

## USO DEL ABP COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LOGRAR APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL DISEÑO DE INGENIERÍA

Carlos Alberto Herrán y Carlos Fernando Vega

Departamento de Ciencias Básicas de ingeniería, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Occidente, Cali (Colombia)

### Resumen

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es un enfoque curricular utilizado para mejorar la docencia desde los años 60 (inicialmente en programas académicos de medicina y leyes) y actualmente se aplica en otros programas, entre ellos los de ingeniería. Aunque se considera un enfoque curricular, también puede ser usado como estrategia didáctica, ya que promueve en los estudiantes aprendizajes contextualizados y significativos. Considerando lo anterior, un equipo de profesores decidió aprovecharlo para mejorar el aprendizaje del diseño de ingeniería y lo aplicaron al curso que matriculan los estudiantes de los 8 programas de ingeniería que ofrece la Universidad Autónoma de Occidente, Cali (Colombia).

Este artículo registra las experiencias que durante dos años ha adquirido dicho equipo de profesores del área de diseño del Departamento de Ciencias Básicas de Ingeniería en la Universidad Autónoma de Occidente. Se presenta este escrito a la comunidad académica interesada en la enseñanza del diseño de ingeniería, compartiendo las técnicas aplicadas y los resultados obtenidos después de la aplicación del Aprendizaje Basado en problemas (ABP) como estrategia didáctica para lograr aprendizaje significativo en los estudiantes que matriculan el curso Diseño Básico de Ingeniería.

**Palabras clave:** ABP, estrategia didáctica, aprendizaje significativo, diseño de ingeniería, enseñanza del diseño.

### Abstract

The Problem Based Learning (PBL) is a curricular approach used to improve teaching from 60's years (initially in academic programs of Medicine and Laws) and at the moment is applied in other programs, among them those of Engineering. Although, PBL is considered a curricular approach, also it can be used like didactic strategy, since it promotes in the students the meaningful learning and in context. Considering the previous thing, a team of professors decided to take advantage of it to improve the learning of the engineering design and they applied it to the course, that the students of the 8 programs of engineering that offers the Universidad Autónoma de Occidente sign up.

This paper registers the experiences that during two years this equipment of professors of the design's area of the Department of Basic Sciences of Engineering in the Universidad Autónoma de Occidente has acquired. This paper have been presented to the Academic Community interested in the teaching of

engineering design appears, sharing the applied techniques and the results obtained after the application of the Problem Based Learning (PBL) like didactic strategy to obtain meaningful learning in the students, who sign up the course Basic Design of Engineering

**Keywords:** PBL; didactic strategy; meaningful learning; design of engineering; teaching of design.

## Introducción

El diseño es uno de los aspectos fundamentales, tanto en el proceso de formación académica, como en la actividad profesional de cualquier ingeniero, sea cual fuere su campo disciplinar. Esto ha sido entendido por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Occidente (Cali – Colombia) e incorporado en los diseños curriculares de los 8 programas académicos<sup>1</sup> que actualmente ofrece, estructurando una línea transcurricular que inicia desde el primer semestre con la asignatura “*Introducción a la Ingeniería I*” hasta los diseños especializados para cada campo disciplinar, pasando por el curso de “*Diseño Básico de Ingeniería*”. En este curso se introducen los conceptos básicos de diseño y se orienta a los estudiantes en el uso de metodologías estructuradas que apoyen el proceso de diseño en ingeniería.

La experiencia que se quiere compartir es la implementación del ABP como estrategia didáctica para llevar a la práctica el curso, las fortalezas y dificultades de este proceso (antes y después de...), y mostrar cuán significativo resultó ser para la dinámica del curso y para el logro de aprehensión de la metodología estructurada para el diseño y el desarrollo de competencias en cualquier campo disciplinar de la ingeniería.

## 1. Marco conceptual

### 1.1 Antecedentes

Durante los años 60's y 70's un grupo de profesores de la Universidad de McMaster (Canadá), reconoció la necesidad de replantear tanto los contenidos como la forma de impartir enseñanza en la medicina,

pensando en la necesidad de obtener una mejor preparación de sus estudiantes. En ese entonces, la enseñanza en la facultad de medicina se caracterizaba por las clases magistrales de tipo expositivo en ciencias básicas para luego continuar con intensidad alta en lo que respecta a la enseñanza clínica. El crecimiento exponencial de la información médica, el desarrollo acelerado de nuevas tecnologías y las demandas cambiantes en las prácticas aplicadas, hicieron que las estrategias utilizadas fueran perdiendo sentido y aplicabilidad, pues muy pronto se empezaron a sentir deficiencias en la efectividad de las mismas. El grupo de profesores detectó la necesidad de adecuar el perfil de sus estudiantes para atender los nuevos desafíos lo cual requería un mayor desarrollo de las habilidades y destrezas para solucionar problemas, adquirir información, realizar procesos de síntesis y finalmente establecer hipótesis y probarlas mediante un reproceso en la adquisición de información.

Para alcanzar los nuevos objetivos, la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de McMaster, procedió a establecer una nueva escuela de medicina, implementando una novedosa propuesta educativa en su currículo que hoy es conocida en todas partes como Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) o Problem Based Learning - PBL (Barrows, 1996). Los primeros estudiantes graduados bajo este novedoso enfoque, datan del año 1972. Casi simultáneamente, en la Universidad de Michigan se implementó un curso basado en la resolución de problemas en el área preclínica.

En Maastricht, en Holanda y Newcastle, en Australia, en los 70's, implementaron el ABP en su estructura curricular. Poco después, las universidades de Hawai, Harvard y Sherbrooke, en Canadá (Barrows, 1996), han liderado procesos de implementación del ABP

<sup>1</sup> Los programas académicos de ingeniería ofrecidos son: Mecánica, Industrial, Eléctrica, Mecatrónica, Electrónica, Producción, Informática y Biomédica.

en sus estructuras curriculares. A partir de los 70's, el ABP ha sido aplicado en diferentes áreas educativas y su ritmo de crecimiento y de implementación en otras facultades diferentes a la de medicina, ha seguido creciendo de forma notoria.

En la actualidad algunas de las instituciones que vienen implementando esta metodología en muchos de sus cursos y programas son las universidades de Delaware, Wheeling, West Virginia en los Estados Unidos, Universidad de British Canadá; la Pontificia Universidad Católica del Perú, la Universidad de los Andes, la Universidad Javeriana, la Fundación Universitaria San Martín en Colombia y la Universidad Autónoma de Occidente en Cali, Colombia.

