



Consideraciones en torno a la tecnología y su didáctica

- Some reflections about technology and teaching
- Considerações sobre a tecnologia e sua didática

Luis Guillermo Gómez Ortiz*
Álvaro William Santiago Galvis**

* Universidad Pedagógica Nacional, Grupo de Investigación Dédalo: lggomez@pedagogica.edu.co

** Universidad Pedagógica Nacional, Grupo de Investigación GIPELEC: asantiago@pedagogica.edu.co

Resumen

En este artículo se exponen algunos de los desarrollos conceptuales que sustentan el proyecto "Diseño de propuestas de aula para la formación de maestros en el área de tecnología", DTE-209-10, los cuales están relacionados con la noción de tecnología, los propósitos formativos en el campo de la tecnología, así como consideraciones en torno a la didáctica de la tecnología (dominios de representación y estilos de enseñanza/aprendizaje) y el papel que en ella cumplen la metacognición y la reflexión en la acción; finalmente, se presenta una propuesta didáctica que tiene como finalidad el desarrollo de habilidades para el diseño, simulación, medición, graficación y análisis de respuesta en frecuencia de un circuito de filtro, en el marco de un tercer curso de circuitos eléctricos.

Abstract

This paper points out some conceptual developments supporting the project entitled Design of Classroom Proposals for Technology Teachers Training-DTE-209-10, which is related to the technology concept, the educational purposes in technology field, some issues on teaching technology (i.e. domains of representation and teaching/learning styles) as well as the role played by meta-cognition and reflection-in-action. Finally, the authors present a didactic proposal aimed at developing skills for designing, simulation, measurement, graphing and analysis of frequency response of a filter circuit, as part of a third course of electric circuits.

Palabras clave:

tecnología, pensamiento tecnológico, estilos de aprendizaje, prácticum reflexivo, metacognición, unidad didáctica.

Keywords:

technology, technological thinking, learning styles, reflective practicum, meta-cognition, didactic unit.

Artículo recibido el 22-05-2011
y aprobado el 9-07-2013



Resumo

Neste artigo são apresentados alguns desenvolvimentos conceituais que sustentam o projeto “Diseño de Propuestas de Aula para la Formación de Maestros em el Área de Tecnología”, DTE-209-10, os quais estão relacionados com a noção de tecnologia, os propósitos formativos no campo da tecnologia, bem como considerações sobre a didática da tecnologia (domínios de representação e estilos de ensino-aprendizagem) e o papel que nela desempenha a metacognição e a reflexão na ação; por fim, se apresenta uma proposta didática que tem como finalidade o desenvolvimento de habilidades para a projeção, simulação, medição, plotação de gráficos e análise de respostas em frequência de um circuito com filtragem, no âmbito de um terceiro curso de circuitos elétricos.

Palavras-chave:

Tecnología,
pensamiento
tecnológico, estilos
de aprendizagem,
practicum reflexivo,
metacognición,
unidade didática.

Presentación

Algunas de las razones que parecen sustentar parte de las problemáticas de la enseñanza/aprendizaje de la tecnología se relacionan con la ausencia de una base conceptual sólida que dé cuenta de la tecnología y su didáctica y, a la vez, la falta de una delimitación clara de su campo de estudio. Así, por ejemplo, quienes conciben la tecnología como ciencia aplicada enfocan su enseñanza como si se tratara de la implementación sistemática de una serie de teorías científicas, por demás verdaderas, obedeciendo a un orden indiscutible y a una metodología infalible, clara e inequívoca, de tal forma que realizan, de manera indiscriminada, una proyección rigurosa de las metodologías de la ciencia a la tecnología. Si se asume el hecho de que la tecnología se encuentra a medio camino entre la ciencia y las artes, un abordaje de este tipo no resulta afortunado y desenmascara precisamente las falencias metodológicas que del lado de las artes, esto es, del lado de la creatividad, exige el diseño tecnológico (cfr. Ferguson, 1977). Quizás, por esta razón, la didáctica de la tecnología se dificulta en los cursos de profundización en los que se abordan la síntesis y el diseño como componentes principales¹.

Con el fin de abordar esta problemática, se ha formulado el proyecto de investigación “Diseño de propuestas de aula para la formación de maestros en el área de tecnología”, DTE-209-10, cuyo objetivo está orientado

hacia el diseño de actividades de aula para el área de tecnología, que exploren el carácter integrador y transversal de esta y evidencien su potencial formativo, en términos de posibilidades de análisis desde múltiples perspectivas y en diferentes niveles, para lo cual se asume el *practicum reflexivo* como estrategia metacognitiva y como fundamento teórico y metodológico. Así, los planteamientos que a continuación se presentan corresponden a algunos de los avances conceptuales que se han dado en el desarrollo del citado proyecto, los cuales sirven de sustento para la formulación de las propuestas de aula. Estos avances se relacionan con consideraciones en torno al estatus de la tecnología como disciplina, los fines de la educación en tecnología y el pensamiento tecnológico, los dominios de representación propios del campo de la tecnología, los estilos de enseñanza/aprendizaje, la metacognición y la reflexión en la acción, estas últimas asumidas como elementos que se deben tener en cuenta, como constituyentes de una propuesta didáctica. Asimismo, con el fin de ilustrar el trabajo, se presentan actividades para el aula en el área de circuitos eléctricos, las cuales se ha organizado en tres momentos: dos de diseño-simulación y uno de implementación-evaluación, y tiene como finalidad el desarrollo de habilidades para el diseño, la simulación, la medición, la graficación y el análisis de respuesta en frecuencia de un circuito de filtro.

El carácter humano y humanizador de la tecnología

La condición humana, según Hannah Arendt (2005), se caracteriza por tres actividades fundamentales: la labor, el trabajo y la acción, elementos que ella define como la *vita activa*. Mientras la labor corresponde al proceso biológico del cuerpo humano, proceso que se encuentra ligado a las necesidades vita-

¹ Esto, precisamente, porque las soluciones de diseño no son siempre únicas y se desenvuelven iterativa e interactivamente, en forma no lineal, involucrando diferentes niveles de abstracción y análisis, y alternando estrategias de pensamiento convergente y divergente. Al respecto se puede ver el trabajo de Barlex (2001), en el que se exponen las dificultades detectadas en la enseñanza del modelamiento mental, componente esencial tanto en la ciencia como en el diseño y la tecnología; asimismo, las reflexiones de Schön (1992), en las que se presentan estrategias para la adquisición de las “formas de arte que resultan esenciales para ser competente en las zonas indeterminadas de la práctica”.



les², el trabajo corresponde a lo no-natural de la exigencia del hombre, esto es, proporciona un mundo artificial de cosas dentro del cual se inscriben tanto la tecnología como las artes³. Por su parte, la acción, que es la única actividad que se da entre los hombres sin mediación de cosas o materia, refleja la condición humana de la pluralidad.

Siendo la tecnología un producto del trabajo del hombre le provee de permanencia, reificación e instrumentalidad. La permanencia se da mediante el uso adecuado del objeto, a la vez que le brinda solidez y estabilidad al artificio humano para albergar la naturaleza inestable y mortal del hombre. La reificación, por su parte, transforma en cosa *tangible* los objetos que le *hacen frente* al individuo, permitiéndoles adquirir ese carácter de mundanidad. La instrumentalidad, entre tanto, se establece no para ayudar al proceso de la vida humana –la labor– sino para erigir mundo.

Teniendo en cuenta que la instrumentalidad construye mundo, en ella se puede establecer la distinción entre medios y fines; esta distinción no tiene sentido en el ámbito de la labor dado que la producción solo consiste en la preparación para el consumo. Dentro de esta distinción de medios y fines, la instrumentalidad *debe* evitar moverse en un modelo utilitario que se centra en el precepto de que algo se ejecuta *con el fin de* y debe acoger, preferiblemente, un modelo que se sustente en el hecho de que algo se ejecute *en beneficio de*; esto es, la instrumentalidad debe desplazarse de la esfera de la mera utilidad a la esfera del pleno significado. En la medida en que prevalece una ejecución *en beneficio de* sobre la noción de *con el fin de*, la instrumentalidad cobra verdadero significado. Este último propósito, que se desprende de la visión arendtiana de la condición humana, enmarca el desarrollo del proyecto DTE-209-10 desde lo que denominamos *una perspectiva humana y humanizadora de la tecnología*.

