

DISEÑO DE UN MODELO DE EVALUACIÓN PARA UN AMBIENTE DE APRENDIZAJE ACTIVO EN INGENIERÍA

Alejandro Carvajal Díaz y Catalina Ramírez Cajiao
Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia)

Resumen

Este artículo pretende mostrar los avances que se han tenido en el desarrollo de un proyecto de investigación de la Maestría en Ingeniería Industrial. El artículo contiene una propuesta de un modelo de evaluación para un ambiente de aprendizaje activo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Para ello, inicia con una revisión conceptual en la que se desarrolla el proyecto, continúa con la presentación de los avances del mismo y, finaliza con unas reflexiones acerca del proyecto y su futuro.

Palabras clave: Aprendizaje activo, evaluación, sistemas de control, CyberSyn.

Abstract

This paper shows the partial advances in the development of a research project that wants to generate a proposal of an assessment model for an active learning environment in the Engineering School of Universidad de los Andes. For this objective, the paper starts with a conceptual revision, it continues with the presentation of its advances, and finishes with future reflections about expected results of the project.

Key words: Active learning, assessment, control systems, CyberSyn.

Introducción

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes busca “formar ingenieros capaces de dominar las ciencias básicas, las matemáticas y la tecnología para desarrollar conocimiento útil en la resolución de los problemas del país y de la sociedad en general” (Proyecto de Renovación de la Facultad de Ingeniería, s.f.). En articulación con ese propósito, procura el desarrollo de mejores prácticas de apoyo

al aprendizaje mediante la comprensión de los procesos del mismo.

En vista de lo anterior, se hace pertinente generar conocimiento relacionado no sólo con la forma en que aprenden los estudiantes y la forma de potencializar su aprendizaje, sino también en cómo se está recogiendo evidencia acerca del nivel de comprensión sobre un dominio de acción o sobre el desarrollo de una habilidad particular.

Revisión conceptual

Según Illeris (2003), el aprendizaje incluye dos procesos: uno de interacción externo, que ocurre entre el aprendiz y su entorno social y cultural; y otro psicológico interno en el que nuevos impulsos (oportunidades de aprendizaje) son conectados con resultados de aprendizaje anteriores. El primero, relaciona el entorno y lo individual haciendo claridad en que el aprendizaje se da en la interacción entre el individuo y el contexto en el que se desarrolla; el segundo, es propio del aprendiz y permite la interacción entre dos dimensiones del aprendizaje: cognitiva (contenidos y habilidades) y emocional o psicodinámica (sentimientos y motivaciones que proveen la energía mental necesaria para el aprendizaje). Estas dos dimensiones se completan con la dimensión social (comunicación y cooperación).

En la dimensión cognitiva el esfuerzo del aprendiz se orienta hacia la construcción de significados y habilidades para la vida práctica. Para ello, se requiere de la dimensión psicodinámica, en donde se asegura el balance mental del aprendiz y se desarrolla su sensibilidad personal; en otras palabras, la generación de un vínculo emocional con el aprendizaje permite que se desarrolle de manera espontánea y voluntaria. Estas dos dimensiones son iniciadas por impulsos generados en la interacción e integración de los dos procesos de aprendizaje, por lo tanto, todo aprendizaje cognitivo está íntimamente relacionado con las emociones del aprendiz (“el aprendizaje es conducido por el deseo, el interés, la necesidad o la compulsión” (Illeris, 2003, pp:399); igualmente, el aprendizaje emocional está influenciado por el entendimiento (“nueva información puede cambiar las emociones o los sentimientos” (Illeris, 2003, pp:399). La interacción externa (participación, comunicación y cooperación) que permite la integración en comunidades y en la sociedad, es llamada por Illeris la dimensión social y necesita tomar lugar en las otras dos dimensiones (ver gráfico 1).

