

Tipo de artículo: Artículo original

Temática: Soluciones informáticas

Recibido: 20/07/2020 | Aceptado: 18/10/2020 | Publicado: 01/11/2020

## Modelación computacional de metales en un proceso de torneado asistido con pulsos de alta densidad de corriente

### *Computational modeling of metals in a high current density pulse assisted turning process*

Willian Pablo Castillo Herrera <sup>1\*</sup>, Oscar Gabriel Toapanta Cunalata <sup>2</sup>, Mario Javier Marcillo Merino <sup>3</sup>, Julio Alberto Cedeño Ferrin <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Petromazonas EP, Ecuador. [willian-castillo@hotmail.com](mailto:willian-castillo@hotmail.com)

<sup>2</sup> Instituto Superior Benjamín Araujo, Ecuador. [oscartoampantaambjlm@gmail.com](mailto:oscartoampantaambjlm@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabi, Ecuador. [mario\\_Marcillo\\_Merino@hotmail.com](mailto:mario_Marcillo_Merino@hotmail.com)

<sup>4</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabi, Ecuador. [Julio.cedeno@unesum.edu.ec](mailto:Julio.cedeno@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [willian-castillo@hotmail.com](mailto:willian-castillo@hotmail.com)

---

#### Resumen

En un proceso de torneado los metales poseen características que definen su comportamiento. Sin embargo, al no conocer previamente el comportamiento del metal, no se tiene conocimiento del resultado que pueda tener el proceso lo que genera que se tenga que repetir la operación elevándose los gastos innecesarios de recursos y tiempo. La presente investigación propone una solución a la problemática planteada a partir del modelar computacional de un proceso de torneado asistido con pulso de alta densidad de corriente. Se obtiene como resultado el comportamiento termodinámico del objeto moldeado a partir de las variables mecánicas.

**Palabras clave:** simulación computacional; proceso de torneado; comportamiento de metales; pulso de alta densidad.

#### Abstract

*In a turning process, metals have characteristics that define their behavior. However, by not previously knowing the behavior of the metal, there is no knowledge of the result that the process may have, which generates the need to repeat the operation, raising unnecessary costs of resources and time. The present investigation proposes a solution to the problem raised from the computational modeling of a tournament process assisted with a high current density pulse. The thermodynamic behavior of the molded object is obtained as a result from the mechanical variables.*

**Keywords:** computational simulation; turning process; behavior of metals; high density pulse.

## Introducción

El proceso de mecanizado permite la fabricación de un conjunto de operaciones para la transformación y conformación de piezas mediante eliminación del material. Se realiza a partir de productos semielaborados, como lingotes o tochos, u otro tipo de piezas provenientes todas de procesos como el moldeo o la forja. Estas piezas mecanizadas pueden ser productos finales, no necesitando ninguna acción más sobre ellos, o pueden requerir tratamientos posteriores antes de su consumo, pero finalmente siempre sirven para satisfacer las necesidades de los clientes.

Dentro de las posibles categorías de clasificación de un proceso de fabricación una de las más importantes es la que define el proceso según las características del mismo. Puede clasificarse en (Thiemicke et al., 2018):

- Conformado por eliminación de material.
- Conformado por adhesión de material.
- Conformado por deformación plástica.

El proceso de mecanizado estaría catalogado dentro del primer grupo. Este método tiene multitud de posibilidades, entre las que destacan el torneado, el fresado y el taladrado. Los procesos de torneados representan creaciones donde se tiene que aplicar el ingenio de los especialistas para el desarrollo de una pieza de calidad (A, K, & W, 2019). En ocasiones se moldean materiales de los que no se poseen experiencia en su manipulación obteniéndose resultados inesperados (Oleg, Kano, Sawada, & Herwan, 2018).

Cada material posee características que distinguen su comportamiento al ser manipulados en un proceso de torneado (Patil & Sali, 2017), conocer con antelación la composición que posee un determinado metal facilitaría estimar parámetros geométricos estableciendo estadísticamente (Tovar, 2016). Otra forma de estimación del comportamiento de los metales ha sido abordada a partir de la simulación computacional del comportamiento (Aleksandrova & Hristov, 2019), (Mehdi, 2020).