Como parte de esta perspectiva humanizadora de la tecnología, se encuentran los trabajos de Tomás Buch (1999), quien destaca la tecnología como la base instrumental de la cultura y, a la vez, como criterio de diferenciación de los humanos frente a las demás especies, a tal punto que la tecnología llega a confundirse con la cultura como tal. Sin embargo, Buch insiste en una vertiente de análisis de la tecnología que presenta lo tecnológico como una *extensión* de las habilidades innatas de los seres humanos que llega hasta la creación de *órganos artificiales*⁴.

2 Así, la labor corresponde a las acciones que tienen que ver con los procesos biológicos del cuerpo y la manutención de la vida en sí, por lo tanto, la finalidad de labor es hacer posible la vida misma.

3 De esta forma, el trabajo se entiende como actividad no natural de la existencia del hombre; esta actividad tiene un comienzo definido y un fin determinado y predecible, en este sentido, los hombres producen, a través de un medio, un fin.

4 Una idea ya explorada por el filósofo alemán Ernst Kapp (1808-1896), quien presenta la técnica como proyección de los órganos.

Para Arendt, entre tanto, la tecnología va más allá del resultado de un esfuerzo humano consciente para extender los poderes materiales del hombre, de tal forma que la concibe más como un proceso biológico a gran escala en el que esta ya no se presenta “como el producto de un consciente esfuerzo humano para aumentar el poder material, sino como desarrollo biológico de la humanidad en la que las estructuras innatas del organismo humano están transplantadas en medida siempre creciente al medio ambiente del hombre” (Arendt, 2003, p. 177). Dentro de este proceso se plantea la dicotomía que surge entre “lo dado” y el “artificio humano”, entre el mundo natural y la artificialidad o, como lo plantea Arendt, el anhelo del hombre por cambiar la existencia humana desde “lo dado” por algo fabricado por él, y que anuncia peligros como el que acabemos siendo esclavos de nuestros propios artificios, o que adquiramos la capacidad de destrucción de toda la vida en la Tierra y, aún, la capacidad de crear vida⁵. Esto plantea situaciones de gran repercusión política que es preciso considerar desde la condición humana de la pluralidad como, por ejemplo, si la cultura que debe orientar nuestro actuar es la de continua adaptación a lo que artificialmente construimos, o si debemos optar por una cultura crítica antes que una adaptativa. Es en este sentido que Arendt ve ese mundo auto-fabricado ya no como una extensión de los órganos del hombre, como un esfuerzo por aumentar el poder material del hombre, sino como un aspecto propio del desarrollo biológico del ser humano que implica un traslado de las condiciones innatas del ser hacia su medio ambiente.

Así pues, entre los peligros que se desprenden del triunfo del *animal laborans* en

5 Este supuesto peligro, desde la visión arendtiana, se entiende en la medida en que la tecnología, al intentar recrear artificialmente el proceso natural, puede terminar por destruir los objetos del mundo.

la Edad Moderna, habrá que considerar experiencias como la pérdida del pensamiento al convertirse este en mero *cálculo de consecuencias*; la traducción de la acción en simple *hacer y fabricar*; y la pérdida de la pluralidad de los hombres, su singularidad, distinción e individualidad, que desaparece tras los procesos⁶. Al respecto, Arendt (pp. 340-341) señala:

[...] la capacidad para la acción, al menos en el sentido de liberación de procesos, sigue en nosotros, aunque se ha convertido en prerrogativa exclusiva de los científicos. [...] Quienes la opinión pública ha considerado desde siempre como los miembros menos prácticos y políticos de la sociedad [han] resultado ser los únicos que aún saben cómo actuar y cómo hacerlo de común acuerdo. [...] Pero la acción de los científicos puesto que *actúa en la naturaleza desde el punto de vista del universo y no en la trama de las relaciones humanas*, carece del carácter revelador de la acción, así como de la habilidad para crear relatos y hacerse histórica, factores que juntos son la fuente de donde surge la plenitud de significado que ilumina la existencia humana.

La educación en tecnología y el pensamiento tecnológico

En el mundo actual parece que es indiscutible la pertinencia de la enseñanza de la tecnología, pese a la variedad de propósitos formativos que se le plantean (Middleton y Pavlova, 2002).

6 Posiciones similares pueden encontrarse en *La pregunta por la técnica* (Heidegger, 1997) en la que lo humano queda prisionero del mundo artificial y avanza cada vez más en su camino de ser un insumo. Pero mientras la propuesta de Arendt va en pos de una postura crítica y de discusión desde la pluralidad (desde la política práctica) frente al automatismo que impone la tecnología, la propuesta heideggeriana parece quedarse en un mutismo, una *Gelassenheit*, más cercana al desapego propuesto por los místicos.



Podríamos decir que se reconoce su necesidad pero se desconocen sus rumbos. Bien sea desde el enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) que pretende involucrar los aspectos técnicos y culturales de la tecnología, buscando la desmitificación y democratización de la ciencia y la tecnología (cfr. Rodríguez, 1998 y González, López y Luján, 1997), pasando por objetivos de formación o constitución de ciudadanía, hasta las perspectivas nacidas de la disciplina en sí que buscan la formación de profesionales idóneos en el área a partir de currículos más eficientes, se hace necesario señalar que los propósitos de la educación en tecnología no son del todo claros en la medida en que abogan por fines distintos.

Más aún, desde nuestro ejercicio profesional, consideramos que dentro de los propósitos de la formación en tecnología no solo deberían situarse aspectos de orden práctico para el desarrollo profesional o la participación en sociedad, sino también aquellos que contribuyen a la realización del individuo y a su preparación para el mundo de la vida. Así, tradicionalmente se ha propuesto tanto la formación y capacitación técnica como el mejoramiento de la comprensión pública de la tecnología, la participación ciudadana en políticas de tecnología (la discusión argumentada), la alfabetización tecnológica, la preparación para hacer evaluación de tecnología, la capacitación de adultos y la formación continuada; pero pocas veces se ha reconocido su aporte a la base existencial del individuo. Esto es, aunque reconocemos la pertinencia de la enseñanza de la tecnología y la necesidad de cumplir un papel transformador en la sociedad, bien sea desde la alfabetización tecnológica o bien desde la formación de profesionales idóneos que impulsen el desarrollo económico de las sociedades, no podemos dejar de considerar –aduciendo motivaciones similares a las propuestas por Paulos (2002) para el aprendizaje de las matemáticas– que las motivaciones para el aprendizaje de la tecnología podrían trascender las intencionalidades de orden práctico y pretender otras de tipo estético y existencial como, por ejemplo, la curiosidad, el ocio, el placer estético y el conocimiento *per se*.

Ahora bien, para el desarrollo del proyecto de investigación DTE-209-10, el interés se ha centrado en las didácticas específicas de las disciplinas, esto es, en el abordaje de una didáctica de la tecnología que no solo contemple la lógica como se presenta el objeto tecnológico sino también la forma como este se produce. En este sentido, consideramos que la especificidad de la disciplina, si podemos considerar por el momento como disciplina el ámbito del saber tecnológico, aporta sus características típicas a la discusión y un terreno más fértil para el análisis del proceso de construcción de saber desde la misma disciplina. Es decir, esta mirada de la didáctica no solo contribuye al campo de la disciplina en sí sino también al área de la educación y permite tener mayores niveles de elaboración en razón a su especificidad (cfr. De Camilloni, 2008).

Debemos tener en cuenta, además, que las didácticas de las disciplinas se trabajan desde una situación práctica determinada. Esta situación bien puede ser la enseñanza de una clase particular de contenidos, tal es el caso que nos ocupa,

o un determinado nivel de edad. Para la formulación de una didáctica de la tecnología hemos de hacer entonces una caracterización de este campo de estudio. Vázquez y Alarcón (2010) proponen, a modo de aproximación, cinco rasgos transversales y sintéticos característicos de la tecnología. Ellos son:

- **Relación con la ciencia.** Alude a la interacción entre ciencia y tecnología a lo largo de la historia, interacción que hoy en día se revela constante, compleja y en los dos sentidos, tanto desde la ciencia hacia la tecnología y viceversa.
- **Viabilidad.** La tecnología solo adquiere sentido en la medida en que es viable, esto es, en que sus propuestas son realizables y se pueden traducir en un resultado concreto o en un hecho práctico.
- **Complejidad.** La tecnología no se reduce ni a un simple objeto ni a un hecho práctico ni a un artefacto aislado; por el contrario, está conformada, de manera integrada, por *múltiples componentes de diferente tipo y procedencia*.
- **Sistematicidad.** Está relacionada con el sistema socio-técnico formado por múltiples y diferentes agentes que constituyen el entramado social, que soporta el desarrollo y el uso de la tecnología.
- **Especialización.** Hace referencia a la estricta división y especialización del trabajo, aspecto que es producto del carácter sistemático, complejo y heterogéneo de la tecnología.