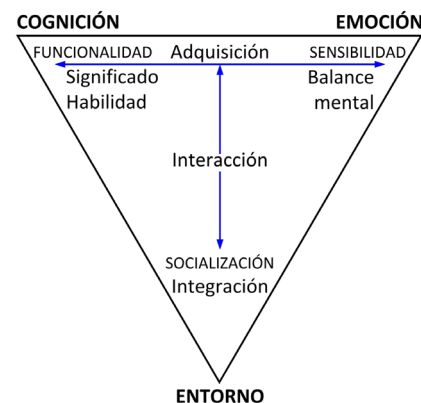
En relación con los resultados del aprendizaje, se debe entender que son estructurados antes que

retenidos; esa estructuración puede establecerse en varias direcciones y para entenderla es necesario distinguir entre cuatro niveles de aprendizaje que se activan en diferentes contextos, implican diferentes resultados de aprendizaje y requieren mayor o menor energía (Illeris, 2003).

El primer nivel es el aprendizaje acumulativo (o mecánico) y se presenta cuando un esquema o patrón es establecido; está caracterizado por la formación aislada de nuevos conocimientos, por lo tanto, es más frecuente durante los primeros años de vida, luego ocurre sólo en situaciones especiales donde se necesita aprender algo que no tiene mayor importancia personal, por ejemplo aprender un número telefónico, un nip¹, un poema, etc. El aprendizaje resultante es automatizado y los conceptos son re-llamados y aplicados en situaciones mentales similares a la del contexto de aprendizaje.

El aprendizaje asimilativo o por adición, significa que el nuevo aprendizaje es vinculado como una adición a un esquema o patrón ya establecido. Un ejemplo se da en los cursos del bachillerato cuando se comienza a construir conocimiento que se vincula con otro adquirido en el pasado. El resultado de este aprendizaje se caracteriza por la vinculación de esquemas o patrones de manera que es fácil re-llamarlos y aplicarlos. Por ejemplo, usar cálculos matemáticos fuera del aula de clase para hacer cuentas en el supermercado.

Gráfico 1. Los procesos y dimensiones del aprendizaje



Tomado y traducido de Illeris (2003)

¹ Número de identificación personal.

El tercer nivel es el de aprendizaje por acomodación (o trascendente) e implica romper parte de un esquema existente y transformarlo en una nueva situación que puede ser vinculada con el aprendizaje previo. El resultado está caracterizado por el hecho que lo aprendido puede ser re-llamado y aplicado en muchos contextos relevantes diferentes.

El último nivel de aprendizaje es el transformativo (o expansivo) y está caracterizado por reestructuraciones simultáneas en las dimensiones cognitiva, emocional y social.

Adicional a lo anterior y de acuerdo con Illeris (2003), el aprendizaje ya no puede ser concebido como la mera adquisición de contenidos en un plan de estudios o un currículo. Al examinar las ofertas de empleo o al hablar con entrevistadores, se encuentra como obvio que las habilidades generales y las cualidades personales son importantes para la cualificación de un profesional, de hecho, en la vida diaria contemporánea, muchas habilidades y cualidades son esenciales para manejar funciones complejas (Illeris, 2003). Entonces, se considera que aquello que debe ser aprendido para el trabajo y la vida social es una totalidad compleja que incluye aprendizaje tradicional en términos de conocimientos, orientaciones y visiones, combinado con el desarrollo de habilidades profesionales y de la vida diaria como flexibilidad, mente abierta, independencia, responsabilidad, creatividad, entre otras. En administración y también en educación, el concepto competencia ha empezado a utilizarse cada vez más para capturar dicha situación compleja. Esto es, para la teoría de aprendizaje y la práctica educativa, un evidente cambio hacia el desarrollo de un concepto de aprendizaje que es capaz de igualar este concepto.

Aprendizaje experiencial²

El aprendizaje experiencial propone un marco para evaluar y fortalecer los vínculos fundamentales entre educación, trabajo y desarrollo personal y hace énfasis en la importancia del vínculo que puede desarrollarse entre el salón de clases y el 'mundo real' (Kolb, 1939). En el gráfico 2 Kolb representa la

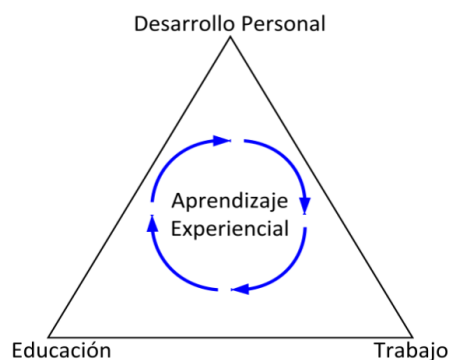
conexión entre desarrollo personal, educación y trabajo y el aprendizaje experiencial como centro de la conexión.

