

METODOLOGÍA DE DISEÑO PARA UNA MÁQUINA DE ENSAYOS PARA CERRADURAS TIPO POMO

DESIGN METHODOLOGY FOR A TEST MACHINE FOR TYPE POMO LOCKS

José Peña ^(1,2), Danni Gil⁽²⁾, Ramón Sanchez⁽²⁾, Celestino Peraza y Manuel Martínez⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Regional Amazónica, Ikiam, Tena, Ecuador. jose.pena@ikiam.edu.ec

⁽²⁾Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela (e mail: mjmartinezster@gmail.com)

Resumen: Las cerraduras son elementos de seguridad para el resguardo del inmueble, por lo tanto, es necesario mejorar o perfeccionar las piezas y mecanismos que la integran. El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología de diseño para una máquina de ensayos para cerraduras tipo pomo. Iniciando con el diseño conceptual, que parte con el planteamiento del problema hasta la matriz de decisión, donde se obtuvo la mejor propuesta que cumple con las condiciones requeridas. Posteriormente se determinó la fuerza necesaria para rotar el pomo utilizando un dinamómetro. Luego se diseñaron los mecanismos que permiten girar sucesivamente el seguro, la llave y el pomo; realizando los cálculos de las piezas a través de las teorías de fallas para garantizar que las dimensiones y el material establecido eran los más óptimos. Por último, se calculó el factor de seguridad de la pieza en estudio verificando robustez en la misma, siendo adecuado para este tipo de máquinas.

Palabras claves: Cerradura tipo pomo, Fatiga, Tensión Torsión, Diseño Conceptual.

Abstract: The locks are security elements for the protection of the property, therefore it is necessary to improve or improve the parts and mechanisms that make it up. The objective of this work is to develop a design methodology for a testing machine for knob type locks. Starting with the conceptual design, which starts with the approach of the problem to the decision matrix, where the best proposal that meets the required conditions was obtained. Subsequently, the force needed to rotate the knob was determined using a dynamometer. Then the mechanisms were designed that allow the insurance, the key and the knob to turn successively; performing the calculations of the pieces through fault theories to ensure that the dimensions and the material established were the most optimal. Finally, the safety factor of the piece under study was calculated, verifying its robustness, being suitable for this type of machines.

Keywords: Locking knob, Fatigue, Twisting Tension, Conceptual Design.

I. INTRODUCCIÓN

En la tecnología de las construcciones civiles se han desarrollado nuevos elementos así como se han mejorado los ya existentes para elevar la calidad de vida de los usuarios, entre estos elementos se encuentran los sistemas de seguridad personal (Huerta, Corona, & Oliva, 2010). Uno de los implementos más importantes para la seguridad son las cerraduras, los cuales son mecanismos de metal que se incorporan a puertas y/o cajones de armarios, cofres, arcones, entre otros, a fin de impedir que se puedan abrir sin

Recibido: 14 de enero de 2018

Aceptado: 30 de mayo de 2018

Publicado como artículo científico en Revista de Investigación Talentos V(1) 53-58

una la llave y así proteger su contenido, sin embargo, para que estas cerraduras funcionen y perduren en el tiempo es necesario implementar productos de excelente calidad y duración.

Cuando una cerradura tipo pomo se somete a fuerzas constantes aplicadas sobre sus mecanismos, es de esperarse que la misma pueda fallar pues son sistemas que poseen una vida finita y al no usarse correctamente su durabilidad disminuye. Por lo tanto, es necesario realizar ensayos para determinar el tiempo de duración de los pomos los cuales deriven en la mejora de la calidad de los elementos que integran al mismo.

Si la cerradura es sometida a esfuerzos alternativos, sus propiedades mecánicas cambian progresivamente a medida que se aumenta la cantidad de tiempo en que se aplican las fuerzas. Esto trae como consecuencia pérdidas de rigidez, agarre y sujeción pues es probable que ocurra un desgaste de sus componentes internos tales como: el eje de accionamiento del pestillo, el resorte de posición, el elevador del cilindro, entre otros.

Con la finalidad de mejorar la calidad de estas cerraduras tipo pomo, es necesario determinar la durabilidad de las mismas, proceso que puede ser realizado a través de el diseño de una máquina de ensayos para este tipo de cerraduras, la cual es necesario que perdure en el tiempo que se precisen realizar los ensayos correspondientes. En este sentido, es necesario la aplicación de métodos de diseño, estableciendo criterios de carácter técnico- económicos como: adquisición de los componentes, confiabilidad, operabilidad, traslado, costo de manufactura, ruido, tamaño, mantenimiento, seguridad y versatilidad. Además, debe incluir un estudio de materiales capaces de resistir y tolerar las cargas aplicadas por el equipo de torsión alternativa y la cantidad de tiempo a invertir en el uso de este sistema.

