

USO DE PROTOTIPOS EXPERIMENTALES EN LA ENSEÑANZA DEL MOVIMIENTO ROTACIONAL EN ALUMNOS DE INGENIERÍA

S. C. Zúñiga Martínez¹
E. Zermeño Pérez²

RESUMEN

En éste trabajo se presentan los resultados del uso de la metodología de enseñanza-aprendizaje denominada Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), mediante el diseño y construcción de prototipos experimentales que fue aplicada durante dos semestres (4 cursos) para estudiantes de varias carreras del área Mecánica Eléctrica. Para la realización de dichos prototipos se les pidió a los estudiantes que formaran grupos de trabajo para que diseñaran y construyeran un “reductor de velocidad”. Observamos como la estrategia empleada estimula, aumenta y desarrolla aprendizajes como la expresión oral y herramientas visuales, el ciclo experimental, la expresión escrita, la capacidad de emitir conclusiones, la capacidad de investigación acerca de temas y recursos necesarios en la implementación, pero sobre todo la de resolver problemas y de trabajar en equipo.

ANTECEDENTES

Es reconocida la importancia del laboratorio en los diferentes niveles educativos, para el aprendizaje de los conceptos relacionados con la Física, en donde en muchas ocasiones es el escenario donde el estudiante reafirma y profundiza muchos de los mismos, principalmente al verse en la necesidad de analizar una situación real y modelizarla a través de ecuaciones. Esto es todavía más relevante cuando hablamos de los cursos básicos de física o mecánica que se imparten para alumnos del área de ingeniería, en donde éstos se enfrentarán posteriormente a las aplicaciones propias y derivadas de las teorías físicas aprendidas, por lo que es sumamente necesario que se lleve a cabo la labor experimental, sin embargo cuando nos encontramos ante la situación de que no exista un laboratorio instituido como tal, se puede echar mano de otros recursos para llevar a cabo la labor experimental, así como también desarrollar otros aprendizajes importantes para los estudiantes como lo son la expresión oral, escrita y gráfica. Éste trabajo presenta como implementar el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y la construcción de prototipos para la enseñanza del movimiento rotacional a nivel de tiempo y percepción de conocimientos en estudiantes de Ingeniería, los prototipos consisten de un reductor de velocidad, es decir de un arreglo de engranes acoplados que reducen la velocidad angular de la flecha de un motor eléctrico, dichos prototipos deberán asemejar a alguna pieza mecánica real o parte de ella.

La formación de los estudiantes para enfrentar los retos globales.

La habilidad para resolver problemas es en muchos ámbitos una característica fundamental y de gran valor en una persona, si hablamos del ámbito laboral, estos problemas surgen día a día y es la tarea de algunos el resolverlos, como lo es en el área de Ingenierías. Por lo cual es fundamental usar estrategias de aprendizaje que ayuden a la formación de los estudiantes para enfrentar los retos globales, que los ayuden a tomar el rol de investigadores activos y constructores de su propio aprendizaje, que el proceso de

¹ Profesor de asignatura, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. soraida_zuniga@hotmail.com

² Jefe de Área de Materias Comunes, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. enzepe@hotmail.com

aprendizaje se centre en ellos y los convierta en elementos activos que saben enfrentarse a retos desconocidos y puedan aprender de ellos usando como base sus conocimientos previos, además que puedan identificar que en general los problemas afectan a muchas personas o áreas, y que busquen resolver éstos, relacionándose en equipos, grupos, comunidad o sociedad. Las anteriores características deseables en los egresados de las áreas de ingenierías son desarrolladas en buena manera por la estrategia didáctica empleada en esta investigación, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la Construcción de Prototipos. Mientras más preparados estén los estudiantes para trabajar juntos en aras de resolver una problemática, menor será la dificultad para encontrar una solución que sea beneficiosa para todos, por lo cual una de las metas de los profesores formadores de estudiantes de ingeniería debe ser el ayudar a que los estudiantes aprendan a resolver problemas de una manera crítica, creativa y colaborativa.