Diversos autores han abordado la estimación de los procesos de torneado donde las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) han jugado un papel importante (Penghao, Aimin, Long, & Dongxia, 2018), (Susanto et al., 2019), (Zheng, Gao, Yu, & Wang, 2019). Las tecnologías garantizan en la actualidad la simulación de modelos que hace poco tiempo eran imposibles de computar, este importante elemento abre una puerta importante para estudiar el

comportamiento de los procesos de torneado. La figura 1 muestra un ejemplo del sistema BOBCAD-CAM TORNO para la simulación computacional del proceso de torneado.

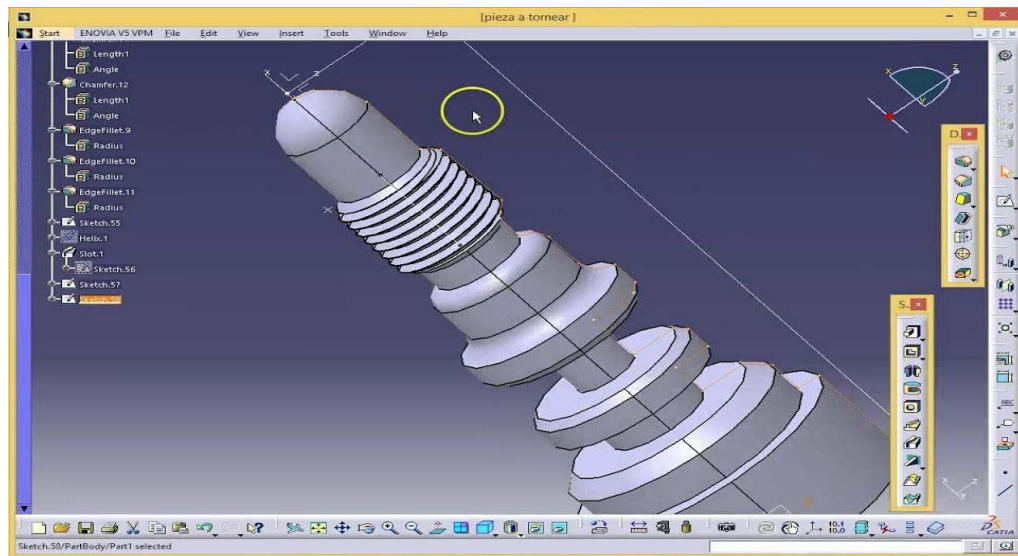


Figura 1: BOBCAD-CAM TORNO para la simulación computacional del proceso de torneado

A partir del análisis antes expuesto, la presente investigación tiene como objetivo realizar una modelación computacional de metales en un proceso de torneado asistido con pulsos de alta densidad de corriente. La investigación se basa en el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación para recrear un entorno computacional simulado que devuelva las respuestas del comportamiento de metales en procesos de torneado.

## Metodología computacional

La ingeniería asistida por computadora (*Computer-aided engineering CAE*) por sus siglas en inglés representan los programas de computadora utilizado para simular el comportamiento de fenómenos físicos que se adaptan a las condiciones de los problemas de ingeniería (Fé-Perdomo, Quiza, & Rivas-Santana, 2018). Los CAE se caracterizan por reducir los costos en modelos los cuales eran usados anteriormente para estudiar el comportamiento de los sistemas ante diferentes variables en procesos de mecanización (Zurita-Hurtado, Graci-Tiralongo, & Capace-Aguirre, 2017).

Para el contexto de la presente investigación se emplea COMSOL Multiphysics®. Representa una plataforma de software de uso general. Basa su funcionamiento en métodos numéricos para el modelado y la simulación de

problemas. La modelación realizada se calcula a partir de las propiedades físicas de los materiales. COMSOL facilita la simulación de comportamientos tanto de fenómenos acoplados o multifísicos.

Para la presente investigación todas las simulaciones se realizó con el uso del asistente de modelo. EL asistente gestiona una serie de opciones para simplificar y agilizar las tareas a realizar. Al terminar de usar el asistente se debe ejecutar una de las herramientas CAD que el software tiene para realizar los modelos necesarios para una simulación o la interacción entre Comsol y otros programas CAD (como Solidworks o Inventor).

Solidworks posee la constitución de los materiales que se importaron de Solidworks, posee una librería de más de 2500 materiales diferentes. Las librerías se dividen de acuerdo al tipo de estudio que se desea simular. La Figura 2 muestra una vista del sistema.