Kolb (1939) cita a Lewin, Dewey y Piaget por sus aportes al desarrollo del modelo de aprendizaje experiencial. El modelo de Lewin se fundamenta en el concepto de realimentación (*feedback*). A partir de una experiencia concreta, se pueden realizar observaciones y reflexiones para formar conceptos abstractos y generalizaciones que puedan ser probadas y analizadas en nuevas situaciones o contextos. Esas pruebas y análisis conducirán a buscar nuevas experiencias reiniciando el ciclo (ver gráfico 3).

El modelo de Dewey guarda similitud con el de Lewin pero, en este caso, se hace más evidente el fundamento de la realimentación. Dewey cambia los términos usados por Lewin y habla de impulsos (experiencias concretas) tratando de explicar que a través de éstos se generan observaciones y reflexiones que se convertirán en conocimiento. Ese conocimiento será probado y generará un nuevo impulso que reactiva el proceso. Este modelo puede verse como una espiral en donde, en cada vuelta, se va avanzando hacia la construcción de un aprendizaje más elaborado y profundo (ver gráfico 4).

Piaget plantea que el desarrollo cognitivo del individuo se da en cuatro etapas y mediante cuatro tipos de aprendizaje diferentes. Una vez el individuo transita por cada una de las etapas, adquiere la

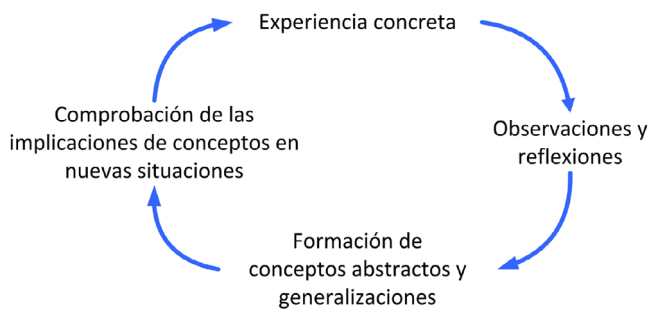
Gráfico 2. Vínculo entre desarrollo personal, educación y trabajo



Tomado y traducido de Kolb (1939)

² Reconocido también como aprendizaje por experiencia.

Gráfico 3. Modelo de Lewin



Tomado y traducido de Kolb (1939)

Gráfico 4. Modelo de Dewey



Tomado y traducido de Kolb (1939)

habilidad de utilizar cada tipo de aprendizaje en la situación o contexto que lo requiera.

La primera etapa se da en los primeros años de vida y desarrolla habilidades sensoriales y motoras; se aprende sintiendo y tocando. En esta etapa se puede hablar de aprendizaje por acomodación pues el aprendiz debe conocer el mundo que le rodea y adaptarse a diferentes formas, texturas y sensaciones.

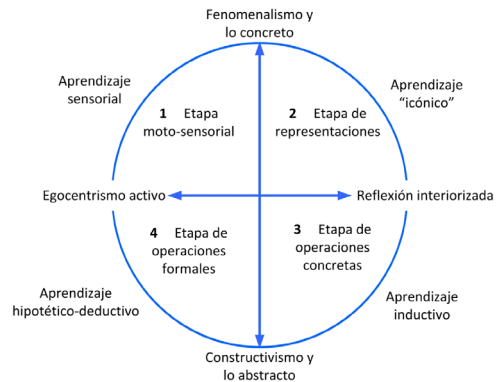
En la segunda etapa, el aprendiz comienza a aprender mediante el reconocimiento de imágenes o íconos; comienza a manipular observaciones que le permiten incorporar representaciones gráficas particulares de los objetos, personas y sensaciones que le rodean.

La etapa siguiente (“de operaciones concretas” (Kolb, 1939, pp:24) desarrolla una intensiva incorporación simbólica abstracta, independencia respecto a la exploración del mundo que le rodea y capacidad para inducir aprendizajes de acuerdo con sus observaciones del mundo. Este aprendizaje es asimilativo porque el aprendiz incorpora teorías a partir de sus observaciones.

