el resto del mundo (Sabin *et al.*, 2016).

Dada esta situación de transferencia tecnológica y hegemonía Norte-Sur, se presenta el reto de lograr plantear experiencias pedagógicas que tengan sentido desde nuestro contexto latinoamericano para la mediación de los contenidos del curso Análisis de Algoritmos, dado su origen y la forma en que se transfiere; mucho del conocimiento y material generado en computación existe en inglés, y los problemas y ejemplos clásicos están contextualizados desde el Norte. Por otro lado, en busca de una transformación de estas relaciones hegemónicas, la pedagogía de la liberación también requiere un estudio de la historicidad de estos contenidos, así como una reflexión crítica sobre su papel en nuestra sociedad.

## Evaluación

La adopción de un acercamiento pedagógico basado en el constructivismo y el diálogo implica que la práctica de evaluación sumativa en el curso también debe ser problematizada. Álvarez (2011) critica la evaluación sumativa, pues esta persigue una pretensión de objetividad positivista. Propone que la evaluación más que objetiva debe ser justa. Fundamenta que sin sujeto no puede haber evaluación —pues en principio se procura evaluar el aprendizaje de las personas— y la pretensión de objetividad más bien separa al sujeto de la práctica evaluativa.

Su propuesta es más bien aprovechar la evaluación como una oportunidad más para el aprendizaje, tanto para la persona evaluadora como para la persona evaluada. De esta forma, la evaluación pretende conocer cuáles fueron los procesos de aprendizaje y sus correspondientes resultados.

Propone que, ante la producción estudiantil, la evaluación se enfoque en conocer cuál fue el proceso de elaboración y las estrategias de resolución aplicadas, así como la capacidad de argumentación de la persona evaluada, ¿puede explicar las causas de los errores y aciertos identificados? Este conocimiento permitirá, a quien evalúa, tomar decisiones justas y debidamente argumentadas.

En concordancia con Freire (2005), indica que este conocimiento es alcanzable a través del diálogo, y que requiere de una participación



activa de estudiantes y docentes. Este último grupo en su rol facilitador de la indagación a través de la problematización.

Este diálogo tiene como objetivo “comprobar y valorar ... la consistencia del razonamiento, de las adquisiciones y de las capacidades cognitivas del alumno” (Álvarez, 2011, p. 100). Impone el reto al personal docente de establecer un ambiente que promueva el entendimiento mutuo a través de una argumentación hilvanada por intervenciones que inviten al desarrollo y comunicación de ideas, más allá de un simple ejercicio de autoridad. La persona docente en este rol crítico de problematización motiva a sus estudiantes “a defender, argumentar y valorar críticamente las propias ideas, el conocimiento adquirido” (Álvarez, 2011, p. 100).

El portafolio es una técnica compatible con los principios de evaluación formativa expuestos por Álvarez (2011). Tiene como objetivos evidenciar y documentar, de manera crítica, el proceso de aprendizaje estudiantil; por esto se puede aprovechar como una oportunidad para el aprendizaje, pero también para la evaluación.

De acuerdo con Klenowski (2014), las características primordiales del portafolio incluyen: la colección de evidencias, el desarrollo de procesos autoevaluativos y de reflexión metacognitiva, y, finalmente, el desarrollo de procesos evaluativos dialógicos. Resalta el hecho de que el portafolio, como producto de aprendizaje, va más allá de tan solo ser una colección de evidencias, pues implica también un proceso de reflexión.

El desarrollo del portafolios implica por tanto documentar no sólo los logros conseguidos sino también las autoevaluaciones, las estrategias aplicadas y el análisis sobre las experiencias de aprendizaje, por lo que es mucho más que una simple colección de las tareas. (Klenowski, 2014, p. 39)

La colección de evidencias es, en sí, un proceso crítico mediante el cual la persona estudiante considera su propio proceso de aprendizaje y determina cuáles son los trabajos y productos desarrollados que mejor evidencian lo aprendido a lo largo del curso. Esta selección implica, además, un proceso autoevaluativo, una reflexión crítica sobre la pregunta: *¿qué he aprendido?*, guiada por los objetivos planteados para el curso. Esta autoevaluación es compartida con la persona docente durante el proceso evaluativo, que se puede materializar en una o más entrevistas.

Dichas entrevistas constituyen una oportunidad para establecer el diálogo horizontal y profundizar de manera guiada en el análisis autocrítico de la persona estudiante sobre sus propias capacidades. Al respecto, Klenowski establece una clara relación entre este proceso y la teoría de [Vygotky \(2015\)](#).