METODOLOGÍA

La estrategia pedagógica se emplea durante 15 semanas, que es el tiempo que dura el curso o semestre, los estudiantes conforman equipos de 3 o 4 personas y se les da una breve introducción a la construcción de los prototipos. Cabe mencionar que los equipos de trabajo son multidisciplinarios ya que la materia en la cual se aplica la metodología forma parte de las materias de tronco común para diferentes carreras de Ingenierías como los son Mecatrónica, Mecánico Administrador, Electricidad y Automatización, etc. Por lo cual se busca que los equipos tengan diferentes perfiles académicos, de manera tal que el aporte de cada individuo sea desde un marco de referencia diferente a los otros, y exista una mayor riqueza de opiniones y conocimientos. Debido a lo anterior, la aplicación de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la utilización de los prototipos experimentales cobra una relevancia aún mayor, y puede servir para aumentar la ganancia en el aprendizaje de los alumnos, como se ha mostrado en algunos trabajos, entre los que destaca la Tesis Doctoral de C. Collazos (2012), *Enseñanza de la dinámica rotacional por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos*, en donde se hace uso de la misma metodología (ABP) y se demuestran buenas ganancias en el aprendizaje conceptual en temas relacionados con cinemática y dinámica. El objetivo principal de la metodología es que los estudiantes realicen una validación teórico-experimental de los conceptos que han aprendido en el curso, mediante el diseño e implementación de sus prototipos (reductores de velocidad).

Se tienen tres grandes etapas, las cuales están distribuidas a lo largo de las 15 semanas de duración del semestre: 1) Propuestas de proyectos en la semana 2, 2) Anteproyecto en la semana 10, y 3) Proyecto Final en la semana 14 y 15. La aplicación es paralela al desarrollo del curso, y no implica un gasto del tiempo propuesto para el desarrollo correcto del mismo, por lo cual se desarrolla de manera normal y la evaluación de los proyectos se considera como una evaluación parcial más dentro del mismo.

Población

La estrategia pedagógica (ABP) fue aplicada a 4 grupos experimentales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. La aplicación cubre dos periodos: semestre 1) agosto-noviembre de 2014, semestre 2) enero-mayo 2015, en cada semestre se usó la estrategia en dos grupos de alumnos (grupos experimentales). Cada grupo está integrado por entre 15 a 20 alumnos.

Marco Teórico. El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

La utilización del enfoque del aprendizaje basado en problemas (ABP) busca ayudar a los estudiantes a desarrollar la habilidad de resolver problemáticas de una forma colaborativa, crítica y creativa en donde cada estudiante aprende de su compañero de estudio, conoce su perspectiva, juntos analizan las distintas propuestas y escogen la mejor solución. Con el ABP se consigue un entorno activo y colaborativo en donde el centro de atención gira alrededor de los estudiantes.

El ABP es una estrategia de enseñanza diferente a la tradicional, que promueve nuevas prácticas y hábitos de aprendizaje, haciendo hincapié en las habilidades de pensamiento creativo para ilustrar a los estudiantes de que hay muchas maneras de resolver un problema.

El ABP destaca las actividades de aprendizaje que son a largo plazo, interdisciplinarias y centradas en el estudiante. A diferencia de las actividades tradicionales, dirigidas por el maestro en el aula. Los estudiantes a menudo tienen que organizar su propio trabajo y gestionar su propio tiempo en una clase basada en proyectos. El ABP difiere de la instrucción tradicional por su énfasis en la construcción colaborativa de los alumnos para representar lo que se está aprendiendo.

Existe una creencia generalizada de que el objetivo final del ABP, es el resolver la problemática planteada. Pero según Molina et al. (2003), la resolución del problema no es el objetivo final del ABP, sino que éste solo se utiliza “como sustento de la identificación de los temas de aprendizaje, para su estudio de manera independiente o grupal”.

En forma similar, Knowlton y Sharp (2003) señalan que existe evidencia práctica que da sostén a la relación directa entre el ABP y el aprendizaje acerca de la misma persona, logrando que el estudiante tenga la oportunidad de reconocer las diferencias entre sus creencias, decisiones y comportamientos, en comparación con la de sus compañeros. Los autores también destacan cómo el ABP logra desarrollar en los estudiantes la interacción social y cómo estos tienen la oportunidad de observarse a sí mismo, su forma de relacionarse y la forma en que son influenciados por los demás. Además, los autores señalan los conocimientos que adquieren los estudiantes sobre los distintos enfoques que utilizan al resolver problemas. Esto se logra a través de una actividad cognitiva (resolver problemas) y meta-cognitiva (su enfoque para resolver los problemas) a la vez y que los ayuda a plantearse preguntas respecto a su forma de desenvolverse como estudiante. Estudios han demostrado que los estudiantes que logran resolver problemáticas que no fueron estructuradas correctamente utilizan competencias de pensamiento crítico al analizar y sacar conclusiones de la información brindada (Barrows y Myers, citado en Knowlton y Sharp, 2003).

