

# DIFICULTADES EN LA APLICACIÓN DE PROYECTOS EN INGENIERÍA

## CHALLENGES IN ENGINEERING PROJECT IMPLEMENTATION

A. D. Herrera Romero<sup>1</sup>  
G. Urriolagoitia Sosa<sup>2</sup>  
R. Manuel José<sup>3</sup>

### RESUMEN

La metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) promueve que los estudiantes planteen propuestas para resolver una problemática: investigando, adquiriendo nuevos conocimientos o utilizando los previamente adquiridos en Instituciones Educativas de Nivel Superior, compartiendo lo aprendido y analizando los resultados obtenidos, de manera que obtengan una experiencia real y se encuentren mejor preparados para el ámbito laboral que les espera al finalizar sus estudios. El proyecto es dirigido por los estudiantes que encuentran dificultad en realizarlo aún con la guía de los docentes debido a la falta de experiencia. Por lo tanto, se presenta en este trabajo, el desarrollo paso a paso de un proyecto de investigación en la carrera de Ingeniería Mecánica, el cual busca realizar el diseño estructural de la viga principal que conforma una grúa puente utilizando diferentes criterios de diseño y validando las condiciones de carga para las cuales fue diseñada la grúa. De tal forma que los estudiantes de Ingeniería puedan realizar un proyecto con mayor facilidad aprendiendo de un ejemplo explicativo que busca resolver una necesidad.

### ABSTRACT

The Project Based Learning (PBL) methodology encourages students to propose solutions to problems by conducting research, acquiring new knowledge, or applying previously acquired knowledge from higher education Institutions, then sharing what they have learned and analyzing the results obtained, thereby gaining real-world experience, and preparing themselves for the work environment after graduation. The project is managed by the students, who find it difficult to carry it out even with the guidance of teachers due to lack of experience. The article presents a step-by-step guide for developing a research project in Mechanical Engineering. It focuses on the structural design of the main beam of a bridge crane using various design criteria to validate the load conditions for which the crane was designed. Engineering students can learn to perform projects more easily with the help of an explanatory example that aims to solve specific needs.

### ANTECEDENTES

Uno de los principales propósitos de la educación en el siglo XXI es que sus estudiantes obtengan conocimientos significativos, relevantes y útiles para la vida, es decir que posean la capacidad de lograr su desarrollo personal, laboral y familiar con el fin de mejorar su entorno, así como continuar aprendiendo a lo largo de su vida. Para lograr esto se han buscado implementar diversas metodologías de aprendizaje que facilitan al estudiante el adquirir conocimiento y de parte del docente transmitirlo, siendo el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) uno de los más utilizados.

---

<sup>1</sup> Alumna de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación  
aherrerar1802@alumno.ipn.mx

<sup>2</sup> Profesor Investigador, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación  
gurriolagoitias @ipn.mx

<sup>3</sup> Alumno de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación  
rmanuelj1800@alumno.ipn.mx

En el contexto de la educación la incursión de esta metodología surgió del enfoque experimental de John Dewey durante las primeras décadas del siglo XX (Sola, 2004). En la actualidad bajo la influencia del constructivismo, que busca apoyar la comprensión del funcionamiento del cerebro humano sobre como aprender y ampliar el aprendizaje previo (Díaz-Barriga, 2006) han surgido diferentes modalidades del ABP.

En el ámbito de la Ingeniería en las Instituciones Educativas de Nivel Superior, el ABP es una herramienta que se utiliza en la conclusión de la carrera y permite ir más allá del conocimiento adquirido en asignaturas y aplicarlo a un problema en el mundo real. El docente ofrece una guía sobre las etapas que se deben seguir para desarrollar el proyecto, pero los estudiantes obtienen completa autonomía sobre el contenido. El realizarlo exige al estudiante el tener la capacidad de investigación para encontrar una solución y validarla, utilizando la teoría aprendida en las asignaturas.

El estudiante al no poseer habilidades de investigación, debido a que, la instrucción académica anterior no le dio herramientas para ser independiente, por lo tanto, tiende a basarse en trabajos académicos escritos por otros estudiantes. Lo que en ocasiones resulta difícil de comprender y no satisface la habilidad para escribir en forma técnica y la capacidad crítica de aplicar la teoría aprendida en las asignaturas.