Vázquez y Alarcón (2010) realizan, además, una clasificación de los conocimientos tecnológicos, teniendo como referencia los

conocimientos ordinarios, las pericias artesanales y técnicas, al igual que los conocimientos científicos y formales que forman parte del saber tecnológico. Esta clasificación incluye aspectos como:

- **Habilidades técnicas (saber-hacer o saber-cómo).** Corresponden al conjunto de capacidades específicas que permiten saber cómo se hace algo. Pese a que tiende a ser tácito y no discursivo, requiere mucho de la observación y la imitación práctica (aprendizaje ostensivo). Sin embargo, es crucial en la formación técnica tradicional y es quizás el más difícil de sistematizar; en algunos casos se ha pretendido sistematizarlo a través de recursos como diagramas, videos, protocolos verbales, etc.
- **Prescripciones técnicas.** Si bien se asumen como conocimientos técnicos del orden del saber-hacer (procesos, artefactos, organizaciones), las prescripciones se encuentran codificadas de alguna manera, especialmente en forma lingüística, aspecto este que las hace reproducibles y trasladables a procedimientos prácticos y resultados esperados. Las prescripciones técnicas suelen tener la forma de heurísticas que describen maneras de resolver un problema o lograr determinado resultado.
- **Principios descriptivos.** Surgen del *saber-cómo* en la medida en que puede generalizarse en principios aplicables no solo a un caso concreto sino a muchos otros. Carecen de un cuerpo teórico que los justifique, como las leyes físicas, y prescriben acciones generales sin más fundamento que la práctica experta de los técnicos.

- **Reglas tecnológicas.** Incluyen aquel tipo de prescripción tecnológica que se codifica en normas y tiene una base científica para su formulación y ordenación. La base científica garantiza la validez, la efectividad y la viabilidad de las reglas.
- **Teorías tecnológicas.** Implican la construcción de modelos teóricos específicamente tecnológicos que aportan conocimiento basado en los artefactos o en la acción tecnológica misma. Incluye pruebas y fundamentos de la validez, la efectividad y la viabilidad de sus conocimientos. En algunos casos estos fundamentos pueden ser científicos pero en otros surgen del contraste entre la operatividad tecnológica de la teoría y la acción tecnológica.

Dominios de representación

Para el desarrollo de esta didáctica en torno a una situación práctica como la enseñanza de una clase específica de contenidos, consideramos oportuno partir de los estilos de enseñanza propuestos por Feldery Silverman (1988) y los dominios de representación vinculados a las tareas propias del ámbito de la tecnología. El concepto de dominio se asocia a los sistemas de representación o sistemas sígnicos⁷ en los que se apoya y realiza toda producción semio-discursiva. Convencionalmente, el concepto de dominio se refiere a una esfera de actividad, experiencia, estudio o interés, o a un área de conocimiento.

En el campo de los sistemas expertos se ha acuñado la expresión *dominio de conocimiento* como un área específica de conocimiento o experticia. Para el caso de la tecnología, los dominios de representación se asocian con las formas de presentación y representación convencionales de las que dispone el área, de las cuales tiene que ver específicamente con representaciones gráficas, esquemáticas, simbólicas, analíticas, instrumentales y verbales. Así pues, en el campo de la tecnología, un concepto, en la mayoría de los casos, tendrá múltiples formas de representación⁸. Ahora bien, el estudiante evidenciará su grado de aprendizaje en la medida en que utilice y relacione técnicas y conceptos de diferentes dominios o subdominios para modelar un mismo problema o explicar determinado fenómeno o comportamiento⁹.

7 Estos sistemas de signos se pueden agrupar en dos categorías, según la naturaleza de los elementos que los conforman: sistemas de signos verbales y no verbales. Los primeros corresponden a los distintos códigos verbales o lenguas, las cuales se constituyen en el sustento de las relaciones intersubjetivas; los segundos recogen todas las demás posibilidades con las que cuenta el individuo para dar forma a sus conceptualizaciones, entre estas posibilidades podemos señalar las gestuales (lenguaje de señas, la danza), las sonoras (la música), las pictóricas (la pintura, la caricatura, el dibujo), las representaciones gráficas (los diagramas, los esquemas, la notación matemática y musical, los símbolos, la escritura glótica y no glótica), las visuales (las señales de tránsito).

8 Al respecto, desde una perspectiva lingüística, esto es posible dado que la facultad del lenguaje, que posibilita la relación entre el universo de los contenidos y el de las formas de expresión, se puede actualizar o manifestar de diversas maneras, de tal suerte que un mismo contenido se pueda expresar por medio de distintos recursos formales o sistemas sígnicos.

9 Steel, Colton, Bundy y Walsh (2000) muestran cómo la formación de muchos conceptos matemáticos involucran el cruce de múltiples dominios, es decir, que relacionan objetos, ideas y teorías de más de un área.

El dominio de las representaciones gráficas se refiere a la amplia variedad de dispositivos gráficos en que se apoya la tecnología. Por lo general, estos recursos se usan para representar cantidades físicas (voltaje, corriente, energía y potencia) en tiempo o en frecuencia, pero también abarcan gráficos fasoriales, funciones de red de entrada/salida, espectros de amplitud y fase, entre otros. Estos dispositivos gráficos exigen, además, la habilidad para evaluar expresiones, tabular datos, estimar escalas, trazar ejes y ubicar –sobre un plano cartesiano o polar– pares de valores y criterios para determinar los rangos de graficación, la cantidad de datos o valores que se han de obtener y, en algunos casos, la selección o la eliminación de datos erróneos.

Los esquemas, por su parte, son la forma convencional de presentar los circuitos eléctricos sobre el papel. Aunque hay mayor grado de libertad en los procesos de traducción del circuito al esquemático, se deben tener en cuenta restricciones de índole formal (topológica): la conexión e interconexión de los elementos se debe hacer correctamente en términos de nodos que conectan grupos de componentes. Al respecto existen unas convencionalidades latentes que tienden a respetarse (de texto a texto y de autor a autor) de tal forma que, por ejemplo, las señales de entrada o excitación se suelen presentar en la parte izquierda del esquema mientras que las salidas se ubican en la parte derecha, las interconexiones no tienden a ser demasiado cortas ni demasiado largas, los componentes se distribuyen sobre una grilla y no se utilizan conexiones curvas, y los esquemáticos apuntan a mantener una relación de aspecto (eje x / eje y) adecuada.

El manejo de este dominio esquemático exige habilidades para el trazado de bocetos, la redistribución de los elementos, la traducción del esquema al *protobard* y viceversa, la lectura

de circuitos en términos funcionales, la identificación de los elementos y la asignación de valores, la representación de las convenciones de corrientes y voltajes sobre el esquema, la simplificación de subsecciones del circuito, el uso de diagramas de bloques, etc.

Bajo el nombre de dominio simbólico se agrupan las representaciones de tipo simbólico, específicamente del campo de la matemática, a las que se recurre en circuitos. Para ilustrar, considérense los siguientes tres sistemas lineales:

- $y''(t) + 2y'(t) + 2y = u(t)$
- $\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{S^2 + 2S + 2}$
- $\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -2 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} [u(t)]$
 $y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$

Si bien los tres refieren al mismo sistema lineal, se dan distintas representaciones simbólicas en los dominios del tiempo, la frecuencia y el estado. El dominio simbólico es quizás aquel en el que se evidencia más fácilmente el nivel de madurez conceptual que va adquiriendo el estudiante a lo largo de su proceso formativo.

A la par con este dominio de tipo simbólico se da el dominio instrumental; en este se considera la habilidad para solucionar: sistemas de ecuaciones lineales, álgebra de números complejos, sistemas de ecuaciones, despeje de términos y evaluación de funciones. En el dominio instrumental también se incluyen las exigencias en lo que respecta al manejo de instrumental de laboratorio, así como los instrumentos informáticos que se componen de algoritmos de solución, los programas para la descripción de circuitos, la descripción en pseudo código de un procedimiento, la simulación de experimentos, etc.



El dominio analítico, por su parte, no solo cubre las teorías y modelos matemáticos que son la base para el análisis y la síntesis de circuitos, sino también las diferentes técnicas y métodos de análisis junto con los criterios para su correcta aplicación en la resolución de problemas que involucran circuitos eléctricos (teoremas circuitales, técnicas de análisis mediante impedancias, nodos y mallas, etc.). Los elementos de análisis y sus criterios de aplicación son esenciales sobre todo en las fases de diseño y síntesis en las que se requiere coordinar una serie de elementos, métodos y teoremas en aras de lograr un fin en particular. Habitualmente no es fácil *visualizar* de forma completa el camino más efectivo a seguir para el cumplimiento de los fines propuestos y, muy posiblemente, un uso excesivo de herramientas e instrumentos puede entorpecer el trabajo antes que ayudar en la solución que se busca. El dominio analítico supone, entonces, actuar con claridad, orden, consistencia y realizando una aplicación sistemática de los principios que rigen el análisis de circuitos.

