

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

Á. Vergara Betancourt<sup>1</sup>  
L. Ramírez Zamudio<sup>2</sup>

## RESUMEN

La implementación de proyectos como estrategia de aprendizaje propicia que los estudiantes desarrollen todas sus habilidades aptitudes y actitudes posibles. A través de proyectos, el estudiante aplica sus conocimientos en una realidad cercana para él. Los proyectos le permiten comprender la importancia de su aprendizaje y lo enfocan en problemas concretos. En este trabajo se discute la metodología a seguir para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico Nacional de México, campus Zacapoaxtla, logren desarrollar y concretar proyectos en la materia de Control. Para este propósito se propone que los estudiantes desarrollen los proyectos siguiendo tres etapas específicas: análisis teórico-matemático y conceptual, desarrollo de experimentos computacionales y simulación y, finalmente, la implementación física del proyecto. Los resultados obtenidos son satisfactorios, ya que, se ha logrado enlazar los conceptos teóricos con los prácticos, se han aplicado TIC para la simulación de resultados y se ha propiciado el desarrollo de competencias específicas de las asignaturas y competencias genéricas, tales como la capacidad de análisis, síntesis, trabajo en equipo, expresión oral y escrita, entre otras.

## ANTECEDENTES

En el contexto de la formación de ingenieros, existe una disyuntiva que en muchas ocasiones está presente en el aula. Se tienen excelentes docentes que dominan magistralmente los contenidos de una asignatura, pero que nunca han tenido experiencia alguna en como aterrizar estos conocimientos al campo laboral. Por otro lado, hay docentes con amplia experiencia en el campo laboral, aplicando y utilizando los conocimientos de una u otra asignatura, pero que al momento de sustentar teóricamente o analizar los porqués de los resultados observados en el pizarrón, no tienen una respuesta clara que permita comprender la relación entre lo que el libro dice y lo que se observa en la práctica.

Dado que observar y vivenciar los contenidos temáticos de una asignatura es una experiencia única y enriquecedora para alumnos y docentes, el desarrollo de prácticas de laboratorio y proyectos cumple perfectamente con las condiciones necesarias para que se de este ejercicio de aprendizaje. Cabe preguntar entonces, ¿cómo el uso de una metodología de proyectos en el desarrollo de una asignatura ayuda en la enseñanza y aprendizaje teórico-práctico en la formación de los ingenieros?, derivado de este cuestionamiento, este trabajo propone mostrar que siguiendo una metodología clara que incluya todos los elementos esenciales en el desarrollo del proyecto (análisis teórico, simulación y desarrollo experimental), es posible que los estudiantes logren un aprendizaje significativo de los contenidos de una asignatura en particular.

De acuerdo con Cobo y Valdivia (2017), el aprendizaje basado en proyectos es una metodología que se desarrolla de manera colaborativa, y que enfrenta a los estudiantes a situaciones que los llevan a plantear propuestas ante determinadas problemáticas, además

---

<sup>1</sup> Profesor asociado C. Tecnológico Nacional de México, Campus Zacapoaxtla. a.vergara@live.itsz.du.mx

<sup>2</sup> Jefa de Desarrollo Académico. Tecnológico Nacional de México, Campus Zacapoaxtla. linaramirez@live.itsz.edu.mx

de que permite el desarrollo de competencias que le permiten una formación integral como profesionalista (Prado, 2019).

Esta estrategia prepara a los estudiantes para los puestos de trabajo de mayor exigencia, aumenta su motivación, hace la conexión entre el aprendizaje en la escuela y la realidad, ofrece oportunidades de colaboración para construir conocimiento, aumenta las habilidades sociales y de comunicación, permite a los estudiantes hacer y visualizar las conexiones existentes entre diferentes disciplinas y aumenta la autoestima del estudiante (Maldonado, 2008).