El objetivo de la investigación es mostrar la dificultad de utilizar la teoría aprendida en las asignaturas, durante el periodo de formación de un estudiante de Ingeniería para encontrar la solución de un problema real, debido a que, el estudiante no tiene la experiencia para realizar el planteamiento del proyecto, un plan de trabajo, la implementación de los cálculos analíticos y la evaluación de los resultados. Por lo que, se presenta en esta investigación un proyecto de Ingeniería que abarca el cómo se realizó el diseño de la viga principal de una grúa y, en consecuencia, que los estudiantes logren aprender el cómo se realiza un proyecto por sí mismos, al observar uno ya desarrollado.

En Ingeniería Mecánica una de las áreas de interés es el diseño mecánico que busca satisfacer una necesidad al diseñar una máquina o herramienta que facilite el trabajo al hombre. Dentro de estos se encuentran las grúas, que son máquinas que se utilizaron principalmente para levantar cargas. Actualmente, existen múltiples estructuras o máquinas que facilitan levantar objetos muy pesados y estos pueden ser mecánicos, eléctricos, neumáticos o hidráulicos. Estos dispositivos son utilizados por la imposibilidad del ser humano para soportar cargas muy elevadas. Es por ello, por lo que existe una gran variedad de estos aparatos, cada uno diseñado específicamente para diferentes condiciones de trabajo y capacidades de carga distintas. Su rango de elevación y la velocidad a la que pueden ser elevados los objetos es distinta en cada una y es posible que en ciertos trabajos sea necesaria una precisión en los movimientos de elevación.

En el presente trabajo se da a conocer la realización de un proyecto presentado en los dos últimos semestres de la carrera de Ingeniería Mecánica, detallando paso a paso como se realizaron los cálculos analíticos para el diseño estructural de la viga principal, que el elemento principal de una grúa puente con capacidad de dos toneladas para una nave industrial.

## METODOLOGÍA

El Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología que permite a los estudiantes adquirir conocimientos para la realización de un proyecto. Siguiendo una serie de etapas, con la guía del docente. Los estudiantes de licenciatura podrán encontrar la solución a una problemática real, utilizando lo aprendido en sus asignaturas.

Los estudiantes podrán elegir una problemática que les interese, siendo independientes en la forma en que lo aprenden, debido a que, el docente no tendrá el papel de transmitir conocimientos si no el de motivar y orientar para que el alumno admita su nuevo rol, el cuál lo enriquecerá.

Esta metodología es en muchos casos, la más aceptada, debido a que, contribuye a que los estudiantes se desenvuelvan en un ambiente más cercano a la realidad de la industria, en cuanto al tema seleccionado. Además, de permitirles experimentar y obtener conocimientos basado en investigaciones, el aprender de sus errores y finalmente el enfrentar retos difíciles.

De acuerdo con la Secretaría de Educación Pública (2022) en México, las etapas a seguir para realizar un proyecto son:

1. Planteamiento del proyecto y plan de trabajo. – Los estudiantes seleccionan el tema del proyecto y establecen los objetivos, tomando en cuenta el impacto esperado, además de distribuir entre ellos las responsabilidades y funciones que van a asumir.
2. Implementación. – Los estudiantes comienzan a investigar y analizar la información requerida para el proyecto dando seguimiento con el docente para crear un producto final (presentación, exposición, infografía, discurso, encuesta, etc.) que resuelva la problemática.
3. Presentación. - Se les presenta la posibilidad de mostrar públicamente los resultados del proyecto.
4. Evaluación de los resultados. – Se comprueba si se cumplieron los objetivos iniciales evaluando no solo los resultados si no el camino que tomaron los estudiantes para adquirir el conocimiento necesario (Hernández et al., 2023).

Para que el estudiante comprenda de mejor manera la metodología, se muestra un ejemplo enfocado a la carrera de Ingeniería Mecánica para el diseño estructural de la viga principal que conforma a una grúa puente.

