

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DETERMINAR EL DESGASTE POR FRICCIÓN EN DISTINTOS MATERIALES EN EL SECTOR MARÍTIMO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TORQUE

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A MACHINE TO DETERMINE FRICTION WEAR ON DIFFERENT MATERIALS IN THE MARITIME SECTOR BY APPLYING TORQUE

Calle-Muñoz Dennis Xavier ^{1*}; Aragundi-Cuadros Luis Guillermo ²

^{1,2} Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Carrera de Mecánica Naval, Manta, Ecuador.

*¹Correo: dennis.calle1625@gmail.com

Resumen

La fricción se crea cuando dos cuerpos entran contacto entre sí generando la fuerza de rozamiento, un principio de funcionamiento tanto en elementos de máquinas como en elementos de la vida diaria se ha tratado de entender y modelar la fricción y el desgaste de materiales El uso de recubrimientos protectores y en general el comportamiento de las superficies frente a su entorno, ha dado paso a la tribología, que es la ciencia que estudia la lubricación, la fricción y el desgaste de partes móviles o estacionarias. La lubricación, la fricción y el desgaste tienen una función fundamental en la vida de los elementos de máquinas. El presente proyecto se implementó en el taller mecánico de la facultad de ingeniería de la Uleam, como un banco de pruebas de fricción didáctico con los que se pueden realizar prácticas experimentales de tribología. El equipo implementado en el laboratorio fue elegido en base a un análisis del sílabo de ciencia de los materiales y resistencia de los materiales de la Carrera Ingeniería en Mecánica Naval y a un análisis basado de la necesidad de la comprensión del comportamiento de ciertos materiales cometidos a diferentes regímenes de carga. El equipo implementado cumple altos estándares de diseño del cual se obtuvieron excelentes resultados en las pruebas realizadas previo a la implementación en el laboratorio. Las prácticas de laboratorio comprenden una parte muy importante dentro de la formación de un ingeniero, la implementación de este equipo para la Facultad de Ingeniería de la Uleam beneficiará en gran medida a los estudiantes, quienes tienen desde ahora la oportunidad de realizar prácticas de experimentos de comportamiento de los materiales, mejorando la comprensión de ciertos fenómenos en el desgaste por contacto entre los materiales más utilizados en el sector marítimo.

Palabras clave: Fricción, tribología, carga.

Abstract

Friction is created when two bodies come into contact with each other generating the friction force, an operating principle both in machine elements and in elements of daily life has tried to understand and model friction and the wear of materials The use of protective coatings and, in general, the behavior of surfaces in relation to their environment, has given way to tribology, which is the science that studies lubrication, friction and wear of moving or stationary parts. Lubrication, friction, and wear play a fundamental role in the life of machine elements. This project was implemented in the mechanical workshop of the Uleam engineering faculty as a didactic friction test bench with which experimental tribology practices can be carried out. The equipment implemented in the laboratory was chosen based on an analysis of the material science syllabus and resistance of materials from the Naval Mechanics Engineering Degree and an analysis based on the need to understand the behavior of certain materials committed to different charging regimes. The implemented equipment meets high design standards from which excellent results were obtained in the tests carried out prior to implementation in the laboratory. Laboratory practices comprise a very important part of the training of an engineer, the implementation of this equipment for the Faculty of Engineering of the Uleam will greatly benefit the students, who now

have the opportunity to carry out practical experiments of behavior of materials, improving the understanding of certain phenomena in contact wear among the materials most used in the maritime sector.

Keywords: Friction, tribology, load.

1. Introducción

La fricción desempeña un papel central en diversos fenómenos y en una amplia escala de longitudes que van desde la nano escala hasta las escalas características de sistemas geológicos (Urbakh, 2004). También abarca sistemas tan diversos como motores moleculares (Volker Bormuth, 2009), contactos nanométricos, interfaces de múltiples contactos e interfaces macroscópicas como las presentes en terremotos. Debido a su amplio rango de aplicaciones, la tribología es un campo de investigación interdisciplinar donde convergen física, química, geología, biología e ingeniería.

