

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0101>

LA IMPORTANCIA DE LA TRIBOLOGÍA EN LA MECÁNICA INDUSTRIAL THE IMPORTANCE OF TRIBOLOGY IN INDUSTRIAL MECHANICS

Mosquera-Viejo José Luis¹; Velásquez-Jama Alexis Miguel ²;
Valdivieso-Piguave Rolando Adonis ³

¹ Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Correo: josel.mosquerav@ug.edu.ec.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4991-9013>

² Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
Correo: alexis.velasquezj@ug.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2883-9022>

³ Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
Correo: rolando.valdiviesop@ug.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7527-6691>

Resumen

La tribología desde una forma tradicional ha existido desde el comienzo de la historia sin embargo no se puede especificar con claridad una fecha exacta en la que aparecieran sus desarrollos, sus inicios con hallazgos del fuego, con la invención de las ruedas para carruajes y el cojinete de deslizamiento, la aplicación de líquidos naturales para disminuir el rozamiento y el desgaste, son invenciones tribológicas muy sofisticados que se descubren antes de la era común (a.c). El objetivo de esta investigación se basó en analizar la importancia de la tribología en la mecánica industrial. La metodología empleada en el siguiente trabajo se basa en una investigación de carácter bibliográfico tipo documental, donde se realizó un esquema de desarrollo, la información documental se recopiló de la plataforma Google Académico y las plataformas de Scielo y Redalyc, utilizando palabras claves y/o descriptores tales como: tribología, fricción entre superficies, lubricantes, la tribología en la mecánica industrial, etc. Se pudo comprender con claridad el concepto de tribología en la mecánica industrial, se describieron sus aplicaciones, así como también las ventajas de la tribología en el sector industrial, finalmente se menciona que, la tribología se puede definir como la ciencia y la tecnología que estudia los fenómenos de fricción y desgaste que ocurren entre superficies que interactúan con movimientos relativos.

Palabras clave: Tribología, mecánica industrial, fricción, desgaste.

Abstract

Tribology from a traditional form has existed since the beginning of history, however, an exact date cannot be clearly specified in which its developments appeared, its beginnings with findings of fire, with the invention of carriage wheels and bearings. sliding, the application of natural liquids to reduce friction and wear, are very sophisticated tribological inventions that are discovered before the common era (b.c.). The objective of this research was based on analyzing the importance of tribology in industrial mechanics. The methodology used in the following work is based on documentary-type bibliographic research, where a development scheme was carried out, the documentary information was collected from the Google Scholar platform and the Scielo and Redalyc platforms, using keywords and/or descriptors such as: tribology, friction between surfaces, lubricants, tribology in industrial mechanics, etc. It was possible to clearly understand the concept of tribology in industrial mechanics, its applications were described, as well as the advantages of tribology in the industrial sector, finally it is mentioned that tribology can be defined as the science and technology that studies the phenomena of friction and wear that occur between surfaces that interact with relative movements.

Keywords: Tribology, industrial mechanics, friction, wear.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 02 de febrero de 2023.

Fecha de aceptación: 16 de marzo de 2023.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2023.



1. Introducción

La tribología desde una forma tradicional ha existido desde el comienzo de la historia sin embargo no se puede especificar con claridad una fecha exacta en la que aparecieran sus desarrollos, sus inicios con hallazgos del fuego, con la invención de las ruedas para carruajes y el cojinete de deslizamiento, la aplicación de líquidos naturales para disminuir el rozamiento y el desgaste, son invenciones tribológicas muy sofisticados que se descubren antes de la era común (a.c). El estudio científico tribológico tiene una larga historia, y muchas de leyes básicas de la fricción, como la proporcionalidad entre la fuerza normal y la fuerza de fricción limitante, fueron creadas por el genio del renacimiento, Leonardo da Vinci. En el año 1945 en el Códice Madrid I Da Vinci describe el aporte con sus estudios experimentales de los fenómenos más destacados como son de rozamiento y desgaste (Popov, 2020)

Desde la creación de las primeras máquinas el hombre ha tenido que enfrentarse a problemas como la fricción y el desgaste, fenómenos

que afectan tanto el consumo de energía como la vida útil de la maquinaria, actualmente, la industria metalmeccánica es una de las principales industrias que cuenta con gran variedad de máquinas y herramientas para proveer de materiales e insumos a las demás industrias (manufacturera, automotriz, agrícola, minera, entre otras). En ese sentido, el rendimiento de las máquinas y la vida útil de elementos mecánicos en dicha industria dependen fuertemente de su desempeño tribológico (Aguilera et al. 2020). Ahora bien, en esta apertura de este trabajo se ha venido hablando del término tribología, llegando a este punto surgen dos interesantes preguntas: ¿Que es la tribología? y ¿Qué importancia tiene para la mecánica industrial?