Conforme a lo reportado en la literatura, el desarrollo de proyectos es un método que le permite al estudiante desarrollar habilidades y capacidades para enfrentarse al mundo real. En este sentido, Mendoza, Rojas, Torres y Ramírez (2018) comentan que:

los proyectos de investigación de sistemas mecatrónicos permiten un cambio de mentalidad de estudiante a ingeniero, teniendo la posibilidad de crecer, descubrir que sus conocimientos son valiosos, que pueden trabajar y resolver problemas, que se integran en un equipo de trabajo para colaborar y entregar resultados adecuados y coherentes con la asignación de tareas.

Sin embargo, el desarrollo de proyectos puede implicar invertir grandes cantidades de tiempo de instrucción, reduciendo así, las oportunidades para otros aprendizajes; por lo que algunas veces sólo cubren una pequeña cantidad del contenido del programa (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey [ITESM], s.f.). Además, también se tiene la ausencia de modelos estables y homogéneos y el trabajo por proyectos supone un incremento en el esfuerzo y cierta dificultad para desarrollarlos (Pérez, 2015). Por lo tanto, pensar en enseñar a través de proyectos representa una carga adicional para el instructor o docente y estudiante, aun cuando no se logran cubrir todos los contenidos establecidos para cierta asignatura.

Por las razones antes mencionadas, en este trabajo se ha propuesto seguir una metodología que permita aprovechar de manera eficiente el tiempo invertido en la instrucción de temas en el aula, al tiempo que se logra que los estudiantes estén desarrollando proyectos tecnológicos que contribuyan con el desarrollo de su entorno. Existen metodologías ampliamente difundidas para el desarrollo de proyectos (Ruíz y Tejeda, 2019), sin embargo, la metodología aquí expuesta, incluye el estudio de aspectos teórico-conceptuales, el uso de TIC para la simulación de problemas y la implementación física de un proyecto. Como caso particular, se presentan los resultados de aplicar dicha metodología con estudiantes de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico Nacional de México, campus Zacapoaxtla.

Es importante mencionar también, que la región en la que se halla la institución es una región poco industrializada, en contraparte, existen zonas agrícolas, ganaderas y forestales que ofrecen áreas de oportunidad para crear tecnología aplicada al campo, donde los sistemas de control son fundamentales para la implementación eficiente de procesos. Por lo tanto, propiciar la formación de profesionistas capaces de interpretar la realidad y que puedan proponer soluciones basadas en el análisis y al mismo tiempo llevarlas a la práctica,

es una tarea imprescindible que el docente debe tomar en cuenta al momento de desarrollar los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro del aula.

## METODOLOGÍA

Este trabajo ha sido desarrollado en las aulas del Tecnológico Nacional de México, Campus Zacapoaxtla, con estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica que cursan la materia de control en el octavo semestre. Es importante puntualizar el semestre, ya que, en esta fase de su formación, los estudiantes están a un paso de migrar al proceso de residencias, donde tiene que aplicar todos los conocimientos adquiridos durante toda su etapa académica. Por lo tanto, si el estudiante logra asimilar, interpretar y aplicar de manera eficaz sus conocimientos, estará listo para el campo laboral, aún más, será capaz de analizar problemáticas y ofrecer soluciones innovadoras que coadyuven al desarrollo tecnológico de la región y del país.

Como ha sido mencionado en la sección anterior, la intención de este trabajo es exponer una estrategia metodológica que le permita al estudiante, durante el desarrollo de un proyecto, integrar aspectos teóricos de su formación con los aspectos prácticos asociados con su entorno. La estrategia que aquí se presenta, incluye entre los aspectos fundamentales, aplicar TIC y realizar simulaciones por computadora, permitiéndole al estudiante identificar parámetros y variables en las expresiones teórico-matemáticas, al tiempo que le permite observar en la computadora lo que estaría ocurriendo en cada caso de experimentación y, de esta manera, enlazar los contenidos teóricos para la solución de problemas en el contexto real del estudiante.