Los puentes grúa son máquinas diseñadas para transportar cargas pesadas de un lugar a otro de manera fácil y segura. Esta máquina permite el desplazamiento a lo largo de la viga principal por medio del trolley y permite izar las cargas mediante el polipasto. De igual manera, en cada extremo de la grúa, están colocados carros o ruedas que mediante un motor facilita su movimiento a lo largo del carril. El diseño y capacidades del puente grúa dependerá de las dimensiones de la nave industrial donde se desea instalar (Yáñez, 2020).

El puente grúa es instalado en naves industriales, como talleres de trabajo donde se requiere facilitar el movimiento de materia prima. Con la intención de reducir el tiempo de transporte, aumentando la seguridad del operador y eficientizar el tiempo de trabajo. Para ejecutar estas maniobras se hace uso de grúas, aunque en la actualidad existe una gran variedad de modelos:

- Grúa puente, como se puede observar en la Figura 1, es un tipo de grúa que se utiliza principalmente dentro de talleres, fábricas e industrias, para izar y mover cargas pesadas, su desplazamiento es en forma vertical (izaje) y horizontal (desplazamiento). Se caracterizan porque sus rieles están ubicados en partes altas y unidas en su mayoría en las paredes de la nave industrial, dejando libre toda la superficie del pavimento del taller. En este tipo de grúas los rangos de carga varían desde las 3 hasta las 500 toneladas (Porrás, 2011 y Collado, 2010).

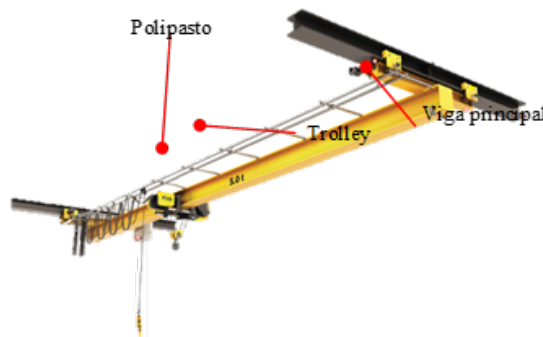
**Figura 1.** Grúa puente



Las partes principales que conforman una grúa puente se observan en la Figura 2 y son:

- Viga principal. - Es el principal elemento de una estructura de la grúa. Su objetivo es permitir el movimiento longitudinal del trolley. Lo cual, a su vez, debe soportar las cargas establecidas. Es la base de los elementos que van colocados dentro del mismo, generando una fuerza de flexión sobre ella. La viga o viga puente está fabricado con acero estructural, con diferentes dimensiones, siendo el perfil más común el I.
- Polipasto. - Es el mecanismo que permite la elevación y el descenso de las cargas de manera vertical por medio de poleas. El movimiento vertical es realizado por cadenas o cuerdas, sujeta a la polea. El tipo de polipasto que se encuentran en el mercado son manuales, eléctricos y neumáticos, y la carga soportada va estipulada por el catálogo del proveedor.
- Trolley. - Un mecanismo que permite el desplazamiento a lo largo de la sección transversal de la viga puente está formada por un marco estructural que se adjunta al polipasto, generando movimientos en conjunto. Este tipo de mecanismos pueden ser manuales o eléctricos.

**Figura 2.** Componentes de la viga puente



## RESULTADOS

Basándose en la metodología ABP para el desarrollo de un proyecto de Ingeniería en una Institución Educativa de Nivel Superior y la teoría mencionada anteriormente sobre las grúas puente, se describe a continuación paso a paso la realización del proyecto de diseño estructural.

### Objetivo

En el proyecto de investigación, el propósito es el de diseñar estructuralmente la viga principal de una grúa puente con capacidad de 2 toneladas adaptada a una nave industrial, con la finalidad de que los operarios trasladen bobinas de aluminio sin necesidad de esfuerzo físico.

### Especificaciones iniciales para la grúa

Para el diseño de grúas es importante utilizar normas estandarizadas y en este caso se utilizará la norma CMAA 74 (Specifications for Top Running & Under Running Single Girder Electric Traveling Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoist) para conocer las especificaciones que deberá tener la grúa puente (The Crane Manufacturers Association of America [CMAA], 2010).