El profesor desempeña el papel de facilitador, trabajando con los estudiantes para enmarcar las preguntas que valen la pena, la estructuración de tareas significativas, tanto en el desarrollo del conocimiento y las habilidades sociales, además de evaluar cuidadosamente lo que los estudiantes han aprendido de la experiencia.

La idea central del ABP, usando prototipos experimentales es captar el interés de los estudiantes y provocar una reflexión seria para adquirir y aplicar nuevos conocimientos en un contexto de resolución de problemas al implementar dichos prototipos, como lo muestra Collazos (2009b, 2009c, 2010) en sus trabajos de investigación en donde se muestra la implementación de un prototipo de bajo costo para la validación de conceptos relacionados con la dinámica rotacional: el momento angular, momento de inercia y teorema de ejes paralelos, así como su uso para algunos otros experimentos de mecánica. Collazos y Mora (2011) nos muestran otro prototipo de bajo costo para medir la fuerza centrípeta en función de masa, radio y periodo. En dichos trabajos de investigación se obtienen buenas ganancias del aprendizaje (comparadas con la instrucción tradicional I.T.) como resultado de la aplicación de un test conceptual, además de buenas ganancias en algunos criterios que son evaluados como el ciclo experimental, la expresión oral y escrita, trabajo en equipo, etc. En éstos, los estudiantes de Ingeniería trabajan en equipos e implementan el mismo prototipo experimental a diferencia del presente trabajo en donde los alumnos tienen la libertad de crear prototipos diferentes.

Construcción de prototipos usando reductores de velocidad

El objetivo principal del diseño e implementación de los prototipos, es hacer una validación teórico experimental de algunos de los conceptos básicos relacionados al tema de rotación del curso de mecánica B, que son estudiados dentro de la clase formal. Sin dejar de lado, las habilidades de trabajo en equipo, búsqueda de información, investigación y liderazgo. Se les pidió a los estudiantes que formaran grupos de trabajo para que diseñaran y construyeran un “reductor de velocidad” que es un arreglo de engranes, cuya finalidad es la de hacer una disminución de la velocidad angular generada por la flecha de un motor eléctrico, es éste un dispositivo mecánico relevante y de gran importancia en las maquinas actuales, además de esto, el prototipo debe asemejarse a una parte mecánica o máquina real.

Uno de los aspectos importante de este trabajo es el mostrar cómo se puede usar prototipos experimentales diferentes y adecuados a los conocimientos y habilidades de estudiantes de diferentes carreras del área Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería, con el fin de aplicar la estrategia pedagógica. Ya que cada prototipo es diferente, aunque todos tienen como base de funcionamiento el reductor de velocidad con su correspondiente juego de engranes que genera el movimiento, por ejemplo algunos prototipos que desarrollaron los alumnos fueron: carrusel, rueda de la fortuna, miniplanetario, elevador, puente levadizo, grúa viajera, Figura 1. etc. Debido a que los estudiantes son los que proponen su prototipo, su grado de motivación es generalmente alto, ya que son ellos mismos los que toman esta decisión y no el profesor. Se muestra entonces en este trabajo como aplicar la estrategia y como evaluarla usando diferentes prototipos (personalizados a los perfiles y características de los estudiantes) a través de la matriz de criterios de evaluación llamada EVA.

