

El Acercamiento Cooperativo de las Fábricas de Aprendizaje y su Impacto en los Estilos de Aprendizaje

. Andres L. Carrano'

James B. Taylor, Ph.D.

SUMARIO

Los esquemas tradicionales de enseñanza que se siguen en cursos de ingeniería, así como en otras áreas de la enseñanza técnica, han sido objeto de discusión durante la última década. Usualmente, un amplio espectro de estudiantes se reúne en un mismo salón de clases. Este hecho trae como consecuencia la presencia de características muy variadas en los mecanismos por medio de los cuales los estudiantes capturan y procesan la información. Esta mezcla de estilos de aprendizaje dificulta aun más el establecimiento de los canales de comunicación apropiados con cada uno de los estudiantes. Un mayor grado de conocimiento y entendimiento de la manera en la cual los individuos aprenden es de importancia crítica para el proceso de mejoramiento educacional. El reto actual para las instituciones académicas esta en la evaluación de los estilos de aprendizaje de sus estudiantes y profesores para así lograr un diseño acorde de los correspondientes marcos instruccionales. Este escenario desafía las metodologías tradicionales de enseñanza, demandando nuevas herramientas, técnicas y creatividad por parte de los profesores. Desde su creación a principio de los años noventa, el concepto del *Learning Factory* o fábricas de aprendizaje ha presentado una alternativa instruccional en la enseñanza de los cursos en manufactura y sus interrelaciones con respecto a un ambiente industrial cada día más integrado. En este trabajo se presenta un acercamiento a estos conceptos e ideas con respecto a su impacto sobre los estilos de aprendizaje del individuo.

1. ANTECEDENTES

La conslanle y creciente necesidad que existen en el sector industrial por estudiantes de ingeniería ca-

pacitados, tanto en el área académica como en el área técnica, ha estado requiriendo una revisión de los currícula instruccional así como *del* contenido de los cursos. La tradicional lectura catedrática ha sido reconocida como un excelente mecanismo en la entrega de grandes cantidades de información, pero a la vez fomenta una gran pasividad en los estudiantes y limita su interacción durante la clase. Adicionalmente, el instructor tiende a proveer todo el material necesario lo cual no deja espacio para creatividad alguna en el estudiante. Este mecanismo de enseñanza beneficia a una limitada porción de la clase que es denominada como *aprendices' verbales* bajo el modelo de estilos de aprendizaje de Felder-Silverman [Felder y Silverman, 1988; Felder, 1993, 1998].

En años recientes, investigaciones en el área de procesos cognoscitivos ha permitido un mejor entendimiento de las limitaciones de la lectura catedrática como único mecanismo de instrucción. De igual manera, esto ha servido para reconocer laboratorios, aplicaciones multimedia, técnicas de aprendizaje cooperativo, y experiencias sensoriales en general, como medios mucho más eficaces (cuando combinados con lecturas) en la enseñanza. Estas alternativas instruccionales permiten que un mayor grupo de estudiantes puedan ser enseñados en su propio mecanismo de captura de información.

En este contexto, la idea de incorporar actividades que requieran destrezas tanto intelectuales como físicas en la instrucción técnica no es novedosa, en efecto, los cursos basados en laboratorios han sido implementados en varios niveles por décadas. Sin embargo, lo que en general ha faltado en el campo de la manufactura es un programa educativo integrado que comprenda áreas selectas e interdisciplinarias de instrucción académica las

1 Profesor Asistente en la Universidad Católica Andrés Bello. [Email: alcarran@eos.ncsu.edu](mailto:alcarran@eos.ncsu.edu)

2 Profesor Asistente en North Carolina State University, Raleigh. [Email: jtaylor@eos.ncsu.edu](mailto:jtaylor@eos.ncsu.edu)

3 *Del ingles learners. Abarca todo individuo en alguna etapa de aprendizaje de instrucción técnica.*

cuales son tradicionalmente enseñadas de manera independiente a lo largo de varios semestres y sin conexión en particular. Un programa como el descrito requiere ser acompañado por cursos *practicum* cuyo objetivo sea el reforzar los módulos de conocimiento teórico y sus interrelaciones mientras el estudiante es expuesto, de una manera teórica y práctica, a través de todas las fases del desarrollo y manufactura de producto. Todo esto estaría desarrollado bajo un ambiente de trabajo orientado a equipos y bajo un esquema de *learn-by-doing*. Un acercamiento como este serviría para emular los esquemas reales del mundo de la manufactura en el marco educativo, así como también para motivar a un grupo más amplio de estudiantes, lo cual se traduce en una manera más efectiva de impartir conocimiento.

1.1. Las Fábricas de Aprendizaje

El learning factory o fábricas de aprendizaje son el producto del consorcio para la educación de la ingeniería de manufactura (MEEP) [Lamancusa, 1997]. Este consorcio fue conformado por tres universidades con sólidos programas en ingeniería (la Universidad del Estado de Pennsylvania, la Universidad de Washington, y la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez), un laboratorio gubernamental de investigaciones (Laboratorios Nacionales Sandia), junto con más de cien socios corporativos comprendiendo un amplio sector de industrias norteamericanas. Este programa contó con el apoyo del gobierno federal a través del programa de reinversión en la tecnología (ARPA). Este consorcio fue la respuesta a una constante y creciente necesidad que existe en el sector industrial por estudiantes de ingeniería capacitados tanto en los fundamentos de ingeniería así como en habilidades profesionales/gerenciales.