El dominio verbal tiene que ver con la capacidad para argumentar, dar explicaciones, verbalizar la configuración topológica del circuito o poner en palabras una determinada expresión matemática, elaborar informes de laboratorio o de las clases magistrales, así como presentar y sustentar conclusiones a partir de los resultados. De esta forma, este dominio tiene que ver con la competencia comunicativa del individuo, específica del área del saber tecnológico, que le permite dar cuenta de sus conocimientos en términos verbales; así las cosas, este dominio implica el uso adecuado tanto de la lengua como de la escritura glótica y se constituye en el recurso por medio del cual el individuo puede pasar de los conocimientos implícitos a los conocimientos explícitos, esto es, le brinda la posibilidad de verbalizar sus saberes, hecho que implica, desde luego, un proceso de reflexión sobre estos.

Estilos de enseñanza/aprendizaje

Los estilos de enseñanza/aprendizaje planteados por Felder y Silverman (1988) proporcionan una base para explorar aspectos del aprendizaje que son particularmente significativos en la educación en tecnología. Si bien la perspectiva es de corte informacional, esto es, asume el aprendizaje en términos de recepción y procesamiento de información, tiene la virtud de brindar claridad y permitir instrumentalizar una serie de variables que son relevantes en la enseñanza de la tecnología, como los *dominios de representación* que presentamos anteriormente. Según esto, los estilos de enseñanza/aprendizaje resultan altamente sensibles a los dominios de representación que configuran el campo semiótico propio de la tecnología.

Los estilos de aprendizaje nacen de los estudios realizados en psicología diferencial (Jonassen y Grabowski) y proponen ajustar la información al estilo de aprendizaje, permitiendo al estudiante retener la información por más tiempo y aplicarla de forma más efectiva. El modelo adoptado clasifica a los estudiantes

sobre cuatro dimensiones, resultando de esta forma dieciséis estilos de aprendizaje posibles: sensorial/intuitivo, visual/verbal, activo/reflexivo y secuencial/global. La hipótesis que surge tras la postulación de estos estilos de aprendizaje señala que los instructores que adaptan su estilo de enseñanza para incluir ambos polos de las dimensiones propuestas, estarían brindando un mejor ambiente de aprendizaje para la mayoría de los estudiantes (Felder y Silverman, 1988). Adicionalmente, el estudiante debe reconocer su propio estilo de aprendizaje para trazar o adoptar una estrategia que mejor se adapte a este.

Los estilos de enseñanza/aprendizaje que Felder y Silverman proponen se establecen a partir de: a) el tipo de información que percibe el estudiante preferentemente (sensorial o intuitiva); b) la modalidad de información a través de la cual se percibe de forma más efectiva la información sensorial (visual o verbal); c) el modo que prefiere el estudiante para el procesamiento de la información (activo o reflexivo), y d) el progreso del estudiante en la comprensión (secuencial o global). Estos factores establecen unas escalas continuas dentro de las cuales es posible situar distintos estilos cognitivos, estrategias de enseñanza y ambientes de aprendizaje que orienten la didáctica de la tecnología.

Estos cuatro factores permiten establecer orientaciones para la enseñanza en términos de ordenamiento temático, exposición de los contenidos, dinámicas en el aula y perspectiva de presentación (secuencial o global). Las orientaciones deberán atender la relación entre los propósitos de formación, los estilos de aprendizaje y los dominios de representación implicados en las diferentes actividades. La explicitación de estas relaciones permite tener mayor conocimiento del estudiante sobre su propio proceso de formación y propicia relaciones de intercambio entre los mismos estudiantes, reconociendo con ello, en función

del aprendizaje colaborativo, sus potencialidades individuales.

La metacognición

Si bien hasta ahora los planteamientos están relacionados directamente con la tecnología, su naturaleza, sus fines formativos y algunas consideraciones en torno a la didáctica (dominios de representación y estilos de enseñanza/aprendizaje), se hace necesario también tener en cuenta, al momento de hablar de didáctica, ya sea de la tecnología o de cualquier otra área del saber, un componente fundamental: la metacognición. Esto atendiendo al hecho de que, como señalara Tamayo (2010), la enseñanza, en términos generales y la de las ciencias en particular, debe considerar aspectos propios del desarrollo histórico y epistemológico de la disciplina, la evolución conceptual de esta, las formas de representación en las que se sustenta, lo emotivo/afectivo y lo metacognitivo. Estos aspectos se constituyen en las dimensiones que configuran una propuesta didáctica que concentre su interés tanto en el proceso de enseñanza como en el de aprendizaje, por tanto, desde la perspectiva de Tamayo, estos elementos siempre deben estar presentes y configurar el aprendizaje de cualquier disciplina.

Para ubicar la noción de metacognición y el papel que esta cumple en el proceso de aprendizaje del individuo, es pertinente retomar los planteamientos de Campione y Brown (Pinzás, 2003) en relación con su teoría sobre la arquitectura de la mente. De acuerdo con estas investigadoras, la inteligencia está configurada por dos componentes, jerárquicamente relacionados: el *sistema arquitectónico* y el *sistema ejecutivo*.

El componente arquitectónico tiene que ver con las características básicas del individuo que le permiten recibir y procesar la información que le llega del exterior. Así, el componente



arquitectónico se constituye en el soporte físico de la inteligencia y tiene como funciones centrales registrar los distintos estímulos físicos que el individuo percibe a través de los sentidos y responder a estos. De esta forma, el componente arquitectónico se erige como el equipo que recibe y procesa la información. Por su parte, el sistema ejecutivo se encarga de iniciar y regular la recuperación de la información de la memoria de largo plazo, de modificar la base de conocimientos y de mediar en la solución de problemas¹⁰.

En términos generales, la cognición se puede entender como el conocimiento que el individuo obtiene por medio del ejercicio de sus capacidades mentales y que le permite tener una teoría del mundo; de esta manera, la cognición está ligada al aprendizaje, dado que el individuo se enfrenta constantemente a distintas experiencias que le ofrecen estímulos, datos, informaciones, realidades (perceptuales y conceptuales) que le son novedosas, las cuales tiene que analizar, interpretar, codificar y organizar, esto supone un proceso de aprendizaje mediante el cual debe modificar sus estructuras de conocimiento para dar respuesta a estas demandas experienciales. Esto conlleva un refinamiento y enriquecimiento constantes de sus estructuras o esquemas cognitivos, así como de sus estrategias de aprendizaje. De esta forma, el proceso de formación no solo supone el aprender, en términos de adquirir nuevas informaciones, sino, además, aprender a aprender o aprender a conocer, lo que lleva a que también se debe *enseñar a pensar* y *enseñar a aprender* (Santoianni y Striano, 2006). Es en este contexto en el que la metacognición adquiere valor.

Esta se puede asumir como la cognición sobre la cognición, o conocimiento sobre el conocimiento, en este sentido, se relaciona “con los saberes y las actividades cognitivas que tienen como objeto a la cognición, y contribuyen a la regulación y al control de su funcionamiento” (Houdé, Kayser, Koenig, Proust y Rastier, 2003, p. 290). Según esto, la cognición se constituye en objeto de análisis y reflexión por parte del individuo, lo que lleva a que genere unos conocimientos y procesos cognitivos de un tipo particular. Por ello, el saber y las actividades cognitivas que se vuelcan sobre la cognición suponen, en consecuencia, la presencia de un conocimiento metacognitivo o metaconocimiento, en términos de Houdé *et al.*, que corresponde a los conocimientos explícitos que el individuo ha construido con respecto a las variables presentes y que pueden afectar, en mayor o menor grado, la realización de un proceso cognitivo como el aprendizaje o la resolución de un problema, sea este lingüístico, matemático, físico o tecnológico.