Para la realización de los prototipos los estudiantes necesitarán de muchas herramientas extras, más allá de las herramientas conceptuales desarrolladas en el curso, requieren conocimientos de mecánica de materiales, de diseño de piezas mecánicas, de electricidad, electrónica y en general de diferentes áreas del conocimiento para resolver los problemas que surgen del diseño de su prototipo, es por esta razón también, que ellos mismos

dependiendo de sus perfiles académicos (ya que se trabaja con alumnos de diferentes carreras como Ing. en Mecatrónica, Mecánica Eléctrica, Mecánico Administrador, Mecánico, Automatización, etc.) deciden cómo será su prototipo y los materiales a usar (metal, mdf, madera, etc.), es decir los prototipos generados por cada equipo son personalizados a ellos mismos y diferentes a los de los demás. Se hace la mención a los estudiantes de que sus propuestas, en la mayoría de las ocasiones, deberán ser mejoradas y sufrirán pequeños cambios o modificaciones durante el proceso de la implementación del mismo (lo cual es parte de la evolución de los mismos equipos y de su proyecto). La estrategia pedagógica usada (ABP) mediante el diseño e implementación de los prototipos experimentales (reductores de velocidad) es aplicada durante todo el semestre, sin embargo lleva consigo 3 etapas muy específicas que son: propuesta, anteproyecto y proyecto final.

Figura 1. Se muestran algunas imágenes de la implementación del prototipo “grúa viajera” por algunos estudiantes que participaron en esta investigación.



Figura 1. Implementación del prototipo “Grúa Viajera”

La Tabla 1. Describe el cronograma de actividades de la estrategia pedagógica que se siguió durante el semestre (15 semanas).

Tabla 1. Cronograma de actividades para 15 semanas

Semana	Actividad
1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la prueba conceptual de entrada. S_i • Exploración del tema “reductor de velocidad” y de los relacionados al prototipo
3	<ul style="list-style-type: none"> • Propuestas de prototipos • Presentación oral y escrita de prototipos I, evaluación por criterios EVA-1 • Revisión posterior de avances, cada dos semanas.
10	<ul style="list-style-type: none"> • Anteproyecto • Presentación oral y escrita de prototipos II, evaluación por criterios EVA-2
14 y 15	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto Final. • Presentación oral y escrita de prototipos III, evaluación por criterios EVA-3 • Aplicación de la prueba conceptual de salida, S_f

Durante la primera y segunda semana del curso se lleva a cabo la exploración del tema del reductor de velocidad, la cual sirve para ayudar y guiar a los estudiantes en sus propuestas de proyectos, así mismo durante la primera semana se aplica la prueba conceptual S_i .

En la semana 3, los alumnos hacen una breve presentación oral y por escrito, en donde nos presentan la propuesta de sus proyectos (prototipos) en la cual deberán describir lo más detalladamente posible:

- El funcionamiento del prototipo
- Variables y constantes físicas
- Materiales a usar
- Dimensiones
- Retos a definir e investigar dentro del mismo (manejo de herramientas, software y nuevos conocimientos)
- Estado del arte: conocimientos y habilidades particulares e individuales que puedan aportar al desarrollo del prototipo, si cuentan con algo de material también se debe mencionar.
- Cronograma de actividades.

Dicha presentación se evalúa con la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica) que es semejante en muchos aspectos a la utilizada por Collazos (2012), la cual se denota como EVA-1. Después se continua con el trabajo haciendo revisiones posteriores cada dos semanas (éstas no llevan presentación oral o escrita), con la finalidad de ir monitoreando el grado de avance en los prototipos e incluir sugerencias y retroalimentaciones del profesor.

En la semana 10 se presenta el Anteproyecto, se realiza una presentación oral y escrita, la cual se evalúa mediante la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica) , la cual se denota como EVA-2, que los estudiantes han conocido desde el comienzo de semestre. Considerando las retroalimentaciones del profesor y de los demás estudiantes,

los equipos continúan su trabajo. Al llegar esta etapa el prototipo debe estar casi terminado, solo con algunos detalles a solucionar. A cada equipo se le hacen observaciones acerca de las mediciones experimentales que se deben adicionar o mejorar, de acuerdo a cada uno de los prototipos presentados. En la semana 14 y 15 se realiza la presentación final de los proyectos y prototipos en los cuales se les evalúa con la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica) EVA-3, para la presentación oral y el trabajo escrito. En esta etapa los prototipos finales deben estar terminados al 100% considerando que el prototipo sea totalmente funcional y habiendo superado los detalles técnicos, deberá cuidarse también de que sea estéticamente correcto. Dentro de las habilidades a desarrollar se encuentran las herramientas visuales por lo cual se les pide a los alumnos que hagan un video de la evolución y funcionamiento de su equipo, el cual presentan como parte de su proyecto final. También dentro de la última semana se les aplica la prueba conceptual de salida S_f . Por el momento no presentamos los resultados de las pruebas conceptuales S_i y S_f , ya que las herramientas que se utilizaron fueron dos test del área de Cinemática y Dinámica, que al ser test muy generales, no fueron adecuados al empleo de la estrategia pedagógica y los resultados de su aplicación no fueron concluyentes. Por lo cual, se plantea como parte de la continuación de este trabajo el generar y validar un test conceptual adecuado.