Los objetivos de este programa eran los siguientes [Lamancusa, 1997]:

- Desarrollar un curriculum práctico en ingeniería que presentase un balance entre el conocimiento analítico y teórico en manufactura con respecto a las habilidades y destrezas profesionales necesarias para afrontar las realidades del negocio.
- Implementar fábricas de aprendizaje en cada institución educativa del consorcio las cuales estén íntegramente acopladas al curriculum para así ofrecer una experiencia práctico-teórica en diseño, manufactura y realización de productos.
- Generar fuertes vínculos con el sector industrial

- Extender el proyecto hacia otras instituciones académicas, gubernamentales, e industriales.

Este proyecto se concentró fundamentalmente en el diseño de los cursos necesarios y su integración en el pensum, que conjuntamente con las instalaciones físicas y los nexos con las industrias, proveen al estudiante de los siguientes atributos: una sólida base teórica en los fundamentos de las ciencias de la ingeniería, una clara percepción de los microsistemas individuales que conforman la manufactura y realización de un producto y sus interrelaciones, una excelente formación en tecnologías y herramientas actuales, así como una preparación adecuada que permita al individuo actuar como un miembro y comunicador eficaz dentro de un determinado equipo de trabajo. Finalmente, uno de los atributos más importantes esta relacionado con la capacidad y motivación del individuo hacia aprendizaje futuro e independiente.

El curriculum propuesto (e implementado en las universidades mencionadas) incluye cursos en las siguientes áreas: Ingeniería o Disección de Producto, Ingeniería Concurrente, Empresariado en Tecnologías, Ingeniería de Calidad en Procesos, así como un proyecto de grado interdisciplinario. Las instalaciones físicas para el diseño y manufactura de producto incluye laboratorios con maquinaria diversa, bancos de trabajo equipados con herramientas manuales, equipos de soldadura, estaciones CAD/CAM, laboratorios de metrología, materiales de referencias, así como áreas de reunión para los grupos de estudiantes. Algunas de las instalaciones más especializadas ofrecen maquinaria con control numérico (CNC), moldeado por inyección, máquinas de medición de coordenadas (CMM), fundición de metales, y desarrollo rápido de prototipos. En estas instalaciones, los estudiantes aplican el conocimiento teórico impartido en el salón mientras participan activamente en la realización de un producto desde su diseño hasta su ensamblaje final como producto terminado. En el caso particular de este consorcio, los grupos de trabajo han sido normalmente conformados por estudiantes de las escuelas de ingeniería industrial, mecánica, eléctrica, química, así como también de la escuela de negocios. Las industrias asociadas al consorcio contribuyen con equipos y maquinarias, proveen proyectos de grado, y se reúnen frecuentemente con los estudiantes. Esta interacción beneficia a los estudiantes al exponerlos al aprendizaje de cierta cultura organizacional así como al relacionarlos con empleadores potenciales. Por otro lado, este roce también beneficia a las industrias al poder evaluar empleados potenciales, a la vez que obtienen asistencia con problemas específicos (transferencia de tecnología). Información adicional relacionada a este consorcio puede ser encontrada en Lamancusa, Jorgensen, and Zayas-Castro *et al.* (1997), así como en la siguiente dirección: <http://www.if.psu.edu/>. Recientemente, otras universidades han comenzado a

incorporar programas similares en la instrucción de la ingeniería de manufactura: la Universidad del Estado de Carolina del Norte (*Error! Marcador no definido.*, y el Instituto de Tecnología de New Jersey, entre otros.

1.2. Estilos de Aprendizaje: Modelos y Estrategias

Cada individuo posee su propio estilo de aprendizaje. Los principales académicos en el área han desarrollado y adoptado una definición de que conceptualiza los estilos de aprendizaje como una composición de aquellas características cognoscitivas, afectivas, y los factores fisiológicos que sirvan como un indicador estable de como un aprendiz percibe, interactúa, y responde con respecto al ambiente de aprendizaje [Keefe, 1979]. Implícitos en esta definición se encuentran los *estilos cognoscitivos* que son los patrones intrínsecos de procesamiento de información que a su vez representan el modo típico bajo el cual el individuo percibe, piensa, recuerda, y resuelve conflictos [Griggs, 1991].

En toda arena profesional, es un hecho común que la información se presente de varias maneras y bajo diferentes formas. Este hecho trae como consecuencia el que sea imperativo que los individuos sean capaces de operar bajo diversas modalidades para así detectar y asimilar todo conocimiento relevante. Existe un amplio y creciente número de modelos que se proponen clasificar la manera en la cual los estudiantes absorben y procesan información. Entre el vasto universo de modelos existentes, destacan cuatro que han sido usados con cierto grado de efectividad y éxito en la educación de la ingeniería [Felder, 1988]. Estos modelos son descritos a continuación.

Indicador de Tipos Myers-Briggs (MBTI). Este modelo clasifica estudiantes de acuerdo a sus preferencias con respecto a ciertas escalas, las cuales han sido derivadas de la teoría de los tipos psicológicos de Carl Jung. Basado en este principio los estudiantes pueden ser:

- Extrovertidos (intentan alternativas, prueban cosas diversas, se enfocan en el mundo externo de las personas) o Introversos (piensan detalladamente, se enfocan en el mundo interno de las ideas).

- Sensores (prácticos, orientados hacia detalles, enfocados en hechos y procedimientos) o Intuitivos (imaginativos, orientados hacia conceptos, enfocados en significados y posibilidades).