Según Castillo y Toapanta (2019) el término Tribología se utilizó por primera vez en Inglaterra en un informe confeccionado por P.Jost en el año 1966 este neologismo proviene de las palabras griegas “tribos”, que significa fricción, y “logos”, que significa estudio; utilizándose para designar la ciencia de las superficies friccionantes, o

sea, de las superficies en contacto con movimiento relativo entre ellas.

La Tribología abarca los procesos de fricción, desgaste y lubricación de los cuerpos en contacto, fenómenos que en la práctica de ingeniería se analizaban por separado, la unión de estas ramas en una sola disciplina científico-técnica ha contribuido considerablemente en los últimos tiempos al desarrollo de los sistemas mecánicos (Castillo y Toapanta, 2019, p.11).

La proyección, construcción y explotación de máquinas y equipos sin tener en cuenta esta interacción disciplinaria lleva a la obtención de sistemas mecánicos caracterizados por:

- Considerables pérdidas de energía.
- Grandes períodos de tiempo improductivos.
- Alto consumo de materiales y piezas de repuesto
- Costosos trabajos de reparación y mantenimiento.

Lo anterior trae como resultado máquinas y equipos de baja eficiencia, productividad, durabilidad y fiabilidad. En relación a la problemática expuesta

anteriormente, el siguiente trabajo plantea como objetivo general "Analizar la importancia de la tribología en la mecánica industrial, basándose en una metodología de investigación de carácter bibliográfico tipo documental.

2. Materiales y métodos

La metodología empleada en el siguiente trabajo se basa en una investigación de carácter bibliográfico tipo documental. Según Viñán et al. (2018), la metodología de la investigación científica es una de las etapas específicas de un trabajo o proyecto que tiene como punto de partida una posición teórica y dirige una selección de técnicas concretas (o métodos) acerca del procedimiento destinado a la realización de tareas vinculadas a la investigación, el trabajo o el proyecto. La investigación tiene como fundamento la búsqueda de información con el fin de encontrar algún procedimiento, definiciones, gráficos, tablas o las respuestas a alguna situación o problema planteado. Para el presente estudio se tiene que las fuentes bibliográficas a utilizar están desarrolladas en función de brindar

conceptos, características, ventajas, beneficios e importancia de la tribología en la mecánica industrial.

Por otro lado, la investigación documental, recopila información de fuentes documentales secundarias. Hace uso de libros, revistas de investigación, enciclopedias temáticas, documentos escritos, trabajos de grado, grabados o digitalizados, artículos científicos, etc (Sánchez et al. 2018). Basta con señalar que la literatura es útil para detectar conceptos claves y nutrirnos de ideas sobre métodos de recolección de datos y análisis, así como entender mejor los resultados, evaluar las categorías relevantes y profundizar en las interpretaciones.

Se realizó un esquema de desarrollo, por lo que la documentación fue encontrada en diversos sitios web por medio de buscadores digitales como Google Académico y las plataformas de Scielo y Redalyc. Se usaron palabras claves y/o descriptores tales como: tribología, fricción entre superficies, lubricantes, la tribología en la mecánica industrial, etc. La búsqueda en estas plataformas de investigación arrojó como resultados documentos como artículos

científicos de revistas reconocidas en dichas plataformas, así como también en libros digitales y trabajos de grado en universidades latinoamericanas.

Los objetivos de esta investigación se basaron en comprender la definición de la tribología en la mecánica industrial, entender la relación que guarda la tribología con la mecánica industrial, describir las aplicaciones de la tribología en el sector industrial, examinar las ventajas de la tribología en la mecánica industrial.