La evaluación por proyectos.

Para la evaluación por proyectos se utilizó una matriz de criterios de evaluación (rúbrica) y se estructuró de acuerdo a:

- a) EVA-1: Definición de la propuesta de proyectos mediante una presentación Oral y escrita I (semana 3). Valor 25%
- b) EVA-2: Anteproyecto: prototipo terminado, presentación oral y escrita II (semana 10). Valor 35%
- c) EVA-3: Proyecto Final: entrega de presentación Oral y Reporte Final escrito III (semana 14 y 15). Valor 40%

En la Tabla 2. Se muestran los criterios de evaluación utilizados en la matriz de criterios de evaluación (EVA-1, EVA-2 Y EVA-3). Para dichos criterios se establecen los niveles: no presenta, mínimo, en desarrollo, bueno y excelente.

Tabla 2. Criterios para EVA-1, EVA-2 Y EVA-3

<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Porcentaje sobre la calificación final 100%</i>
1.- Expresión oral y herramientas visuales	20
2.- Diseño e implementación del prototipo	40
3.- Ciclo experimental	20
4.- Expresión escrita	10
5.- Conclusiones y retroalimentación	10

Institucionalmente, el resultado de los proyectos correspondió al 20% de la nota final del curso, de acuerdo a las evaluaciones ponderadas (EVA-1, EVA-2 y EVA-3). Para cada una de las anteriores evaluaciones se manejaron los mismos criterios de evaluación y se buscó que los alumnos conceptualizaran sus proyectos alrededor del tema “movimiento rotacional” a través del dispositivo llamado Reductor de Velocidad. Las evaluaciones se

califican sobre 100 puntos y los estudiantes pueden conocer con anticipación los criterios de evaluación en la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica). Los criterios de evaluación describen varios niveles de calidad: excelente, bueno, regular, malo y no presenta. El propósito de los criterios de evaluación es hacer una retroalimentación continua de los estudiantes para cada una de las actividades a desarrollar dentro de la estrategia didáctica, valorando el progreso de las mismas, también, los diferentes criterios sirven al profesor para llevar un registro y constancia detallada de lo que los estudiantes están realizando. Mediante el manejo de estas matrices los estudiantes orientan su trabajo más eficientemente y ayuda a los profesores a justificar las notas dadas a los estudiantes de manera más objetiva. Se observó que los alumnos desarrollaban varios aprendizajes, como los relacionados con la expresión oral, escrita, gráfica, de investigación y sobre todo de trabajo en equipos.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ganancia en la evaluación por proyectos

Usando como base los resultados obtenidos de las evaluaciones EVA-1, EVA-2, EVA-3 para los 4 grupos experimentales analizados en dos semestres, se procedió a determinar las ganancias entre cada una de las evaluaciones. Es importante mencionar que aunque cada equipo de trabajo dentro de cada uno de los grupos experimentales desarrolló prototipos diferentes, los criterios de evaluación miden de manera similar para cada una de las evaluaciones el desempeño de los estudiantes.

Las ganancias del aprendizaje entre las evaluaciones inicial y final (EVA-1 y EVA-3) son obtenidas mediante el Factor Normalizado de Hake (g):

$$g = \frac{(\%EVA - 3) - (\%EVA - 1)}{100\% - (\%EVA - 1)}$$

Ganancia en los criterios para cada grupo

La Tabla 3. Muestra la ganancia en los criterios para los 4 grupos experimentales, considerando EVA-1 y EVA-3.

