

Análisis numérico de la bancada de una prensa hidráulica (Original)**Redesign of a hydraulic press bed (Original)**

Yoan Manuel Ramos Botello. Ingeniero Mecánico. Máster en Diseño y Fabricación Asistida por Computadora. Profesor Asistente. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba.

yramosb@udg.co.cu 

Jorge Alexander Bosch Cabrera. Ingeniero Mecánico. Máster en Diseño y Fabricación Asistida por Computadora. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. jbosch@udg.co.cu 

René Misael Arias Hidalgo. Ingeniero Mecánico. Máster en Ciencias. Profesor Instructor.

Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. rariash@udg.co.cu 

Recibido: 01-11-2021/ Aceptado: 28-02-2022

Resumen

En esta investigación se muestra el procedimiento de cálculo y los resultados del análisis mediante elementos finitos de la bancada de una prensa hidráulica. La misma tiene como objetivo determinar si esta es capaz de soportar la máxima carga que puede generar dicha prensa. Al analizar los resultados de los cálculos, se obtuvo un valor máximo de tensión de von Mises de 310,7 MPa el cual es superior al límite elástico del material, mientras que el máximo valor de desplazamiento fue de 10,2 mm en el ala del perfil en la parte central de las vigas. Luego de reforzar cada viga se realizaron nuevamente los cálculos obteniéndose valores de tensiones máximas de 206,3 MPa con un factor de seguridad de 1,21 y desplazamientos máximos de 2,45 mm lo cual demuestra que con las vigas reforzadas puede ser utilizada la máxima fuerza desarrollada por la prensa.

Palabras Clave: elementos finitos; prensa hidráulica; simulación numérica; esfuerzo en vigas

Abstract

This investigation shows the calculation procedure and the results of the analysis using finite elements of the bench of a hydraulic press. Its objective is to determine if it is capable of supporting the maximum load that said press can generate. When analyzing the results of the calculations, a maximum von Mises stress value of 310.7 MPa was obtained, which is higher than the elastic limit of the material, while the maximum displacement value was 10.2 mm in the wing of the profile in the central part of the beams. After reinforcing each beam, the calculations were carried out again, obtaining maximum stress values of 206.3 MPa with a safety factor of 1.21 and maximum displacements of 2.45 mm, which shows that the maximum force can be used with reinforced beams. developed by the press.

Key Words: finite elements; hydraulic press; numerical simulation; stress in beams

Introducción

En el diseño de piezas mecánicas, los elementos a proyectar deben satisfacer las condiciones técnicas, rendimiento, fiabilidad, plazo deseable de servicio, su costo, fácil arme y desarme, facilidad de mantenimiento (Budynas & Nisbett, 2018; Jiang, 2019). Para garantizar el correcto funcionamiento de un elemento, en ocasiones es necesario rediseñar el mismo, teniendo en cuenta los recursos al alcance como es el caso de la presente investigación. El uso de métodos clásicos de cálculo, es probablemente la mejor forma de analizar estructuras simples; no obstante, su uso es poco aconsejable cuando el sistema es complejo, o se requiere de bastante información del estudio tratado en poco tiempo. En estos casos la mejor alternativa, es usualmente una solución obtenida con el método de los elementos finitos (MEF). El mismo es utilizado en diversos problemas de ingeniería, fundamentalmente en aquellos que no tienen una

solución analítica o es muy difícil obtenerla, por lo que se convierte en la única alternativa de resolución (Guardia et al., 2015).

En el taller de reparaciones de la Empresa Integral Agropecuaria del municipio de Río Cauto, se encuentra una prensa hidráulica utilizada fundamentalmente para doblar piezas de grandes dimensiones. Originalmente dicha prensa contaba con una bancada móvil, con desplazamiento vertical el cual se realizaba de forma manual. Por el tiempo de explotación, dicha bancada dejó de cumplir con su destino de servicio, por lo que se llevó a cabo un proceso de diseño y posterior fabricación de una nueva bancada. Por limitaciones materiales en la entidad, solo se cuenta con perfiles C de 270x95 para sustituir la antigua bancada. Estos son del mismo tipo de los originales, pero de menor sección transversal, por lo que es muy probable que soporten menores esfuerzos y con ello limitarán la capacidad de trabajo de la máquina. El objetivo fundamental de esta investigación consiste en el análisis numérico de la bancada de dicha prensa hidráulica y con ello determinar si el nuevo diseño con los perfiles antes descritos, soportan sin sufrir deformaciones permanentes, los esfuerzos provocados por la fuerza máxima desarrollada por la prensa, además de determinar los valores de deflexión. El modelo a calcular debe cumplir con las condiciones de resistencia y rigidez para un factor de seguridad de 1,2 según lo planteado por (Norton, 2011; Yue et al., 2020).