La última etapa permite desarrollar operaciones formales fundamentadas en la observación, la reflexión sobre las observaciones y la construcción

de aprendizaje a través del poder de reflexión y abstracción (ver gráfico 5).

Gráfico 5. Modelo de Piaget



Tomado y traducido de Kolb (1939)

El Aprendizaje como proceso

Illeris (2003) afirma que el aprendizaje debe entenderse como un proceso y no como la simple adquisición de contenidos. Igualmente, Kolb (1939, pp: 26) establece que “las ideas no son elementos fijos e inmutables de pensamiento sino que son formadas y reformadas por la experiencia” y cita a Piaget diciendo que “cada acto de comprensión es el resultado de un proceso de construcción e invención continua de pensamientos en la interacción de los procesos de asimilación y acomodación; el aprendizaje es un proceso emergente donde los resultados representan sólo un registro histórico y no conocimiento”. De acuerdo con eso, el aprendizaje se concibe mejor como proceso y no en términos de resultados. Cuando un aprendiz comienza a desarrollar un proceso de aprendizaje, lo hace a partir de experiencias que le permiten generar conocimiento que puede refinarse a medida que se tienen más experiencias de aprendizaje, en palabras de Kolb (2003, pp: 28), significa que el aprendizaje es modificable y ‘re-aprendible’.

Los modelos que se mostraron, implican que cada nuevo conocimiento, habilidad o actitud, se alcanza mediante la confrontación de los cuatro niveles de aprendizaje; un aprendiz necesita cuatro tipos de habilidades diferentes: de experiencia concreta, de observación reflexiva, de conceptualización abstracta y de experimentación activa. Estas habilidades son, respectivamente, la capacidad de: participar plena,

abiertamente y sin prejuicios en nuevas experiencias; reflexionar y observar sus experiencias desde muchas perspectivas; crear conceptos e integrar sus observaciones de manera lógica en las teorías; y usar esas teorías para tomar decisiones y resolver problemas (Kolb, 1939, p30). Se debe reconocer que es difícil lograr el desarrollo de todas las habilidades. ¿Cómo se puede actuar y reflexionar al mismo tiempo?, ¿cómo se puede concretar (particularizar y aplicar) y seguir siendo teórico? El aprendiz se enfrenta al desarrollo de habilidades que son polos opuestos, por eso continuamente se escoge un ‘conjunto’ de habilidades a desarrollar y utilizar para enfrentar una situación de aprendizaje específica (Kolb, 1939).

Aprendizaje activo

“El aprendizaje puede ser visto como el proceso en el que el conocimiento es creado, a través de la experimentación” (Barros, Ramírez & Stradaioli, s.f.). Barros, et al., afirman que el aprendizaje se logra mediante la observación, la conceptualización abstracta y la experimentación activa.

En ese sentido, el aprendizaje activo está orientado hacia la acción. El estudiante está en constante uso de sus sentidos y estos influyen en su aprendizaje. El aprendizaje activo se enfoca en habilidades de pensamiento como: análisis, síntesis y evaluación (Barros, et al., s.f.). En un ambiente de aprendizaje activo los estudiantes hablan, leen, escuchan, escriben, reflexionan, resuelven problemas, simulan, utilizan juegos de rol, casos de estudio, etc. Un ambiente de aprendizaje activo motiva a los estudiantes a aprender haciendo.

Modelo de Sistema de Control CyberSyn

CyberSyn³ nació como un proyecto cibernético de aplicación durante el gobierno de Salvador Allende en Chile. La idea general era tener un sistema de control de información que permitiera, en tiempo casi real, acceder a la información de las empresas del

Estado chileno para generar control y efectividad en la toma de decisiones. De acuerdo con Ulrich (1988), las principales ideas de CyberSyn fueron: el cerebro de la organización (un modelo neuro-cibernético), Cybernet (sistema de comunicación ‘en línea’ o ‘sistema nervioso’), Cyberstride (un software que permitiera la disminución de variedad) y la sala de operaciones (espacio físico diseñado para la toma de decisiones). El modelo de CyberSyn se asimila al sistema nervioso humano. Así, se derivan tres principios: viabilidad, recurrencia y autonomía.