El diálogo en este caso es una forma de intervención enfocada a un punto determinado, la cual facilita la resolución de problemas en la zona de desarrollo próximo mediante la orientación del profesor (o alguien más capacitado que el alumno). ([Klenowski, 2014](#), p. 46)

Finalmente, todos los procesos involucrados requieren del desarrollo y aplicación de capacidades metacognitivas, entendidas como la capacidad para “reflexionar sobre nuestro propio pensamiento o conocimiento, sobre nuestro aprendizaje así como sobre nosotros mismos en cuanto aprendices” ([Klenowski, 2014](#), p. 46). El desarrollo de la metacognición es parte del proceso de aprendizaje potenciado por el uso del portafolio.

Gracias a estos procesos, el portafolio puede ser utilizado como un medio para la presentación de retos de aprendizaje a las personas estudiantes a partir de los cuales puedan construir su conocimiento. Estos retos pueden estar relacionados con temas técnicos o con temas de contextualización histórico social, e irán acompañados de reflexiones sobre los aprendizajes logrados y el proceso mismo de mediación.

### **Estrategia metodológica**

La sistematización de esta experiencia sigue el acercamiento de [Jara \(2014\)](#) a través de los siguientes pasos: (i) recopilar los registros e información de participantes de la experiencia; (ii) desarrollar un plan de sistematización que incluye objetivos, delimitación, ejes de sistematización y fuentes de información; (iii) realizar una recuperación del proceso a través de una reconstrucción histórica y una categorización de la información; (iv) desarrollar las reflexiones de fondo a través de procesos de conceptualización, análisis y síntesis, y finalmente, (v) formular las conclusiones.



## Plan de sistematización

En este caso la sistematización la realiza únicamente este autor, aunque la experiencia incluyó también a dos grupos de estudiantes, 15 en la primera instancia, 16 en la segunda. El objetivo de esta sistematización es valorar los resultados del uso del portafolio como técnica de evaluación y como técnica de aprendizaje en el curso de Análisis de Algoritmos de la carrera de Ingeniería en Computación.

Esta sistematización incluye dos experiencias del uso de portafolios en el curso, la primera se realizó durante el semestre 2017-II, entre el 24 de julio de 2017 y el 5 de diciembre de 2017; y la segunda durante el semestre 2018-I, que se desarrolló entre el 5 de febrero de 2018 y el 21 de junio de 2018.

La sistematización se centra en dos ejes transversales representados por las siguientes preguntas: ¿El uso del portafolio fomenta en las personas estudiantes el aprendizaje de los contenidos del curso? ¿Es el portafolio una herramienta efectiva para evaluar estos aprendizajes?

Las fuentes de información utilizadas en la construcción de esta sistematización, para ambas instancias del curso, incluyen: el programa del curso con el acuerdo de desglose de la evaluación, el cronograma del curso, las hojas de citas de revisión del portafolio, el desglose de calificaciones, los instrumentos utilizados en las entrevistas de revisión del portafolio.

Para cada instancia del curso se realizaron dos entrevistas de seguimiento del proceso de construcción del portafolio, una a mediados del semestre —aproximadamente en la semana 8— y otra al final del semestre en la semana 16. Durante estas entrevistas, se utilizó un instrumento de preguntas generadoras como guía para la conversación; este instrumento incluyó las siguientes preguntas:

- ¿Qué ha aprendido hasta el momento en el curso?
- ¿Cuál ha sido el mayor reto para usted durante el desarrollo del curso?
- ¿Qué satisfacciones ha obtenido hasta el momento en el curso?
- ¿Cuál es su opinión sobre el curso? ¿Qué oportunidades de mejora ha identificado?
- ¿Cuál es su opinión sobre el portafolio? ¿Qué oportunidades de mejora ha identificado?

## Recuperación histórica

Como se mencionó anteriormente, en la primera instancia de este curso en el semestre 2017-I no se utilizó el portafolio. Sin embargo, se mencionan acá brevemente los resultados de evaluación obtenidos en ese momento, pues motivaron una problematización y el consecuente desarrollo de esta propuesta. Esta instancia del curso finalizó con 22 estudiantes que aprobaron y 6 estudiantes que se retiraron del curso. Para los exámenes #1 y #2, fue necesario aplicar una revisión a los instrumentos, en la cual se eliminaron ítems con problemas de diseño en los que, consistentemente, las personas estudiantes fallaron en responder, de manera correcta, por falta de claridad. La Tabla 1 resume los resultados de evaluación obtenidos en esa instancia.