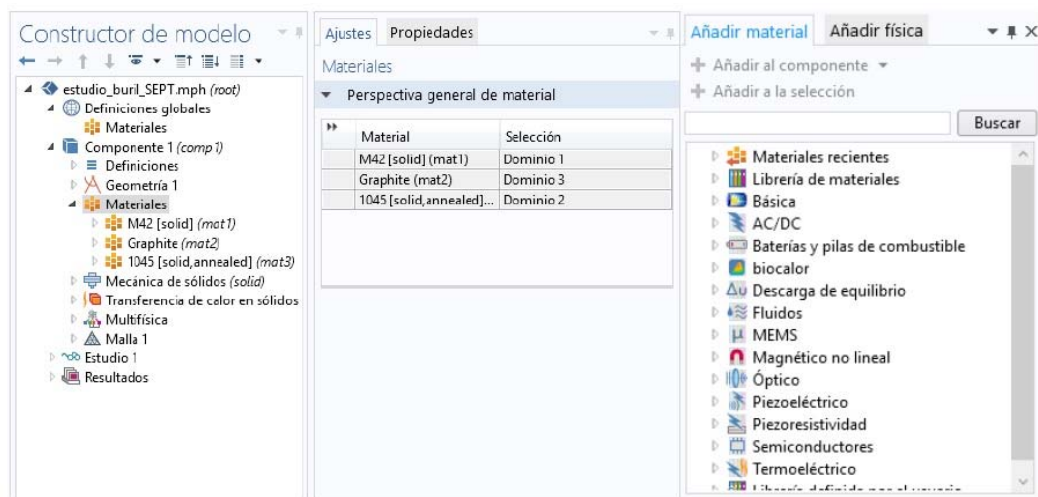


Figura 2: Representación del Solidworks.

La figura 3 muestra el constructor de modelo en Comsol ubicado al lado izquierdo de la imagen, se tiene la opción de importar la geometría al utilizar el navegador y ubicar el archivo CAD. A partir de la ubicación y seleccionado el archivo se construyen todos los objetos.

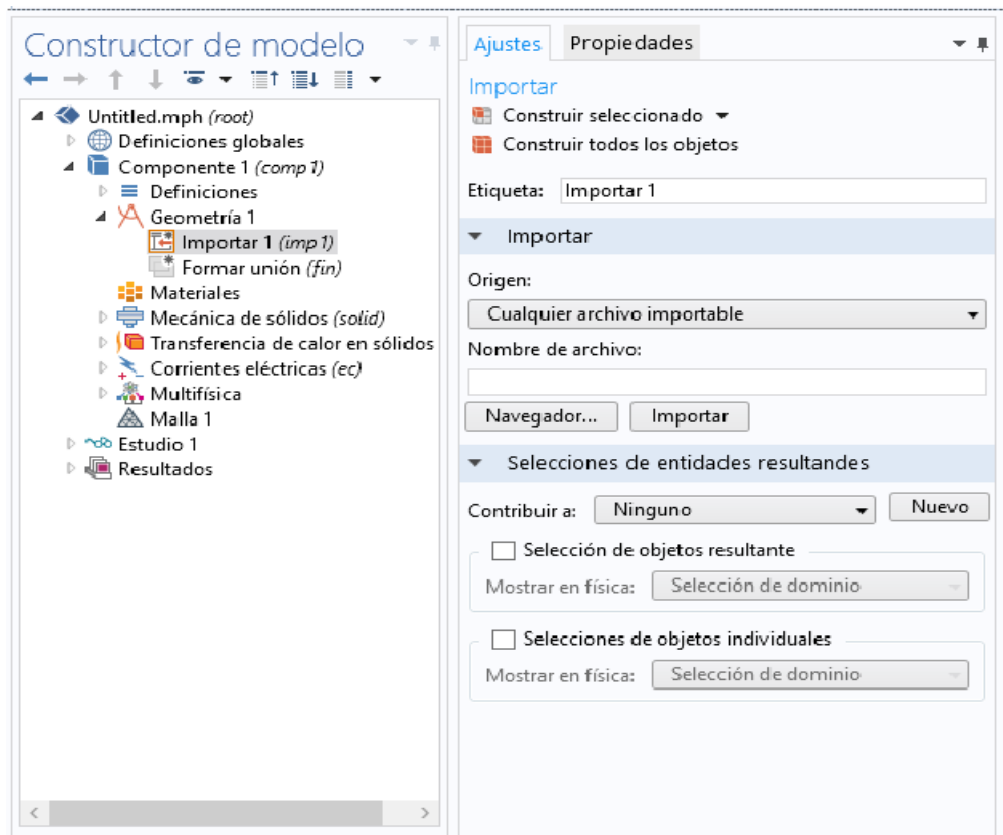


Figura 3: Constructor de modelo en Comsol.