La viabilidad hace referencia a la búsqueda de un objetivo de auto-adaptación intrínseco; implica el desarrollo de control interno de cada una de las partes del sistema y la motivación externa de las mismas. El principio de recurrencia se refiere a la característica de poder representar cada nivel de desagregación del sistema en términos del mismo. Ulrich (1988) cita a Beer quien afirma que el principio de autonomía permite balancear la responsabilidad sobre el sistema al permitir que cada parte esté a cargo de su propio proceso y generar un control central de apoyo y verificación basado en confianza.

La idea fundamental del segundo elemento, Cybernet, es ser una red que permite el acceso a información en tiempo ‘real’ a quienes toman decisiones en la organización. Esto implica que cada miembro puede tener rápido acceso a la información que necesita para tomar decisiones y comunicarlas al resto de la organización (Ulrich, 1988). Por su parte, Cyberstride es una herramienta computacional que busca disminuir la variedad en la información presentada a los diferentes niveles de decisión de la organización; de esa manera, se presenta información adecuada, en el nivel de desagregación correcto para asegurar que sea útil en la toma de decisiones (Ulrich, 1988). Finalmente, en la sala de operaciones se disponen formas de presentar la información para los miembros de los niveles más altos en la organización. De la misma manera que Cyberstride, la sala de operaciones pretende disminuir la variedad en la presentación de información para una correcta toma de decisiones en la organización.

³ El término CyberSyn proviene de cybernetica (o cibernética) y synergia (o sinergia).

Propuesta del Modelo de Evaluación

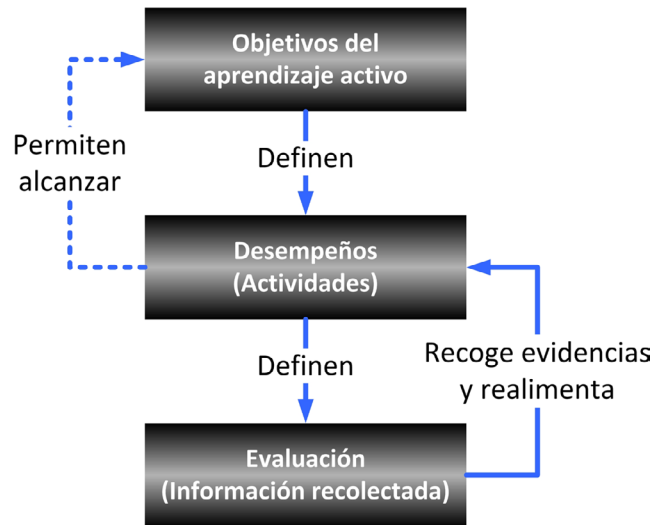
En cualquier sistema de control se parte de los objetivos a alcanzar. Para ello, se plantean estrategias que definan el camino a seguir; se plantean índices o indicadores que permitan recolectar información acerca de las estrategias para monitorearlas, controlarlas y tomar decisiones que permitan el alcance de los objetivos (ver gráfico 6).

Gráfico 6. Modelo básico de un sistema de control



Un primer acercamiento a la propuesta del modelo de evaluación de procesos de aprendizaje activo, entendido como un sistema de control, comienza por definir los objetivos de aprendizaje activo, esto implica llevar a cabo un profundo proceso de reflexión respecto a qué se quiere lograr con el aprendizaje de los estudiantes; una definición precisa, clara y acertada de esos objetivos, desplegará estrategias de aprendizaje que permitan alcanzarlos. Clarificados los objetivos del aprendizaje activo, se inicia el diseño de desempeños (estrategias) que permitan al estudiante avanzar en su consecución; para el caso particular, deben ser consistentes con las prácticas de aprendizaje activo; tener en cuenta la generación de aprendizaje por acomodación y transformativo y las tres dimensiones del aprendizaje; y permitir la recolección de evidencias del proceso. Esas evidencias conducirán a la alimentación de indicadores que permitan a los involucrados tener información del proceso y tomar decisiones sobre la marcha que permitan: 1. Avanzar en el desarrollo y perfeccionamiento de los desempeños propuestos y realizados y, 2. Avanzar en el perfeccionamiento y alcance de los objetivos de aprendizaje (ver gráfico 7).