Una de las maneras de determinar el tiempo de vida de una máquina de ensayo es a través del esfuerzo máximo que corresponde a la pieza más crítica, la cual debe poseer el mayor esfuerzo de fatiga. A partir de este se podrían realizar cálculos subsiguientes que pueden ser útiles para determinar la durabilidad neta de la máquina de ensayos

para cerraduras. (Niebles, 2017)

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo de investigación se basa en el desarrollo de la metodología de diseño para una máquina de ensayos que se utilizará para determinar y certificar el tiempo de vida útil de las cerraduras tipo pomo, simulando los movimientos que realiza una persona para abrir y cerrar una puerta.

II. METODOLOGÍA DEL DISEÑO

En la ingeniería cuando se desea diseñar, hace falta establecer una necesidad que surge de resolver un problema específico, la metodología del diseño consiste en seguir una serie de pasos en forma secuencial para llegar a una solución satisfactoria para el diseñador y el cliente. Los pasos son el diseño conceptual, dimensionamiento de los elementos de máquina, diseño y cálculos de detalle (Chukwunke, Okolie, Ugwuegbu, & Sinebe, 2016), selección de los materiales y el accionamiento de la máquina. (Chukwunke et al., 2016)

A. Diseño conceptual

En esta fase se establece la necesidad de diseñar una máquina para medir la durabilidad de las cerraduras tipo pomo, es decir que la misma debe simular los procesos que realiza una persona para abrir una puerta, estos procesos son: A.- Girar el pomo; B.- Girar el seguro, C.- Girar la llave hasta abrir el seguro, D.- Apretar el pestillo; E.- Golpe de la lámina que va en el marco de la puerta. Esta máquina debe ser funcional y fácil de operar. Se realizó una lista de requerimientos de especificaciones basado en las necesidades del cliente y del diseñador que se presentan en la tabla I (Riba, 2002)Adicionalmente se le asignó el valor porcentual a cada criterio, dependiendo del nivel de importancia a la hora de seleccionar la propuesta óptima.

Como se puede observar la propuesta seleccionada es la número 3, por lo tanto, se procedió a dibujar los planos y discutirlos con el cliente y con esto establecer el diseño de cada elementos de máquina y seleccionar los materiales y componentes de la máquina para que cumpla con la solución del problema (Lewandowski & Faustino, 2006).

TABLA I.
REQUERIMIENTOS SEGÚN CLIENTE/DISEÑADOR

Requerimientos	Cliente/Diseñador	Valor porcentual (%)
Fácil adquisición de los componentes y materiales	Cliente/Diseñador	7
Confiabilidad	Diseñador	10
Costo de manufactura	Cliente	11
Fácil operación	Cliente	10
Fácil Traslado	Cliente/diseñador	9
Poco ruido	Cliente	9
Tamaño	Cliente	8
Fácil mantenimiento	Cliente	12
Seguridad	Cliente	12
Versatilidad	Diseñador	12

Se analizaron cada una de las propuestas según las especificaciones y los porcentajes señalados en la tabla 1. Estos se muestran en la tabla III en donde se seleccionó la propuesta que obtuvo el mayor resultado en el análisis.

TABLA II.
PROPUESTAS SELECCIONADAS

Propuesta	Descripción
1	Sistema de brazos robot que realiza la prueba necesaria a cada elemento de la cerradura utilizando un control lógico programable.
2	Estructura soldada, con tres columnas, en las hileras de los extremos se colocan dos tipos de actuadores neumáticos y en la hilera del medio se coloca la puerta con la cerradura.
3	Estructura soldada con un actuador rotatorio que gira la llave hasta desactivar el seguro y girar el pomo respectivamente, un actuador lineal que empuja la puerta y un actuador rotatorio que gira el seguro.
4	Mecanismo con un solo actuador lineal que solo gire la cerradura.
5	Mecanismo de cuatro barras acoplado a un motor eléctrico.
6	Robot abre-cierra puertas que simule el brazo de una persona.
7	Contador de ciclos para cada cerradura.

Se analizaron cada una de las propuestas según las especificaciones y los porcentajes señalados en la tabla 1. Estos se muestran en la tabla III en donde se seleccionó la propuesta que obtuvo el mayor resultado en el análisis.