Pensadores (escépticos, tienden a tomar decisiones basados en razonamiento lógico) o Sensibles

(apreciativos, tienden a tomar decisiones basados en consideraciones personales y humanísticas).

- Juzgadores (fijan y siguen cronogramas, buscan concluir aun cuando la información sea incompleta) o Perceptores (se adaptan a circunstancias cambiantes, se resisten a concluir o culminar para así poder buscar mas información).

Este indicador MBTI puede ser combinado de 16 maneras diferentes. Por ejemplo, un estudiante puede ser ESPP (extrovertido, sensor, pensador, perceptor), así como otro pudiera ser IISJ (introvertido, intuitivo, sensible, juzgador)

Modelo de Estilos de Aprendizaje de Kolb: Este modelo clasifica a los estudiantes de acuerdo a sus preferencias por (i) Experiencia concreta o Conceptualización abstracta (acerca como prefieren adquirir la información); y (ii) Experimentación activa u Observación pasiva (acerca como internalizan esta información). Los cuatro tipos de aprendices bajo este esquema de clasificación son:

Tipo 1: Concretos y Reflexivos. Una pregunta característica de este tipo esta relacionada con el *porqué* de las cosas. Aprendices del tipo 1 responden afirmativamente hacia aquellas explicaciones que relacionan el material del curso con sus experiencias, intereses, y sus carreras futuras. Para ser efectivos con este tipo de estudiantes, el instructor debe actuar como motivador.

Tipo 2: Abstractos y Reflexivos. Una pregunta característica de este tipo esta relacionada con el *que* de las cosas. Aprendices del tipo 2 responden afirmativamente hacia aquella información que es presentada de una manera organizada y en una secuencia lógica, beneficiándose aun más si se les otorga tiempo para reflexión. Para ser efectivos con este tipo de estudiantes, el instructor debe actuar como experto.

Tipo 3: Abstractos y Activos. Una pregunta característica de este tipo esta relacionada con el *cómo* de las cosas. Aprendices del tipo 3 responden afirmativamente hacia aquellas oportunidades que les permiten trabajar activamente en tareas bien definidas, aprender por ensayo y error, y experimentar bajo un ambiente que les permita fallar con seguridad. Para ser efectivos con este tipo de estudiantes, el instructor debe actuar como entrenador, supervisando las prácticas y suministrando retroalimentación.

Tipo 4: Concretos y Activos. Una pregunta característica de este tipo esta relacionada con el *que-pasaría-si* de las cosas. Aprendices del tipo 4 responden afirmativamente hacia aquellas oportunidades que les permiten aplicar el material de clases en nuevas situaciones para así resolver problemas reales. Para ser efectivos con

este tipo de estudiantes el instructor debe apartarse, en buena parte, del proceso de aprendizaje para así maximizar las oportunidades del estudiante tipo 4 de descubrir cosas por sí mismos.

Instrumento de Dominancia Cerebral de Herrmann (HBDI). Este método clasifica a los estudiantes en términos de sus preferencias relativas a pensar bajo cuatro modalidades diferentes. Dichos modos están basados en el funcionamiento físico del cerebro con respecto a tareas especializadas. Cada modalidad es denominada cuadrante y se caracterizan de la siguiente forma:

- Cuadrante A (cerebro izquierdo, cerebral). Lógico, analítico, cuantitativo, factual, crítico.
- Cuadrante B (cerebro izquierdo, límbico). Secuencial, organizado, planificado, detallado, estructurado.

Cuadrante C (cerebro derecho, límbico) Emocional, interpersonal, sensorial, kinestésico, simbólico.

- Cuadrante D (cerebro derecho, cerebral). Visual, holístico, innovador.

Modelo de Estilos de Aprendizaje de Felder-Silverman. Este modelo clasifica a los estudiantes de acuerdo al siguiente criterio:

- Aprendices Sensores (concretos, prácticos, orientados hacia hechos y procedimientos) o Aprendices Intuitivos (conceptuales, innovadores, orientados hacia teorías y significados).

- Aprendices Visuales (prefieren representaciones visuales del material tales como dibujos, diagramas de flujo, o gráficos) o Aprendices Verbales (se inclinan por explicaciones escritas y habladas).

- Aprendices Inductivos (prefieren presentaciones que proceden de lo específico a lo general) o Aprendices Deductivos (prefieren presentaciones que van de lo general a lo específico).

- Aprendices Activos (aprenden haciendo y experimentando, suelen trabajar con otros) o Aprendices Reflexivos (aprenden pensando y reflexionando las cosas, suelen trabajar solos).

- Aprendices Secuenciales (lineales, ordenados, aprenden en pasos pequeños) o Aprendices Globales (holísticos, pensadores de sistemas, aprenden en grandes pasos).

Es necesario mencionar que han habido numerosos intentos de proporcionar un marco común para el diverso número de teorías de estilos de aprendizaje [Griggs, 1991]. Uno de los esquemas más populares es

el propuesto por Curry *et al.* (1987) y denominado como el modelo de la cebolla. Este modelo consiste en cuatro capas secuenciales que son descritas a continuación:

1. Dimensiones de la personalidad: evalúan la influencia de la personalidad básica con respecto a las diversas maneras de adquisición e integración de la información. Entre los modelos que se concentran en personalidades se destacan el modelo de Witkin *et al.* (1954) y el indicador de tipos de Myers-Briggs [Myers, 1978; Lawrence, 1994].