El conocimiento metacognitivo permite que se pueda adelantar la supervisión y la regulación de los distintos aspectos que intervienen en el desarrollo de una tarea cognitiva, ya sea la resolución de un problema, la escritura de un informe,

10 Este sistema está conformado por cuatro componentes: la *base de conocimiento* (conocimientos o experiencias previos del individuo), los *procesos de control* (estrategias o conductas estratégicas para adelantar procesamientos complejos), los *esquemas* (estructuras cognitivas abstractas por medio de las cuales se asimila información y se aprende) y la *metacognición*.

la comprensión de un texto, la elaboración de un artefacto, el diseño de un puente, en virtud de lo cual el individuo pueda controlar conscientemente sus procesos cognitivos. De acuerdo con esto, la metacognición se define como un conocimiento que le permite al individuo ejercer control directo sobre su propio aprendizaje y sobre la actividad cognitiva en general. De ahí que se trate de *aprender a aprender* con el fin de facilitar “la toma de conciencia de cuáles son los propios procesos de aprendizaje, de cómo funcionan y de cómo optimizar su funcionamiento y el control de esos procesos” (Mateos, 2001, p. 13). Lo anterior se fundamenta en la premisa de que el aprendizaje y la actividad cognitiva se pueden mejorar y potenciar “estimulando la reflexión de los alumnos sobre la forma en que aprenden, leen, escriben o resuelven problemas y que, por tanto, la instrucción debe favorecer el desarrollo de la reflexión metacognitiva” (p. 14). Todo ello en función de que los individuos sean, por un lado, conscientes de sus procesos cognitivos y, del otro, que sean capaces de autorregularlos, con lo cual se aporta para el desarrollo de la autonomía del individuo como ser cognoscente, esto es, capaz de dirigir y controlar el propio aprendizaje sin la necesidad de contar con la presencia permanente de un tutor¹¹. En este sentido, Santoianni y Striano (2006, p. 124) sostienen que la metacognición posibilita que el individuo cuente con instrumentos cognitivos de alto nivel, que se constituyen en un recurso fundamental tanto para abordar procesos de

11 La importancia de la metacognición para la educación radica, como lo señala Mateos (2001), en el hecho de que el estudiante se halla constantemente ante nuevas tareas de aprendizaje que muestran la necesidad de llevarlo a ser un aprendiz autónomo y autorregulado. “El aprendizaje se puede mejorar estimulando la reflexión de los alumnos sobre la forma en que aprenden, leen, escriben o resuelven problemas y, por lo tanto, la instrucción debe favorecer el desarrollo de la reflexión metacognitiva” (Mateos, p. 14); por lo cual es imprescindible optimizar el aprendizaje a través del uso de estrategias que constituyen los procedimientos que se deben llevar a cabo con el fin de conseguir las metas que se persiguen.

aprendizaje como para la generación de conocimiento en distintos contextos y en diferentes ámbitos disciplinares.

De acuerdo con Burón (1996), la metacognición es el conocimiento que tenemos de las operaciones mentales, en términos de “qué son, cómo se realizan, cuándo hay que usar una u otra, qué factores ayudan/interfieren su operatividad, etc.” (p. 11). Siguiendo las ideas de Burón, la metacognición implica estos aspectos esenciales: a) tener conocimiento o definir los objetivos que se persiguen con la actividad que se va a desarrollar; b) elegir las estrategias pertinentes para cumplir dichos objetivos; c) adelantar la auto-observación de la ejecución de la tarea con el fin de verificar si las estrategias elegidas han sido las adecuadas; y d) evaluar los resultados para determinar qué tanto se cumplieron los objetivos y cómo se llevó a cabo el proceso. Esto se puede sintetizar en: a) saber qué se quiere conseguir (definir objetivos) y b) saber cómo conseguirlos (determinar estrategias). Lo anterior lleva a establecer las dos dimensiones de la metacognición: el conocimiento de las operaciones mentales y su autorregulación. De acuerdo con lo expuesto, para que el resultado de la actividad cognitiva sea el mejor, se hace necesario que se tenga claro qué es lo que se quiere conseguir y cómo se puede conseguir; esto significa poseer estrategias adecuadas y eficaces de actuación (autorregulación). Ahora bien, estas estrategias se despliegan antes de iniciar la tarea (planificación), durante el desarrollo de la tarea (supervisión) y después de finalizarla (evaluación).

La reflexión en la acción

Según Schön (1992), existe un nivel de fundamentación artística en la formación de todo profesional, la cual se vuelve relevante para el caso de la formación en el campo de la tecnología, específicamente para los docentes



en electrónica. ¿Qué es lo que queremos decir cuando planteamos que pretendemos que nuestros alumnos piensen como un tecnólogo o como un profesor de tecnología? Las estrategias de formación de profesionales en las áreas técnicas han recurrido en muchos casos al *aprender haciendo*, como fue descrito inicialmente por John Dewey (1974, citado en Schön, 1992, p. 29), concepción en la que los estudiantes aprenden las tradiciones de la práctica: “las costumbres, los métodos y los estándares de trabajo de la profesión constituyen una ‘tradición’, y [...] la iniciación en la tradición es el medio por el que se liberan y se dirigen los poderes de los aprendices”.

De esta manera, aunque no se puede enseñar al estudiante lo que necesita saber, sí puede guiársele, de tal forma que este:

...tiene que ver por sí mismo y a su propia manera las relaciones entre los medios y los métodos empleados y los resultados conseguidos. Nadie más puede verlo por él, y él no puede verlo simplemente porque alguien se lo ‘diga’, aunque la forma correcta de decirlo pueda orientar su percepción para verlo y así ayudarle a ver lo que necesita ver. (Schön, 1992, p. 29).

Sin embargo, más allá del aprender haciendo, debe propiciarse una reflexión continua sobre la práctica, acción que, desde luego, se torna en un aspecto de orden metacognitivo pues implica la autoobservación y el autoanálisis. Para ello, Schön recurre a las nociones de conocimiento en la acción, reflexión en la acción y *practicum reflexivo*.

Schön asume el conocimiento en la acción como aquel que está en la acción; lo cataloga como “los tipos de conocimientos que revelamos en nuestras acciones inteligentes ya sean observables al exterior [...] o se trate de operaciones privadas” (p. 93). Sin embargo, generalmente este conocimiento se encuentra implícito en las acciones que realizamos y requiere de una elaboración o una construcción, como lo denomina Schön, que pone en forma explícita y simbólica lo que se encuentra en forma tácita y espontánea. Cuando podemos describir esta actividad de conocer se puede hablar de *conocimiento en la acción*, que podemos catalogar como metacognitivo. El conocimiento implícito se relaciona o tiene que ver con el conocimiento en la acción. Este último se hace evidente en la acción (ejecución) espontánea y hábil, y no se puede explicitar lingüísticamente. Para verbalizar dicho conocimiento hay que recurrir a la descripción a partir de la observación y la reflexión sobre las acciones. Las descripciones del conocimiento en acción son construcciones que hace el individuo, intentos de poner en forma explícita y simbólica un tipo de inteligencia que empieza siendo tácita y espontánea. Ahora bien, las descripciones se deben poner a prueba ante la observación de sus originales, los cuales pueden ser distorsionados dado que el conocimiento en la acción es dinámico, mientras que los hechos, procedimientos, reglas y teorías son, en principio, estáticos.

Para Schön (1992), la actividad de conocer sugiere la cualidad dinámica de conocer en la acción (conocimiento implícito, no consciente y no verbalizable);

cuando se describe se convierte en conocimiento en la acción (explícito, consciente, verbalizable o codificable en un sistema de signos). En relación con esto, la formación metacognitiva apunta a hacer explícito lo que está implícito, esto es, a que la persona sea consciente de sus procesos cognitivos y, a la vez, pueda dar cuenta de ellos, es decir, que esté en condiciones de verbalizarlos para que pueda, en consecuencia, regularlos.

El autor también argumenta que cuando se aprende a hacer algo se puede tener una secuencia de actividades, en la que no se hace necesario tener que pensar; sin embargo, a veces surgen problemas, resultados inesperados que contienen un elemento de sorpresa. Este se puede dejar de lado o, por el contrario, reflexionar al respecto. En este último caso se dan dos posibilidades: a) *reflexionar sobre la acción*, esto es, tomar distancia entre la acción y la reflexión, lo cual implica suspender la acción y detenerse a pensar; b) *reflexionar en la acción*, en este caso no se da la separación entre la acción y la reflexión; la acción de pensar sirve para reorganizar lo que se está haciendo mientras se hace. Según esto, la acción y la reflexión se dan de forma simultánea.

La reflexión en la acción se caracteriza, de un lado, por ser un tipo particular de reflexión y, del otro, porque tiene relevancia inmediata para la acción, esto es, afecta el desempeño. Desde la perspectiva de Schön, tanto la reflexión en la acción como el conocimiento en la acción se ponen en juego al momento de llevar a cabo una actividad, dado que a medida que se actúa se hace uso de un determinado conocimiento y sobre la ejecución de este se puede reflexionar para mejorar el actuar.