**Tabla 1**

*Resumen de evaluación instancia 2017-I*

Actividad	Modalidad	Puntos posibles	Media puntos asignados	Desviación estándar
Pruebas y tareas cortas	Presencial, Desarrollo	20	14.4	5.6
Examen #1	Presencial, Desarrollo	20	6.1	5.2
Examen #1 revisado		20	16.2	5.3
Examen #2	Presencial, Desarrollo	20	10.2	5.6
Examen #2 revisado		20	15.4	5.3
Examen #3	Presencial, Desarrollo	20	12.5	7.2
Examen #4	Presencial, Desarrollo	20	13	7.1
Calificaciones sin revisión		100	56.2	24.7
<b>Calificaciones finales</b>		<b>100</b>	<b>71.5</b>	<b>24.7</b>

**Nota:** Elaboración propia con base en registros de evaluación del curso.

El semestre 2017-II inicia el 24 de julio de 2017, este semestre el docente solo tiene asignado en su carga el curso de Análisis de Algoritmos. Para esta instancia, se propone a las personas estudiantes un modelo de evaluación que incluye al portafolio en reemplazo del rubro de pruebas y tareas cortas con 30 %, dos proyectos de 20 % cada uno, y dos exámenes parciales de 15 % cada uno.

El tiempo de clase se invierte principalmente en actividades de exposición por parte del docente; las explicaciones se concentran en las representaciones abstractas de los distintos algoritmos incluidos en los contenidos del curso. En clase, todo el grupo trabaja en conjunto en la identificación de los distintos casos de análisis de



complejidad de tiempo (mejor, peor y promedio) y sus correspondientes análisis asintóticos.

El portafolio se plantea como una actividad individual para que las personas estudiantes documenten su proceso de aprendizaje de los algoritmos explicados por el docente en clase. Para cada algoritmo estudiado en clase, esta actividad requiere: (1) desarrollar la implementación en un lenguaje de programación específico —es decir, construir una representación concreta de la abstracción estudiada en clase—; (2) la versión de cada estudiante de los análisis de casos, explicados con sus propias palabras; (3) un experimento empírico de validación de la teoría; y (4) el planteamiento de por lo menos una pregunta generadora relacionada con el tema en cuestión —ya sea desde su perspectiva histórica, contextual o técnica— y un correspondiente ensayo de respuesta, o realizar una breve investigación sobre el algoritmo en cuestión para aportar conocimiento extra que no haya sido estudiado en tiempo de clase. El portafolio se desarrolló a través de la herramienta digital de software libre Cuadernos Jupyter<sup>6</sup>, esta herramienta permite la construcción de documentos que mezclan texto en prosa, notación matemática LaTeX, código ejecutable escrito en el lenguaje de programación Python, y otros medios como imágenes o videos.

La primera ronda de entrevistas para revisión de portafolios se realizó entre el 21 de setiembre y el 12 de octubre. Durante este período, se realizaron 12 entrevistas de una hora aproximadamente. En las entrevistas, cada estudiante presentó su avance en el portafolio entrada por entrada. El docente formuló preguntas sobre detalles técnicos y aspectos contextuales y de análisis, principalmente sobre la aplicabilidad de los algoritmos, o cuestionamientos sobre el comportamiento de las pruebas empíricas o de los resultados teóricos del análisis de complejidad; esto con el objetivo de observar posibles aprendizajes más allá de la mecánica de los contenidos. Finalmente, se dialogó acerca de las preguntas generadoras incluidas en el instrumento guía. Se registraron por escrito los puntos más importantes de cada entrevista. Cada entrevista cerró con el listado por escrito de mejoras y correcciones técnicas y teóricas pendientes sobre el contenido presentado. Esta lista fue compartida con cada estudiante para resolverla antes de la segunda entrevista.

6 <http://jupyter.org>

El segundo examen se planteó como una actividad para escribir un ensayo crítico sobre las cuestiones éticas planteadas por la narrativa de la película “*The Travelling Salesman*” (Lanzone, 2012) que toca una temática específica del curso<sup>7</sup>. La segunda entrevista de revisión de portafolios se realizó entre el 27 y 30 de noviembre. Se realizaron 10 entrevistas de una hora. La dinámica fue similar a la entrevista anterior: cada estudiante presentó sus resultados; hubo preguntas técnicas sobre aspectos teóricos y prácticos del contenido del portafolio; se verificó que las mejoras pendientes se hubieran realizado y, finalmente, se realizó la calificación del portafolio. Esta última se basó en un proceso de autoevaluación por parte de cada estudiante. Se utilizaron como rúbrica los objetivos específicos del curso según el programa y los siguientes niveles de marcas:

- 5 – Ha profundizado en el tema más allá de lo visto en clase.
- 4 – Puede explicar el tema en detalle de acuerdo con lo visto en clase.
- 3 – Tiene noción básica del tema.
- 2 – Puede mencionar algunos conceptos sobre el tema, pero no demuestra cohesión discursiva.
- 1 – No demuestra noción alguna sobre el tema.