## 1.2 Conceptos relevantes

### ABP

El Aprendizaje Basado el Problemas (ABP) representa un cambio radical respecto de la enseñanza tradicional. La acostumbrada clase magistral en que el profesor impartía conocimientos a grupos numerosos de alumnos es reemplazada en el ABP por grupos pequeños de estudiantes enfrascados en la resolución de problemas concretos y reales planteados por un tutor, cuya función es en primer lugar facilitadora.

En el aspecto físico, las aulas pobladas de pupitres que sólo tenían espacio para copiar afiebradamente apuntes, en el ABP dejan lugar a salones con grupos más pequeños de estudiantes que trabajan de forma activa y colaborativa, alrededor de mesas con una distribución que facilita el trabajo de los mismos.

La investigación por parte del estudiante es en bibliotecas, la red con expertos y por supuesto con su tutor. En síntesis, ahora el protagonista del aprendizaje es el estudiante, no el profesor, y su objetivo es resolver, mediante el trabajo en equipo, el problema planteado por el tutor.

El ABP o PBL es una propuesta diseñada para la educación que facilita el aprendizaje independiente y la motivación intrínseca mediante problemas preelaborados que representan unidades de autoaprendizaje. El ABP proporciona al alumno un instrumento de aprendizaje de por vida,

estimándolo a elaborar su conocimiento a partir del aprendizaje en grupos pequeños facilitado por un contexto similar al profesional. (Barrows y Tamblyn, 1980). La resolución de problemas clínicos constituye, a juicio de estos autores, un desafío para el alumno, proporcionan un estímulo útil permitiendo la integración activa de información, ayuda a desarrollar pensamiento científico sobre los problemas de ingeniería, asegurando la retención y la transferencia a la práctica profesional. En este modelo el docente como tutor, facilita el proceso hacia los objetivos de aprendizaje, estimulando las preguntas y la participación activa de los estudiantes.

Dentro de este marco teórico la evaluación no se limita a la acreditación, sino que se concibe como un proceso sistemático, continuo, integral, que orienta e impulsa la investigación, como instrumento de mejora, seguimiento e intervención, del grado de concreción de los objetivos, mediante valoración positiva e indicaciones frecuentes en cada una de las actividades de la estrategia. (Pozo, 1994). Se evalúa todo lo que los estudiantes hacen, (ellos perciben como importante solo lo que se evalúa), y se extiende a los aspectos conceptuales, actitudinales y procedimentales. En particular se enfatizan los procesos de Metaevaluación: el estudiante se evalúa a si mismo (participación, cooperación grupal, producción) evalúa a su tutor, evalúa el proceso de aprendizaje, e identifica sus dificultades y las estrategias que usa para superarlas. La calificación final se apoya en una diversidad de elementos, correspondiente a todas sus actividades y producciones. Constituye una estimación cualitativa con base en categorías amplias, coherente con el modelo constructivista, como valoración explícita del trabajo.

### Estrategias didácticas

Las estrategias didácticas son todas aquellas maneras de proceder docente -etapas o fases seguidas en una secuencia de enseñanza-, fundamentadas -es decir, sustentadas en desarrollos teóricos- y validadas -puestas en práctica y valoradas desde el punto de vista de los resultados obtenidos,- para temáticas contenidas en distintas disciplinas de enseñanza.

### Aprendizaje significativo

Un aprendizaje es significativo cuando los contenidos: Son relacionados de modo no arbitrario

y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe. Por relación sustancial y no arbitraria se debe entender que las ideas se relacionan con algún aspecto existente específicamente relevante de la estructura cognoscitiva del alumno, como una imagen, un símbolo ya significativo, un concepto o una proposición (Ausubel; 1998).

**Diseño de ingeniería**

Es una de las actividades y/o competencias del ingeniero para la cual reconoce y determina necesidades, formula y analiza problemas y establece alternativas de solución al mismo, seleccionando la óptima, de tal manera que satisfaga la necesidad inicial. Todo se realiza en forma metódica y sistemática.

**2. Descripción de la experiencia**

**2.1 Estructura curricular del curso**

Diseño Básico de Ingeniería es una asignatura común a todos los programas de ingeniería ofrecidos en la Universidad Autónoma de Occidente (UAO) que se desarrolla en una sesión de clase semanal presencial de tres horas de duración. La información general de la semilla del curso se puede apreciar en la figura 1.

Unidad académica	Ciencias Básicas de Ingeniería	Ciclo de estudios	Ciclo Básico de Ingeniería
Código de la asignatura	511221	Pre-requisito	Introducción a la ingeniería 2
Créditos	3 créditos	Intensidad semanal	3 Horas presenciales 6 Horas de trabajo independiente
Tipo asignatura	Obligatoria	Duración	16 Semanales
Profesor		E-mail	

Fig. No. 1 Información general del curso

En el curso se introducen los conceptos básicos del diseño en ingeniería y se orienta a los estudiantes para que se apropien de un tipo particular de metodología estructurada que apoye el proceso de diseño para cualquier disciplina de la ingeniería. Además se presenta una serie de métodos y técnicas para lograr la implementación de la metodología estructurada de diseño utilizada para el desarrollo conceptual<sup>2</sup> (Etapa del desarrollo de productos que

en la figura 2 aparece encerrada por la línea punteada) de productos: desde el reconocimiento de los autores, tipos, adaptaciones y lenguajes de diseño comúnmente utilizados, pasando por el proceso de planeación y luego por las diferentes etapas de la fase de diseño conceptual: identificación de necesidades, establecimiento de especificaciones técnicas y la generación, selección y prueba de conceptos, hasta la comunicación de las especificaciones finales para el concepto de diseño seleccionado y la presentación de su prototipo (modelo físico o virtual).

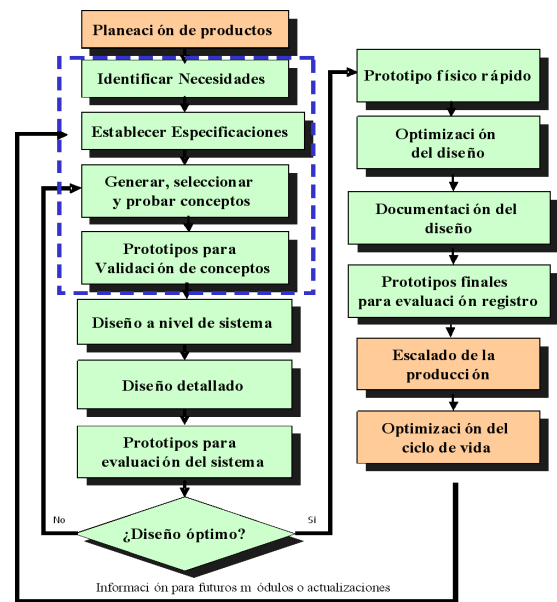


Fig. No. 2 Proceso de desarrollo de productos<sup>3</sup>

Para desarrollar estas etapas se prioriza la aplicación de diferentes métodos como por ejemplo, QFD (Quality Function Deployment), Análisis Morfológico, Ingeniería Reversa, Lluvia de Ideas, Analytic Hierarchy Process (AHP), entre otros.