2. Procesamiento de la información: evalúan los acercamientos intelectuales preferidos por el individuo con respecto al modo bajo el cual se asimila la información. Entre los modelos que se incluyen en esta área se encuentran el de complejidad cognoscitiva de Schemeck's *et al.* (1983) y el modelo de procesamiento de la información de Kolb.

3. Interacción social: se refieren a como los estudiantes interactúan en el salón de clases. Modelos en esta área incluyen los tipos de aprendizaje categorizados por Reichmann y Grasha *et al.* (1974), que clasifican al individuo como: independiente o dependiente, colaborador o competitivo, participativo o esquivo.

4. Preferencia instruccional: evalúan las preferencias individuales con respecto al ambiente de aprendizaje. Esquemas en esta categoría incluyen el modelo del procesamiento humano [Keefe, 1989] y el modelo de estilos de aprendizaje de Dunn and Dunn *et al.* (1978). Estos modelos presentan similitudes en el hecho de que ambos enfatizan la importancia de identificar y canalizar las preferencias individuales en el proceso de aprendizaje.

Si los profesores enseñan exclusivamente de una manera tal que se favorece el estilo de aprendizaje menos preferido por los estudiantes, se pudiese generar cierta incomodidad que, en muchos casos, es suficiente para interferir y entorpecer el proceso de aprendizaje. Por otro lado, si los profesores enseñan exclusivamente en las modalidades preferidas, los estudiantes no se verán forzados a desarrollar la destreza mental necesaria para alcanzar su máximo potencial como estudiantes y posteriormente como profesionales. Independientemente de las herramientas y medios utilizados, el reto que afrontan las instituciones académicas de hoy está en identificar y evaluar eficazmente las características de los estilos de aprendizaje de sus estudiantes. Esto permitirá desarrollar los marcos instruccionales tal que los estudiantes desarrollen habilidades y destrezas tanto en sus modalidades preferidas como en aquellas menos favorecidas. Este acercamiento es denominado *enseñanza alrededor del ciclo* [Felder, 1998].

2. IMPACTO EN LOS MECANISMOS DE APRENDIZAJE

La implementación de fábricas de aprendizaje dentro de los programas educativos en manufactura busca como objetivo el proveer un mecanismo instruccional que impacte favorablemente diversos estilos de aprendizaje a la vez que se imparte una educación integrada, interdisciplinaria, basada en trabajo de equipo, y con una fuerte orientación práctica. El concepto de la enseñanza alrededor del ciclo fue acuñado para describir un acercamiento *en* el cual cada una de las necesidades de aprendizaje del individuo son satisfechas, al menos de una manera parcial. Como se describe en esta sección, las fábricas de aprendizaje en cierta manera forzan al profesor a rotar su forma de instrucción alrededor de varias modalidades, así como también tienden a responder a la tendencia educacional denominada como aprendizaje activo y en la cual, muchas de las actividades y responsabilidades son transferidas del profesor hacia el alumno. En esta sección se diserta brevemente acerca del impacto de las fábricas de aprendizaje con respecto a los cuatro modelos de aprendizaje considerados.

Indicador de Tipos de Myers-Briggs (MBTI). Típicamente, los profesores de ingeniería orientan sus cursos hacia los siguientes perfiles bajo este modelo: Introversos (mediante lecturas catedráticas y el requerimiento de asignaciones individuales en lugar de involucrar activamente a la clase en un ambiente de aprendizaje cooperativo); Intuitivos (mediante el enfoque en las teorías y conceptos de las ciencias básicas de la ingeniería en lugar de concentrarse en el diseño, operaciones, y sus interrelaciones); Pensadores (al requerir análisis abstractos así como al ignorar consideraciones interpersonales); y Juzgadores (al concentrar esfuerzos en seguir el programa del curso y cumplir las fechas de entrega en lugar de una exploración más profunda de las ideas y una resolución creativa de los problemas). En este contexto de este modelo, las fábricas de aprendizaje son complementarias ya que mezclan la lectura catedrática tradicional junto con un practicum basado en laboratorios, lo cual permite una modalidad de desarrollo de producto en la cual el aprendiz extrovertido es permitido experimentar en grupos pequeños de trabajo. Cursos tales como Disección de Productos y Manufactura permiten el desarrollo de una visualización mental y habilidades en el diseño, las cuales motivan al aprendiz sensor. Los trabajos en equipo y proyectos flexibles tienen una fuerte presencia tanto en el salón de clases como en el laboratorio. Este esquema va dirigido a estudiantes sensibles y perceptores que a la vez trabajan en grupo para resolver problemas reales pero considerando las opiniones y relaciones interpersonales. Sin embargo, los plazos de en-

trega y presentación se hacen cumplir, para así evitar la resistencia natural encontrada en los perceptores.