Gráfico 7. Primer acercamiento al sistema de control



Ese perfeccionamiento se logra a través de la medición (evaluación) y control que se ejerce sobre el proceso de aprendizaje activo. Esta incluye la interpretación de los indicadores y la definición de estrategias que permitan fortalecerlo y, como en el modelo de Dewey, dar una vuelta en la espiral para avanzar en el dominio de cierto conocimiento o el desarrollo de alguna habilidad en los estudiantes.

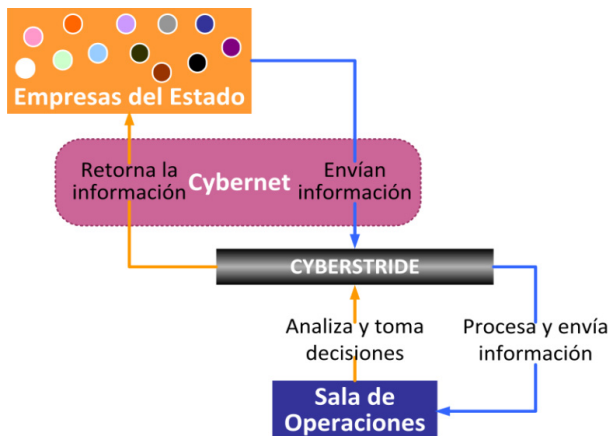
Adaptación del Modelo CyberSyn

CyberSyn parte de la definición de un sistema de control que permite enviar y recibir información en tiempo real con el objetivo de acceder a ella en el momento adecuado para tomar decisiones sobre el proceso que se desea controlar.

Las empresas del Estado enviaban, a través de Cybernet, la información acerca de su operación mediante variables relevantes, luego era procesada y organizada por Cyberstride y se enviaba a la sala de operaciones en donde era objeto de análisis y discusión para tomar decisiones que se enviaban a las empresas para su implementación utilizando el procesamiento de datos de Cyberstride y la red de comunicación Cybernet (ver gráfico 8).

El fundamento de CyberSyn está en la posibilidad de vincular las empresas del Estado con las altas directrices mediante una comunicación personalizada de acuerdo con el nivel que recibe/

Gráfico 8. Simplificación del modelo CyberSyn



envía la información y el uso de tecnologías de información y comunicación para la transmisión y procesamiento de la misma.

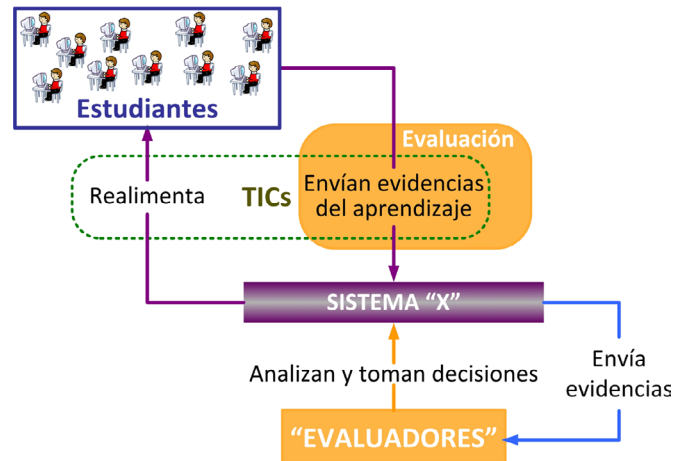
Para el caso de un proceso de aprendizaje activo, se puede generar una adaptación de CyberSyn pues, de acuerdo con Illeris (2003) y Kolb (1939), el aprendizaje se concibe mejor como un proceso y como tal, puede controlarse aprovechando las ventajas tecnológicas actuales que permiten la recolección y el procesamiento de información y la toma de decisiones que coadyuven al alcance de los objetivos de aprendizaje activo (ver gráfico 9).

Vínculo entre CyberSyn y el Aprendizaje Activo

Se ha descrito y mostrado el modelo CyberSyn a la luz de la teoría de sistemas de control. Ahora se genera un vínculo con el aprendizaje para entender el aporte que se generaría en su proceso. Como lo muestra el gráfico 10, el estudiante desarrolla los desempeños derivados de los objetivos de aprendizaje activo. Esos desempeños dan lugar a la evaluación (recolección y análisis de evidencias de aprendizaje). Así, se genera realimentación desde los evaluadores hacia el estudiante y hacia los desempeños.