La propuesta se muestra en la Figura 1 y se explica a detalle en líneas posteriores.

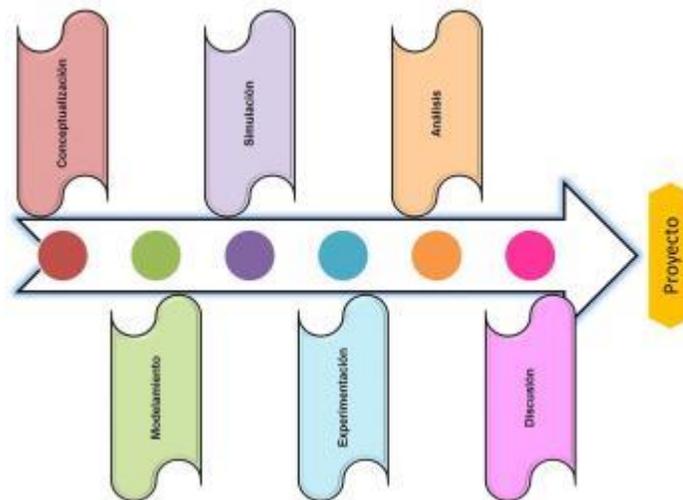


Figura 1. Propuesta metodológica para el desarrollo de proyectos

### Conceptualización

El primer paso consiste en estudiar los aspectos conceptuales y definiciones básicas del problema (proyecto) que se desea abordar. En esta etapa, el estudiante se

enfrenta a relacionar los conocimientos y conceptos adquiridos durante toda su trayectoria académica, así como, estudiar leyes y principios de las ciencias puras (Física, Matemática, Química, Biología, etc.). Asimilar correctamente los principios que rigen el problema que se desea abordar e interrelacionarlos con otras disciplinas, es de suma importancia para lograr una mayor comprensión en las etapas siguientes.

### **Modelamiento**

A continuación, se propone que, el estudiante realice cálculos y establezca modelos que sustenten los fenómenos que son objeto de su estudio. En este punto del desarrollo del proyecto, se le exige al estudiante una mayor capacidad de análisis. El estudiante debe ser capaz de interpretar los resultados y modelos que ha establecido y asociarlos con la realidad que observa. Es decir, el estudiante debe comprender como las variables del modelo que se ha establecido, describen el fenómeno de estudio, y cómo al cambiar valores o parámetros del modelo afectan la dinámica del problema de estudio. Ésta última tarea resulta en muchas ocasiones muy difícil de lograr, debido al nivel de abstracción que se requiere.

### **Simulación**

El tercer paso por seguir es el uso de TIC y la simulación por computadora. Esta tarea resulta enriquecedora para la comprensión del problema, ya que, es un eslabón clave que permite relacionar los aspectos teóricos establecidos en la etapa anterior, con la aplicación de este conocimiento en un campo práctico del ingeniero.

El uso de computadora facilita y reduce el tiempo de cómputo, lo que permite realizar una mayor cantidad de experimentos. Por ejemplo, se le puede solicitar al estudiante que establezca condiciones iniciales de un problema y que modifique parámetros y variables de un modelo establecido y observe lo que sucede. Aquí el estudiante puede cambiar condiciones tanto como lo desee, y a partir de los resultados observados de inferir lo que ocurriría en un caso real, por lo tanto, este proceso le permitirá establecer valores definitivos a un modelo y con ello diseñar las características que desean se reproduzcan en el proyecto que ha elegido.