Modelo de Estilos de Aprendizaje de Kolb. En el marco de este modelo, la instrucción tradicional en ingeniería se ha caracterizado por una entrega formal de la información (lectura catedrática), lo cual es únicamente confortable para aquellos aprendices del Tipo 2. Para lograr alcanzar a todos los diferentes tipos de estudiantes, el profesor deberá explicar la relevancia de todo tópico nuevo (Tipo 1), presentar la información básica y la metodología asociada con dicho tópico (Tipo 2), proveer las oportunidades para la práctica de los métodos relacionados (Tipo 3), así como motivar la exploración adicional de las aplicaciones (Tipo 4). Este esquema de enseñanza alrededor del ciclo es adicionalmente complementada con varias acciones: los estudiantes tienen la oportunidad de interactuar en repetidas ocasiones con personal de las industrias permitiendo así que una conexión con el mundo de negocios sea establecida de manera que los aprendices Tipo 1 relacionen la importancia y aplicabilidad del material enseñado en las aulas. Adicionalmente, el instructor sirve como facilitador para el desarrollo de ejemplos y asociaciones adicionales dentro del salón de clases. Estudiantes del Tipo 2 son motivados durante las sesiones de clases y laboratorios en las cuales asignaciones (para ser desarrolladas fuera del salón y que contienen cierta conexión lógica entre ellas) proveen el tiempo necesario para asimilar y reflexionar el material. El ambiente de aprendizaje ideal para estudiantes del Tipo 3 es provisto por las sesiones tipo practicum. En las mismas, la libre experimentación basada en ensayo y error así como la implementación de habilidades motrices toma un lugar importante en actividades tales como procesos de maquinado, moldeado por inyección, fundición en troqueles, vaciados en moldes de arena, desarrollo rápido de prototipos, actividades de ensamblaje, etc. Finalmente, los aprendices del Tipo 4 son influenciados cuando son otorgados la oportunidad de poner en práctica inmediata los conocimientos administrados en clase y aquellas ideas creativas en una instalación localizada en las proximidades. Bajo este ambiente, existen innumerables oportunidades para la creatividad y la experimentación alrededor de problemas que han sido cuidadosamente diseñados.

(HBD) Instrumento de Dominancia Cerebral de Herrmann
). En promedio, la dominancia característica de los profesores de ingeniería es un claro y marcado Cuadrante A, y en su mayoría, los profesores desearían que sus estudiantes funcionaran bajo ese modo también [Lumsdaine, 1995]. Consecuentemente, la mayoría de la instrucción en ingeniería se enfoca hacia los Cuadrantes A (análisis) y Cuadrante B (métodos y procedimientos asociados con dicho análisis), ignorando de este modo importantes habilidades y destrezas características de

los Cuadrantes C (trabajo en equipo, comunicaciones) y D (creatividad, resolución de problemas, pensamiento sistemático, síntesis, diseño). Este desbalance representa una situación no muy cómoda para muchos estudiantes, pero en particular afecta al 20-40 % de los estudiantes que ingresan en ingeniería y poseen una fuerte preferencia hacia las modalidades de pensamiento relacionados con los Cuadrantes C y D. De nuevo, el acercamiento de las fábricas de aprendizaje pueden complementar las necesidades de los estudiantes en manufactura al proveer los mecanismos que permiten una rotación en la enseñanza alrededor de los cuadrantes. En el proceso de realizar un producto, los estudiantes comienzan trabajando en equipos desde el inicio, desarrollando diseños varios, tratando de anticipar problemas durante la posterior manufactura, calidad, mercadeo, desempeño, rendimiento e inclusive impacto ambiental de dicho producto. En este acercamiento, existe un gran énfasis en la creatividad demostrada durante a resolución de un problema (Cuadrante D). El proceso es conducido en su totalidad por equipos de tamaño reducido tal que se maximizen las interacciones entre individuos y se permita que estas jueguen un papel fundamental en la sinergia del grupo (Cuadrante C). La propia naturaleza del proceso de desarrollo de productos y manufactura es secuencial (planificación de recursos, planes de producción, planeamiento de procesos, manufactura, secuencias de ensamblado, etc.) y por ende requiere de los correspondientes secuenciamientos lógicos así como los cálculos y estimados analíticos tan característicos de los Cuadrantes A y B. También de impacto en los cuadrantes A, B y D esta el hecho que las actividades semestrales culminan con una exhibición de los proyectos en la cual, mediante el uso de posters y presentaciones de alta calidad, los diferentes equipos presentan sus trabajos ante el cuerpo docente, estudiantil, y de industrias patrocinantes. Estas actividades refuerzan el uso de las habilidades y destrezas concernientes a la comunicación oral y escrita.

Modelo de Estilos de Aprendizaje de Felder-Silverman. Siguiendo este modelo, la gran mayoría de la instrucción en ingeniería durante las últimas décadas ha estado fuertemente sesgada en favor de aprendices intuitivos, verbales, deductivos, reflexivos, y secuenciales. Sin embargo, relativamente pocos estudiantes clasifican dentro de todas y cada una de estas cinco categorías. Esto trae como consecuencia que la mayoría de los estudiantes estén recibiendo una educación que no esta alineada con sus estilos de aprendizaje. Este hecho puede afectar negativamente el desempeño y la actitud con respecto a los cursos y la ingeniería como curriculum y profesión. De una manera complementaria en este marco, las fábricas de aprendizaje se dirigen al aprendiz activo (al incluir actividades participativas y proyectos en equipo a través de las diferentes etapas en manufactura tales como diseño CAD/CAM, planeamiento de procesos, aná-

lisis de manufacturabilidad, ensamblaje, etc.), aprendices sensores (al proveer prácticas guiadas en el laboratorios de maquinaria y herramientas así como al relacionar estas experiencias con el aplicaciones industriales), aprendices globales (al mostrar la visión general de la manufactura e implementarla en la realización de un producto: desde su concepción y diseño hasta su producción, mercadeo, uso, y desecho; también al relacionar estas experiencias con material proveniente de otros cursos), aprendices visuales (al dictar clases con alternativas multimedia, por ejemplo, una de las instituciones académicas mencionadas previamente ha diseñado un módulo instruccional en el cual el estudiante puede aprender acerca de ciertos lineamientos en ensamblaje, por medio de ejemplos gráficos y animados entre otras opciones). En general, la integración de estas actividades a lo largo del curso y durante varios semestres impacta de igual manera a los aprendices secuenciales y globales.