3. Resultados y discusión

Según Barrera y Nieves (2021), la tribología proviene de las palabras griegas “tribos”, que se refiere al frotamiento o rozamiento y “logos” que significa estudio, es así que, el significado literal es “la ciencia del frotamiento”. Asimismo, la tribología se relaciona con la ciencia y la tecnología que se enfoca en la investigación de la fricción, el desgaste y la lubricación de las diferentes superficies en contacto con movimientos relativos entre ellas.

Por otro lado, Aguilera et al. (2020) definen la tribología como la ciencia (y la tecnología derivada de ella) que estudia los fenómenos de fricción y desgaste que ocurren intrínsecamente entre elementos (superficies) que interactúan en movimiento relativo. También Miranda (2021), plantea que la tribología está definida como la ciencia y técnica de las superficies en contacto y en movimiento relativo de acuerdo a P.Jost y representa una disciplina científica que permite la investigación y variación de los procesos que surgen en las superficies de contacto y movimiento relativo. Miranda, citada anteriormente, menciona que la tribología además de ser una ciencia, es una disciplina que investiga aspectos muy importantes en el mantenimiento industrial, como, la fricción, el desgaste y la lubricación, aspectos que describiremos brevemente a continuación:

Fricción

Es la pérdida de energía cinética cuando las superficies de sustancias o cuerpos tengan un movimiento relativo entre ellas. También se puede definir como la resistencia que

presenta un cuerpo cuando existe desplazamiento con otro (Miranda, 2021, p.7).

Lubricación

Estudio de los materiales lubricantes que son aplicados a la zona de fricción entre dos superficies con movimiento relativo, como se comporta su entorno y las consecuencias que tendrán estos materiales por el mismo, con la finalidad que no provoque daño en las superficies (Miranda, 2021, p.7).

Desgaste

El desgaste se describe como un proceso complejo que se produce en las superficies de los cuerpos debido a la fricción que existe con otro cuerpo o medio que se encuentre en contacto con el antes mencionado, trayendo por consecuencia la variación de la micro y macro geometría superficial de la estructura y de las propiedades mecánicas físicas del material con o sin pérdida del mismo (Miranda, 2021, p.7).

Dentro de este orden de ideas Martínez y Lech (2022), mencionan en su trabajo que la tribología es una ciencia que, por su complejidad e interdisciplinariedad, requiere para su estudio de la comprensión de una

serie de aspectos imprescindibles para su mejor comprensión.

Cabe mencionar que la tribología se caracteriza por ser una disciplina que tiene base en varias ciencias por lo cual es considerada como multidisciplinaria, sin embargo, dentro de la industria en la mayoría

de los casos se concentra mayoritariamente en transporte y manufactura.

Miranda (2021) plantea las siguientes aplicaciones de la tribología en la industria que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Aplicación de la tribología en la industria.

Sector Industrial	Descripción
Ciencia de los materiales	El incremento de la resistencia al desgaste de las diferentes piezas de máquinas es de gran importancia en la actualidad, debido al agotamiento de la materia prima.
Química	No se encuentra del todo definida las reacciones químicas que se llevan a cabo durante la operación de los sistemas tribológicos.
Mecánica de sólidos	Los procesos tribológicos dependen en gran escala de sus superficies, se debe tomar en cuenta las características macro y micro geométricas de los cuerpos en contacto.
Mecánica de fluidos	Estudia el comportamiento de los lubricantes y su interacción con las variantes morfológicas en superficies deslizantes.
Tribología sustentable	La tribología sustentable o tribología verde, busca el desarrollo de la ciencia sin consecuencias desagradables al planeta, la naturaleza, y salud de la sociedad.
Tribología espacial	Está enfocada en analizar los sistemas tribológicos con capacidad de operar en las severas condiciones ambientales del espacio exterior

Fuente: (Miranda, 2021)

Castillo y Toapanta (2019) mencionados anteriormente, afirman que entre las ventajas técnico-económicas de la tribología se establecen tres que se consideran principales:

- Ahorro de energía.
- Ahorro de materia prima y materiales.
- Explotación óptima de los sistemas tribológicos.