## Resultados y discusión

Para las simulaciones realizada en la presente investigación, se involucran 3 diferentes físicas *mecánica de sólidos*, *transferencia de calor en sólidos* y *corriente eléctrica*. La tabla 1 muestra las diferentes variables de cada una de estas tres físicas.

Tabla 1: Variables mecánicas

| Variable | Valor                 |
|----------|-----------------------|
| $F_x$    | 167,1 [N]             |
| $F_y$    | -321,6 [N]            |
| $F_z$    | 96,5 [N]              |
| Avance   | 0,0027 o 0.0023 [m/s] |
| RPM      | 914                   |
| Bastidor | Herramienta de corte  |

Para poder introducir la fuerza se debe seleccionar dentro del dominio del módulo de *mecánica de sólidos* una carga superficial, una vez seleccionada la carga superficial. La figura 4 muestra el cuadro donde se puede introducir los valores mencionados en la tabla 1. Se debe tener en cuenta las coordenadas globales de consola ya que pueden ser diferentes a las de Solidworks.

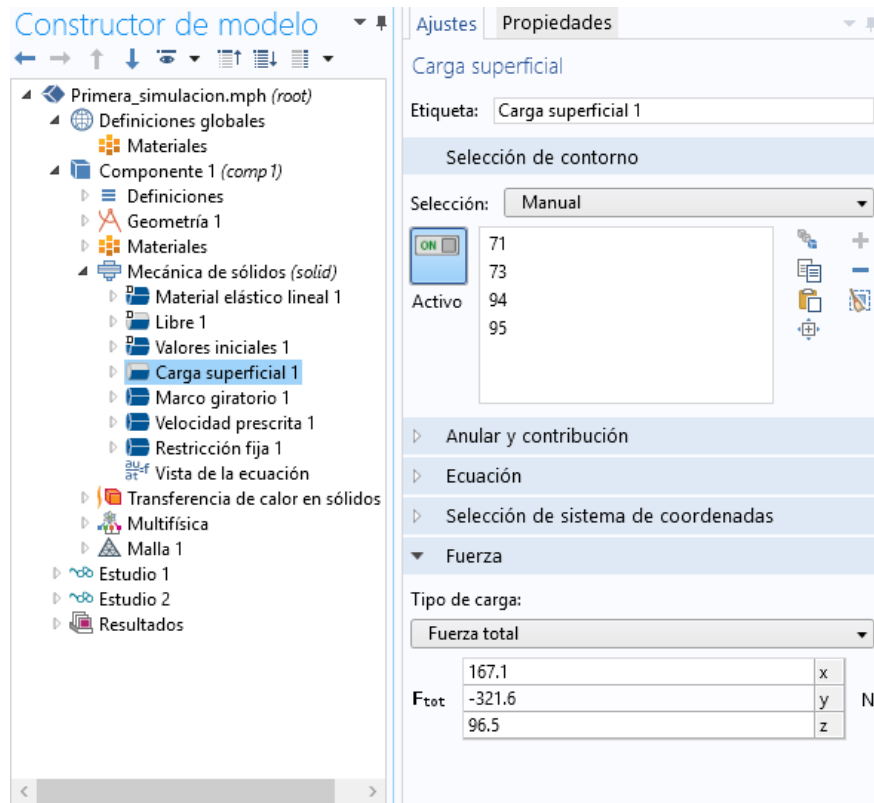


Figura 4: Interfaz Carga superficial.

En los módulos multifísico de Esfuerzo térmico y Calentamiento por efecto Joule y expansión térmica tienen dentro de sus físicas la transferencia de calor en sólidos. El módulo modela la transferencia por conducción, convección y radiación. La modelación realizada posibilita la introducción de las variables:

- Fuentes de calor.
- Temperaturas,
- Medios de convección o radiación, entre otras.

La temperatura de un objeto torneado aumenta en el tiempo. La figura 5 muestra una imagen de la simulación realizada con la transferencia de calor.