Además, se seleccionará un material para la viga. Lo más adecuado es seleccionar un acero y la mayor parte de los aceros estructurales son identificados por la designación ASTM o por sus propiedades. Se seleccionó un acero estructural ASTM A36 (Tabla 1).

**Tabla 1.** *Propiedades mecánicas del acero estructural ASTM A36*

Acero <i>ASTM A-36</i>	
Esfuerzo de cedencia ( $\sigma_y$ )	250 MPa
Módulo de elasticidad ( $E$ )	200 GPa

Fuente: Max Aceros Monterrey (s.f.)

### Selección de los accesorios para la viga

El trolley motorizado es un dispositivo que suministra el movimiento horizontal al polipasto a lo largo de la viga principal. El trolley se selecciona de acuerdo con la capacidad necesaria requerida (2000 kg) y, buscando en un catálogo donde el modelo cumpla con lo requerido. El modelo seleccionado es VTE-U 2-1-18/U como se observa en la Figura 3.

De acuerdo con en el catálogo tiene una capacidad de 2 000 kg, siendo el indicado para el diseño de la grúa. La velocidad de traslación es de 18 m/min y la potencia del motor es de 0.18 kW. El trolley seleccionado puede ser montado en vigas tipo IR con un rango de ancho de ala de 58 a 180 mm y un espesor máximo en el ala de la viga de 19 mm (Yale, 2015).

**Figura 3.** *Trolley motorizado modelo VTE-U*



Fuente: Yale (2015)

El polipasto de cadena es el dispositivo encargado de realizar los movimientos de elevación y descenso de la carga sujeta al gancho por medio de una cadena. Su selección se realizará dependiendo de la carga a levantar. El modelo seleccionado es CPV 20-4 mostrado en la Figura 4, tiene una capacidad de 2 000 kg. El polipasto maneja una velocidad de elevación de 4 m/min, un peso con asa de 63 kg y cuenta con un motor de 1.5 kW para realizar los movimientos de ascenso y descenso (Yale, 2015).

**Figura 4.** *Polipasto de cadena CPV con asa de suspensión*



Fuente: Yale (2015)

### **Selección del perfil para la viga**

Para el diseño de una viga es necesario seleccionar el perfil y el material que se utilizará, para esto se requiere conocer que cargas van a afectar a la viga. Además, se consideran algunas recomendaciones de la norma CMAA 74 (CMAA, 2010).

1. Carga del polipasto y trolley (*TL*). - Es el peso del trolley, polipasto y de los equipos acoplados.

$$63kg + 26kg = 89kg$$

$$TL = mg = (89kg) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right) = 873.09 N$$

2. Carga viva o de elevación (LL). - Consiste en la carga de trabajo. La carga por levantar es de 2 toneladas.

$$LL = mg = (2000kg) \left(9.82 \frac{m}{s^2}\right) = 19620 N$$

3. Factor de carga muerta (DLF). - Este factor abarca solamente las cargas muertas de la grúa, trolley y sus equipos asociados y deberá ser tomado en cuenta de acuerdo con la norma. En este caso el factor tiene un valor de 1.1.

4. Factor de carga del polipasto (HLF). - Este factor de carga es 0.5 % de la velocidad de elevación (en pies por minuto) del polipasto, pero no debe ser menor al 15% o mayor al del 50%.

$$4 \frac{m}{min} \left(\frac{1 ft}{0.3048m}\right) = 13.1233 FPM \quad HLF = 0.15 \leq 0.005 * (13.1233) \leq 0.5 \quad HLF = 0.15$$

5. Fuerza de inercia de los polipastos (IFD). - Las fuerzas de inercia se producen durante la aceleración o desaceleración de los movimientos de la grúa.

$$IFD = 7.8 * aceleración \left(\frac{ft}{s^2}\right) \geq 2.5\%$$

La velocidad es de  $59.05 \frac{ft}{min}$ , de acuerdo con la norma (CMAA, 2010) la aceleración es de  $0.25 \frac{ft}{s^2}$

$$FD = Fuerzas verticales o carga de elevación (LL) * 0.025$$

$$IFD = (19620 N)(0.025) = 490.5 N$$

6. Cargas combinadas. - Los esfuerzos combinados se pueden calcular de acuerdo con el caso de diseño de la grúa, este trabajo se encuentra dentro del caso 1 grúa de uso regular bajo carga principal (CMAA, 2010). Por lo que la carga total (P) presente en la grúa es la suma de las cargas previamente calculadas.