Los objetivos de aprendizaje, los contenidos y la secuencia, en la cual se han organizado éstos, se pueden apreciar en la Figura 3, donde se destaca, adicionalmente, la linealidad en la secuenciación del curso. Sin embargo, se concibe el desarrollo metodológico del proyecto al final del curso con una

<sup>2</sup> Se entiende desarrollo conceptual como sinónimo de diseño conceptual. En esta etapa el equipo de diseño presenta las ideas o “conceptos” de diseño que serán posteriormente validados y continuarán el proceso de desarrollo de productos.

<sup>3</sup> Modelo adaptado a partir del libro: “Diseño y Desarrollo de Productos, Enfoque multidisciplinario” de los profesores Ulrich y Eppinger (MIT-USA) para el curso de Diseño Básico de Ingeniería (UAO-Colombia)

secuencia de retroactividad, ya que los estudiantes deben regresar permanentemente sobre las ideas y construcciones preliminares.

<b>NÚCLEO TEMÁTICO 1</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>	<b>DURACIÓN</b>
<p><b>Desarrollo y Diseño en Ingeniería</b>            Conceptuando sobre diseño y diseño en ingeniería; Tipos y lenguajes de diseño; Ingeniería Reversa; El proceso de desarrollo genérico; Estructura del proceso de diseño en ingeniería; El proceso de desarrollo (diseño) conceptual.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reconocer la importancia del diseño para la ingeniería.</li> <li>· Identificar, analizar y establecer relaciones entre las diferentes fases del proceso de desarrollo conceptual de productos.</li> </ul>	Sesiones 1,2 y 3 <b>[6 horas]</b>
<b>NÚCLEO TEMÁTICO 2</b>		
<p><b>Planificación del producto</b>            Planeación del producto a diseñar y selección del proyecto; Identificación de los clientes; Determinación de las necesidades de los clientes; Categorización de las necesidades como atributos de diseño.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Elaborar la planificación del producto a diseñar.</li> <li>· Determinar y categorizar los atributos de diseño a partir de los requerimientos aportados por los clientes.</li> </ul>	Sesiones 3 y 4 <b>[4,5 horas]</b>
<b>NÚCLEO TEMÁTICO 3</b>		
<p><b>Especificaciones del diseño</b>            Jerarquización de las metas y objetivos de diseño; Árbol de objetivos; Matriz de comparación por pares; Árbol de objetivos ponderado; Árbol Funcional; Determinación de las Especificaciones de Diseño; El despliegue de la función de calidad (QFD).</p>	Conocer y utilizar diferentes métodos y técnicas para determinar las especificaciones técnicas del producto de diseño conceptual.	Sesiones 5, 6, 8 y 9 <b>[12 horas]</b>
<b>NÚCLEO TEMÁTICO 4</b>		
<p><b>Generación de conceptos de diseño</b>            Determinación de funciones y medios; Métodos convencionales de generación de conceptos; Método TRIZ.</p>	Experimentar y aplicar algunos métodos y técnicas estructuradas para la generación de conceptos de diseño.	Sesiones 10 y 11 <b>[6 horas]</b>
<b>NÚCLEO TEMÁTICO 5</b>		
<p><b>Prueba y selección de conceptos de diseño</b>            Métodos para la prueba y selección de conceptos de diseño.</p>	Diseñar estrategias efectivas para la prueba, evaluación, optimización y selección del concepto de diseño óptimo.	Sesiones 12 y 14 <b>[4,5 horas]</b>
<b>NÚCLEO TEMÁTICO 6</b>		
<p><b>Comunicación del concepto de diseño</b>            Especificaciones técnicas del concepto de diseño; Generación de prototipos (prototipado); Síntesis del proceso de diseño conceptual.</p>	Reconocer y utilizar protocolos para comunicar en forma técnica la síntesis del proceso de diseño conceptual y el prototipo del concepto de diseño seleccionado.	Sesiones 14 y 15 <b>[3 horas]</b>
<b>NÚCLEO TEMÁTICO 7</b>		
<p><b>Externalidades del diseño conceptual</b> Introducción al proceso de diseño a nivel de sistemas; Diseño para la X...ibilidad.</p>	Identificar y valorar las principales externalidades del diseño conceptual para el enriquecimiento de los proyectos de desarrollo de productos.	Sesión 15 <b>[1,5 horas]</b>

Fig. No. 3 Objetivos de aprendizaje, contenidos, secuenciación y temporalización



En cuanto a la evaluación, el curso considera diferentes procedimientos, técnicas e instrumentos para emitir el juicio valorativo al término de las 16 semanas. Dentro de los diferentes criterios evaluativos que se consideran (ver Figura 4) están: la suficiencia en el proyecto final de curso, la presentación de quices y tareas, el examen final acumulativo (que gira en torno a elementos teórico-prácticos y a competencias interpretativas, argumentativas y propositivas), la práctica de ingeniería reversa y la valoración cualitativa producto del seguimiento al proceso de apropiación por parte de cada estudiante. Todos estos criterios garantizan tres condiciones de la evaluación, en tanto diagnóstica, formativa y sumativa.

Criterio evaluativo 1	Quices, Talleres, Tareas y Exposiciones	20%
Criterio evaluativo 2	Práctica de ingeniería reversa	15%
Criterio evaluativo 3	Proyecto final del curso	25 %
Criterio evaluativo 4	Examen final acumulativo Evolución de las evaluaciones	25%
Otros criterios académicos	Asistencia y participación proactiva en clases Espíritu investigativo Interés y motivación	15%

Fig. No. 4 Sistema de evaluación

## 2.2 Diseño de las actividades, instrumentos, procedimientos y otros recursos utilizados para el logro de los objetivos de aprendizaje

Para lograr que los estudiantes se motiven por el aprendizaje de los conceptos abordados en el curso, alcancen un cierto nivel de apropiación de los mismos y logren con suficiencia los objetivos de aprendizaje, el equipo docente que ha participado del diseño y ajustes curriculares de la asignatura desde el periodo académico 2004-03, diseñó una serie de actividades (ver Figura 5) haciendo uso del ABP como estrategia didáctica. El espectro de estrategias y técnicas incluye problemas tipo ABP (proyecto transversal del curso, taller de ingeniería reversa), trabajos colaborativos, rompecabezas (Jig Saw) y discusiones controversiales. Además, algunas de las evaluaciones, incluyen problemas de ABP.