### **Experimentación**

A partir de los resultados obtenidos en la etapa anterior, el estudiante ya tiene una idea de lo que espera observar, por lo tanto, deberá ser capaz de llevar a cabo con éxito un estudio experimental en condiciones reales. Además de que le permitirán garantizar obtener los resultados esperados, así como, el tiempo invertido para lograr el cometido deberá ser menor. Adicionalmente, como el estudiante ya ha inferido el comportamiento del problema que está estudiando, sabe de antemano que debe modificar para tener resultados distintos. Esta etapa también le sirve para comprobar la validez de los principios teóricos que estudio en las primeras etapas además de reforzar sus aprendizajes e interrelacionar el mundo teórico (ideal) con el mundo experimental (real).

### **Análisis**

Una vez que el estudiante ha ensayado el problema de forma teórica, computacional y experimentalmente, se tiene que realizar un análisis y una valoración de los resultados observados. En este punto tiene suficiente información que ahora deberá utilizar para alcanzar los objetivos del proyecto. Se debe preguntar si los resultados observados experimentalmente concuerdan con lo que la teoría dice y si los resultados difieren, entonces ofrecer explicaciones fundamentadas de las discrepancias. En esta instancia es válido que el estudiante regrese y experimente de nuevo para corroborar sus teorías y en su caso reformule su modelo para ajustarlo a los resultados deseados.

### **Discusión**

Finalmente, el estudiante deberá ofrecer de manera sistemática una discusión de resultados de lo que ha observado a lo largo del desarrollo del proyecto. A manera de informe por escrito y de forma sintetizada, se le solicita que integre en un documento por escrito, las teorías, fundamentos, cálculos, simulaciones, resultados experimentales y conclusiones derivados de todo el proceso metodológico. Este apartado permite, además, de documentar el proceso en la elaboración del proyecto, también exponer las observaciones, experiencias y aprendizajes del estudiante a lo largo del proceso que ha realizado. Logrando con ello no solo un reporte, sino una memoria del proyecto donde se constaten las competencias alcanzadas en el proceso de aprendizaje a través de proyectos.

En síntesis, el proceso metodológico explicado anteriormente, le permite al estudiante desarrollar una serie de competencias específicas y genéricas para cada etapa de la elaboración del proyecto. Es importante mencionar que, se observó que en cada etapa el estudiante puede llegar a desarrollar competencias de los seis niveles de la taxonomía de Bloom (Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación)

## **RESULTADOS**

Para mostrar el proceso del desarrollo de un proyecto siguiendo la metodología, antes descrita, se propuso aplicarlo en la asignatura de control, con estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica del Tecnológico Nacional de México, campus Zacapoaxtla. Para este fin, se formaron equipos de un promedio de 5 integrantes y a lo largo del semestre se fueron desarrollando las actividades que permitieron concretar al final un proyecto donde se implementó un sistema de control a un proceso designado para cada equipo (Temperatura, luz, velocidad, posición, etc.).

Cabe mencionar que, bajo experiencias previas como docente, esta asignatura en muchas ocasiones se torna un tanto complicada para los estudiantes e incluso incomprensible y carente de sentido cuando solo se abordan aspectos teórico matemáticos, mientras que, por otra parte, si solo se le da un enfoque práctico y experimental, el estudiante aprende a manipular y operar equipo de control, pero sin plena consciencia de lo que está ocurriendo en el sistema. En ambos casos, el aprendizaje es incompleto, ya que, no se cierra el círculo teoría-práctica.

El objetivo de este proyecto es que los estudiantes comprendieran los principios generales de los sistemas de control lineal, y pudieran implementar un bloque de control analógico proporcional-integral-derivativo (PID). Para ello, los estudiantes se basaron en circuitos amplificadores operacionales para configurar y ajustar (sintonizar) el controlador que les permitiera mediante realimentación mantener un nivel determinado de la variable a controlar, aun cuando existieran perturbaciones que afectaran la estabilidad del sistema.