$$P = DL(DLF_B) + TL(DLF_T) + LL(1 + HLF) + IFD$$

Debido a que no se tiene el valor de DL (el peso de la estructura), para obtener la carga P no se va a considerar esta carga. Sin embargo, luego de la selección de los elementos del perfil se incorporará al análisis.

$$P = 873.09 N (1.1) + 19620 N (1 + 0.15) + 490.5 N \quad P = 24013.899 N$$

Se divide entre cuatro (la cantidad de ruedas del trolley) para obtener la carga que soportará cada una ( $P_{ru}$ ).

$$P_{ru} = \frac{P}{4}$$

$$P_{ru} = \frac{24013.899 \text{ N}}{4} = 6003.4747 \text{ N}$$

Es importante determinar el valor del esfuerzo admisible utilizando el esfuerzo de cedencia del material acero ASTM A-36 y un factor de seguridad (N). Se escogerá un valor N de 2.5 que está entre los rangos de 2 a 4 para el caso de estructuras bajo cargas dinámicas con un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.

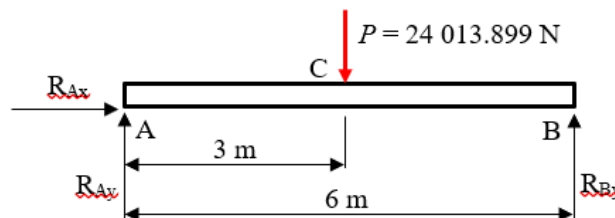
Esfuerzo de cedencia =  $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$  para el acero A-36

De acuerdo con la norma CMAA 74 (CMAA, 2010) el esfuerzo admisible es:

$$\sigma_{adm} = 0.6\sigma_y = (0.6)(250\text{MPa}) = 150 \text{ MPa}$$

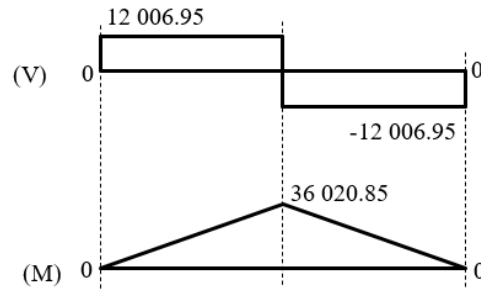
Ahora que se conoce el valor de la carga a la que va a estar sometida la viga, se determina la fuerza cortante y el momento flexionante. La viga principal tendrá un comportamiento simplemente apoyado a los lados, como se muestra en la Figura 5 con el diagrama de cuerpo libre.

**Figura 5.** Diagrama de cuerpo libre de la viga principal



Por el método de las secciones se obtienen la fuerza cortante y momento flexionante presentes en la viga obteniendo un diagrama como se muestra en la Figura 6.

**Figura 6.** Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante



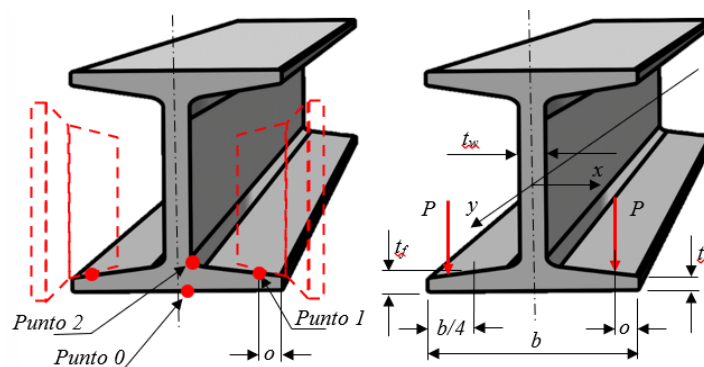
La fuerza cortante máxima es de 12 006.9495 N. Mientras que, el momento máximo es de 36 020.8485 Nm. Recordando que estos valores se obtuvieron sin considerar el peso del perfil. Para seleccionar el perfil de la viga, se tuvieron en cuenta las especificaciones del trolley, las cuales son ancho de ala de viga entre 58 y 180 mm. Además de un espesor máximo de ala de viga de 19 mm. El perfil seleccionado para la viga principal de acero *ASTM A-36* es IR de 310 mm x 165 mm x 52 mm (Altos Hornos de México, 2012).