Se reconoce mundialmente que del 30 al 50% de la energía que se genera se pierde como consecuencia de la fricción que se produce en las máquinas, de ahí la importancia de la primera ventaja. Desde el punto de vista tribológico el ahorro de energía se logra de dos formas fundamentales. La primera, conocida como la vía directa se basa fundamentalmente en la disminución del coeficiente de fricción. La segunda vía para el ahorro de

energía está determinada por el incremento de la durabilidad de los pares tribológicos debido a que con ello se disminuye el consumo energético en la fabricación y/o reparación de los elementos de máquinas (Castillo y Toapanta, 2019, pp.15-16).

En este sentido, investigaciones desarrolladas en Canadá demuestran el gran efecto de la fricción y el desgaste en diversos sectores industriales, así como el posible ahorro que se puede lograr con la aplicación de la tribología (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Pérdidas energéticas producto de la fricción y posible economía.

Sector económico	Pérdida de energía		Posible economía	
	%	Millones de USD	%	Millones de USD
Industria papelera	8.1	105.00	20.2	21.3
Agricultura	16.8	321.00	32.4	104.1
Ferrocarril	50,6	283.00	68.0	195.00
Forestal	22.8	110.00	20.10	22.20
Minería	22.3	211.5	12.8	27.10
Automotores	18.5	126.10	24.80	31.30

Fuente: (Castillo y Toapanta, 2019)

Tabla 3. Gastos en reparación producto del desgaste y posible economía.

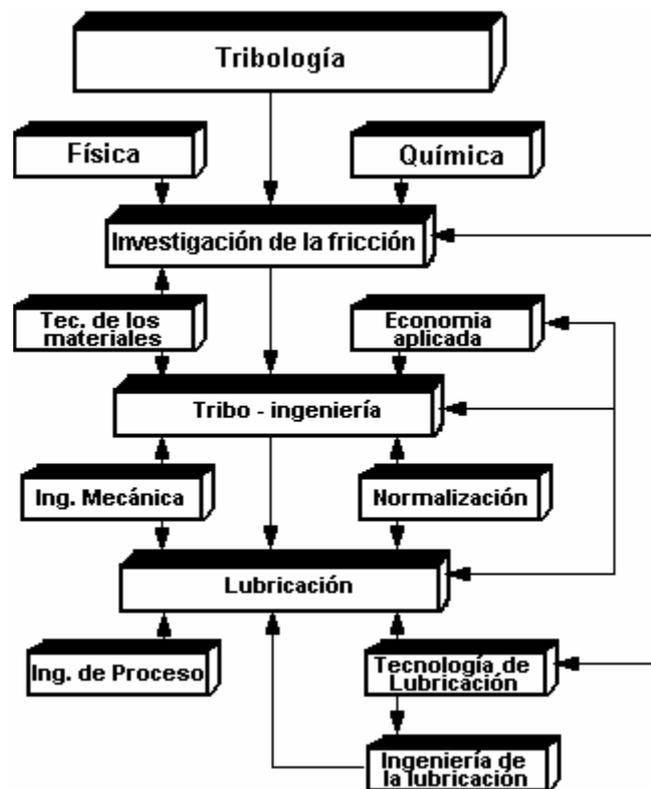
Sector económico	Pérdida de energía		Posible economía	
	%	Millones de USD	%	Millones de USD
Industria papelera	54.5	381.5	26.3	100.30
Agricultura	81.5	940.0	24.7	232.5
Ferrocarril	23.1	466.8	36.1	160.5
Forestal	51.0	158.0	22.8	36.1
Minería	81.6	327.2	12.3	40.2
Automotores	42.0	860.1	18.5	159.0

Fuente: (Alata, 2019)

En los últimos años la tribología ha ido aumentando en interés y son varios los sucesos que han contribuido a su desarrollo en la búsqueda de la solución a los

problemas tribológicos en la práctica. A manera de resumen en la figura 1 se muestra la estructura de la tribología en dependencia de su desarrollo.

Figura 1. Estructura de la tribología



Fuente: (Castillo y Toapanta, 2019)

A continuación, se mencionarán algunos trabajos de carácter científico de diversos autores en beneficio del avance tecnológico en el área de la tribología, que han contribuido en gran manera a la eficiencia de las máquinas y/o equipos industriales, así como también al ahorro energético en los mismos.