Tabla 3. Comparación entre EVA-1 y EVA-3

Semestre, Grupo	EVA-1	EVA-3	Ganancia "g"
Semestre1, Grupo 1	44.38	77.50	0.69 ± 0.18
Semestre 1, Grupo 2	46	83	0.69 ± 0.18
Semestre 2, Grupo 1	37.50	86.67	0.79 ± 0.19
Semestre 2, Grupo 2	42.50	77.50	0.61 ± 0.12
Promedio Consolidado	42.60 ± 3.69	81.17 ± 4.49	0.70 ± 0.07

En la Tabla 3, podemos observar que para el grupo 1 del semestre 1, se ha obtenido una ganancia de 0.69 ± 0.18 la cual se puede considerar como una ganancia alta, ya que está a 0.1 del valor de 0.7 (considerado como ganancia alta). Para el grupo 2 del semestre 1, se

obtiene una ganancia 0.69 ± 0.18 la cual es considerada una ganancia alta también. Para grupo 1 del semestre 2 se obtienen una ganancia de 0.79 ± 0.19 la cual es considerada una ganancia alta. Por último para el grupo 2 del semestre 2, se obtiene una ganancia de 0.61 ± 0.12 la cual es considerada una ganancia media, pero cercana a la alta (0.7). De manera general el promedio consolidado de la ganancia de los 4 grupos es de 0.70 ± 0.07 , la cual es considerada como una ganancia Alta, con lo cual podemos decir que los alumnos logran un significativo avance en el desarrollo y mejora de los 5 criterios de manera general y para todos los grupos.

Ganancia en cada criterio por grupos

La Tabla 4. Describe las ganancias por criterio de evaluación para cada uno de los grupos experimentales y en promedio, considerando EVA-1 y EVA-3.

Tabla 4. Comparación entre los cuatro grupos

CRITERIOS/ ganancias "g"	Grupo 1, semestre 1	Grupo 2, semestre 1	Grupo 1, semestre 2	Grupo 2, semestre 2	Promedio General
1. Expresión Oral y herramientas visuales	$0.67 \pm$ 0.24	$0.77 \pm$ 0.32	$0.94 \pm$ 0.14	0.79 ± 0.25	$0.79 \pm$ 0.11
2. Diseño e implementación del prototipo	$0.46 \pm$ 0.08	$0.73 \pm$ 0.25	$0.69 \pm$ 0.27	0.58 ± 0.42	$0.62 \pm$ 0.12
3. Ciclo Experimental	$0.58 \pm$ 0.29	$0.57 \pm$ 0.09	$0.83 \pm$ 0.28	0.46 ± 0.08	$0.61 \pm$ 0.16
4. Expresión escrita	$0.88 \pm$ 0.25	0.7 ± 0.27	$0.67 \pm$ 0.52	0.25 ± 0.5	$0.63 \pm$ 0.27
5. Conclusiones y retroalimentación	$0.88 \pm$ 0.25	0.7 ± 0.27	$0.92 \pm$ 0.20	0.92 ± 0.17	$0.86 \pm$ 0.11

De acuerdo a la Tabla 4, y en promedio para los 4 grupos experimentales, para el criterio 1 (expresión oral y herramientas visuales) se obtiene un valor de (0.79 ± 0.11) el cual se ubica en el nivel de ganancia alto, con lo cual podemos afirmar que los estudiantes tiene un avance significativos en sus habilidades de expresión oral y en el uso de las herramientas visuales durante las exposiciones de sus prototipos. Para el criterio 2 (diseño e implementación del prototipo) se obtiene una ganancia de (0.62 ± 0.12) la cual se ubica en el nivel de ganancia medio, pero cercano al alto (0.7), lo cual significa que los alumnos progresaron satisfactoriamente en la implementación del prototipo, alcanzando logros significativos y buenos proyectos; sin embargo es necesario hacer notar que éste es el criterio más importante, más difícil de evaluar y con mayor valor porcentual (40% de la calificación total de 100% de todos los criterios), debido a que los alumnos diseñan e implementan un prototipo totalmente personalizado a sus habilidades, conocimientos y perfiles académicos, por lo cual el lograr un prototipo excelente implica un gran esfuerzo común del equipo; es también el rubro más difícil de evaluar de manera objetiva ya que cada prototipo es diferente en forma, materiales, composición, etc. Para el criterio 3 (ciclo experimental) se obtiene una ganancia de (0.61 ± 0.16) la cual se ubica en el nivel de