1) En la primera etapa y con base en el programa de la asignatura, se conceptualizaron aspectos generales de los sistemas de control, como se muestra en la Figura 2. Entre los conceptos abordados se incluyeron: sistema de lazo abierto y lazo cerrado, realimentación, función de transferencia, sistemas de primer y segundo orden, concepto de polos y ceros, estabilidad, respuesta transitoria y respuesta en estado estable, así como, error en estado estacionario. También se explicaron las diferentes señales de excitación existentes, tales como impulso, escalón y rampa y respuestas de sistema ante estas entradas clasificadas en sistemas de sobre amortiguados, sistemas sub-amortiguados y sistemas con retardo. Se concluyó con la descripción de sistemas de control (PID), las ganancias y tiempos que lo definen, así como, los efectos de cada uno de estos elementos en el desempeño del sistema.

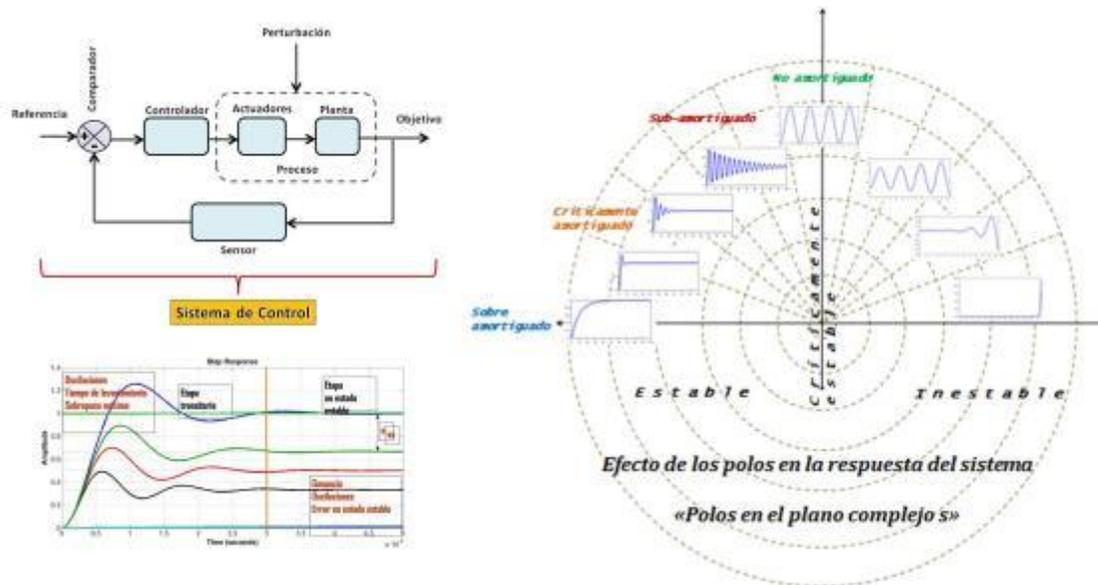


Figura 2. Elementos conceptuales de un sistema de control. Elaboración propia

2) En la segunda etapa los estudiantes realizaron investigaciones y análisis teórico para que a partir de leyes físicas pudieran obtener los modelos matemáticos que representaban el sistema dinámico que se les había asignado. A través de cálculos (Transformada de Laplace), ellos pudieron representar este modelo mediante funciones de transferencia, tanto para el caso en lazo abierto como en lazo cerrado, como se muestra en la Figura 3. También mediante análisis, pudieron determinar el número de polos del sistema e identificar el efecto de estos en la estabilidad de este, así como, el tipo de respuesta que deberían observar. Igualmente, realizaron los cálculos en los cuales se incluía una realimentación unitaria y no unitaria. Finalmente, incluyeron un bloque de control PID, el cual aprendieron a sintonizar para determinar los valores de las ganancias del controlador.