La evaluación fue guiada por los objetivos del curso y el esquema de contenidos, ambos especificados en el programa de curso. Con base en estos elementos y el material contenido en el portafolio, cada estudiante determinó su nivel de logro de cada objetivo y luego, y principalmente, las oportunidades de mejora para profundizar en sus aprendizajes.

El curso cerró el 30 de noviembre con 11 estudiantes que aprobaron y 4 estudiantes que se retiraron; de este último grupo, 3 lo hicieron antes de entregar cualquier evaluación. El cuarto estudiante se retiró después del segundo examen. La totalidad de estudiantes que finalizó el curso lo aprobó. La Tabla 2 resume los resultados de la evaluación de esta instancia del curso.

---

7 El problema P=NP.



**Tabla 2**

*Resumen de evaluación instancia 2017-II*

Actividad	Modalidad	Entregado semana #	Puntos posibles	Media puntos asignados	Desviación estándar
Primer examen parcial	Presencial, Desarrollo	8	15	9.7	5.4
Proyecto de programación #1	Extraclase, Grupal	13	20	13.5	8.5
Segundo examen parcial	Extraclase, Ensayo	14	15	10.4	5.5
Proyecto de programación #2	Extraclase, Grupal	17	20	14.7	7.8
Portafolio	Extraclase, Individual	18	30	17.4	11.2
<b>Calificaciones finales</b>			<b>100</b>	<b>65.7</b>	<b>36.9</b>

**Nota:** Elaboración propia con base en registros de evaluación del curso.

El semestre 2018-I inicia el 5 de febrero. Este semestre, el docente tiene asignados los cursos de Análisis de Algoritmos e Inteligencia Artificial. Para el curso de Análisis de Algoritmos, se propone el siguiente modelo de evaluación: portafolio 30 %, 2 proyectos de 25 % cada uno, 2 exámenes de 10 % cada uno.

El principal cambio con respecto a la instancia anterior es una reducción en el rubro de exámenes, los puntos se transfieren a los proyectos. El cambio tiene como fin enfocar los esfuerzos en la construcción de conocimiento a través de la práctica.

La actividad del portafolio se estructuró de la misma manera que el semestre anterior. La primera ronda de entrevistas se realizó entre el 5 y 16 de abril. Se realizaron 15 entrevistas de 30 minutos cada una. El tiempo de cada entrevista se redujo, debido a que el otro curso (Inteligencia Artificial) también se estaba evaluando con entrevistas y fue necesario repartir el tiempo del docente entre ambos cursos.

La segunda ronda de entrevistas se realizó entre el 7 y 11 de junio. Se realizaron 16 entrevistas de media hora. La dinámica de la actividad fue la misma que el semestre anterior. La autoevaluación igualmente se realizó a partir de los objetivos específicos del curso siguiendo la misma dinámica del semestre anterior. El curso cerró el 21 de junio con 14 estudiantes que aprobaron y 2 que reprobó, no hubo retiros del curso. La Tabla 3 resume los resultados de evaluación del curso.

**Tabla 3**  
*Resumen de evaluación instancia 2018-I*

Actividad	Modalidad	Entregado semana #	Puntos posibles	Media puntos asignados	Desviación estándar
Primer examen parcial	Extraclase, Desarrollo	8	10	5.2	1.7
Proyecto de programación #1	Extraclase, Grupal	12	25	22.2	3.9
Segundo examen parcial	Extraclase, Ensayo	15	10	7.9	1.6
Proyecto de programación #2	Extraclase, Grupal	17	25	20.8	0.85
Portafolio	Extraclase, Individual	18	30	21.2	7.8
<b>Calificaciones finales</b>			<b>100</b>	<b>77.5</b>	<b>12.2</b>

**Nota:** Elaboración propia con base en registros de evaluación del curso.

### **Resultados y discusión**

Desde una perspectiva cuantitativa, se observa una mejora gradual en la media de calificaciones desde el período 2017-I hasta el 2018-I, así como una reducción en la tasa de retiros y reprobaciones.