3. CONCLUSIONES

El establecimiento de un consorcio único conformado por universidades, industrias, y gobierno, ha innovado la educación en ingeniería al integrar el diseño, manufactura, y la realidades del negocio dentro del proceso educativo. Este acercamiento ha demostrado ser compatible con las tendencias educacionales del aprendizaje cooperativo, además de ser susceptible al diseño en el contenido de cursos y curricula tal que un espectro mas general de estudiantes pueda ser impactado. Este modelo de instrucción, cuando es apropiadamente diseñado e implementado, ha demostrado ser complementario a la tradicional lectura catedrática y mas atractivo a una fracción mas numerosa de la clase. Es también recomendable reforzar el diseño de los objetivos intruccionales del practicum, dependiendo en el nivel y la relevancia del curso, posiblemente con un acercamiento como el propuesto en la taxonomía de Bloom. El diseño apropiado de los objetivos instruccionales entrenará al estudiante en los diferentes niveles de habilidades de pensamiento (desde los niveles mas básicos de comprensión y aplicación hasta los niveles superiores de análisis, síntesis, y evaluación) y permitirá un ejercicio mas integral del dominio psicomotor del estudiante.

Los productos primarios de este acercamiento se resumen en (i) estudiantes graduados de ingeniería con una preparación superior, conscientes de las realidades de los procesos y negocios, y mejor capacitados para impactar la productividad global del negocio; y (ii) el establecimiento de nuevos paradigmas en la educación de la ingeniería los cuales están basados en un balance apropiado entre el análisis, diseño, procesamiento, e integra-

ción. La mayor dificultad encontrada en este acercamiento y que será sujeto de trabajo a futuro esta en la evaluación y cuantificación de los beneficios educativos provenientes de este acercamiento. Existen publicaciones recientes [Ewell, 1998] que sugieren nuevas tendencias en la evaluación del aprendizaje estudiantil y que pudiesen ser sujeto de futura adaptación en esta aplicación.

Finalmente, es imperativo que las instituciones educativas con programas de ingeniería entiendan la importancia de los estilos de aprendizaje y acometan la tarea de evaluación de dichos estilos, tanto en estudiantes como en profesores. Adicionalmente, se menciona la importancia de entrenar profesores en la instrucción bajo varias modalidades así como en el diseño de actividades instruccionales alrededor de ellas. Las fábricas de aprendizaje son únicamente un mecanismo que permite alcanzar, hasta cierto grado, esta meta en el caso particular de la educación en manufactura.

REFERENCIAS

1. American Society of Engineering Education (ASEE). (1990-1998). Prism Magazine. URL: *¡Error! Marcador no definido..* Washington, D.C.
2. CURRY, L. (1987). Integrating Concepts of Cognitive or Learning Styles: A review with attention to psychometric standards. Canadian College of Health Service Executives. Ottawa, ON.
3. DUNN, R. AND DUNN, K. (1978). Teaching Students through their Individual Learning Styles: A Practical Approach. Reston Publishing. Reston, VA.
4. EWELL, P. (1998). National Trends in Assessing Student Learning. Journal of Engineering Education. pp. 107-113. April
5. FELDER, RICHARD. (1993). Reaching the Second Tier: Learning and Teaching Styles in College Science Education. Journal of College Science Teaching. 23(5). pp.286-290.
6. FELDER, RICHARD. (1998). Matters of Styles. Journal of Engineering Education. ASEE.
7. FELDER, R., AND SILVERMAN, L.K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. Engineering Education. Vol. 78. April. pp. 674-681.
8. GRIGGS, S.A. (1991). Learning Styles Counseling. ERIC Digest. School of Education. University of Michigan. Ann Arbor. MI.
9. KEEFE, J. W. (1979). Learning Style: An Overview. In NASSP's Student Learning Styles: Diagnosing and Prescribing Programs. National Association of Secondary School Principals. Reston, VA. pp. 1-17
10. KEEFE, J.W. (1989). Learning Style Profile Handbook: Accomodating Perceptual, study, and Instructional Preferences. National Association of Secondary School Principals. Reston, VA. Vol II.
11. LAMANCUSA, J. S., JORGENSEN, J. E., ZAYAS-CASTRO, J. L. (1997). The Learning Factory: A New Approach to Integrating Design and Manufacturing into the Engineering Curriculum. Journal of Engineering Education. ASEE. pp. 103-112. April.
12. LAWRENCE, G. (1994). People Types and Tiger Stripes. 3rd Edition. Center for Applications of Psychological Type. Gainesville, FL.
13. Lumsdaine, M. and Lumsdaine, E. (1995). Thinking Preferences of Engineering Students: Implications for Curriculum Reestructuring. Journal of Engineering Education. 84(2). pp. 193-204.
14. Myers, I. (1978). Myers-Briggs Type Indicator. Consulting Psychologists Press. Palo Alto, CA.
15. REICHMAN, S.W. AND GRASHA, A.F. (1974). A Rational Approach to Developing and Assessing the Construct and Validity of a Student Learning Style Scale Instrument. Journal of Psychology. 87. pp. 213-223.
16. SCHMECK, R.R. (1983) Individual Differences in Cognition: Learning Styles of College Students. pp. 233-279. Academic Press, New York, NY.
17. Stice, J.(1986). The Kolb Learning-Style Inventory. Proceedings of the Frontiers in Education Conference. American Society of Engineering Education.
18. Witkin, H.A. (1954). Personality Through Perception: An experimental and Clinical Study. Greenwood Press. Westport, CT.