Comenzando con Sanmarco (2020), en su investigación titulada “Herramientas tribológicas aplicadas en la prevención del desgaste en equipos industriales”, concluye en sus resultados, que el análisis del

desgaste es importante porque junto con la fatiga y a la corrosión son los problemas que más fallas causan en las máquinas. Sumado a esto la fricción debida a la interacción de las superficies en movimiento relativo son factores que deben requerir acciones para minimizar los efectos que desencadenan.

Por su parte, Malpica (2021) con su trabajo “Implementación de Middleware para instrumentación remota de experimentos tribológicos centrado en el programador”, se enfocó inicialmente en ofrecer una solución de software para un sistema

de instrumentación remota que permitiera realizar experimentos relacionados con la investigación de la fricción, el desgaste y la lubricación de materiales (investigación tribológica) y que cubriera las necesidades de los usuarios finales, pero luego de una revisión exhaustiva se descubrió que antes se debía prestar atención a lo que requería el propio programador.

Seguidamente Patilla (2019) en su investigación Influencia del análisis tribológico en el funcionamiento normal del sistema hidráulico del Cowdin 180 y Komatsu WA470: Unidad minera Emproyec- Nazca, la finalidad fue el uso del aceite el Spirax S4 CX 10W y el aceite Shell Tellus 68, para que los sistemas hidráulicos trabajen más horas desde el cambio de aceite hasta el mínimo de viscosidad recomendado. En el funcionamiento se realizó un estudio de tribología basado en la fricción, desgaste y lubricante. Los experimentos realizados arrojaron como resultados que el sistema hidráulico con aceite Shell Tellus 68 trabajo 1000 horas hasta que la viscosidad llegue su mínimo recomendado. Por el contrario, utilizando el aceite Spirax S4 Cx

10W trabajo 1500 horas hasta que el aceite llegue a su mínima viscosidad.

De la misma manera Moreno (2018) presento su trabajo el cual se centró en el análisis tribológico-mecánico de capas duras, nitruradas mediante tratamiento termoquímico y recubrimientos de carbonitruro de titanio (TiCN) y nitruro de titanio mediante deposición física de vapor sobre aceros grado herramienta AISI D2, M2, M4 y H13. Su trabajo de investigación fue dividido en tres partes: La primera parte estudió el comportamiento de desgaste y fricción de los aceros D2, M2 y M4 sin recubrir y recubiertos con TiCN, mismos que fueron evaluados mediante una prueba de pin-on-disk en condiciones de lubricación. Con el fin de evaluar la influencia del lubricante en el desempeño del desgaste, también se realizaron pruebas de fricción en seco. Los resultados mostraron que los coeficientes de fricción fueron muy similares para los aceros sin recubrir y recubiertos con TiCN. Bajo condiciones de lubricación, el acero de herramienta D2 sin recubrir exhibió el menor coeficiente de fricción, pero el acero D2 recubierto

con TiCN presentó el menor factor de desgaste.

Sánchez et al. (2018) su estudio se centra en las propiedades tribológicas del material compuesto en sistemas de contacto continuo o repetitivo con el fin de identificar el desgaste del material, el coeficiente de fricción promedio y los mecanismos de desgastes presentes en la interacción metal reforzado-metal.

Domínguez (2020), en su trabajo con el nombre de Estudio de la influencia del texturizado láser en las propiedades tribológicas de la aleación de aluminio UNS A92024, se pretende optimizar las propiedades tribológicas de la aleación de aluminio UNS A92024 frente al acero inoxidable mediante la técnica del texturizado láser con el fin de extender el campo de aplicación de esta aleación a la fabricación de componentes mecánicos.

El siguiente trabajo consiste en el estudio de las propiedades mecánicas y tribológicas de los recubrimientos superficiales TiAlN-TiAlSi, con el objetivo de lograr resultados óptimos, en la adherencia

y otras propiedades tribológicas (Randulfe, 2020).

4. Conclusiones

La tribología se puede definir como la ciencia y la tecnología derivada de ella que estudia los fenómenos de fricción y desgaste que ocurren intrínsecamente entre elementos (superficies) que interactúan en movimiento relativo. La tribología además de ser una ciencia, es una disciplina que investiga aspectos muy importantes en el mantenimiento industrial, como, la fricción, el desgaste y la lubricación.