Es bien conocido el uso de fenómenos de fricción con propósitos tecnológicos desde épocas prehistóricas. El desarrollo de herramientas de piedra, o la generación de fuego a través de la frotación de madera contra madera o por el golpe entre piedras son unos pocos ejemplos que se remontan a épocas tan antiguas como la misma historia de la humanidad. Las colosales

estructuras egipcias; por otro lado, sólo fueron posibles después de desarrollar mecanismos de lubricación que permitieran el transporte de grandes bloques de material desde distancias considerables. Por su enorme importancia práctica y tecnológica, la fricción ha sido estudiada durante varios siglos y ha despertado la curiosidad de algunos de los científicos más sobresalientes. Por ejemplo, hace 500 años Leonardo da Vinci ya conocía muchos de los resultados importantes relacionados con la fricción entre objetos macroscópicos que fueron atribuidos posteriormente a otros eminentes científicos como Guillaume Amontons, Leonard Euler y Charles Agustín Coulomb. Aunque su trabajo no ejerció ninguna influencia histórica debido a que permaneció sin conocerse por varios siglos, da Vinci es considerado el precursor de la tribología moderna (Fajardo, Fenómenos de fricción en nanoescala: Estudio teórico y computacional, 2013).

En el estado tecnológico actual, la situación no es muy diferente. Un dato estimado indica que las pérdidas económicas en 1995, derivadas del desgaste de piezas mecánicas tuvo un coste aproximado 116 billones de dólares, únicamente en Estados Unidos (Krim, 1996). Así, el desarrollo de superficies duraderas y/o de baja fricción se ha convertido en un factor importante en la producción de dispositivos y partes móviles. Además, con la revolución nanotecnológica en progreso, el desarrollo de dispositivos eficientes a escala micrométrica y nanométrica exige un mayor control de los efectos de la fricción y el desgaste de piezas mecánicas. Una mejor comprensión de la fricción a escala atómica representaría un gran progreso tanto desde el punto de vista práctico como desde el punto de vista de las ciencias básicas. Grandes avances en este campo conllevarían mejoras importantes en la miniaturización de sistemas micro y nano-electromecánicos, sistemas de almacenamiento computacional y motores entre otros (Fajardo, fenómenos de fricción en la nanoescala: estudio teórico y computacional, 2013).

Desde el punto de vista de las ciencias básicas, el entendimiento de este fenómeno tan complejo nos permitiría comprender las relaciones empíricas que describen los fenómenos de fricción a escala macroscópica a partir de relaciones fundamentales. A pesar de su importancia y del tiempo transcurrido desde los primeros estudios pioneros de da Vinci, nuestra comprensión de la naturaleza del fenómeno de fricción es relativamente incipiente y muchos aspectos claves sobre sus orígenes permanecen sin ser entendidos completamente (Andrea Vanossi, 2011). La dificultad radica en la complejidad que surge de la dinámica colectiva de una inmensa cantidad de contactos en la interface de las superficies en interacción, aún en el sistema más simple (Mo Y 1, 2009). Unido a esto, la existencia de procesos fuertemente fuera del equilibrio en la interface de cualquier sistema tribológico subraya fuertemente la naturaleza no lineal del problema de la fricción.

2. Metodología

2.1 Criterios de diseño

Se tomará en consideración los siguientes criterios de diseño:

- a) El dimensionamiento de los componentes se lo hará en base a carga estática y fatiga según sea el caso.
- b) El peso del motor se deprecia en los cálculos ya que no interfiere.
- c) El peso propio de cada componente y factores que intervienen en el diseño de poca magnitud no se tomarán en cuenta para los cálculos ya que son despreciables comparados con el valor de las cargas que serán aplicadas.
- d) El material para la estructura será de tubo rectangular estructural AISI 1008, árbol de transmisión AISI 4340 (705), palancas de carga y probeta de impacto AISI 01 (DF2), pivotes acero de transmisión AISI 1018 y para las chavetas de acero DIN ST-60.
- e) El diseño deberá regirse a normas.
- f) Se usarán unidades del Sistema Ingles en su mayoría respetando la bibliografía consultada.
- g) Se implementará un sistema de recubrimiento en toda la estructura la cual se la implementará en el ensamble final.
- h) Conforme se vaya avanzando en los diferentes puntos se utilizará gráficas implementadas por el mismo autor que

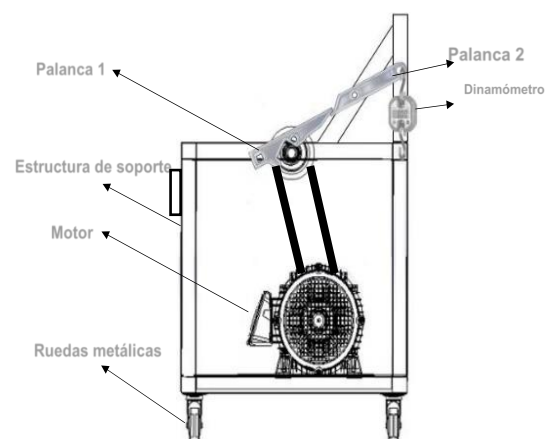
ayudará a la comprensión de la información.