La reflexión en la acción, de acuerdo con el mismo autor, es un proceso que se puede realizar sin que medie para ello el sistema

verbal, el cual no es necesario para que se dé la reflexión como tal. Esto lleva a diferenciar, nuevamente, *reflexión en la acción* de *reflexión sobre la acción*; ésta última sí implica la mediación del código verbal, es decir, se puede y se debe verbalizar. A partir de aquí surge otra vez la relación entre reflexión en la acción y lo implícito (el conocimiento implícito), en el sentido de plantear si este tipo de reflexión se puede asumir como conocimiento implícito. De otro lado, reflexión sobre la reflexión en la acción puede, al igual que la reflexión en la acción, tener incidencia indirecta en la realización de una acción futura, en la medida en que aporta nueva información sobre el actuar.

[...] claramente, una cosa es ser capaz de reflexionar en la acción y otra muy distinta es ser capaz de reflexionar sobre nuestra reflexión en la acción, de manera que produzcamos una buena descripción verbal de ella; e incluso es otra cosa ser capaz de reflexionar acerca de la descripción resultante (Schön, 1992, p. 40).

Aquí entra en juego lo que denomina *practicum reflexivo* que define como prácticas que pretenden ayudar a los estudiantes a adquirir las formas de arte que resultan esenciales para ser competentes en las zonas indeterminadas de la práctica. Se trata, fundamentalmente, de una estrategia metacognitiva orientada al dominio de las prácticas que constituyen el ejercicio profesional (mediadas por un tutor) en la que es indispensable el papel del asesor.

Siguiendo a Schön, aprender una práctica implica iniciarse en las tradiciones de una comunidad y del mundo de la práctica que esta habita. Dicho aprendizaje conlleva los aspectos de convenciones, limitaciones, lenguajes, sistemas de valoración, repertorios de ejemplos, conocimiento sistemático y conocimiento en la acción. Además, a este aprendizaje se puede llegar de varias formas:

- La autónoma: el individuo actúa por su propia cuenta, lo que le ofrece la ventaja de la libertad para experimentar sin ningún tipo de restricción o prescripción, pero presenta la desventaja de no contar con el conocimiento y la experiencia de los otros.
- La del aprendiz de unas prácticas experimentadas: corresponde al aprendizaje iniciático, esto es, la exposición directa a condiciones reales de práctica pero con una limitación de carácter temporal.
- La de participar en un *practicum*, el cual se caracteriza por: 1) ser una situación pensada y dispuesta para la tarea de aprender una práctica; 2) ser un contexto que se aproxima al mundo de la práctica, en el que se aprende haciendo en condiciones más o menos similares a las de la realidad; 3) situarse en un punto intermedio entre el mundo de la práctica, el mundo de la vida ordinaria y el mundo teórico del ámbito académico; 4) ser un mundo colectivo con sus materiales, instrumentos, lenguajes y valoraciones propias; 5) incluir formas particulares de ver, pensar y hacer que se le van imponiendo al aprendiz; 6) ayudar a los estudiantes a saber cómo llegar a ser eficaces en un tipo de reflexión en la acción, pero además promueve la reflexión en la medida en que se apoya en el diálogo reflexivo y recíproco entre tutor y alumno para que pueda ser efectivo.

El trabajo en un *practicum* implica la combinación de aspectos como aprender haciendo por parte de los alumnos, interacciones con tutores y compañeros, y aprendizaje experiencial. Las prácticas de los estudiantes en un *practicum* pueden ser simuladas o hacer para aprender. En el primer caso, el estudiante practica bajo la supervisión de un tutor. En cuanto al hacer para aprender, que tiene que ver con el aprendizaje experiencial, se entiende como el aprendizaje que se da a través de la exposición y la inmersión.

Según Schön (1992), la concepción de tipos de conocimiento (racionalidad técnica, pensar como y conocimiento en la acción) tiene incidencias en la forma de asumir el *practicum*, de tal suerte que se puede hablar de varios de estos: uno centrado en la preparación técnica, otro que busca la respuesta correcta a cada situación, para ello reflexiona sobre casos problemáticos y, finalmente, uno sustentado en la reflexión en la acción. Si bien Schön se inclina por este último, aclara que no implica la exclusión del trabajo que se adelanta tanto en el primero como en el segundo.

Para Schön, en los procesos de enseñanza es indiscutible la presencia de problemas de interpretación en el momento de la instrucción. Por eso es necesario tener en cuenta tres elementos en pro de la solución de los mismos: a) los distintos ámbitos de conocimiento del área estudiada; b) el tutor debe ajustar sus conocimientos a las necesidades y posibilidades de los estudiantes, en las diferentes etapas de una fase determina de su evolución cognitiva, y c) tener en cuenta el tipo de relación con el estudiante ya que una buena re-

lación entre educando/profesor, permite un óptimo desarrollo de las metas propuestas.

En ese sentido, el mismo autor presenta el modelo de tutorización y de aprendizaje. En este modelo, el profesor es un tutor que invita a los estudiantes a considerar lo que les satisface, siempre direccionado hacia la solución de sus necesidades e intereses personales; asunto que se desarrolla sobre la base de varias cuestiones del proceso educativo, que se sustenta en preguntarles cómo les pareció lo que hicieron, qué tipo de conocimiento han desarrollado, para qué sirve el conocimiento nuevo y su relación con el conocimiento ya adquirido previamente, esto es, generando reflexión y autoconocimiento, aspectos de orden metacognitivo. Este tipo de reflexiones permiten no solo la descripción e interpretación de la nueva información, para compararla con la ya conocida, sino que además permite que el estudiante sea consciente de su propio proceso educativo y la pertinencia que este tiene para su realidad académica y su diario vivir. Asimismo, este ejercicio ayuda a los estudiantes a ser conscientes de nuevas posibilidades y opciones que están implícitas en lo que ya saben hacer. De esta manera, el educando es quien se encargará de utilizar las estrategias que le sean más útiles y con las que obtenga mejores resultados en el momento de ejercer la tarea académica.

Una propuesta de configuración didáctica

A partir de lo expuesto, se diseñó una propuesta de aula para la formación de docentes en el área de tecnología, la cual pretende, a través de métodos como la instrucción explícita; las prácticas guiada, cooperativa e individual, y sobre todo, el *prácticum reflexivo*, asumido como estrategia para la formación metacognitiva, ceder de manera gradual al estudiante la supervisión, el control y la evaluación del

proceso, y distanciar de ellas progresivamente al profesor, para así formar un estudiante intencional, autónomo y reflexivo, que tome su conocer y su actuar como objeto de análisis. La propuesta se ha diseñado teniendo en cuenta las nociones de configuración, secuencia, unidad y planificación didácticas¹².

La configuración didáctica, relacionada con las maneras de hacer, supone tipos, entre los cuales se pueden encontrar los proyectos de aula, las secuencias didácticas y las unidades didácticas. La propuesta que se plantea en el marco del proyecto DTE-209-10 toma –como modelo de formulación– la unidad didáctica, de tal forma que se ha definido una unidad orientada, como se ha señalado, al desarrollo de habilidades para el diseño, la simulación, la medición, la graficación y el análisis de respuesta en frecuencia de circuitos de filtro, y al fomento del trabajo colaborativo y autónomo; asimismo se busca que el estudiante conozca y utilice estrategias metacognitivas durante el proceso de elaboración del circuito, en términos de planificar (formular objetivos, plantear hipótesis, activar conocimientos previos), analizar (especificar requerimientos, comprender con más detalle la dinámica del proceso de diseño, utilizar adecuadamente los materiales y herramientas, revisar el trabajo desarrollado, buscar apoyo en caso de tener problemas) y evaluar (cumplimiento de los objetivos, validez de las estrategias adoptadas, conocimiento adquirido, calidad del proceso y del producto que se ha obtenido). Estas estrategias suponen contemplar los momentos de planificación, supervisión y evaluación del proceso que, en consecuencia, serán parte fundamental de la propuesta. La configuración didáctica que subyace al trabajo supone un avance secuencial, ocupando dos ciclos de diseño/

12 La propuesta se sustenta en las secuencias didácticas para la enseñanza de la lectura, expuestas por Santiago, Castillo y Morales (2007).



simulación (uno de prediseño y otro de diseño en sentido estricto) y un tercero de implementación y evaluación, para ofrecer al final del trabajo una visión de conjunto del proceso de diseño.