Se-sión	Temática a desarrollar	Actividad en clase	Actividades para trabajo independiente
1	Núcleo temático 1 Desarrollo y Diseño en Ingeniería	Lectura y discusión del documento: “ <i>La ingeniería y el diseño en la ingeniería tradicional</i> ” [trabajo colaborativo]	Revisión y análisis de la lectura: “ <i>The Development of a suite of design methods appropriate for teaching products design</i> ” [trabajo colaborativo]
2	Núcleo temático 1 Desarrollo y Diseño en Ingeniería	Discusión controversial sobre la lectura: “ <i>The Development of a suite of design methods appropriate for teaching products design</i> ” [trabajo colaborativo]	
3	Núcleo temático 1 Desarrollo y Diseño en Ingeniería Núcleo temático 2 Planificación del producto	Taller No. 1 [trabajo colaborativo]	
4	Núcleo temático 2 Planificación del diseño	Taller No. 2 [trabajo colaborativo]	Trabajo de avance del proyecto final de diseño. [trabajo colaborativo]
5	Núcleo temático 3 Especificaciones del diseño	Taller No. 3 [trabajo colaborativo]	Preparación de la actividad para la sesión No. 7 [trabajo colaborativo]
6	Núcleo temático 3 Especificaciones del diseño	Taller No. 4 [trabajo colaborativo]	
7	PRÁCTICA DE INGENIERÍA REVERSA	Proceso de Disección y ensamble.	
8	Núcleo temático 3 Especificaciones del diseño	Taller No. 5 Rompecabezas sobre la lectura: “ <i>QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos (Yacuzzi-Martín)</i> ” [trabajo colaborativo]	· Trabajo de avance del proyecto final de diseño. [trabajo colaborativo] · Preparación de exposiciones sobre la lectura de QFD. [trabajo colaborativo]
9	Núcleo temático 3 Especificaciones del diseño	· Exposiciones preparadas de los estudiantes sobre la lectura del QFD	Preparación de exposiciones (equipos de cuatro estudiantes) sobre la lectura de estudio:

		· Taller No. 6 [trabajo colaborativo]	“ <i>H a n d s - o n inventive solutions in engineering design (Raviv)</i> ” [trabajo colaborativo]
10	<b>Núcleo temático 4 Generación de conceptos de diseño</b>	· Exposiciones preparadas de los estudiantes sobre la lectura de estudio asignada en la sesión anterior. · <b>Taller No. 7</b> Rompecabezas sobre la lectura: “ <i>Algunos métodos que ayudan a la generación de alternativas</i> ” [trabajo colaborativo]	Trabajo de avance del proyecto final de diseño. [trabajo colaborativo]
11	<b>Núcleo temático 4 Generación de conceptos de diseño</b>	<b>Taller No. 8</b> [trabajo colaborativo]	
14	<b>Núcleo temático 5 Prueba y selección de conceptos de diseño</b>	<b>Taller No. 9</b> [trabajo colaborativo]	
15	<b>Núcleo temático 6 Comunicación del concepto de diseño</b>  <b>Núcleo temático 7 Externalidades del diseño conceptual</b>	· Discusión sobre la influencia de la x...ibilidad en el diseño  · <b>Taller No. 10</b> [trabajo colaborativo]	
16	<b>PRESENTACIÓN DEL PROYECTO FINAL DE DISEÑO</b>		
17	<b>EXAMEN FINAL DEL CURSO (trabajo individual)</b>		

Fig. No. 5 Actividades ABP programadas para el curso, sesión por sesión.

La actividad principal tipo ABP que ha permitido que el aprendizaje en el curso sea significativo es el proyecto final de diseño, que consiste en un problema que se les entrega a los estudiantes en la primera sesión de clase (ver Figura 6) y que permite mayor apropiación de los conceptos, pues los estudiantes van aplicando en un contexto real lo que el profesor va desarrollando teóricamente en clase. La selección del proyecto de diseño es de tipo problema abierto pero contextualizado en el campo de la ingeniería, en particular, del programa que el estudiante está cursando en la Universidad. Así pues, existe la posibilidad de proyectos de sólo estudiantes de Ingeniería Biomédica (por ejemplo) o proyectos interdisciplinarios donde haya participación de dos

o más estudiantes de diferentes programas de Ingeniería.


Para orientar a los estudiantes hacia el logro de los objetivos de aprendizaje se configuró una guía o esquema para la presentación del proyecto final de diseño (ver Figura 7), de tal manera que al recorrer dicho procedimiento, los estudiantes pudieran ir reflexionando la conceptualización abordada tanto en las exposiciones del docente como en las tareas colaborativas que fueron diseñadas con didácticas ABP.

La otra actividad que incluye un problema tipo ABP de gran relevancia para el curso es el taller de ingeniería reversa que se asigna a los estudiantes para que lo desarrollen en grupos como trabajo independiente y que presentarán en la séptima semana de clases (ver Figura 8). Aunque es una actividad independiente en la cual deben investigar, realizar construcciones, discutir y tomar decisiones, cuenta con el acompañamiento del docente porque los equipos de estudiantes pueden acudir a las asesorías programadas para tal fin durante las seis primeras semanas

Adicionalmente a estas dos actividades, se han diseñado otros instrumentos, procedimientos y recursos de aplicación puntual. Por ejemplo, se tiene la rúbrica para evaluación del taller de ingeniería reversa (ver Figura 9) que es entregada a los equipos de diseño (estudiantes) para que coevalúen los desarrollos de sus pares.

Los talleres colaborativos (10 para todo el curso) son diseñados para que los estudiantes puedan cumplir con los objetivos de aprendizaje para cada núcleo temático y/o para que se apropien de técnicas que son necesarias para el desarrollo de cualquier proyecto de diseño en ingeniería.

Los instrumentos de evaluación, como por ejemplo los quices, también son utilizados no solo para valorar el avance en la obtención de los objetivos sino como un medio para seguir logrando aprendizajes. Por ejemplo en la Figura 11 se muestran fragmentos de uno de los 8 quices que se aplican a lo largo del semestre, cuya particularidad es que son acumulativos.




DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERIA  
**DISEÑO BÁSICO DE INGENIERIA**  
 TRABAJO FINAL DE CURSO  
 ESPECIFICACIONES REQUERIDAS

Este es el Trabajo Final de curso. En este Trabajo ustedes crearán, diseñarán y presentarán un **MODELO CONCEPTUAL Y UN PROTOTIPO VIRTUAL O FÍSICO** de un **producto** o de un **proceso productivo** y posteriormente lo expondrán durante una sesión final del curso. Esperamos que utilicen algunos de los métodos y técnicas que han sido presentados y desarrollados durante el curso y materias anteriores.

El Trabajo ofrece a su equipo una segunda oportunidad de pasar por todas las etapas de la solución de problemas. Al ir avanzando durante este segundo proceso, se espera que los miembros del equipo empiecen a entender más profundamente como llevar a cabo el proceso para resolver problemas, deben comprender por qué las diferentes etapas están en el orden indicado, cómo los resultados de una etapa guían a la siguiente etapa, por qué es necesario a menudo regresar y repetir un paso previo en el proceso, etc. En otras palabras, es posible que muchos de los equipos alcancen el nivel del conocimiento de Análisis para el proceso de Solución de Problemas en Ingeniería.


Fig. No. 6 Presentación del proyecto de diseño - trabajo final de curso



MODELO ESTRUCTURAL DE LOS COMPONENTES DEL TRABAJO FINAL DE DISEÑO BÁSICO DE INGENIERIA (Vista de esquema)

1. Planeación del producto
  - 1.1 Identificar y describir oportunidades de diseño (proyectos de diseño potenciales)
  - 1.2 Evaluar y priorizar proyectos de diseño
  - 1.3 Localizar recursos y elaborar cronograma
  - 1.4 Completar el anteproyecto de planeación (Ficha de la misión de diseño)
  - 1.5 Reflexionar sobre los resultados y el proceso
2. Identificación de los clientes
  - 2.1 Identificar y caracterizar los clientes (compradores y usuarios) del diseño.
  - 2.2 Determinar los clientes internos y externos, muchos útiles y pocos vitales.
  - 2.3 Establecer que grupos son afectados por el diseño (positiva y negativamente)
3. Determinación de las necesidades de los clientes
  - 3.1 Generar un listado de necesidades planteadas por cada uno de los tipos de clientes y grupos afectados por el diseño.
  - 3.2 Identificar, organizar, priorizar (establecer jerarquías) las necesidades y seleccionar las esenciales.
  - 3.3 Clarificar las necesidades esenciales según sean metas y objetivos, restricciones, funciones o implementaciones.
4. Especificaciones del diseño.
  - 4.1 Confeccionar el árbol de objetivos.
    - 4.1.1 Jerarquizar las metas y objetivos en tres o cuatro niveles.
    - 4.1.2 Organizar las metas y objetivos jerarquizados en un árbol.
    - 4.1.3 Aplicar la tabla de comparación por pares (matriz de precedencias) para ponderar las metas y objetivos.
    - 4.1.4 Confeccionar el árbol de objetivos ponderado.
  - 4.2 Construir la "casa de la calidad" aplicando el método de QFD (Quality Function Deployment).
    - 4.2.1 Determinar las características técnicas aplicables al diseño.
    - 4.2.2 Aplicar proceso de ingeniería reversa para conocer la evaluación técnica de dos competidores y estimar los valores objetivos de las características técnicas.
    - 4.2.3 Convertir las ponderaciones del árbol de objetivos en prioridades para cada requerimiento del cliente en la "casa de la calidad"
    - 4.2.4 Construir la "casa de la calidad" y calcular las ponderaciones totales para cada característica técnica.
    - 4.2.5 Seleccionar las características técnicas más relevantes para el diseño.
5. Generación de conceptos de diseño.
  - 5.1 Determinar las funciones esenciales del producto a partir de las características técnicas seleccionadas de la "casa de la calidad"
  - 5.2 Establecer para cada función los posibles medios.
  - 5.3 Construir la matriz morfológica.
6. Selección del concepto de diseño óptimo
  - 6.1 Analizar las posibles productos morfológicos (conceptos de diseño)
  - 6.2 Establecer criterios de selección de conceptos, a partir de las restricciones, funciones e implementaciones, y las ponderaciones para cada uno de ellos.
  - 6.3 Seleccionar el concepto de diseño óptimo, aplicando una tabla de selección.
7. Comunicación detallada del concepto de diseño seleccionado.
  - 7.1 Realizar una descripción técnica del concepto de diseño seleccionado.
  - 7.2 Presentar representaciones gráficas del concepto de diseño seleccionado (bocetos, esquemas, bosquejos, imágenes, fotos, etc.)
  - 7.3 Elaborar un prototipo virtual o físico del concepto de diseño seleccionado.

Fig. No. 7 Esquema para el trabajo final



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERIA  
**DISEÑO BÁSICO DE INGENIERIA**  
**ENSAMBLE Y DISECCIÓN**  
**Taller**

**El Proceso de Disección - Ing. Reversa - Ensamble**  
 Te has preguntado ¿cómo funcionan las cosas?, ¿Cómo se fabrican? Suponemos que la respuesta es sí a una o a ambas preguntas, después de todo, la curiosidad es una característica de las personas que les gusta el área de la ingeniería. Este Taller, ha sido desarrollado para satisfacer más esta curiosidad, mientras te permite desarrollar competencias y habilidades necesarias para resolver problemas.

Este documento primero te proporciona una descripción global del propósito del taller. Posteriormente se presenta una discusión de los objetivos de aprendizaje del taller, y termina con una discusión detallada de cada una de las cinco tareas o etapas que servirán para desarrollarlo.

**Descripción Global del Taller**

El Taller puede ser desarrollado para efectos de planificación y control del mismo, en cinco(5) etapas que serán desarrolladas en equipos de tres a cuatro estudiantes, durante el avance del curso y ser entregado en la semana 7.