Se categorizan las respuestas del grupo de estudiantes a las preguntas generadoras de las entrevistas. Las dos categorías iniciales que se plantean se derivan del eje de sistematización: el portafolio como herramienta de aprendizaje (PHA) y el portafolio como herramienta de evaluación (PHE). La Tabla 4 resume los resultados de esta categorización.



**Tabla 4**

*Resumen de categorización de percepciones estudiantiles sobre portafolios*

Categoría	Subcategoría	Observaciones en esta subcategoría
PHA	Portafolio como oportunidad para practicar	O1, O14, O20, O27, O41, O40, O32, O17, O11, O35
PHA	Portafolio permite utilizar el tiempo extraclase para investigar	O3, O6, O9, O19, O21, O2, O35
PHA	Portafolio como estructuración de los contenidos	O8, O16, O36, O42, O37
PHA	Portafolio como apoyo para comprender contenidos	O30, O34, O26, O33
PHA	Herramienta técnica como obstáculo para el aprendizaje	O5, O10, O18, O38
PHA	Portafolio como producto	O29, O31
PHE	Posibilidad de evaluación sin presión de tiempo	O4, O15, O22, O7
PHE	Portafolio como oportunidad para repasar contenidos	O23, O25, O39, O13
PHE	Evaluación sumativa como factor motivacional	O23, O24
PHE	Autoevaluación como oportunidad de aprendizaje	O43

**Nota:** Elaboración propia con base en registros de entrevistas realizadas durante instancias del curso 2017-II y 2018-I.

Como parte de la categoría PHA, resalta que perciben el portafolio como una oportunidad para practicar. Mencionan que la estructuración de las actividades del portafolio les motiva a poner en práctica los conocimientos teóricos estudiados en clase, a programar los algoritmos, y de esta manera concretar los aprendizajes. Esta apreciación concuerda con el acercamiento de [Schmittau \(2003\)](#) sobre conceptos científicos, pues se trabaja a través de ZDP con conceptos abstractos que luego son llevados a situaciones concretas, para después volver a abstraer modelos generalizados. La concretización se lleva a cabo a partir de la implementación de los algoritmos y los experimentos empíricos que miden y grafican el tiempo de ejecución en esta implementación, para luego ser abstraídos nuevamente en una justificación del análisis asintótico calculado.

Adicionalmente, aprecian la oportunidad de invertir tiempo fuera de clase para profundizar en los contenidos del curso por su cuenta, este tiempo de investigación también les permite ampliar con otros contenidos relacionados que no necesariamente se trabajan en clase. Logran, de esta manera, enmarcar los contenidos trabajados en clase con distintos contextos: histórico-culturales, económicos y sociales. Aprovechan también la oportunidad para discutir entre sí acerca de los temas estudiados, este es un comportamiento, fomentado por el

docente, en busca de lograr una construcción conjunta con base en el diálogo y la problematización.

Resaltan que el portafolio es una herramienta con potencial para estructurar los contenidos, aunque no necesariamente esto implique que realmente se está logrando esa estructuración. Esta categoría podría indicar que hay elementos no estructurados en la dinámica del curso y que estos entorpecen el aprendizaje –pues la falta de estructura es percibida como algo negativo–; esta tendencia también podría explicarse como un reflejo del enfoque en el pensamiento formal que se da en la disciplina.

El portafolio también es visto como un producto concreto del proceso de aprendizaje, y como material de referencia tanto a futuro como durante el desarrollo del mismo curso. También mencionan que este producto se torna en un apoyo para asimilar los contenidos del curso. Así, en lugar de consumir un libro de texto, están construyendo su propio material teórico-práctico.

La principal crítica que realizan al portafolio, desde la perspectiva del aprendizaje, es que la herramienta tecnológica tiene una curva de aprendizaje, principalmente en referencia al uso de la notación formal matemática LaTeX.

En cuanto al aspecto evaluativo, resaltan primordialmente la ventaja de no someter a evaluación contra reloj. El tiempo limitado de un examen escrito provoca una presión que interfiere con la expresión de lo aprendido. Según lo plantea la persona estudiante E4, “el portafolio es una oportunidad para demostrar mi aprendizaje, en otros cursos la evaluación se define en 9 horas (tres por examen)”. El proceso de construcción del portafolio, así como el proceso de autoevaluación y la entrevista, parecen ser una oportunidad suficiente para que la persona evaluada pueda poner sus pensamientos en orden y demostrar lo que sabe.