APENDICE: ALGUNOS CASOS DE IMPLEMENTACION DE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE EN ESCUELAS DE INGENIERÍA

En esta sección se presentan algunas maneras en las cuales educadores e instituciones han aplicado los modelos y conceptos relacionados con los estilos de aprendizaje. En la mayoría de los casos, estos estudios

han servido para proveer al estudiantado con una educación que impacta tanto sus fortalezas como sus debilidades en el aprendizaje.

Durante los años ochenta, miles de estudiantes de ingeniería y cientos de profesores tomaron el MBTI como parte de un estudio investigativo conducido por un consorcio formado por ocho escuelas de ingeniería y el Centro para las Aplicaciones de Tipos Psicológicos. Desde entonces, educadores de varias instituciones académicas han podido acceder y usar los resultados de dicho sondeo para mejorar los métodos de enseñanza y asesoría. Profesores en el departamento de ingeniería eléctrica de la Universidad de Indiana (Indianapolis) han estado usando el indicador MBTI como una herramienta de diagnóstico para estudiantes con dificultades académicas. Se cita un caso particular en el cual un ISPJ (Introverso, Sensor, Pensador, Juzgador) había estado teniendo serias dificultades con una clase introductoria de circuitos eléctricos. En este caso, fue posible inferir y confirmar a través de esta herramienta que el estudiante estaba recurriendo en exceso a la memorización como su sistema personal de estudios. El profesor en calidad de asesor logró persuadir al estudiante en la implementación de nuevas estrategias de estudio las cuales estuviesen basadas en un entendimiento fundamental de los conceptos. El rendimiento del estudiante presentó una mejora casi inmediata lo cual le permitió proseguir hasta culminar sus estudios. En otro caso diferente pero en la misma institución, se encontró que un estudiante tipo EIPJ (Extroverso, Intuitivo, Pensador, Juzgador) solía ir directamente al desarrollo y derivación matemática de cada problema en tareas o exámenes (comportamiento que es coherente con extrovertidos-intuitivos) en vez de utilizar procedimientos de rutina con aquellos problemas de rutina. El desgaste de tiempo derivado de una estrategia como tal, comprometía la finalización del trabajo o examen así como el desempeño en el mismo. Una vez que el estudiante fue orientado y asesorado en este aspecto, comenzó a aplicar sus talentos analíticos cuando el caso lo ameritaba, en lugar de emplearlos indiscriminadamente e ineficientemente.

Con respecto a un modelo diferente, profesores en el departamento de ingeniería química de la Universidad Vanderbilt han estado administrando el inventario de estilos de aprendizaje de Kolb a los estudiantes del último semestre durante los últimos 6 años. En algunas clases, a los estudiantes se les entrega un material escrito que describe diversas formas de comunicación efectiva en las cuatro modalidades de Kolb. Basado en este material, los estudiantes deben desarrollar y presentar su proyecto final de clases de una manera tal que sea atractiva a todo tipo de aprendices. Investigadores en esa institución han encontrado que el enseñar en clase los estilos de aprendizaje ayuda a los estudiantes a asimilar una

mayor cantidad de material, todo esto debido a la creación de consciencia y un entendimiento mayor del proceso de aprendizaje. De una mayor relevancia es el hecho que el estudiante desarrolla habilidades y destrezas interpersonales que son críticas para el éxito de cualquier carrera profesional. En un caso independiente, la facultad de ingeniería de la Universidad Brigham Young inició en 1989 un programa de entrenamiento basado en el modelo de Kolb para el cuerpo docente de esa institución. Aproximadamente un tercio de la población de profesores recibió entrenamiento de una manera voluntaria en los conceptos y métodos de enseñanza asociados a cada modalidad de Kolb. Los voluntarios implementaron inmediatamente estos acercamientos en sus cursos, filmaron y revisaron videocintas de sus propias clases, así como discutieron éxitos y problemas en grupos de enfoque. Los beneficios de dicho programa han sido significativos. Muchos de los profesores, inclusive varios que no asistieron al entrenamiento, han rediseñado sus cursos en un intento de alcanzar un espectro más amplio de estilos de aprendizaje. Esto fue conseguido aplicando una variedad de métodos de enseñanza tales como resolución de problemas en grupo, tormentas de ideas, proyectos que se enfocan en diseños, etc., todo esto complementando la tradicional lectura catedrática. Adicionalmente, discusiones y seminarios acerca de tópicos en la enseñanza se han convertido en actividades frecuentes en el departamento.

En lo que respecta al modelo de dominancia cerebral HBDI, profesores en la facultad de ingeniería de la Universidad Toledo en Ohio, realizaron un estudio en 1990 para determinar los tipos HBDI tanto de estudiantes como de profesores. En dicho estudio, se encontró que la mayoría de los profesores y estudiantes era pensadores de cerebro izquierdo, lógicos, analíticos, verbales y secuenciales. Sin embargo, la data proveniente del mismo estudio indicaba un fuerte roce con aquellos pensadores de cerebro derecho lo cual se traducía en retiros de la carrera aun cuando el desempeño en los cursos analíticos era superior. En un artículo publicado por dos profesores en esta institución [Lumsdaine and Lumsdaine, 1995], se concluía que "una razón dominante por la cual un estudiante de ingeniería cambia su preferencia vocacional es debida al clima de aprendizaje tan inhóspito que se encuentra en la ingeniería, y que no se ajusta a sus preferencias individuales de pensamiento". Los autores de este trabajo estuvieron involucrados en una revisión del curriculum de ingeniería mecánica que encontró que el programa estaba sesgado hacia pensadores con habilidades y destrezas propias del cerebro izquierdo. Gracias a este estudio, se concentraron esfuerzos en la búsqueda de un mejor balance en las actividades. En este caso en particular, se añadieron actividades que se enfocaban en la creatividad, diseño, innovación, y trabajo en equipo, en ciertos cursos seleccionados. Un curso en