**Validación del perfil seleccionado con criterios de diseño**

Es significativo plantear otro tipo de criterios para tener mayor seguridad de que el perfil seleccionado sea el óptimo para la solución del proyecto.

1. Flexión local de las aletas debida a la carga de las ruedas. - Al estar las ruedas en contacto con el patín inferior de la viga, generan flexión tanto lateral como longitudinalmente, lo que causa una serie de esfuerzos. Basándose en la norma CMAA 74 (CMAA, 2010) se seleccionan tres puntos críticos sobre las aletas de la viga ( $P_0$ ,  $P_1$  y  $P_2$ ) presentados en la Figura 7.

**Figura 7.** Puntos críticos sobre el patín de la viga

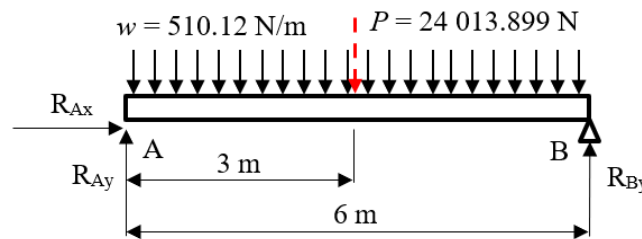


Siguiendo las fórmulas de la norma (CMAA, 2010) se calculan los esfuerzos aplicados en los tres puntos; posteriormente se obtiene el esfuerzo cortante máximo que afecta a la viga, utilizando el valor de la fuerza cortante máxima, calculado anteriormente, obteniendo un valor de 1.8055 MPa.

Por último, se calcula el esfuerzo de Von Mises, que es un esfuerzo combinado, para cada punto observando que ninguno de los valores del esfuerzo sobrepasa el valor del esfuerzo admisible calculado anteriormente, lo que quiere decir que el perfil seleccionado soportará los esfuerzos generados por el peso del trolley.

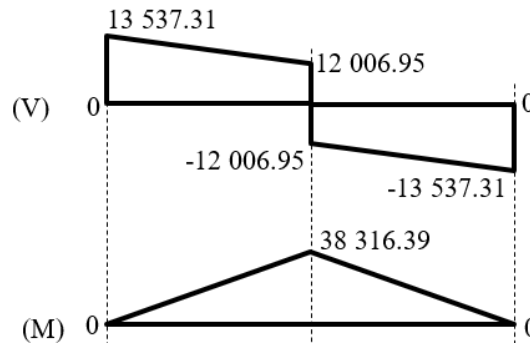
2. Cálculo de la fuerza cortante y momento flexionante. - Al conocer el perfil de la viga se procede a calcular la fuerza cortante y el momento flexionante máximo ahora considerando el peso del perfil que será representado como una carga distribuida. Se utiliza el método de las secciones utilizando el diagrama de cuerpo libre de la Figura 8.

Figura 8. Diagrama de cuerpo libre de la viga principal con el peso del perfil



El peso del perfil se obtiene del catálogo (Altos Hornos de México, 2012). Se muestra el diagrama obtenido en la Figura 9.

Figura 9. Diagrama de fuerza cortante y momento flexionante



Con el valor obtenido del momento máximo con un valor de 38 316.3885 Nm se calcula el esfuerzo máximo que sufre el perfil debido al peso que soportará. El esfuerzo máximo tiene un valor de 51.2937 MPa por lo que es menor al esfuerzo admisible con valor de 150 MPa; además, se obtiene el factor de seguridad con el esfuerzo máximo calculado, con un valor de 2.92 y aunque el valor es mayor al establecido, sigue estando dentro del rango para cargas dinámicas (2 a 4). Con este segundo criterio se corrobora que el perfil seleccionado es el adecuado.