Ahora bien, la noción de unidad didáctica conlleva la de planificación didáctica. La planificación se debe entender, fundamentalmente, como una manera de organizar el trabajo en el aula, como una hipótesis de trabajo, en consecuencia, flexible, falible y perfectible. Desde la perspectiva de Gvartz y Palamidessi (1998), una planificación didáctica debe tener en cuenta una serie de variables o aspectos de la realidad que el docente debe considerar al momento de “planificar y desarrollar una actividad sistemática de enseñanza” (Gvartz y Palamidessi, p. 188). Así, al adelantar el diseño de una planificación didáctica se hace necesario contemplar una serie de variables o elementos que orientan y, en cierta medida, determinan su configuración. Tales variables están relacionadas con la formulación de objetivos y logros; la selección y secuenciación de los contenidos; la determinación de las orientaciones metodológicas; la elección de recursos y materiales; el establecimiento de la forma de evaluación. Según este último aspecto, en las planificaciones que se han planteado en el marco de la propuesta didáctica se han contemplado estos elementos: objetivos, logros, indicadores de logro, contenidos, metodología, recursos y evaluación (Santiago, Castillo y Morales, 2007)¹³.

De esta forma, la unidad didáctica diseñada, y que conforma la propuesta de aula, contempla cada uno de estos elementos y se constituye en la guía para adelantar el trabajo. Para ilustrar lo que se ha descrito, a continuación se presenta una descripción del contenido de la propuesta. Se trata de una unidad didáctica centrada en el proceso de diseño y elaboración de un dispositivo de filtro, que integra elementos de análisis, simulación, medición y puesta a punto. Durante todo el proceso se busca que el estudiante tenga presente la planeación de recursos (materiales, herramientas, bibliográficos, humanos, tiempo), la metodología que se sigue, las fases del diseño y los compromisos en cada una de ellas, la naturaleza de la actividad y las dificultades que podrían presentarse más adelante, si no se escoge una estrategia adecuada desde un principio; aspectos que implican el desarrollo de la reflexión en la acción.

Aunque el producto que se espera es la implementación de un circuito de filtro, no se debe olvidar que el objetivo final de la propuesta es la compren-

13 La planificación contempla la formulación de unos propósitos o intencionalidades formativas por parte del profesor que busca dar a conocer y propiciar el uso de estrategias metacognitivas relacionadas con el proceso de elaboración; este objetivo lleva a la formulación de unos logros, centrados en el estudiante, que buscan desarrollar su competencia en el análisis y diseño de circuitos de filtro. Ligados a estos, se establecen los indicadores que permitan llegar al logro propuesto. A partir de ellos se establecen los contenidos declarativos, procedimentales y condicionales, haciendo énfasis en los dos últimos, esto es, las estrategias cognitivas y metacognitivas asumidas como contenidos en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Así, la propuesta pretende, a través de métodos como la clase magistral, el taller de afianzamiento, la práctica de laboratorio y el trabajo individual, ceder de manera gradual al estudiante la supervisión, el control y la evaluación del proceso y distanciar de ellas progresivamente al profesor, para así formar un estudiante (profesor, practicante) de tecnología autónomo y reflexivo.

sión del trabajo, lo cual implica el análisis y la reflexión por parte del estudiante con la orientación permanente del docente. Por esta razón, resulta primordial la sustentación (argumentación) que pueda hacer el estudiante durante y al final del desarrollo del proyecto. Por sustentar se refiere al hecho de que el profesor pregunta por posibles escenarios como:

- Si duplicamos el valor de las resistencias, ¿qué ocurre con las frecuencias?
- Si cambiamos las resistencias por condensadores y los condensadores por resistencias, ¿en qué cambiaría la funcionalidad del circuito?
- ¿Es posible diseñar el filtro para una frecuencia de 2 GHz? Argumente su respuesta.
- ¿Si ocurre una variación del 10% en los valores de las componentes, ¿cómo cree usted que afectaría el comportamiento del circuito?
- ¿Qué hubiera pasado si el valor de los condensadores hubiera sido de 0,01 μF y no de 0,1 μF ?
- ¿Cómo podríamos disminuir el exceso de ganancia entre 3 KHz y 4 KHz?
- ¿Qué limitaciones de operación presenta el filtro implementado frente al diseñado?

Para dar cuenta de estos interrogantes, el estudiante debe recurrir fundamentalmente al dominio verbal y se puede apoyar en los otros dominios.

La actividad de laboratorio ocupa dos momentos de diseño/simulación y un tercero de implementación y evaluación. El primero, que corresponde a la fase de pre-diseño/simulación, es de carácter estrictamente analítico y consiste en diseñar una función de transferencia que cumpla unas especificacio-

nes particulares y simular (graficar) su salida. Los conceptos de función de transferencia, frecuencia de quiebre, factor de calidad y ganancia se han abordado extensamente a lo largo del curso; para ello, los conceptos de función de red y respuesta frecuencial están presentes a lo largo del curso.

En el momento de diseño/simulación, el estudiante se enfrenta al diseño del filtro a partir de una configuración esquemática tradicional (esquema de filtrado tipo Sallen-Key) que se quiere ajustar a los criterios de operación que se dieron en la primera parte. Puede observarse que el problema no es estrictamente de diseño sino más bien de hacer corresponder los valores de las componentes con las especificaciones numéricas de la función de transferencia que se desea. El estudiante debe simular en AIM-SPICE el circuito obtenido y elaborar su gráfico de BODE, de magnitud y fase, tanto en forma aproximada (dibujo a mano alzada) como también mediante el uso de herramientas computacionales (simulador circuital), es decir, debe recurrir a dominios de representación gráfica e instrumental. En este punto debe hacer un despliegue correcto de las técnicas de análisis, graficación y órdenes de magnitud esperados. Para las simulaciones, se le pide al estudiante que utilice los valores reales de los componentes y que compare la simulación obtenida con los valores exactos que se esperan.

En el momento de implementación y evaluación, el estudiante debe comprobar que el circuito diseñado se ajusta a los requerimientos planteados inicialmente (dentro de los márgenes admitidos) y, en caso contrario, hacer los ajustes correspondientes, lo cual implica que adelante procesos de análisis, reflexión y autoevaluación. Las mediciones de magnitud y fase es importante que se hagan mediante técnicas tradicionales, alimentando el circuito con un generador de señales y tomando la entrada



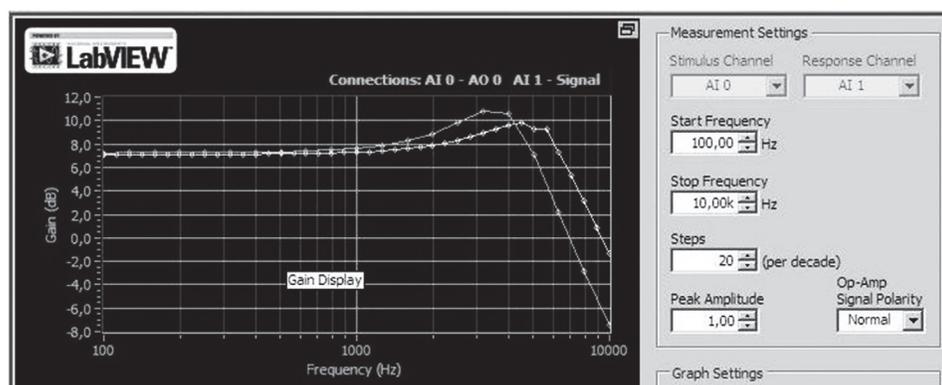
y la salida a través de un osciloscopio, a partir de la relación entre magnitudes y el desfase de las señales. De esta manera, el estudiante debe hacer uso de sus habilidades en el manejo de instrumentos de laboratorio, propias del dominio instrumental, como de sus capacidades para la tabulación de datos, graficación, análisis y cálculo, que forman parte de los dominios gráfico, simbólico y numérico. Puesto que las características de ganancia del filtro llegan a los 11 dB, la señal de entrada no podrá superar los 4 voltios; y dado que la gráfica debe hacerse sobre una escala logarítmica de frecuencias, el estudiante deberá estar en capacidad de generar de forma calculada, los valores de las frecuencias a las que se realizarán las mediciones. Así, por ejemplo, para obtener 10 puntos equidistantes por década sobre un espacio logarítmico deberá tomar los valores presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Valores para obtener puntos equidistantes por épocas

Vr	Frec=10 [^] (Vr)
1	10
1,1	12,59
1,2	15,85
1,3	19,95
1,4	25,12
1,5	31,62
1,6	39,81
1,7	50,12
1,8	63,10
1,9	79,43
2	100

Finalmente, el montaje en protoboard y el uso del laboratorio virtual NI-MyDAQ permiten al profesor chequear rápidamente si el montaje y las mediciones realizadas por el estudiante fueron correctas.