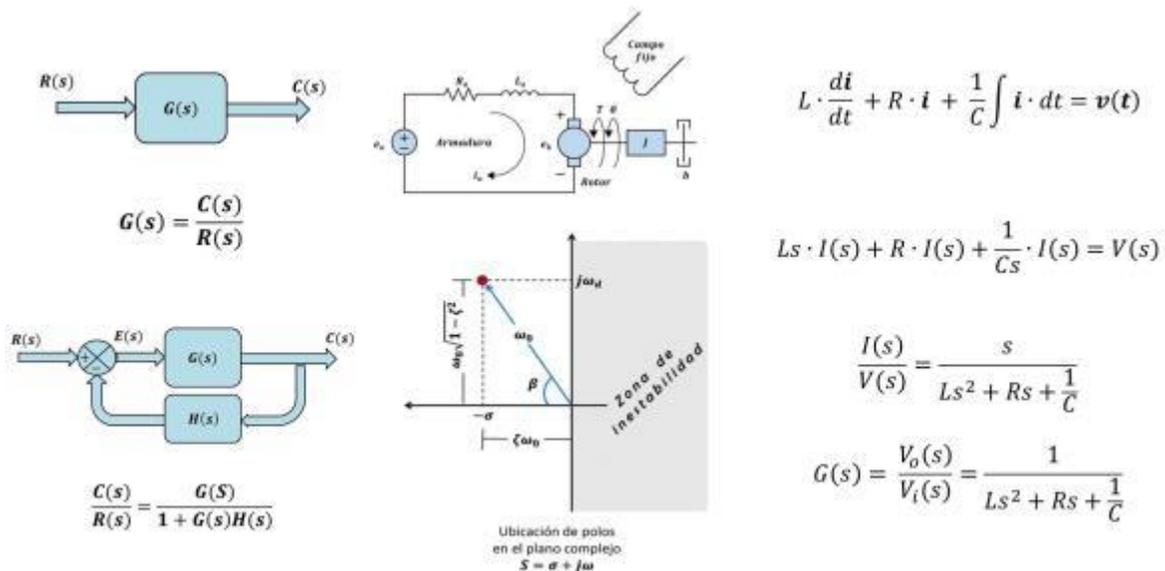


Figura 3. Sistemas de control en lazo abierto y lazo cerrado y efecto de los polos en la respuesta del sistema ante una entrada de tipo escalón unitario. Elaboración propia

3) En la tercera etapa, los estudiantes reprodujeron el comportamiento del sistema, utilizando simulación en Matlab/Simulink y/o Scilab/Xcos, Figura 4. La simulación les permitió cambiar las condiciones del sistema y los valores de este, para observar cómo se modificaba la posición de los polos en el plano complejo, o bien como la realimentación afectaba la dinámica del problema que estaba analizando. También pudieron visualizar gráficamente los efectos del incluir un sistema de control PID al sistema, y cómo modificando las ganancias del controlador, podían alcanzar un desempeño deseado y acorde a las especificaciones solicitadas.