Materiales y métodos

Para la modelación y cálculo numérico se utilizó un software de Diseño Asistido por Computadora (CAD). La exactitud de los resultados del cálculo por elementos finitos de un modelo CAD, depende en gran medida la exactitud de dicho modelo, por lo que se le debe prestar especial atención a las posibles simplificaciones que se le puedan hacer a estos (Brand,

2016; Um, 2016). Por tal motivo, para los cálculos se partió de la minuciosa medición de cada detalle de las piezas que conforman la bancada de la prensa.

La misma está compuesta por dos perfiles C de 270x95 de acero ASTM A 36 y cuatro barras cilíndricas de acero AISI 1020 las cuales unen los perfiles C a las columnas, tal como se muestra en la figura 1. El material de las piezas objeto de estudio se muestra en la tabla 1.

Figura 1. Prensa hidráulica



Tabla 1. Propiedades mecánicas de los aceros ASTM A36 y AISI 1020 (MatWeb, 2021a, 2021b).

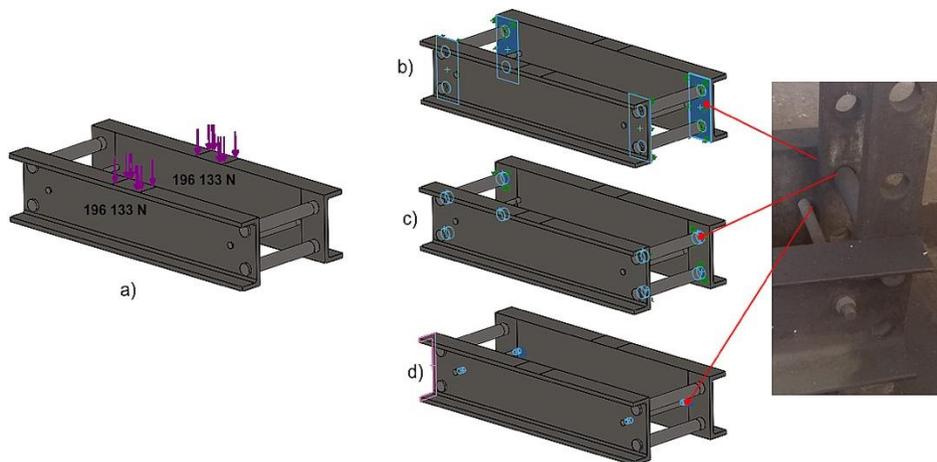
Nombre de propiedad	ASTM A 36	AISI 1020
Límite elástico (MPa)	250	351,5
Límite de tracción (MPa)	400	420,5
Módulo elástico (GPa)	200	200
Coefficiente de Poisson	0,26	0,29
Densidad (kg/m ³)	7850	7900
Módulo cortante (MPa)	79300	77000

Cargas y restricciones

Para el estudio se consideró la fuerza máxima que puede desarrollar la prensa la cual es de 40 tf (392 266 N). Este valor de fuerza se compartirá entre las dos vigas de la bancada y será aplicada en la parte central de estas en una pequeña área, lo cual representa peores condiciones para dichas vigas (figura 1). Con esto se determinará de forma numérica las posibles zonas por donde falla la bancada.

Para las restricciones se tuvo en cuenta la unión entre las vigas y las columnas de la prensa con una restricción sobre cara plana, la cual impide el desplazamiento en sentido horizontal de dichas vigas (figura 2 b). También se consideró una restricción en la zona de unión entre las barras de sujeción y las columnas de la prensa con una restricción sobre cara cilíndrica, la cual impide el desplazamiento en dirección radial (figura 2 c). Por último, se tuvo en cuenta la restricción producto del contacto entre tornillo de seguridad y las columnas con una restricción sobre cara cilíndrica pero solo en dirección horizontal (figura 2 d). Esta es de gran importancia sobre todo por las deformaciones que surgen en las vigas.