Sin embargo, aunque el portafolio tiene una finalidad formativa más que sumativa, la reglamentación del curso exige que se califique con un número. Este hecho está muy presente entre estudiantes, pues analizan que la carga de trabajo es acorde con el puntaje asignado. También mencionan que el puntaje asignado es un aspecto motivador para trabajar las actividades del portafolio. Es decir, hay un elemento de deber utilitario en la realización del portafolio. Las reflexiones necesarias para la autoevaluación también aparecen como elementos positivos, preguntarse sobre los logros alcanzados y sobre las conclusiones esbozadas representan un aspecto valioso de la dinámica del curso.



A partir de esta categorización inicial se desprenden algunas contradicciones interesantes. En primera instancia, la herramienta tecnológica utilizada para desarrollar el portafolio se presenta como potenciadora y como obstáculo. Se habla de las oportunidades que ofrece para estructurar y ordenar los contenidos, pero al mismo tiempo la curva de aprendizaje que requiere se puede interponer en el buen uso del tiempo para desarrollar las actividades de aprendizaje.

Por otro lado, a pesar del esfuerzo por poner en práctica un proceso de evaluación formativo con el portafolio, este se entiende ante todo como un componente importante de la rúbrica sumativa y, por tanto, tiene el potencial para desenfocar la atención estudiantil hacia la obtención de la puntuación requerida en detrimento de los objetivos de aprendizaje. Aunque parezca contradictorio, un posible acercamiento a este problema sería asignarle un valor porcentual aún más alto al portafolio; de esta forma, al ir reduciendo otros elementos sumativos que compitan con el portafolio, irá perdiendo sentido este enfoque en lo cuantitativo y la atención se podrá enfocar más en los procesos reflexivos y metacognitivos relacionados con el portafolio. Sin embargo, cabe resaltar que aún con esta situación, las reflexiones estudiantiles estuvieron más relacionadas con aspectos del aprendizaje que con los aspectos cuantitativos de la evaluación.

Entre otras relaciones que se derivan de esta categorización destaca la relación observada entre tiempo y aprendizaje. El proceso del portafolio fomenta la utilización del tiempo de las personas estudiantes en tareas de investigación, volver atrás a lo estudiado y repasarlo, y también en evaluar lo aprendido. En contraste, surge de parte del estudiantado, una crítica a la evaluación sumativa tradicional, la evaluación de aprendizajes con presión de tiempo no es justa, más allá de que sea objetiva o no. Recordando el principio teórico de que el aprendizaje es histórico y social, el beneficio del tiempo se explica como una ventana para dialogar con otras personas, del presente o del pasado.

También se observa que los aspectos formales impuestos por la estructura propuesta del portafolio y por la herramienta misma tienen repercusiones en el aprendizaje. Por ejemplo, el uso de LaTeX, la decisión sobre la estructura de los contenidos, la posibilidad de generar una tabla de contenidos, o la posibilidad de visualizar los experimentos empíricos con gráficos, todos fueron mencionados como aspectos que incidieron en el aprendizaje, ya sea de manera positiva o negativa. De

esta manera, no solo el fondo –los propios contenidos– es importante para la mediación pedagógica, la forma en que estos se presenten también debe ser considerada.

Finalmente, las distintas apreciaciones externalizadas por las personas estudiantes están bien balanceadas entre ambos grupos entrevistados. Es importante recordar que la dinámica de las actividades del portafolio se mantuvo sin cambios entre un semestre y el otro. Por tanto, este balance sugiere alguna posibilidad de generalización, dentro del contexto del curso, de los resultados aquí descritos.

## Conclusiones

La actividad de construcción de portafolios se desarrolló como eje central de una metodología pedagógica fundamentada en el diálogo y en actividades de construcción conjunta de modelos matemáticos aplicados a la resolución de problemas concretos. El diálogo, en consonancia con las propuestas de [Vygotsky \(2015\)](#) y [Freire \(2005\)](#), permitió al docente: profundizar en el conocimiento sobre los aprendizajes de sus estudiantes; determinar puntos específicos en los que cada estudiante requería de apoyo para poder continuar su proceso de aprendizaje; y conocer sus opiniones y sentimientos con respecto al proceso de enseñanza y su propio proceso de aprendizaje. El uso de esta metodología coincidió con una mejora progresiva en la media de calificaciones entre las tres instancias del curso; también con una reducción de la tasa de estudiantes que se retiraron del curso.

La demostración de los aprendizajes es un ejercicio de pensamiento crítico, argumentación lógica, y comunicación oral y escrita para el estudiantado. La exposición continua a este tipo de ejercicios puede fomentar el desarrollo de estas habilidades necesarias para el buen ejercicio profesional.