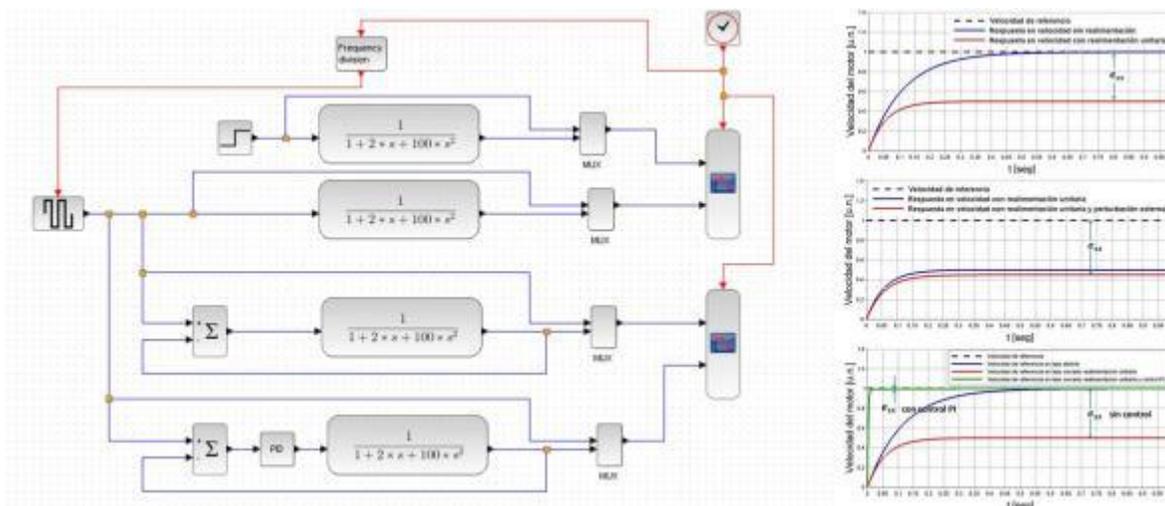


Figura 4. Ejemplo de simulación de sistemas de control, utilizando Xcos de Scilab. Elaboración propia.

4) Ya en la etapa experimental, los equipos implementaron físicamente el sistema, tanto en lazo abierto como en lazo cerrado, comprobando la validez de los resultados que la teoría les había predicho. De igual manera, implementaron físicamente un controlador PID, lo integraron al sistema como se muestra en la Figura 5, y mediante ajustes manuales del controlador pudieron observar los efectos que este tenía sobre el desempeño del sistema, ante diferentes ganancias, evaluando y definiendo los valores que permitían el desempeño deseado del sistema. En esta etapa también se ocuparon de acondicionar y preparar el sistema-prototipo que presentarían al final del curso.

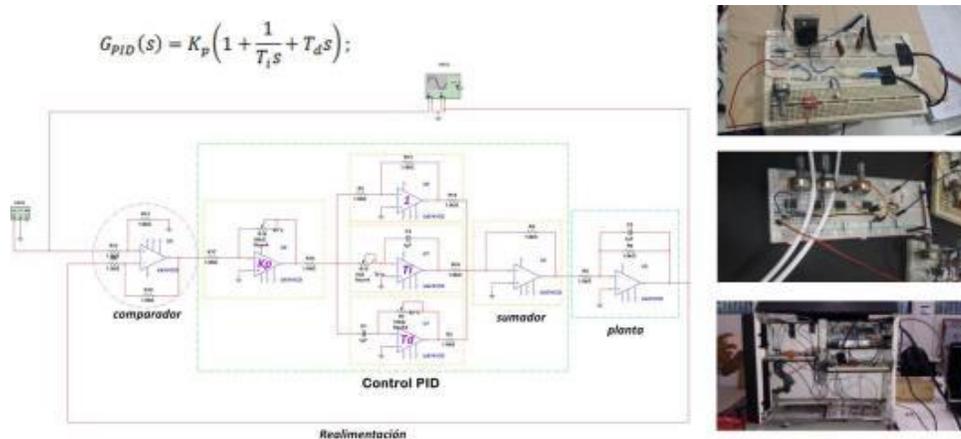


Figura 5. Implementación física de un sistema de control. Elaboración propia

5) Una vez realizado el experimento en laboratorio, realizaron un análisis del mejor desempeño del sistema y decidieron que respuesta era la mejor en función de los objetivos que se pretendían con el sistema de control, Figura 6. De esta forma, a partir de aquí, los estudiantes fueron los responsables en las decisiones que tomarían para la culminación del proyecto. Al haber planteado unos objetivos iniciales y, posteriormente, realizado los cálculos, simulación y experimentación, ya podían decidir qué características debía presentar su planta o proceso y que valores deberían considerar para la implementación del controlador PID.