Figura 2. Cargas y restricciones



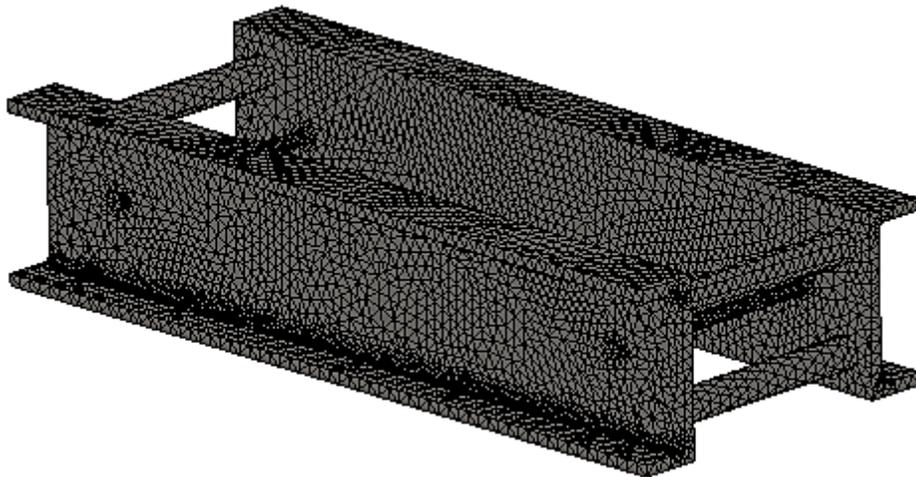
Notas: a) Máxima fuerza ejercida por la prensa. b) Restricción sobre cara plana en los perfiles. c) Restricción sobre cara cilíndrica en las barras de sujeción. d) Restricción sobre cara cilíndrica en el tornillo de seguridad

Contactos y Mallado

Para lograr mayor precisión en los resultados, se consideraron un tipo de contactos sin penetración entre los componentes, el cual impide la interferencia entre los modelos, pero permite la separación entre ellos.

Para los cálculos realizados por el método de elementos finitos, es importante escoger adecuadamente el tipo de elemento, así como el tamaño máximo y mínimo de este, ya que de ello depende la discretización del dominio tridimensional, que debe satisfacer condiciones estrictas para conseguir predicciones confiables (Ramos et al., 2017). Al modelo propuesto se le realizó un mallado estándar donde se utilizó un elemento finito tipo sólido tetraédrico de alto orden (10 nodos), con tres grados de libertad por nodo (figura 3). Para comprobar la calidad de la malla y con esto la de los resultados, se utilizó el método adaptativo h. Dicho métodos ajusta la malla y no cambia el orden de los elementos. Además de tener más precisión al utilizar más elementos en regiones críticas, la malla ajustada representa la geometría en regiones críticas en cada bucle con mayor detalle.