Al final del taller, compañeros de clase (pares) tratarán de ensamblar y diseccionar un artefacto, siguiendo las instrucciones generadas por tu equipo. Para lograr esto, los equipos deben cubrir una serie de etapas (5). El equipo necesita seleccionar dos artefactos (1 para diseccionar y 1 para ensamblar), obtenerlos, desarmarlos, estudiarlos y desarrollar un plan de ensamble y disección que será utilizado por tus compañeros para ensamble y disección. Se trata de crear y documentar un proceso de ensamble y disección. Al final del taller se tendrá la oportunidad de "probar" los procesos y los manuales generados por tu equipo para lo cual, cada equipo el día fijado para la realización del taller (**SEMANA 7 DE CLASES**), deberá entregar a los pares que designe el profesor los siguientes equipos y materiales:

- 1- el artefacto seleccionado para ensamble, desamado y empacado en forma conveniente
- 2- el artefacto seleccionado para disección, amado y empacado en forma conveniente
- 3- los manuales de ensamble y disección
- 4- las herramientas necesarias para el ensamble y disección
- 5- un inventario de las partes, herramientas y estado en que entregan a sus pares todo lo necesario para el ensamble y la disección

Fig. No. 8 Práctica de ingeniería reversa

CRITERIOS	6	4	2	1
<b>Riqueza técnica del dispositivo</b>	El dispositivo es pertinente y relevante para ingeniería y genera inquietudes e interés para ser amado.	El dispositivo es pertinente y relevante a ingeniería genera poca inquietud e interés para ser amado.	El dispositivo genera algún interés para ser amado pero es poco pertinente y relevante a ingeniería.	El dispositivo es muy poco pertinente y relevante a ingeniería y despierta poca inquietud e interés para ser amado.
<b>Calidad del manual de ensamble</b>	El manual de ensamble está bien estructurado y presenta características técnicas del dispositivo así como los pasos de amado.	El manual de ensamble está bien estructurado y presenta algunos detalles adicionales del dispositivo.	El manual de ensamble tiene alguna estructura y da una idea de cómo hacer el dispositivo pero se genera algún grado de confusión.	El manual es escrito pero carece de estructura, organización e información adecuada del dispositivo.
<b>Claridad del manual de ensamble</b>	El manual es claro y permite evidenciar la secuencia de pasos de amado. Incluye algunas consideraciones con suficiente explicación.	El manual es claro y permite evidenciar los pasos de amado. Se incluyen o se sugieren, y si lo hay son poco claros.	El manual muestra los pasos de amado pero carece de claridad. Todo es paratexto.	Con el manual difícilmente se puede amar el dispositivo. Es difícil de leer.
<b>Presentación del conjunto (Estética)</b>	El conjunto dispositivo manual se presenta bien organizado en caja o estuche. Se especifican los pasos de amado en la caja que lo incluye en la que se incluye. También el conjunto incluye herramientas para el ensamble.	El conjunto dispositivo manual se presenta bien organizado en caja o estuche. No se especifican los pasos de amado en la caja que lo incluye. No se entregan herramientas para el ensamble.	El conjunto dispositivo manual se presenta bien organizado pero carece de claridad. No se entregan herramientas para el ensamble.	No existe caja ni estuche ni organización en la presentación del dispositivo y el manual. Se entrega solo el dispositivo, sin manual. Tampoco se entregan herramientas.
<b>Cumplimiento de parámetros</b>	Se entrega dispositivo desamado, manual de ensamble, herramientas, estuche (si corresponde) e inventario del taller.	Se entrega dispositivo desamado, manual de ensamble, inventario del taller, herramientas o estuche (si corresponde).	Se entrega dispositivo desamado, manual de ensamble, herramientas e inventario del taller.	Se entrega dispositivo desamado, manual de ensamble o herramientas.
<b>Nivel de complejidad del proceso de ensamble</b>	El proceso de amado presenta un alto grado de complejidad (Toma más de 25 minutos) y representa un reto adecuado para quienes lo realizan de acuerdo con el nivel de conocimiento de un estudiante de ciclo básico de ingeniería.	El proceso de amado presenta un medio grado de complejidad (Toma entre 15 y 25 minutos) y representa un reto adecuado para quienes lo realizan de acuerdo con el nivel de conocimiento de un estudiante de ciclo básico de ingeniería.	El proceso de amado presenta un bajo grado de complejidad (Toma entre 10 y 15 minutos), genera interés pero no representa un reto para quienes lo realizan de acuerdo con el nivel de conocimiento de un estudiante de ciclo básico de ingeniería.	El nivel de complejidad del proceso de amado es muy bajo (Toma menos de 10 minutos) y no genera interés para quienes lo realizan de acuerdo con el nivel de conocimiento de un estudiante de ciclo básico de ingeniería.

Fig. No. 9 Rúbrica para el taller de ingeniería reversa



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
 FACULTAD DE INGENIERIA DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERIA

ESTUDIANTES: \_\_\_\_\_ Marzo 17 de 2006 GRUPO 5

TALLER No. 4 DE DISEÑO BÁSICO (Árbol de objetivos ponderado)

**Objetivos jerarquizados de los Clientes con relación a una cámara de video**

0. Cámara fácil de manejar
  1. Que sea fácil de sostener.
    - 1.1 Que pese poco.
    - 1.2 Que sea pequeña.
    - 1.3 Que se sujete bien en la mano.
    - 1.4 Que sea ergonómica.
  2. Que se facilite la manipulación.
    - 2.1 Que tenga un peso adecuado.
    - 2.2 Que evite el resbalarse de la mano al caminar.
  3. Que su manejo sea fácil de aprender.
    - 3.1 Que las instrucciones sean claras y sencillas.
    - 3.2 Que cualquier participante pueda entender las instrucciones fácilmente.

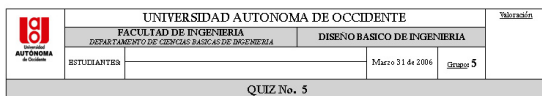
Para lo anterior se pide:

1. A partir de los objetivos jerarquizados, construir la tabla de comparación por pares
2. Utilizando el esquema de objetivos jerarquizados y la tabla de comparación por pares, organizar un árbol de objetivos ponderado.

Fig. No. 10 Ejemplo de taller colaborativo



También se realizan Rompecabezas (JIG SAW) para abordar efectivamente lecturas relacionadas con las temáticas QFD: “QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos (Yacuzzi-Martín)” y Generación de conceptos de diseño: “Algunos métodos que ayudan a la generación de alternativas”. Con estas actividades se pretende una participación activa y globalizada de los estudiantes del curso, ya que incluye momentos de trabajo individual, trabajo colaborativo, investigación y exposiciones orales.