Cálculo, dimensionamiento y selección de elementos.

En esta parte se procederá a dimensionar cada uno de los elementos que conforman la máquina de acuerdo con las fuerzas que actúan en el sistema.

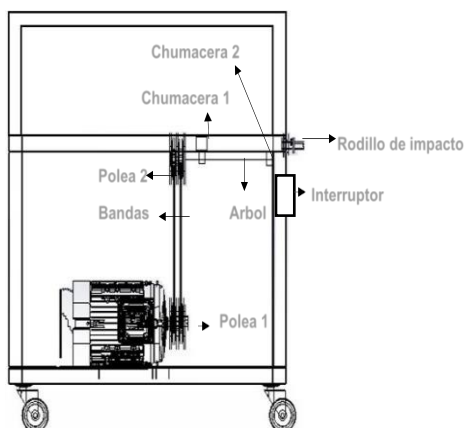
En la ilustración 1 y 2 se muestra un esquema de todos los elementos que forman parte de la máquina tanto en vista lateral como frontal. La estructura para diseñarse posee marcos rígidos de tubos cuadrados de acero unidos entre sí por vigas longitudinales como se observa en las figuras mencionadas a continuación:

Ilustración N°1. Vista frontal de la máquina de fricción.



Elaborado por: Autores.

Ilustración N°2. Vista lateral de la máquina de fricción.



Elaborado por: Autores.

Tabla N°1. Fase de cálculos.

| Descripción | Sistema inglés | Sistema internacional |
|--|---|-----------------------------------|
| Motor | 5500 lbf.ft / s | 10HP |
| Rpm | 1745 | 1745 |
| Polea | 5.51" | 14mm |
| Distancia entre centros | 7.72" | 196mm |
| Angulo de abrazado | 3.14 rad | 180° |
| Velocidad lineal de las correas | $\frac{2517.19 \text{ pies}}{\text{min}} =$ | $\frac{1279 \text{ m}}{\text{s}}$ |
| Tensiones en las Banda en pretensado | 101.77 lbf | 452.7 N |
| Torque con pérdidas de eficiencia | 5076.50 lbf.ft / s | 9.23HP |
| Torque transmitido en el árbol | 33336 Lbf · pulg | 37.66N·m |
| Resistencia Chumacera A | 140.77 lbf | 626.18N |
| Resistencia Chumacera B | -23 lbf | 102.31N |
| Momento alternante | 280.88 lbf | 1249.42N |
| Cálculo del diámetro mínimo para el árbol | 0.82" | 18.54 mm |
| Carga mínima prueba fricción probeta | 16 lbf | 71.17N |
| Fuerza mínima prueba fricción en palanca | 1 lbf | 4.45N |
| Rodamientos | 19050.61 Horas | 19050.61 Horas |
| Chaveta | 0.11" | 2.89mm |

Elaborado por: Autores

2.2 Elementos constitutivos de la máquina

Tabla N° 2. Elementos constitutivos de la máquina de fricción.

| CANT. | DETALLE |
|-------|--|
| 1 | Motor: 10HP |
| 1 | Tomacorriente trifásico |
| 2 | Tubos estructurales rectangulares de acero negro de 6 m |
| 1 | Angulo de 6mm para base del motor |
| 2 | Bisagras de 3" x 1/2 |
| 4 | Pernos para base de motor de ½ x 2" |
| 4 | Tuercas para pernos para base de motor de ½ x 2" |
| 4 | Arandelas para pernos para base de motor de ½ x 2" |
| 2 | Tubos estructurales rectangulares de acero negro de 6 m |
| 2 | POLEAS DE 5.51" |
| 2 | BANDA EN V: A 54 |
| 1 | Eje de transmisión de 1" AISI 4340 |
| 1 | Rodamiento FKD UCP 205-16 Chumacera de piso de 2 huecos |
| 1 | Rodamiento FKD UCF 205-16 Chumacera de pared de 4 huecos |
| 1 | Cuña de 6mm |
| 5 | Pernos para chumaceras de ½ x 2" |
| 7 | Tuercas para pernos para chumaceras del árbol de transmisión de ½ x 2" |
| 7 | Arandelas para pernos chumaceras del árbol de transmisión de ½ x 2" |
| 2 | Palancas de acero DF2 |

Elaborado por: Autores.