ganancia medio, pero cercano al alto, con lo cual podemos afirmar que los alumnos desarrollan al final buenas capacidades usando el método experimental en sus prototipos (predicción, observación y análisis) y mejoran la manera en la que lo hacían al principio. Para el criterio 4 (Expresión escrita) se obtiene una ganancia de (0.63 ± 0.27) la cual se ubica en el nivel de ganancia medio, pero es cercano al alto (0.7), lo cual significa que los alumnos mejoraron sus habilidades de escritura en sus reportes, y son capaces de expresar mejor por escrito la evolución y análisis de sus proyectos. Para el criterio 5 (Conclusiones y retroalimentación) se obtiene una ganancia de (0.86 ± 0.11) la cual se ubica en el nivel de ganancia alta, lo cual significa que los alumnos en general tomaron muy en cuenta las retroalimentaciones del profesor y de los demás estudiantes, también que identificaron correctamente las debilidades y fortalezas de sus proyectos y que lograron salir adelante a pesar de los múltiples problemas presentados.

CONCLUSIONES

La estrategia pedagógica del Aprendizaje Basado en Proyectos, la cual usamos durante ésta investigación mediante el diseño e implementación de prototipos experimentales (reductores de velocidad) es una pionera en la aplicación de metodologías de enseñanza-aprendizaje no tradicionales para las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería de Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Ya que generalmente el proceso de enseñanza-aprendizaje se llevaba y se lleva todavía a cabo en muchos cursos, con una Instrucción Tradicional (IT) de clases expositivas-demostrativas y un rol pasivo del estudiante, por lo cual este trabajo de investigación sirve también como un antecedente y evidencia para la comunidad escolar para la futura aplicación de la misma metodología de enseñanza aprendizaje y para otras diferentes dentro de la facultad.

De acuerdo a los resultados presentados se observan cambios significativos entre las evaluaciones (EVA-1 y EVA-3) aplicadas al principio y final de la estrategia pedagógica (propuesta y proyecto final) a nivel de los criterios: expresión oral y herramientas visuales, diseño e implementación del prototipo, ciclo experimental, expresión escrita y retroalimentación & conclusiones. La mejora significativa entre dichas evaluaciones es calculada mediante el Factor de ganancia de Hake "g" en el cual se obtuvo una ganancia promedio de los 4 grupos experimentales de 0.70, la cual es considerada en el rango de una ganancia alta. De esta manera se comprueba la hipótesis acerca de que el ABP genera aprendizaje en diferentes criterios como de expresión oral, escrita, habilidades experimentales y sobre todo trabajo en equipo.

Podemos afirmar que la Matriz de criterios de evaluación sirve de manera adecuada para evaluar los diferentes prototipos experimentales, a pesar de son diferentes entre sí, (pero todos siguen dentro de la temática de un reductor de velocidad) y ofrece una manera objetiva y metodológica de evaluar dichos prototipos y justifican las notas numéricas finales. Debido a que los equipos de estudiantes son los que proponen el tipo de prototipo que desarrollarán el grado de motivación en ellos es alto y los resultados son altamente satisfactorios, como se demuestra a través de las ganancias en los criterios de evaluación. Queda como trabajo próximo el diseño y validación del test conceptual para determinar la ganancia en el aprendizaje conceptual de los estudiantes ante el empleo de la metodología.

BIBLIOGRAFÍA

- Collazos, C. A. (2009b). *Prototipo para la Enseñanza de la dinámica rotacional (conservación del momento angular)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. 3, 446-448.
- Collazos, C. A. (2009c). *Prototipo para la Enseñanza de la dinámica rotacional (Momento de Inercia y teorema de ejes paralelos)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. 3, 619-624.
- Collazos, C. A. (2010). *Construcción de un prototipo para experimentos de Mécanica*, Lat. Am. J. Phys. Educ. 4, Suppl. 1, 840-843.
- Collazos, C. A. y Mora C. E. (2011). *Prototipo para medir Fuerza Centrípeta en función de masa, radio y periodo*, Lat. Am. J. Phys. Educ. 5, 520-525
- Collazos, C.A. (2012). *Enseñanza de la dinámica rotacional por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos (Tesis de doctorado)*. CICATA Instituto Politécnico Nacional. México.
- Knowlton, D.S. y Sharp, D.C. (2003). *Problem-based learning in the information age*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Molina, J.A., García, A., Pedraz, M. y Antón, M.V. (2003). Aprendizaje basado en problemas: Una alternativa al método tradicional. *Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria*, 3(2), 79 – 85.