5. Desarrollen el siguiente ejercicio donde se aplican los conocimientos que ustedes requirieron para la entrega de los dos primeros avances del proyecto. (64 Puntos)

La empresa D'UROPLAX, dedicada a la fabricación y venta de todo tipo de contenedores y bidones de plástico, viendo el crecimiento en las ventas de loncheras para transporte alimenticio por parte de niños y adultos, ha decidido introducirse en este campo, en el que no había incursionado hasta ahora. Los directivos de la empresa tienen previsto empezar fabricando únicamente Loncheras para adultos, para lo cual encarga a un equipo de ingenieros del área de diseño, la creación de un nuevo prototipo de lonchera diferente a las ya existentes en el mercado, y que cumpla con el siguiente pliego de condiciones:

- Crear un producto de calidad que mantenga la posición actual de la empresa, líder tecnológico en todo tipo de contenedores de plástico.
- Que el nuevo producto se construya en su mayor parte de plástico.
- Que el diseño sea dirigido a estratos socioeconómicos medio altos.
- Que el precio de venta no sea superior al más alto de los productos similares del mercado.
- Sería deseable que el plazo de desarrollo del producto no supere los seis meses.

Usted es nombrado por los directivos como director del proyecto de diseño y debe asegurarse que se cumplan todos los pasos que este tipo de proyectos demanda, desde la planeación del producto hasta la determinación de las características técnicas para la generación de conceptos de diseño. Su equipo de diseño ya ha iniciado este proceso, pero desconocen algunos aspectos, por tal razón, requieren de su orientación y asesoría para que puedan entregar al final de esta evaluación un producto claro, serio y coherente. Por Favor complete aquellos aspectos que su equipo no pudo concluir.

**ÁRBOL DE OBJETIVOS (18 puntos)**

	I	II	III	IV	V	VI	TOTAL	* f
I	1	0	1	0	0	0	2	3
II	0	1	0	0	0	0	0	1
III	1	1	1	0	0	0	2	3
IV	0	1	1	1	0	0	2	3
V	1	1	1	1	1	1	5	6
VI	1	1	1	1	0	1	4	5
<b>Matriz de precedencias</b>	<b>TOTAL</b>						15	21

Loncheras para niños	1,0	1,0
----------------------	-----	-----

A partir de la clasificación de necesidades que usted realizó en la tabla de las necesidades de los clientes, utilice los objetivos de diseño y la matriz de precedencias para completar el árbol de objetivos presentado.

**CASA DE LA CALIDAD (18 puntos)**

A partir del árbol de objetivos presentado, complete la casa de la calidad. Recuerde que debe seleccionar cuatro características técnicas de entre las 10 que aparecen en el listado adjunto. Aunque aparecen algunas correlaciones, defina las que hacen falta y complete cada característica técnica.

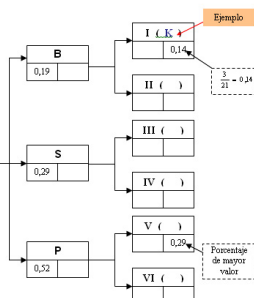


Fig. No. 11 Ejemplo de quiz para evaluación tipo ABP

**2.3 Algunas experiencias de las técnicas de aprendizaje activo y colaborativo aplicadas en el curso, así como de la interacción del equipo docente para consolidar el proyecto**

Las técnicas de aprendizaje activo y colaborativo, han cumplido papel preponderante en el desarrollo del curso y por ende en las actividades propias del ABP. Por ejemplo, en el caso de los talleres de ensamble y disección (ver Figura 12) de dispositivos de diferente naturaleza, los estudiantes pusieron en practica el “rompecabezas”, asignándose de manera autónoma las diferentes actividades, para posteriormente integrarlas y socializarlas en sesiones

de trabajo desarrolladas bajo la tutela del respectivo docente y producir documentación para el resto de compañeros del curso (manuales de ensamble y disección).

Los docentes conformaron los muy conocidos “Tandem” para la elaboración de tareas, talleres, exámenes y material para trabajo en el curso y la denominada “Discusión controversial”, cobró auge al momento de proponer el estilo de examen final que se aplicaría para la evaluación del curso. En suma, una gran variedad de actividades y tareas, tanto de los estudiantes como del cuerpo docente, se desarrollaron alrededor de la aplicación de las estrategias y actividades colaborativas lo cual ha venido redundando en una educación más científica, que involucra el conocimiento de los conceptos y procedimientos requeridos para la toma de decisiones tanto personales, como colectivas (de equipo) que facilitan la participación en la producción intelectual, económica y en las cuestiones civiles y culturales.

De acuerdo con lo anterior, consideramos que de entre todas las cosas relevantes que se deben decir sobre la experiencia vivida hasta el momento, la más importante es el “testimonio de vida”, pues si el equipo docente no trabajara colaborativamente, ningún reflejo se hubiese podido obtener en los estudiantes como consecuencia y logro a la vez. Existen inconvenientes, pero lo importante es que al interior del equipo se discute y se resuelven los conflictos, y todo este proceso es ganancia para el curso y para los estudiantes.

**2.4 Resultados obtenidos en los estudiantes como consecuencia del proceso de desarrollo del curso**

Producto del desarrollo del curso desde la perspectiva del ABP, es el hecho de que los estudiantes pueden ahora preguntar, indagar, hallar o determinar respuestas a preguntas derivadas de la curiosidad sobre las experiencias propuestas para desarrollar en el curso. Se logró un mayor desarrollo en las habilidades para describir, explicar y predecir fenómenos naturales. El incremento en la capacidad de leer con entendimiento artículos científicos y su fluidez verbal en la participación en conversaciones, exposiciones y sustentaciones orales de sus ideas

también puede ser atribuible en buena medida a las técnicas y procedimientos aplicados en el curso, aunque vale la pena aclarar que esto es aún una hipótesis por comprobar mediante un proceso de investigación.