Figura 6. Análisis de la respuesta del sistema de control y ajuste de ganancias para alcanzar el desempeño deseado. Elaboración propia

6) Finalmente, los estudiantes prepararon un informe por escrito donde exponían sus resultados y observaciones, mostraban gráficas y esquemas del desarrollo del proyecto y argumentaban los logros obtenidos, como se evidencia en la Figura 7. De igual forma, durante un pequeño foro organizado dentro del aula, defendieron la presentación de su proyecto, tanto en una exposición formal, como mediante una demostración del funcionamiento de su sistema de control. Adicionalmente, se les solicitó la elaboración de un poster, como recurso de apoyo, con el cual pudieron sintetizar los resultados obtenidos y exponerlos al resto de los estudiantes y docentes evaluadores.



Figura 7. Presentación final de proyectos de control. Elaboración propia

Esta etapa fue enriquecedora para los estudiantes como para los docentes, ya que, a través de una discusión fundamentada, los estudiantes defendieron los alcances y logros del proyecto y realzaron la trascendencia que este tuvo en su proceso de enseñanza-aprendizaje, como en su formación como próximos ingenieros.

## CONCLUSIONES

Al analizar los pros y contras del desarrollo de proyectos, se puede observar que, si bien esta metodología requiere un trabajo adicional a costa de reducir contenidos, los aprendizajes adquiridos en el proceso compensan todo esfuerzo invertido en alcanzar los objetivos. Por otra parte, aunque no se tienen modelos estables, claros y concretos para el planteamiento de proyectos, esta flexibilidad permite al estudiante adaptar los proyectos a problemáticas identificadas en su contexto. Por lo tanto, las ganancias en el aprendizaje durante el desarrollo de un proyecto superan las dificultades y sacrificios en los contenidos aprendidos.

Llegado este punto, se puede dilucidar que el aprendizaje al desarrollar proyectos en una asignatura es una estrategia efectiva que permite formar profesionistas de calidad con altas capacidades competitivas para la solución de problemas. El desarrollo de proyectos asegura un trabajo en equipo, solución de problemas concretos y comunicación constante entre profesor y alumno, así como un seguimiento por parte del docente y de los conocimientos y competencias adquiridas por parte del estudiante. En conclusión, el aprendizaje mediante proyectos es una estrategia integral que no solo forma profesionistas expertos en su campo de estudio, sino también seres humanos capaces de sensibilizarse con las problemáticas de su entorno para ofrecer las soluciones adecuadas y precisas a cada situación particular.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cobo, G. y Valdivia, S. (2017). Aprendizaje basado en proyectos. *Colecciones materiales de apoyo a la docencia., volumen (5)*, pp. 1-18, Recuperado de <https://idu.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2017/07/5.-aprendizaje.pdf>
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (s.f.). *Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño. El método de proyectos como técnica didáctica - Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo*. Recuperado de: <http://sitios.itesm.mx/va/dide2/documentos/proyectos.PDF>
- Maldonado, M. (2008). Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. *Revista de Educación Laurus, volumen 14(28)*, pp.158-180. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111716009>
- Mendoza, J., Rojas, I., Torres, S. y Ramírez, V. (2018). Transformación de estudiante a ingeniero mediante el desarrollo de proyectos de investigación de sistemas mecatrónicos. *Revista ANFEI Digital, volumen 4(8)*, pp. 1-12. Recuperado de: <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/437/1084>
- Pérez, J. A. (1 de julio, 2015). 10 inconvenientes del Aprendizaje basado en Proyectos. [blog] Así sueña la escuela (ASLE). Recuperado de <https://juanantoniopezbelo.com/10-inconvenientes-del-aprendizaje-basado-en-proyectos/>
- Prado, C. D. (2019). Educación basada en competencias: un modelo educativo para potenciar el aprendizaje en la ingeniería. *Revista ANFEI Digital, 6(11)*. Recuperado de: <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/528/1168>
- Ruiz, M., y Tejeda, P. (2019). Los proyectos integradores, una perspectiva pedagógica de desarrollo del ingeniero. *Revista ANFEI Digital, volumen 6(11)*. Recuperado de: <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/547/1188>