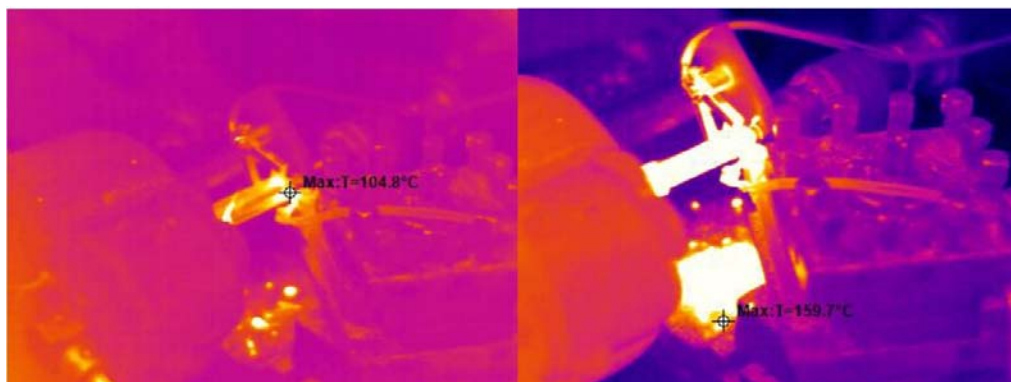


Figura 5: Imagen termo gráfica de proceso de torneado

Durante el proceso se encontró un rango amplio de temperaturas el cual dependió de la profundidad de corte, velocidad de rotación y velocidad de avance. La investigación simuló el torneado con electropulsos, tomando como base el efecto Joule. Para tal fin se hizo uso de la física de Corriente eléctrica, disponible en el módulo multifísico calentamiento por efecto Joule y expansión térmica, las simulaciones desarrolladas con esta multifísica se utilizaron para simular los procesos de torneado asistido con pulsos de alta densidad de corriente. Se realizó el estudio mediante la utilización de ondas cuadradas para dar los pulsos de alta densidad de corriente a las probetas torneadas. Los pulsos reales capturados por el osciloscopio se pueden observar en la Figura 6.