También se ha logrado consolidar entre los estudiantes, la apropiación de una metodología estructurada para realizar cualquier tipo de diseño,

ya que antes de la aplicación de estas estrategias, los estudiantes de ingeniería concebían el diseño como un proceso de solo intuición y dibujo, donde no se tenían en cuenta las necesidades y requerimientos para las cuales se hacían los diseños. Esto ha posibilitado la participación de nuestros estudiantes en el proyecto: “*Diseño Global*” en el marco del consorcio LACCEI5, quienes han interactuado en tareas de diseño (ver el diseño de un equipo de



Fig. No. 12 Imágenes de la práctica de ingeniería reversa

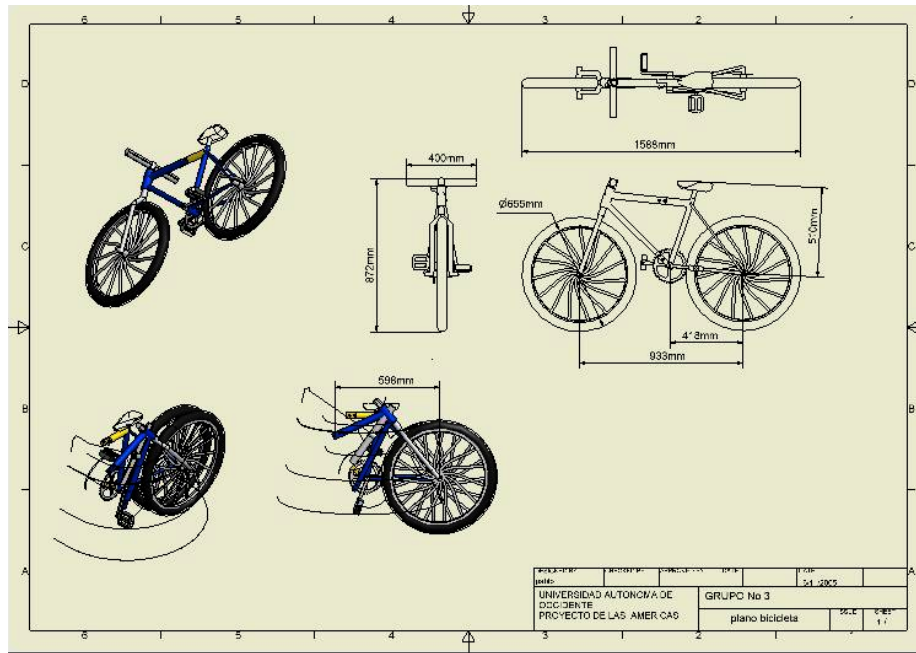


Fig. No. 13 Diseño de bicicleta plegable (portátil) en el marco del proyecto de diseño global

estudiantes en la Figura 13) con equipos de estudiantes de USA, Brasil, Honduras, Perú, República Dominicana y Colombia.

Otro aspecto importante de la aplicación del ABP como estrategia didáctica para el curso y que ha generado un mejor aprendizaje significativo es el impacto de la práctica académica en el entorno real e industrial de la región, sobre todo en los estudiantes de la jornada nocturna, pues varios de los proyectos de diseño los han orientado hacia la solución de problemas que ocurren en las empresas donde laboran. Como ejemplos de dicha situación están algunos desarrollos en industrias como **Michelin**, **Colgate-Palmolive**, **Smurfit Cartón de Colombia**, entre otras, que aunque pequeños, sirvieron de excelentes ejercicios académicos y algunos de ellos trascendieron a lo industrial siendo aplicados en dichas empresas.

En el caso de los estudiantes de la jornada diurna, aunque la mayoría no están vinculados a la industria, se presentaron algunas ideas interesantes para ser desarrolladas a futuro, tales como algunos proyectos en ingeniería biomédica (diseño de un glucómetro con tecnología de biosensores) y en ingeniería industrial (proyectos relacionados con el diseño de productos de consumo masivo).

Por último, y aunque hay muchos más resultados alcanzados y en proceso, es importante destacar cómo la utilización del ABP como estrategia didáctica ha permitido el logro de ciertas competencias en los estudiantes con relación a aspectos tales como el trabajo en equipo eficiente, la capacidad de gestión y liderazgo, la potenciación de habilidades y destrezas para el dibujo (manual y computacional) y el desarrollo del pensamiento sistémico que les permite tener una visión de conjunto en contra del fraccionamiento del conocimiento. Cabe destacar que, a pesar de todo este conocimiento, los estudiantes siguen sorprendiendo a sus docentes.

## Conclusiones

El uso del ABP como estrategia didáctica ha permitido lograr en los estudiantes una motivación por el aprendizaje de métodos y técnicas de diseño que les han servido para materializar desarrollos conceptuales acerca de productos que satisfacen necesidades de las personas mediante un proceso riguroso y sistemático que garantiza que sus diseños son potencialmente viables y factibles.

Por el lado pedagógico, la ganancia es con relación al aprendizaje significativo que logran y el desarrollo



de las competencias establecidas para el curso y para la formación del ingeniero de la UAO. Desde la misma elección del problema, la cual se hace apuntándole a lo cotidiano, los estudiantes sienten que están haciendo ingeniería y poco a poco van descubriendo el camino que cada cual debe recorrer hasta llegar al concepto final de diseño.

Sin embargo, también se presentan inconvenientes porque algunos estudiantes desean que sea el profesor quien les indique que es lo que deben hacer y que apruebe en todo momento lo que hacen. Este sentido de dependencia del profesor que aún persiste

es el que principalmente puede afectar el proceso, ya que dichos estudiantes pueden generar “ruido” y distorsionar el proceso de los demás.

Es aconsejable entonces, ser muy pacientes pero estar preparados para cualquier contingencia, ya que también el docente siente la tentación de darles más clases magistrales, sobre todo cuando no se están logrando los resultados esperados, pero se debe resistir y mantener la idea que se recibirán excelentes trabajos al final y otros no tanto pero que, al menos, el ABP les permitió aprender significativamente el proceso de diseño conceptual.

## Referencias

---

AUSUBEL, D. (1998) *Psicología Educativa*, Editorial Trillas México

BARROWS H. (1996) Problem-Based learning in medicine and beyond: A brief overview. In WILKERSON L., GIJSELAERS W.H. (eds) *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education: Theory and Practice*, San Francisco: Jossey-Bass Publishers, pp. 3-12.

BARROWS, H.S. y Tamblyn, R.M. (1980) “Aprendizaje Basado sobre Problemas. Una propuesta para la Educación Médica” New York, Springer Publishing Company.

POZO, J I., (1994) *Teorías cognitivas del aprendizaje*. 3° edición. Ediciones Morata S.L. Madrid. España

## Sobre los autores

---

### Carlos Alberto Herrán

Ingeniero Civil, Especialista en Gerencia Ambiental, Diplomado en docencia universitaria: diseño de cursos activos y colaborativos y candidato a Magíster en Ingeniería Ambiental y Sanitaria.  
Calle 25 No. 115-85 Cali (Colombia)  
Phone: 572-3188000 Ext. 11326 - 11339

### Carlos Fernando Vega

Ingeniero Mecánico, Especialista en Eficiencia Energética, Diplomado en docencia universitaria: diseño de cursos activos y colaborativos y candidato a Magíster en Educación con énfasis en Desarrollo Humano.  
Calle 25 No. 115-85 Cali (Colombia)  
Phone: 572-3188000 Ext. 11326 - 11339

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.