3. Deformación en la viga. – La viga sufrirá una deformación unitaria por las cargas presentes. A continuación, se calcula la flexión por carga puntual con valor de  $4.54 \times 10^{-3}$  m, flexión por carga distribuida con valor de  $6.028 \times 10^{-3}$  m y la flexión total con valor de  $4.6003 \times 10^{-3}$  m, que es una suma de las dos anteriores. De acuerdo con la norma CMAA 74 (CMAA, 2010), la deflexión vertical máxima que pueden sufrir este tipo de grúas debido a la carga es de  $6.7567 \times 10^{-3}$  m, comprobando que la flexión total no supera la flexión máxima permitida, por lo que el perfil es el adecuado al tener en cuenta la deformación que va a sufrir.

## CONCLUSIONES

En la carrera de Ingeniería el Aprendizaje Basado en Proyectos es una metodología que le da la autonomía al estudiante para desarrollar la solución a una problemática real, permitiéndole enfrentar retos difíciles. Pero el realizar el proyecto le presenta al alumno un desafío, que debido a la falta de experiencia y a la dificultad de saber cómo aplicar la teoría aprendida para el desarrollo de un proyecto terminal, termina en un fracaso y en una decepción, obteniéndose un abandono en la etapa terminal de sus estudios. Por lo que el analizar un ejemplo de un proyecto de investigación, que explique cómo se realizó paso a paso un proyecto, como el ejemplo del diseño estructural de la viga principal de una grúa puente con una capacidad de 2 toneladas para una nave industrial beneficia a los estudiantes de licenciatura, consiguiendo retroalimentarse, además de ser capaces de llevar a buen término el realizar un proyecto con mayor facilidad y así obtener experiencias benéficas para su vida laboral. Se agradece al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altos Hornos de México (2012). *Catálogo Perfiles Estructurales*. [https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/Catalogo\\_Perfiles2012.pdf](https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/Catalogo_Perfiles2012.pdf)
- Collado, R. (2010). *Diseño de Puente Grúa de 5 Toneladas*. [Tesis licenciatura, Universidad de Ciencias Aplicadas Mittweida]. [https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/531/file/TESIS\\_DISEO\\_PUENTE\\_GRUA\\_5\\_Tn.pdf](https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/531/file/TESIS_DISEO_PUENTE_GRUA_5_Tn.pdf)
- Díaz-Barriga, F. (2006). Reseña Aprendizaje basado en problemas. De la teoría a la práctica. *Perfiles Educativos*, vol. 28(111), pp. 221. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-26982006000100007&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-26982006000100007&script=sci_arttext)
- Hernández, T., Gaspar, Y., Oropeza, J. y Salazar, J. (2023). Aprendizaje Basado en Proyectos, caso de éxito: aplicación Lectoweb. *Revista ANFEI Digital*, vol. 10(15). <http://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/929>
- Max Acero Monterrey (s.f.). *¿Qué es el acero A36? Usos, componentes y propiedades*. <https://maxacero.mx/blog/que-es-el-acero-a36-usos-y-propiedades/>

- Porras, A. (2011). *Estandarización de diseño de estructuras de acero para soportar grúas viajeras*. [Tesis licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6082>
- Secretaría de Educación Pública [SEP] (2022). *Metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos (ABP)*. <https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2022/06/Metodologia-ABP-Final.pdf>
- Sola, C. (2004). *Aprendizaje basado en problemas. De la teoría a la práctica*. Trillas.
- The Crane Manufacturers Association of America [CMAA] (2010). *Specifications for Top Running & Under Running Single Girder Electric Traveling Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoist*. <https://dokumen.tips/documents/cmaa-74-specifications.html?page=1>
- Yale Hoists (2015). *Catálogo Equipos Manuales, Eléctricos y Neumáticos para aplicaciones industriales de izaje*. <https://productosparacarga.com/wp-content/uploads/2021/01/BROCHUREYALE22016CMYKWEB1.pdf>
- Yáñez, G. (2020). *Diseño de puente grúa de 2 toneladas*. [Tesis licenciatura, Universidad Católica de Valparaíso]. [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/Txt-0000/UCB0398\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-0000/UCB0398_01.pdf)