Dos categorías, relacionadas entre sí, resaltan de la sistematización de esta experiencia: el tiempo y el aprender haciendo. El enfoque metodológico tradicional de este curso enmarca a todo el estudiantado en las mismas situaciones de aprendizaje y evaluación; se asume que todo el grupo debe aprender durante las horas de clase y que todo el grupo debe demostrar su aprendizaje durante las breves horas de las pruebas de evaluación. La metodología aquí propuesta aprovecha los ritmos y franjas horarias productivas de cada estudiante, brindándoles la oportunidad para, en los momentos más adecuados, visitar los contenidos y



profundizar en ellos a través de la indagación, experimentar con ellos a través de la práctica, y reflexionar sobre los retos encontrados y los logros alcanzados. De esta forma, se relacionan ambas categorías: el portafolio motiva a las personas estudiantes a aprovechar el tiempo extraclase para hacer y, así, aprender. Cabe mencionar que un grupo de estudiantes resaltó, como aspecto motivador, el peso cuantitativo que tiene el portafolio en la calificación final del curso. En el contexto curricular en que se desenvuelven las personas estudiantes tienen muy presente que la calificación mayor o igual a 70 es una meta que deben alcanzar.

De esta manera, a través del portafolio se logró avanzar hacia una forma de evaluación formativa y más justa basada en el diálogo problematizador; además de motivar un proceso de aprendizaje constructivo y contextualizado por medio de actividades de reflexión, investigación, y resolución de problemas concretos.

Con respecto al diálogo, se recomienda cautela de parte de la persona docente, ya que es posible confundir el proceso de diálogo con el de un examen oral. Es importante tener esto presente durante las entrevistas, pues la dinámica no debería tornarse en una de disparo de preguntas en espera de respuestas correctas. El diálogo tiene matices y diferentes picos y valles tanto emocionales como cognitivos. Es responsabilidad del personal docente reconocer estos momentos y adecuarse a ellos, dirigir la conversación en busca de profundizar en su indagación, lograr una comunicación efectiva –asertiva, clara y sencilla– y, con sus intervenciones, motivar a la persona estudiante a hacer lo mismo.

Como lo plantean también otros estudios que han experimentado con portafolios (Barragán, 2005; May *et al.*, 2016; Muñoz y Moreno, 2014), el proceso consume mucho tiempo de la parte docente, principalmente porque requiere de atención individualizada a cada estudiante. Esta situación podría plantear una desventaja, si se observa desde una perspectiva utilitaria de optimización de recursos; sin embargo, desde una perspectiva pedagógica, esta es una propuesta que fomenta la humanización del proceso educativo a través del conocimiento mutuo entre las personas involucradas en este mismo. Un acercamiento colaborativo al proceso de seguimiento y evaluación de los portafolios a través de una cátedra colegiada de docentes o de un grupo de asistentes con capacitación pedagógica podría alivianar la carga que crece proporcionalmente al tamaño de los grupos.

Como trabajo futuro, se plantea distribuir el uso del tiempo – de clase y extraclase– de manera más eficiente. Se propone trasladar la explicación de contenidos –es decir, la presentación de los modelos abstractos iniciales– al tiempo extraclase, invitando al estudiantado a trabajar con materiales explicativos y actividades interactivas mediadas por TIC. Y aprovechar, entonces, el tiempo en clase para: realizar entrevistas más cortas, pero más frecuentes; intervenir en ZDP desarrollando actividades prácticas y resolviendo consultas puntuales; y fomentar la socialización de resultados entre estudiantes.

Con el fin de reducir la curva de aprendizaje sobre las herramientas tecnológicas que soportan la propuesta metodológica, se propone desarrollar talleres y tutoriales virtuales para capacitar a las personas estudiantes en el uso de LaTeX y los cuadernos Jupyter. Estos materiales estarán disponibles permanentemente y se coordinará para que el estudiantado que pretende matricular el curso lo tome en algún momento previo al arranque del ciclo lectivo.

Finalmente, se propone profundizar en la investigación de este tema, principalmente con respecto al papel del portafolio en la contextualización de los contenidos del curso a la realidad social, económica y cultural en que se desarrolla el proceso educativo. También con respecto a la posible aplicación de esta metodología en otros cursos de la carrera.