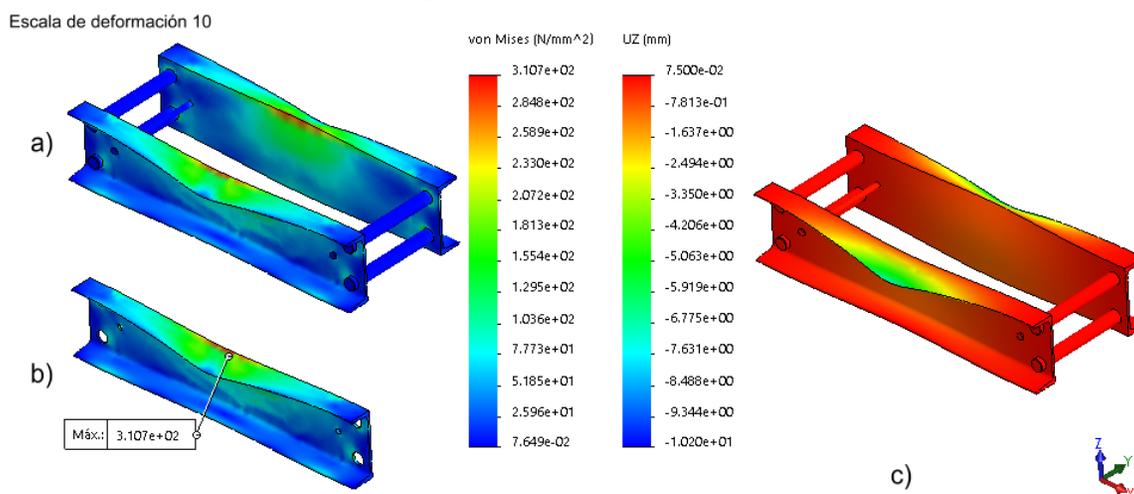
Figura 3. Mallado del modelo de cálculo



Análisis de los resultados

La variable recomendada a analizar de acuerdo al tipo de estudio son las tensiones de von Mises, las cuales predicen adecuadamente el estado tensional de materiales dúctiles. Realizados los cálculos, la primera variable a analizar fueron las tensiones de von Mises (Nwankwojike et al., 2017; Steffen & Nudehi, 2017). Estas mostraron un valor máximo de 310,7 MPa en una de las dos vigas, en la zona de unión de esta con una de las barras (figura 4 a y b). Este valor de tensión es superior al límite elástico del material, razón por la cual las deformaciones serán permanentes. En las demás zonas de uniones, los valores de tensiones son superiores a dicho límite. Esto se debe a que todo el efecto de las fuerzas es soportado sobre estos cuatro puntos de apoyo, por lo que se generan grandes fuerzas de contacto que provocan el aplastamiento en el alma de las vigas, mientras que en las barras provocan efecto de corte. Al analizar el factor de seguridad, este dio un valor de 0,8 lo cual corrobora lo antes planteado. Los desplazamientos analizados fueron los que coinciden con la dirección de la fuerza (figura 4 c), con un valor máximo en de 10,2 mm en la parte central de las vigas, en los extremos de las alas de las mismas.

Figura 4. Resultado del análisis

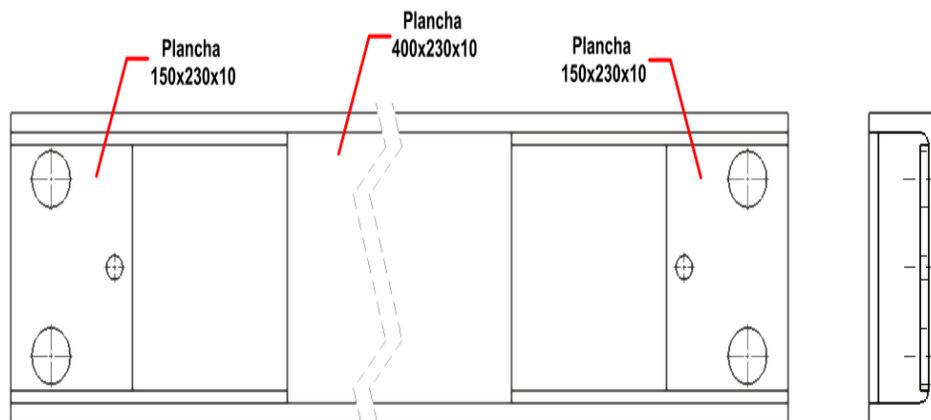


Notas: a) Tensiones de von Mises en el modelo completo. b) Tensiones de von Mises en el modelo donde se produjeron los máximos valores de tensiones. c) Desplazamientos en dirección de la fuerza.

Al analizar los resultados, resulta evidente que la bancada que actualmente se encuentra instalada en la prensa, no es la más adecuada. Si se aplica la fuerza máxima que puede generar dicha prensa, las deformaciones serán permanentes en las vigas, y el aplastamiento en la zona de unión entre las barras y el alma de las vigas, provocará desajustes, desnivel entre ellas, la deflexión de las barras de unión y la rotura de la bancada.