Figura 1. Diferencia de Bode entre circuitos



La figura 1 muestra un ejemplo de la diferencia en el Bode entre el circuito diseñado y el circuito implementado (valores calculados: verde y valores medidos: amarillo). El trazado de estas curvas las hace el estudiante de manera manual y el profesor de manera automática, mediante la tarjeta de adquisición NI-MyDAQ. En este punto el profesor puede recurrir a una estrategia de simulación de escenarios, como los que se presentaron líneas atrás.

A manera de colofón

Para efectos de abordar la didáctica de la tecnología, se hace necesario reconocer el carácter complejo de la misma tanto en términos de su campo de estudio como en su relación con las otras disciplinas. Este carácter complejo sugiere, además, la construcción de una didáctica de la tecnología que, partiendo de la lógica propia de la disciplina, aborde su enseñanza a partir de núcleos integradores o líneas transversales que cubran amplios campos del saber.

Desde una perspectiva motivada por la articulación de los estilos de enseñanza con los dominios de representación resultan más claras las causas de ese manifiesto desajuste entre la implementación de la enseñanza técnica y los estilos de aprendizaje. Así, como lo señalan Felder y Silverman (1988), mientras las clases en tecnología tienden a ser auditivas, abstractas, deductivas, pasivas y secuenciales, la mayoría de estudiantes tienden a ser visuales, sensitivos, inductivos y activos y, algunos de los más creativos, tienden a progresar de manera global, no secuencial. Corregir este desajuste ha de ser uno de los objetivos primordiales en el desarrollo de una didáctica de la tecnología.

El currículo para la formación de profesores en el área de tecnología debe enfocarse más allá del uso y del diseño, con el fin de

propender por pensar y comprender la tecnología; esto es, fomentar la conciencia del pensamiento tecnológico. Esta comprensión debe trascender los conocimientos declarativo y procedimental para que atienda los ámbitos del conocimiento condicional. Así, se debe incluir el aspecto metacognitivo en la formación de los individuos, pues este tipo de conocimiento es susceptible de ser enseñado y desarrollado en los educandos; esto para dotarlos de instrumentos cognitivos de alto nivel que les permitan afrontar de forma autónoma no solo los aspectos relacionados con el aprendizaje sino todos aquellos retos que impone la vida profesional. En esa medida, se debe propiciar la formación de un profesional, en este caso un docente de tecnología, que reflexione, en términos de Schön (1992), en y sobre la acción. Así, se hace necesario incluir en los contenidos que se desarrollan en una asignatura, aquellos de tipo condicional que le permitan al estudiante tener estrategias que le posibiliten analizar, supervisar y evaluar sus procesos cognitivos y la incidencia de estos en su proceso de formación.

Como se señaló, el lenguaje de la tecnología implica el manejo de diversas formas de representación, verbales y no verbales, por ello se hace necesario que los estudiantes se familiaricen con estas y los utilicen de forma adecuada; esto implica que, como parte de los contenidos, se presenten de forma explícita los distintos sistemas signícos de que hace uso y ha generado la tecnología como disciplina (gráficos, esquemáticos, simbólicos, analíticos, numéricos, instrumentales, verbales, de estimación cualitativa) y se relacionen con los estilos de aprendizaje, de tal manera que se favorezca el proceso de formación de todos los estudiantes.

Con el fin de integrar todos estos elementos en una propuesta didáctica, se ha recurrido a la noción de unidad didáctica como una



forma de planificar la actividad educativa y, en consecuencia, como una forma de configuración didáctica. Esta unidad, centrada en la temática del diseño de un filtro, articula elementos de orden declarativo (conceptos, nociones, definiciones) con aspectos procedimentales y condicionales o metacognitivos, específicamente las actividades de planificación, supervisión y evaluación, de tal forma que estos se constituyan en tipos de contenido que integren la propuesta de formación de verdaderos profesionales reflexivos.

Referencias Bibliográficas

- Arendt, H. (2003). *La condición humana*. Buenos Aires: Paidós.
- Barlex, D. (2001). *Possibilities for Research in Technology Education. Proceedings of the Second AAAS Technology. Education Research Conference*.
- Barnes, B. y Bloor, B. (1997). Relativismo, Racionalismo y Sociología del Conocimiento. En: M. González; J. López y J. Luján J. (eds.). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Lecturas seleccionadas*, (pp. 25-48). Barcelona: Ariel.
- Barnett, R. (1994). *Los límites de la competencia*. Barcelona: Gedisa.
- Blázquez, F. y Lucero, M. (2002). Los medios y recursos en el proceso didáctico,. En: A. Medina y F. Salvador (coords.). *Didáctica general*, (pp. 183-213). Madrid: Pearson Educación.
- Buch, T. (1999). *Sistemas tecnológicos: contribuciones a una teoría general de la artificialidad*. Buenos Aires: Aique.
- Bunge, M. (1976). *The Philosophical Richness of Technology* (pp.153-172). PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association.
- Burón, J. (1996). *Enseñar a aprender: Introducción a la metacognición*. Bilbao: Mensajero.
- Camps, A. (2003). *Secuencias didácticas para aprender a escribir*. Barcelona: Graò.
- Carvajal, A. (2005). La racionalidad tecnológica: más allá de la razón instrumental. *Revista de Filosofía*, 108, 75-88.
- De Camilloni, A. (comp.). (2008). *El saber didáctico*. Barcelona: Paidós.
- Dorff, R. y Svoboda, J. (2003). *Circuitos eléctricos*. México: Alfaomega.
- Felder, R. y Silverman, L. (1988). Learning and Teaching styles in Engineering Education. *Engineer Education* 78 (7), 674-681.
- Feldman, D. (1999). *Ayudar a enseñar*. Buenos Aires: Aique.
- Ferguson, E. (1977). The Mind's Eye: Nonverbal Thought in Technology. *Science*, 197 (4306), 827-836.
- Gallego, J. y Salvador, F. (2002). Los contenidos en el proceso didáctico. En Medina, A. y Salvador F. (coords.). *Didáctica general*. Madrid: Pearson Educación.

- González, M., López, J. y Luján, J. (1996). *Ciencia, tecnología y sociedad, una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- Gvirtz, S. y Palamidessi, M. (1998). *El ABC del docente: currículum y enseñanza*. Buenos Aires: Aique.
- Heidegger, M. (1997). La pregunta por la técnica. En J. Acevedo (Ed.), *Filosofía, Ciencia y Técnica*, (pp. 113-148). Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Litwin, E. (1997). *Las configuraciones didácticas: una nueva agenda para la enseñanza superior*. Buenos Aires: Paidós.
- Mateos, M. (2001). *Metacognición y educación*. Buenos Aires: Aique.
- Mayor, J.; Suengas, A. y González, J. (1993). *Estrategias metacognitivas: Aprender a aprender y aprender a pensar*. Madrid: Síntesis.
- Medina, R. y Salvador, M. (2002). *Didáctica general*. Madrid: Pearson Educación.
- Houdé, O. Kayser, D., Koening, O. Proust, J. y Rastier, F. (2003). *Diccionario de ciencias cognitivas*. Buenos Aires: Amorrortu.
- Middleton, H. y Pavlova, M. (2002). *Learning and teaching in technology education, challenge for the 21st century*. Parkroyal Gold Coast: Griffith University.
- Paulos, J. (2002). *Un matemático lee el periódico*. Barcelona: Tusquets.
- Pinzás, J. (2003). *Metacognición y lectura*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Rodríguez, G. (1998). Ciencia, Tecnología y Sociedad: una mirada desde la Educación en Tecnología. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 107-143.
- Santiago, G.; Castillo, P. y Vega, R. (2005). *Lectura, metacognición y evaluación*. Bogotá: Alejandría Libros.
- Santiago, A.; Castillo, M. y Morales, D. (2007). Estrategias y Enseñanza-aprendizaje de la lectura. *Revista Folios*, 26, 27-38.
- Santojanni, F. y Striano, M. (2006). *Modelos teóricos y metodológicos de la enseñanza*. México: Siglo XXI.
- Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Madrid: Paidós.
- Steel, G., Colton, S., Bundy, A. y Walsh, T. (2000). *Cross-Domain Mathematical Concept Formation*. En Proceedings of AISB'00 Symposium on Creative and Cultural Aspects of AI and Cognitive Science. Edinburgh: University of Edinburgh.
- Tamayo, O. (2010). *Didáctica de las ciencias en la actualidad*. Conferencia Inaugural V Versión Cátedra Agustín Nieto, Bogotá.
- Vásquez, A. y Alarcón, M. (2010). *Didáctica de la tecnología*. Madrid: Síntesis.