particular, "Introducción a la Computación" consistía originalmente en un 20% de actividades del Cuadrante A (programación estructurada) y un 80% de actividades del Cuadrante B (aplicación de secuencias y lineamientos en rutinas de programas). La versión rediseñada involucra aproximadamente 20% de actividades relacionadas con cada uno de los Cuadrantes A y B, y un 30% para cada uno de los Cuadrantes C y D (experimentos, formulación de preguntas, diseño, modelaje, y optimización). Conjuntamente, los estudiantes trabajan en equipos de trabajo formados por el profesor tal que cada grupo refleje un balance de los tipos HBDI presentes. Los niveles de rendimiento de los estudiantes y las actitudes hacia los cursos ganaron terreno considerable gracias a estos cambios. En este estudio en particular se encontró que el modelo HBDI sirve para el propósito de ayudar a los estudiantes a comprender sus propios estilos de aprendizaje y así formular estrategias de aprendizaje que sean exitosas, así como para ayudar a los instructores a entender las preguntas de los estudiantes y contestarlas en el contexto apropiado. Finalmente, se encontró esta herramienta útil en la identificación y formación de grupos de trabajo de *cerebro entero* para una óptima resolución de problemas.

El modelo Felder-Silvermann fue desarrollado en la Universidad del Estado de Carolina del Norte a principios de los años noventa, y desde entonces ha sido y continua siendo evaluado en esa institución y muchas otras alrededor del mundo. El departamento de ingeniería civil de la Universidad del Oeste de Ontario en Canadá, ha usado este modelo para evaluar los estilos de aprendizaje de los estudiantes y profesores involucrados en el primer año de ingeniería. En este contexto, se encontró que los miembros docentes eran significativamente más reflexivos, intuitivos, y secuenciales que los propios estudiantes. Los resultados de este estudio sugieren que los profesores pudiesen mejorar la instrucción en ingeniería al incrementar el uso de métodos orientados hacia aprendices activos (actividades participativas, equipos de trabajo), sensores (prácticas guiadas, aplicaciones reales del material dictado en clase), y globales (al proveer los macroesquemas y visiones, al mostrar conexión entre el material del curso y la experiencia del estudiante).

En una experiencia distinta, algunos profesores en el departamento de ingeniería química de la Universidad de Michigan están desarrollando módulos multimedia que se dirigen al espectro completo de preferencias Felder-Silverman. Algunas observaciones preliminares provenientes de esta experiencia han resultado en lo siguiente: aprendices sensores y visuales se inclinaron por las de-

mostraciones; aprendices sensores prefirieron tener acceso a la derivación de ecuaciones (las cuales probablemente no fueron asimiladas en su totalidad cuando se presentaron en clase por vez primera); así como que los aprendices activos, sensores, y visuales tienen una preferencia por el material en videocintas más marcada que su contraparte, los estudiantes reflexivos, intuitivos, y verbales. En otra experiencia en el desarrollo de software basado en estilos de aprendizaje, profesores de la Academia Militar de los Estados Unidos han desarrollado lo que denominan un paquete hipermedia para la instrucción de un curso en ciencias de la computación o sistemas de información. Cada lección comienza listando los objetivos y es seguida por presentaciones diferentes de un mismo material de clase. Cada una de estas presentaciones está diseñada para un estilo de aprendizaje diferente. Por ejemplo, los estudiantes pueden aprender como instalar una unidad de disco a través de una clásica presentación en diapositivas o powerpoint, así como alternativamente tienen la opción de aprender el mismo material a través de gráficos, animaciones, y películas. Esta última opción resultaría más atractiva para los aprendices visuales y globales. En la Universidad del Estado de Carolina del Norte, el profesor Richard Felder ha estado usando este modelo para el diseño instruccional en el marco de un estudio longitudinal de la educación en ingeniería. Este modelo ha sido implementado en cinco cursos secuenciales de ingeniería química de una manera que resulta atractiva para un amplio rango de estilos. El material del curso fue presentado de una manera inductiva, transitando de los hechos y fenómenos familiares hacia las teorías y modelos matemáticos, en lugar de usar el esquema tradicional en el cual los fundamentos son enseñados antes que las aplicaciones. Adicionalmente, ejemplos reales de la ingeniería de procesos fueron usados para ilustrar los principios más básicos, se programaron numerosas visitas a plantas y oportunidades para experiencias en los laboratorios, y se redujo el tiempo de lectura por parte del profesor a través de un incremento de las actividades de aprendizaje activo en clase. De igual manera, el acercamiento de aprendizaje cooperativo fue implementado extensamente y los estudiantes fueron motivados a deducir así como a enseñarse los unos a los otros en lugar de depender exclusivamente en el instructor. Hasta la fecha, los resultados provenientes de este experimento sugieren que la enseñanza dirigida hacia el espectro completo de estilos de aprendizaje mejora significativamente la satisfacción del estudiante con respecto a su educación así como también impacta positivamente su autoestima.