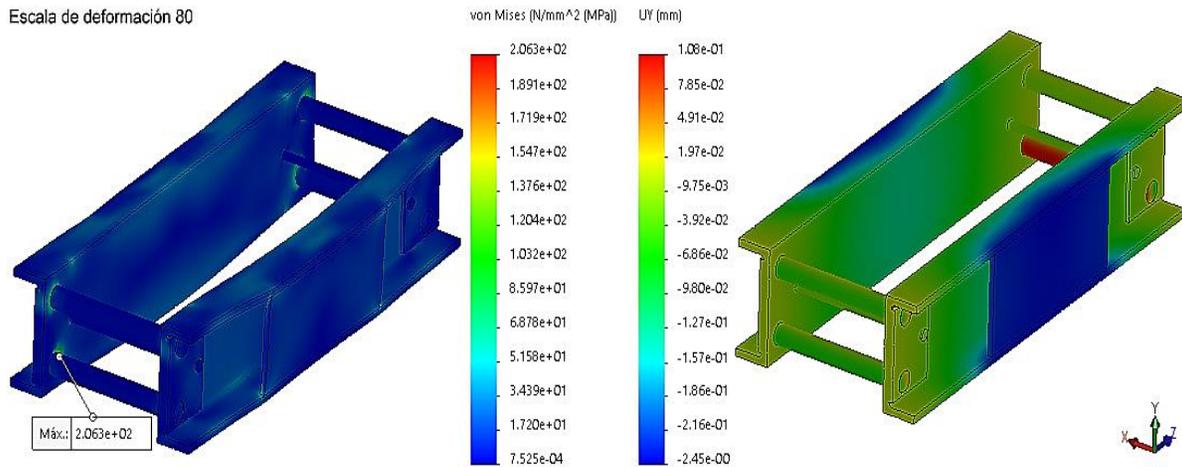
Para dar solución a este problema, la variante más factible de acuerdo a las condiciones materiales de la entidad donde se desarrolla esta investigación, fue reforzar las zonas críticas de la bancada. Para ello en cada viga se colocó una plancha de 400x230x10 en la parte central y en cada extremo un refuerzo de 150x230x10 tal como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Viga con los refuerzos



Una vez reforzadas las vigas, se procedió a realizar nuevamente los cálculos teniendo en cuenta las mismas condiciones antes descritas. La primera variable a evaluar fueron las tensiones de von Mises las que ahora dieron como máximo valor 206,3 MPa en la zona de unión de las barras con la viga (figura 6 a). Se puede apreciar una disminución del valor de tensión en relación al modelo antes calculado. Esto se debe a que aumentó el área de contacto en dicha zona de unión. Los desplazamientos también tuvieron un comportamiento favorable con un valor máximo de 2,45 mm en la dirección de aplicación de la fuerza.

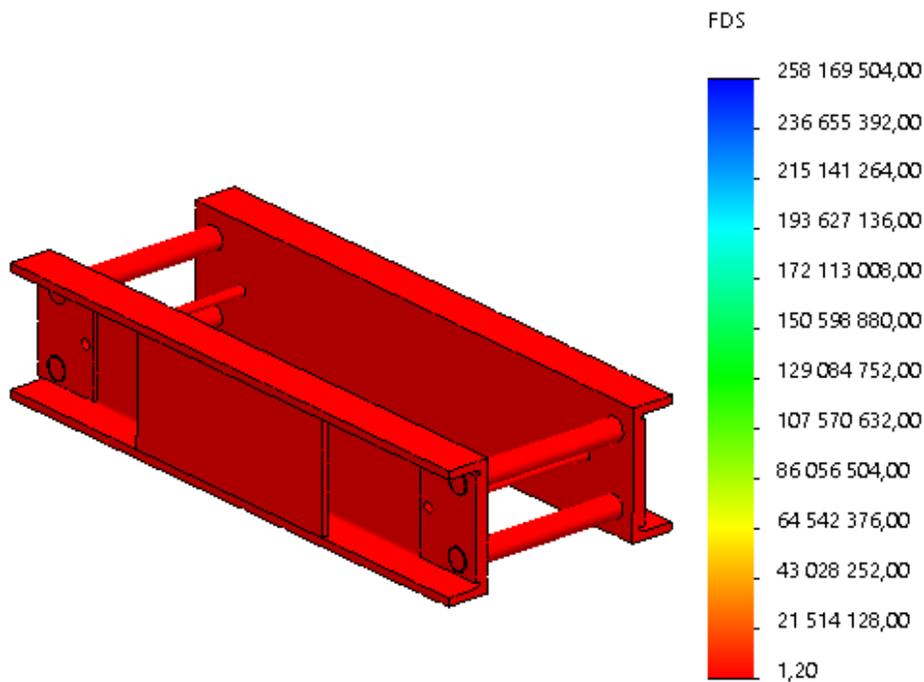
Figura 6. Resultado del análisis



Notas: a) Tensiones de von Mises en el modelo completo. b) Desplazamientos en dirección de la fuerza.