## Referencias

- Álvarez, J. M. (2011). *Evaluar para conocer, examinar para excluir*. Ediciones Morata.
- Barragán, R. (2005). El portafolio, metodología de evaluación y aprendizaje de cara al nuevo Espacio Europeo de Educación Superior. Una experiencia práctica en la Universidad de Sevilla. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 4(1), 121-139.
- Barahona, M. (2013). Hacia una caracterización del engaño en el contexto de la teoría de dinámica de tropas. *Káñina*, 1(37), 155-166.
- Castells, M. (2002). *La era de la información: La sociedad red (Vol. 2)*. Siglo XXI.
- Cain, A., Woodward y C. J. (2013). Examining Student Reflections from a Constructively Aligned Introductory Programming Unit. En A. Carbone y J. Whalley (Eds.), *Proceedings of the Fifteenth Australasian Computing Education Conference (ACE2013)*, Adelaide, Australia (pp 127-136). Australian Computer Society.



- De Sousa, B. (2014) *Epistemologías del Sur (Perspectivas)*. Ediciones AKAL.
- De Souza, J. (2006). Transferir tecnología para establecer hegemonía: La ‘dicotomía superior-inferior’ en la ‘idea de desarrollo’ de la agricultura tropical desde 1492. En M. Yapu (Ed.), *Modernidad y pensamiento descolonizador: Memorias del Seminario Internacional* (pp. 180-220). Universidad para la Investigación Estratégica en Bolivia (U-PIEB).
- Dussel, E. (2015). *Filosofías del Sur: Descolonización y transmodernidad*. AKAL.
- Escuela de Computación. (2013). *Programa del curso IC-3002 Análisis de algoritmos*. Escuela de Computación, Carrera de Ingeniería en Computación, plan 410.
- Fiori, E. M. (2005). Aprender a decir su palabra. En P. Freire, *Pedagogía del oprimido* (pp. 11-27). Siglo XXI.
- Freire, P. (2005). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI.
- Freire, P. (2017). *Política e Educação*. Paz y Terra.
- IEEE Computer Society (s. f.). *About the IEEE Computer Society*. <https://www.computer.org/web/about/>
- Horkheimer, M. (1947). *Eclipse of Reason*. Oxford University Press.
- Jara, O. (2014). *La sistematización de experiencias, práctica y teoría para otros mundos posibles*. CEAAL.
- Klenowski, V. (2014). *Desarrollo del portafolio para el aprendizaje y la evaluación*. Narcea.
- Lanzone, T. (Director). (2012). *Travelling Salesman* [Película]. Fretboard Pictures.
- Manfredi, S. M. (2015). Educación profesional. En D. Streck, E. Redin, J. J. Zitzoski (Eds.), *Diccionario Paulo Freire* (pp. 152-154). CEEAL.
- May, I. J., Mazún, R. y May, C. A. (2016). El portafolio de evidencias y su utilidad en la evaluación, formación y acreditación de ingenieros. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 2(4), 1-7. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/143/530>
- Muñoz, M. D. y Moreno M. M. (2014). The e-portfolio, a Tool for the Assessment of Competence in Subjects Computing Grade. En *TEEM '14 Proceedings of the Second International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality, Salamanca, Spain* (pp. 119-123). ACM.

- Pérez, O. L., Martínez, A., Triana B. M. y Garza, E. J. (2015). Reflexiones conceptuales sobre la evaluación del aprendizaje. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 6(4),149-168.
- Sabin, M., Viola, B., Impagliazzo, J., Angles, R., Curiel, M., Leger, P., Murillo, J., Nina, H., Pow Sang J. A. y Trejos, I. (2016, July). Latin American perspectives to internationalize undergraduate information technology education. *Proceedings of the 2016 ITiCSE Working Group Reports* (pp. 1-22). ACM.
- Sahami, M., Danyluk, A., Fincher, S., Fisher, K., Grossman, D., Hawthorne, E., Katz, R., LeBlanc, R., Reed, D., Roach, S., Cuadros, E., Dodge, R., France, R., Kumar, A., Robinson, B., Seker, R. y Thompson, A. (2013). *Computer Science Curricula 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science*. Association for Computing Machinery (ACM)-IEEE Computer Society.
- Schmittau, J. (2003). Cultural-Historical Theory and Mathematics Education. En A. Kozulin, B. Gindis, V. S. Ageyev y S. M. Miller (Eds.), *Vygotsky's Educational Theory in Cultural Context* (pp. 225-245). Cambridge University Press.
- Vygotsky, L. (2015). *Pensamiento y lenguaje*. Paidós.
- Zitkoski, J. J. (2015). Diálogo/Dialogicidad. En D. Streck, E. Redin y J. J. Zitkoski (Eds.), *Diccionario Paulo Freire* (pp. 152-154). CEEAL.