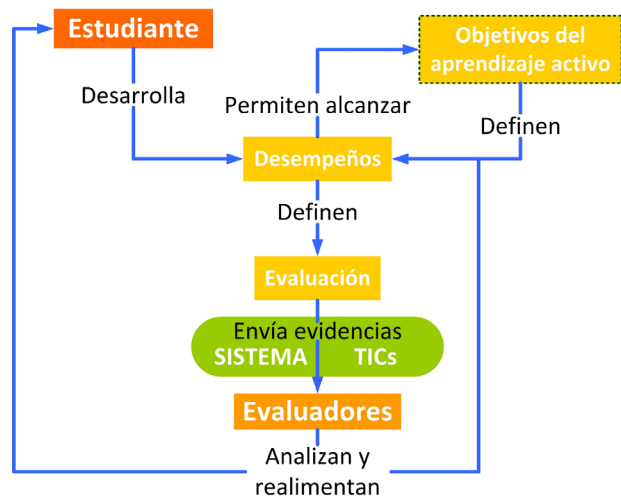
De acuerdo con los modelos de aprendizaje mencionados, se generan impulsos que se desprenden de los desempeños propuestos para el ambiente de aprendizaje que permitirán la realización de

Gráfico 9. Modelo CyberSyn adaptado



observaciones, la generación de conocimiento, la aplicación de juicios y el desarrollo de nuevos impulsos. Así, este ciclo permite la realimentación que acompaña al aprendiz y que es realizada en colaboración con los evaluadores. El estudiante tiene ante sí un conjunto de desempeños para realizar y mediante su proceso de adquisición interna permitirá la interacción de la dimensión cognitiva al tener un acercamiento al conocimiento. Este último podrá ser apoyado y reforzado por la conexión emocional que establezca el estudiante. Así, en consistencia con las prácticas de aprendizaje activo, el estudiante tendrá la posibilidad de apropiarse de su proceso de aprendizaje y desarrollar desempeños auténticos, que se conecten con su futuro quehacer profesional y establezcan las bases de un pensamiento que podrá utilizar en su vida profesional.

Gráfico 10. Vínculo entre CyberSyn y el aprendizaje



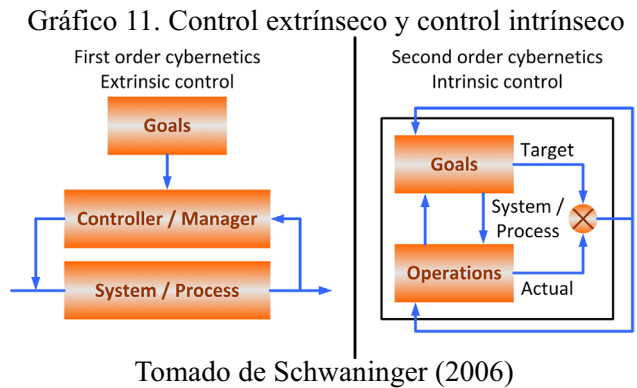
Ahora, la aplicación de CyberSyn al proceso de aprendizaje del estudiante se convertirá en una herramienta que le permita tener información precisa y oportuna para tomar decisiones, ajustar sus estrategias y alcanzar los objetivos del aprendizaje activo. Igualmente, el apoyo de los evaluadores (profesores, guías, etc.), será una herramienta para el aprendiz, que recibirá información relevante de éstos. Los evaluadores pueden tomar decisiones para el mejoramiento del ambiente de aprendizaje y pueden acompañar la toma de decisiones de los estudiantes con base en su experiencia y observaciones sobre el sistema.

De acuerdo con Beer, citado por Ulrich (1989), la autonomía es “la respuesta cibernética a la dicotomía entre centralización y descentralización en las organizaciones...”. Beer también afirma que “el principio [de autonomía]...se puede determinar...en función del mínimo control jerárquico requerido para mantener el desempeño promedio del sistema entre límites definidos” (Ulrich, 1989). Schwaninger (2006, pp: 29) describe la autonomía como la habilidad de autocontrol de un sistema incluyendo la adaptación y ajuste de los propios objetivos y habla acerca del control extrínseco (o cibernética de primer orden) y el intrínseco (cibernética de segundo orden) (ver gráfico 11).