La tribología guarda una estrecha relación con la mecánica industrial, ya que cuando no se toma en cuenta esta ciencia a la hora de construir las máquinas y equipos conduce a la obtención de sistemas mecánicos deficientes caracterizados por pérdidas de energía, grandes periodos de tiempo improductivos, alto consumo de materiales y piezas de repuesto así como costosos trabajos de reparación y mantenimiento.

Entre las aplicaciones más sobresalientes de la tribología en el sector industrial se tienen: ciencia de

los materiales, mecánica de sólidos, mecánica de fluidos, tribología sustentable, tribología espacial.

Las principales ventajas de la tribología en la mecánica industria podemos mencionar: ahorro de energía, ahorro de materia prima y materiales, explotación óptima de los sistemas tribológicos.

Por lo tanto, la tribología es muy importante en la mecánica industrial por sus aportes novedosos en beneficio del buen funcionamiento, ahorro de energía y dinero de las diferentes máquinas y equipos en el sector industrial.

Bibliografía

- Aguilera, D., García, S., & Moreno, K. (2020). Tribología verde: efecto de los biolubricantes y su impacto ecológico. *Elementos* (117), 9-14. Obtenido de <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000004200.pdf>
- Barrera, A., & Nieves, C. (2021). Análisis tribológico entre segmento y cilindro del motor Hyundai Avante 1.5L, mediante el método de arrastre para determinar su eficiencia energética. Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21172>

- Castillo, W., & Toapanta, O. (2019). Principios de Tribología aplicados en la ingeniería mecánica. 3 ciencias Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. doi: <http://doi.org/10.17993/IngyT ec.2019.57>
- Domínguez, G. (2020). Estudio de la influencia del texturizado láser en las propiedades tribológicas de la aleación de aluminio UNS A92024. Universidad de Cádiz. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10498/23711>
- Giraldo, N., Valencia, J., Meza, J., & Isaza, C. (s.f.). Estudio de las propiedades tribológicas de una aleación de magnesio AZ31B reforzado con nanotubos de carbono. *Revista Cintex* 23, 23(2). doi: <https://doi.org/10.33131/24222208.315>
- Malpica, I. (2021). Implementación de Middleware para instrumentación remota de experimentos tribológicos centrado en el programador. Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/51261/MalpicaPeredolsmari.pdf?sequence=3>

- Martínez, F., & Lech, G. (2022). Algunas recomendaciones en la enseñanza de la tribología en los centros universitarios. *Revista Cubana de Educación Superior*, 41(2). Obtenido de <https://revistas.uh.cu/rces/article/view/175>
- Miranda, G. (2021). Propuesta de proyecto de creación de un centro de investigación y desarrollo tribológico dentro de la facultad de mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16155>
- Moreno, K. (2018). Estudio del desempeño tribológico-mecánico de capas duras sobre aceros grado herramienta. Tecnológico Nacional de México. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/817>
- Ortega, I. (2019). Análisis y simulación de transferencia de calor en el sistema de tribología pin on disk fabricado de inconel 718. Repositorio CIDESI. Obtenido de <http://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1024/435>
- Patilla, M. (2019). Influencia del análisis tribológico en el funcionamiento normal del sistema hidráulico del COWDIN CW180 y KOMATSU WA470: Unidad minera Emproyec-Nazca. Universidad Nacional del Centro del Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6676>
- Popov, V. (2020). Principios y aplicaciones de la mecánica de contacto en tribología, fricción y adherencia. Publicacions de la Universitat d'Alacant. doi: <https://doi.org/10.14198/pua.2020.mecon>
- Randulfe, J. (2020). Estudio para la mejora de la adherencia propiedades tribológicas de recubrimientos TIALN-TIALSIN. Universidad Pública de Navarra. Obtenido de <https://hdl.handle.net/2454/38994>
- Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Universidad Ricardo Palma. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/1480>
- Sanmarco, E. (2020). Herramientas tribológicas aplicadas en la prevención del desgaste en equipos industriales. Universidad Nacional de la Plata. Obtenido de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/109924>

Viñán, J., Navarrete, F., Puente, M., Pino, S., & Caicedo, F. (2018). Metodología de la investigación científica como instrumento en la producción y realización de una investigación. Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/atlan/2018/05/investigacion-cientifica.zip>