Al igual que en el caso anterior, se analizó el factor de seguridad mínimo, el cual dio un valor de 1,2 el cual se considera adecuado para este tipo de modelos según plantea (Burdekin, 2007) (figura 7). Debido a que en el modelo de cálculo hay dos materiales con diferentes propiedades mecánicas, para determinar el factor de seguridad se dividió el límite elástico entre el valor de tensión máximo correspondiente a la pieza con dicho material.

Figura 7. Factor de seguridad para el modelo reforzado



Para validar los resultados obtenidos y comprobar que son razonables, primeramente, se comprobó la existencia de un equilibrio de fuerzas entre cargas aplicadas y reacciones en los apoyos. Al analizar el error existente entre las fuerzas aplicadas y las reacciones correspondientes dio como resultado un valor de 0,02 por lo que se puede decir que dicho equilibrio se cumplió y que los resultados de tensiones obtenidos se encuentran en lo razonable. Como se había planteado anteriormente, también se comprobó la calidad de la malla haciendo uso del método h adaptativo, para un nivel de confianza de un 98 % el cual fue satisfecho.

Conclusiones

1. Al realizar los cálculos se pudo determinar que los valores de tensiones máxima en dicha bancada, superan el límite elástico por lo que las deformaciones serán permanentes.
2. Los valores de desplazamiento máximos fueron superiores a los 10 mm en la zona central de las vigas.
3. Una vez calculada la bancada con los refuerzos, se obtuvieron valores máximos de tensiones de von Mises de 206,3 MPa y un factor de seguridad de 1,21 mientras que los desplazamientos máximos fueron de 2,45 mm.

Referencias bibliográficas

- Brand, M. (2016). *FEM-Praxis mit SolidWorks. Simulation durch kontrollrechnung und messung verifizieren* (3 ed.). Springer Vieweg.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2018). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (10 ed.). McGraw-Hill Education Holdings LLL.
- Burdekin, F. M. (2007). General principles of the use of safety factors in design and assessment. *Engineering Failure Analysis*, 14(3), 420-433. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2005.08.007>

Guardia, Y., Rodríguez, S., Pacheco, R., Ramos, Y. M., & Palma, L. (2015). Análisis estructural de un bioreactor anaerobio de fibrocemento por el método de los elementos finitos.

Ingeniería Mecánica, 18(3), 196-202.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442015000300008&lng=es&tlng=pt.

Jiang, W. (2019). *Analysis and Design of Machine Elements*. John Wiley & Sons.

MatWeb. (2021a). *AISI 1020 Steel, cold rolled*.

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=10b74ebc27344380ab16b1b69f1cffbb&ckck=1>

MatWeb. (2021b). *ASTM A36 Acero, placa*.

<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=afc003f4fb40465fa3df05129f0e88e6&ckck=1>

Norton, R. L. (2011). *Diseño de máquinas un enfoque integrado* (4 ed.). Pearson Educación.

Nwankwojike, B. N., Nwogu, C. N., & Kalu, G. (2017). Development of a Manually Operated Hydraulic Press and Pull. *FUOYE Journal of Engineering and Technology*, 2(2), 73-77.

https://www.researchgate.net/publication/337898715_Development_of_a_Manually_Operated_Hydraulic_Press_and_Pull_Machine

Ramos, Y., Arias, R., Bosch, J., & Estrada, R. (2017). Análisis numérico comparativo del comportamiento a fatiga de dos osteosíntesis utilizadas en el tratamiento de la fractura de

cadera 31 A1.1. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 18(4), 445-455.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432017000400445&lng=es&tlng=es.

- Steffen, J. R., & Nudehi, S. S. (2017). *Analysis of machine elements using SolidWorks Simulation 2017*. SDC Publications.
- Um, D. (2016). *Solid modeling and applications. Rapid prototyping, CAD and CAE theory*. Springer.
- Yue, Y., Xiahou, X., & Li, Q. (2020). Critical Factors of Promoting Design for Safety in China's Subway Engineering Industry. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3373. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103373>