2.3 Tecnología usada para la construcción

La tecnología usada se refiere a toda la maquinaria y demás herramientas a emplearse para la obtención de los elementos de la máquina.

Tabla N° 3. Mecanización.

| Máquina |
|------------------|
| Torno |
| Esmeril |
| Taladro de mano |
| Taladro vertical |
| Moladora |
| Sierra mecánica |
| Fresadora |

Elaborado por: Autores

Tabla N° 4. Soldadura (Equipos)

| Máquina |
|-------------------------|
| Soldadura con electrodo |
| Oxicorte |
| Taladro de mano |

Elaborado por: Autores

Tabla N° 5. Instrumentos de calibración y medida.

| Instrumento |
|-------------|
| Calibrador |
| Flexómetro |
| Compas |

Elaborado por: Autores

Tabla N° 6. Equipo Extra.

| Instrumento |
|-------------------------------|
| Sierra Manual |
| Escuadra |
| Rayador |
| Punto |
| Machuelos |
| Martillo |
| Lijas |
| Brocas (4,5,6,8,5,13,14,22)mm |
| Disco de corte |
| Disco de pulir |
| Fresa para chavetas planas |
| Cuchilla de interiores |
| Cuchilla de exteriores |
| Electrodos |

Elaborado por: Autores

Tabla N° 7. Instrumentos de seguridad.

| Instrumento |
|-------------------------------------|
| Gafas transparentes de alto impacto |
| Casco para soldar |
| Mandil |
| Guantes |
| Zapatos de seguridad |

Elaborado por: Autores

2.4 Construcción

Mediante la Tabla 2, se realizó la adquisición de los materiales para realizar la fabricación de los elementos de máquina, en el caso de los elementos que no fueron construidos simplemente se los adquirió y salvo algunos casos se realizó un maquinado y posteriormente se realizó el montaje de todos los componentes.

2.4.1 Motor

El motor se lo compró de segunda mano al cual se le tuvo que realizar un mantenimiento preventivo y correctivo, en primera estancia exponemos las características del motor:

Ilustración N° 3. Motor terminado Westinghouse 10HP.



Elaborado por: Autores

3. Resultados y Discusión

Se determinó mediante el peso y las medidas en mm³ la pérdida de material en las probetas.

Se tomó el tiempo exacto en cada una de las pruebas ejecutadas.

Se utilizó la fuerza mínima según ASTM para fricción y también a mayores.

Se analizó los resultados el comportamiento de los diferentes materiales en la probeta y también en probeta de alto impacto la cual no tuvo ningún efecto a pesar de los altos esfuerzos a la fue sometida.

Conclusiones

Se definió los conceptos básicos necesarios para comprender la temática referente al desgaste por fricción.

Se diseñó los planos de la máquina y sus elementos.

Se construyó la máquina de fricción y está lista para realizar cualquier prueba con materiales utilizados en el sector marítimo y además cambiando las probetas se podría realizar pruebas de fricción con un sin número de materiales.

Se realizó las pruebas necesarias tanto en la máquina y su funcionamiento

como en los resultados obtenidos de los experimentos en el taller determinado que la máquina se encuentra en óptimas condiciones.

Bibliografía

- Andrea Vanossi, N. M. (2011). Fricción de modelado: de nanoescala a mesoescala. Cornell University, 26.
- Diego, Á. C. (septiembre de 2015). Estudio quimiométrico de aceites y lubricantes marinos. Estudio quimiométrico de aceites y lubricantes marinos. España: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Bilbao.
- Fajardo, O. Y. (2013). fenómenos de fricción en la nanoescala: estudio teórico y computacional. Zagan: Repositorio de la Universidad de Zaragoza.
- Krim, J. (1996). Friction at the atomic scale. Scientific American, 1-8.
- Mo Y 1, T. K. (2009). Leyes de fricción a nanoescala. Biblioteca Nacional de Medicina de EE. UU. Institutos Nacionales de Salud, 1116 - 1119.
- Urbakh, M. (2004). La naturaleza no lineal de la fricción. Biblioteca Nacional de los Estados Unidos Institutos Nacionales de Salud, 525–528.
- Volker Bormuth, V. V. (2009). Límites de fricción de proteínas Movimientos difusivos y dirigidos de motores de kinesina en microtúbulos. Science, 870-873.