Para el modelo de evaluación, es importante reconocer la necesidad de generar cierta autonomía en los estudiantes. Esto es consistente con las prácticas de aprendizaje activo y con el principio de autonomía definido por Beer y reforzado por Schwaninger. Un estudiante que asume una posición crítica y reflexiva respecto a su proceso de aprendizaje, es capaz de realizar autónomamente, con algunos elementos de control extrínseco, ajustes para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

Reflexiones finales

Se ha presentado en este artículo la idea de entender el aprendizaje como un proceso. Ese concepto es validado por Kolb (1939) quien retoma las ideas de Lewin, Dewey y Piaget en la generación de un marco conceptual de comprensión de los fundamentos del aprendizaje, de los procesos asociados y las dimensiones en las que ocurren tales procesos. Se



entiende que si el aprendizaje activo es un proceso debe entonces medirse como tal. Esto implica la definición clara de objetivos a alcanzar, las estrategias que se pondrán en marcha para lograr esos objetivos y las mediciones que permitan tomar decisiones y mejorar el proceso de aprendizaje activo y sus estrategias.

Para un proceso de aprendizaje activo, se plantea CyberSyn como una herramienta que permite evaluar la efectividad de las prácticas de ese aprendizaje. De esa manera, se aplica la teoría de sistemas de control a procesos de aprendizaje con base en los fundamentos de recurrencia, viabilidad y autonomía que permiten entender el proceso de aprendizaje y sus actores relevantes como un sistema viable.

Igualmente, CyberSyn plantea el uso de tecnologías de información y comunicación para mejorar los flujos de información entre estudiantes y evaluadores. Así se puede tener acceso a información relevante para el proceso de aprendizaje que permitirá tomar decisiones en momentos adecuados, modificar y reorientar las estrategias y alcanzar los objetivos del aprendizaje activo; todo ello fundamentado en el concepto de realimentación.

Con base en el modelo CyberSyn, sus fundamentos y componentes, se desarrollará una prueba piloto en un curso de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes con el objetivo de recolectar evidencias que permitan evaluar el modelo y verificar su aporte a un proceso de aprendizaje activo. Esto se constituirá en la segunda fase del proyecto de investigación que está siendo desarrollado por los autores del presente artículo y cuyos resultados se esperan poder divulgar durante el primer semestre de 2009.

Referencias

- Barros R., Ramírez, C., Stradaoli, K. (s.f.). Learning of the relation between communication structures and organizational strategies and organizational effectiveness by the means of an active methodology.
- Illeris, K. (2003). Towards a contemporary and comprehensive theory of learning. *International Journal of Lifelong Education*, 22, (4), pp. 396-406.
- Kolb, D. (1939). *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*. New Jersey, United States of American: Prentice Hall.
- Schwaninger, M. (2006). *Intelligent Organizations: Powerful model for systemic management*. Berlín, Alemania: Springer.
- Ulrich, W. (1989). *Una crítica al pensamiento cibernético: La experiencia chilena (Proyecto CyberSyn)* (G. González, E. Lleras & M. Wiesner, Trads.) Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes. (Trabajo original publicado en 1988).
- Universidad de los Andes (s.f.). Proyecto de renovación de la Facultad de Ingeniería. Consultado el 8 de junio de 2008 en <http://renovacioningenieria.uniandes.edu.co/cms/perfil/>

Sobre los autores

Alejandro Carvajal Díaz

Estudiante de Ingeniería Industrial con Opción en Educación y del programa coterminado con la Maestría en Ingeniería de la Universidad de los Andes. Actualmente es Asistente de la Coordinación de Pregrado en Ingeniería Industrial en la Universidad de los Andes.
j-carvaj@uniandes.edu.co

Catalina Ramírez Cajiao

Doctorado en el Politécnico de Milano, Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes e Ingeniera Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana. Actualmente se desempeña como Profesora Asistente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes y como Coordinadora del Programa de Ingeniería General.
mariaram@uniandes.edu.co