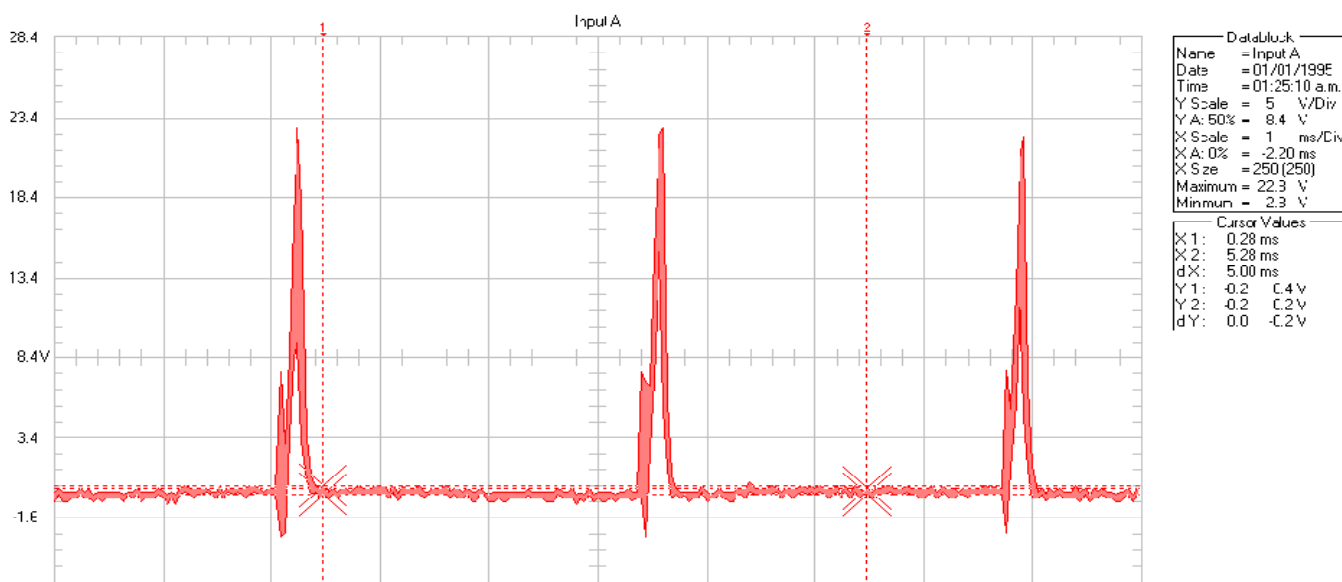


Figura 6: Forma del pulso capturado por el osciloscopio

## Conclusiones

La presente investigación presentó la modelación computacional de un proceso de torneado. El proceso fue asistido con pulso de alta densidad de corriente. Como principal resultado se obtuvo el comportamiento termodinámico del objeto moldeado a partir de las variables mecánicas.

La simulación realizada se realizó con el software COMSOL para facilitar la simulación de comportamientos tanto de fenómenos acoplados o multifísicos la herramienta permitió obtener los resultados esperados de la simulación. Con la investigación propuesta se garantiza aún sin conocer las características de los metales no tener que repetir la operaciones de torneado en entornos físicos ahorrándose gastos innecesarios de recursos y tiempo.

## Referencias

- A, H., K, A., & W, A. (2019, 26 March-10 April 2019). *Finite Element Modelling of Edge Radius Effect in Micro Turning Process*. Paper presented at the 2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET).
- Aleksandrova, I., & Hristov, T. (2019, 10-11 Oct. 2019). *Optimization of the Turning Process with Experimental Alumina-Based Ceramic Cutting Tools Using a Generalized Utility Function*. Paper presented at the 2019 II International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech).
- Fé-Perdomo, I. L., Quiza, R., & Rivas-Santana, M. (2018). Optimización del torneado multipasada para producciones sostenibles utilizando algoritmos genéticos y enjambre de partículas. [Multi-passes turning optimization for sustainable productions by using genetic algorithm and particle swarm heuristics]. *DYNA*, 85(204), 59-64. doi: 10.15446/dyna.v85n204.68623
- Mehdi, K. (2020, 14-17 July 2020). *Modal Analysis and Experimental Plan of Thin-Walled Workpieces in Turning Cutting Process*. Paper presented at the 2020 11th International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering (ICMAE).
- Oleg, R., Kano, S., Sawada, H., & Herwan, J. (2018, 16-18 Nov. 2018). *Empirical Modelling of Cutting Force Components in Turning*. Paper presented at the 2018 IEEE International Conference on Advanced Manufacturing (ICAM).
- Patil, V. D., & Sali, S. P. (2017, 27-28 Jan. 2017). *Process parameter optimization for computer numerical control turning on En36 alloy steel*. Paper presented at the 2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE).



- Penghao, R., Aimin, W., Long, W., & Dongxia, L. (2018, 10-13 Feb. 2018). *Simulation analysis of turning deformation of rotational thin-walled parts based on cutting force model*. Paper presented at the 2018 IEEE 9th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT).
- Susanto, A., Azka, M., Yamada, K., Sekiya, K., Novia, P., Tanaka, R., & Prasetio, M. D. (2019, 20-21 Nov. 2019). *Analysis of Transient Signal using Hilbert-Huang Transform for Chatter Monitoring in Turning Process*. Paper presented at the 2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE).
- Thiemicke, F., Falldorf, C., Klein, T., Holthusen, A., Riemer, O., Bergmann, R. B., & Brinksmeier, E. (2018, 16-19 July 2018). *Multiple plane holographic projection using diamond turned holograms*. Paper presented at the 2018 17th Workshop on Information Optics (WIO).
- Tovar, L. C. (2016). Simulación de valores geométricos estableciendo parámetros estadísticos en un proceso de torneado. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*(16), 83-98.
- Zheng, J., Gao, M., Yu, H., & Wang, C. (2019, 19-21 July 2019). *Road-Map Assisted Adaptive Constant Turn Model*. Paper presented at the 2019 IEEE 4th International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP).
- Zurita-Hurtado, O. J., Graci-Tiralongo, V. C. D., & Capace-Aguirre, M. C. (2017). Surface hardness prediction based on cutting parameters in turning of annealed AISI 1020 steel. [Predicción de la dureza superficial en base a los parámetros de corte en el torneado de acero AISI 1020 recocido]. *DYNA*, 84(203), 31-36. doi: 10.15446/dyna.v84n203.65481