B. Diseño y selección de los elementos de máquina.

Se calcularon los esfuerzos fluctuantes capaces de producir fatiga en los materiales mediante las ecuaciones de esfuerzo medio (σ_m) y esfuerzo alternativo (σ_a) (Joaquim, Barbieri, & Barbieri, 2009) (Peña & Álvarez, 2012).

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{|\sigma_{max} - \sigma_{min}|}{2}$$

TABLA III.
ANÁLISIS DE PROPUESTAS

Criterio	Valor	Propuestas						
		1	2	3	4	5	6	7
Fácil adquisición de los componentes y materiales	7	2,8	7	7	5,6	7	2,8	5,6
Confiabilidad	10	4	8	8	6	8	6	8
Costo de manufactura	11	2,2	8,8	11	6,6	8,8	2,2	4,4
Fácil operación	10	6	8	8	8	8	6	8
Fácil Traslado	9	5,4	7,2	9	5,4	7,2	7,2	0
Poco ruido	9	9	5,4	5,4	7,2	7,2	9	0
Tamaño	8	4,8	4,8	6,4	4,8	6,4	8	0
Fácil mantenimiento	12	2,4	9,6	9,6	9,6	7,2	4,8	2,4
Seguridad	12	12	12	12	7,2	4,8	9,6	112
Versatilidad	12	9,6	12	12	4,8	2,4	4,8	7,2
Total	100	58,2	82,8	88,4	65,2	67	60,4	47,6

Donde σ_m es el valor algebraico más alto de tensión durante el ciclo y σ_a es el valor más bajo de tensión durante el ciclo.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{|\sigma_{max} - \sigma_{min}|}{2}$$

Se calcularon los esfuerzos de Von Mises medio y alternativo mediante las siguientes ecuaciones.

Para predecir el límite de fatiga en elementos mecánicos, se utilizó la siguiente ecuación que permiten modificar algunos factores (Shigley, Mischke, & Budynas, 2015).

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot S'_e$$

Donde

S_e = límite de Resistencia a la fatiga del elemento mecánico, S'_e = límite de Resistencia a la fatiga experimental, K_a = factor de superficie, K_b = Factor de tamaño, K_c = factor de carga, K_d = Factor de temperatura y K_e = factor de modificación por concentración de esfuerzo.

Se calculó el factor de seguridad mediante el criterio de Goodman modificado

$$\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

En donde σ'_a y σ'_m son los esfuerzos de Von Mises, S_e es el límite de Resistencia a la fatiga y S_{ut} es el esfuerzo de tracción del material seleccionado.

C. Cálculo de la carga necesaria para accionar el pomo.

Para determinar esta fuerza necesaria se utilizó un dinamómetro el cual arroja un resultado expresado en kilogramos, para esto se montó la cerradura en una puerta y se le acopló el dinamómetro mediante una abrazadera el cual tenía un brazo el cual se le aplicó el torque necesario para accionar el pomo. El resultado arrojado por el dinamómetro fue de 0,40 kg más el peso del mismo que fue de 0,30 kg después se hicieron los cálculos pertinentes para transformarlo a unidades de fuerza y luego a unidades de torsión o torque.

Cálculo de la fuerza

$$F = 0,70 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 6,86 \text{ N.m}$$

El torque para activar el pomo resultó lo siguiente

$$T = 0,6 \text{ Nm}$$

Este torque se llevo a 1 Nm, para evitar que por causa de la corrosión el actuador no pueda mover el pomo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del diseño conceptual se obtiene que la propuesta 3 es la más apropiada para comenzar a

realizar el diseño de la máquina. La misma consta de N piezas las cuales están acopladas para cumplir todas las funciones de la misma. A cada uno de las piezas se le realizaron los cálculos pertinentes por separado por que están sometidos a diferentes tipos

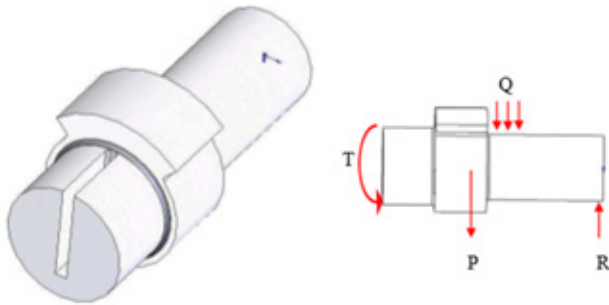


Fig 1.- Eje para accionar la llave y el pomo de la cerradura

2.2.1 Cálculo del eje para accionar la llave y el pomo de la cerradura

Se calculó el peso del eje (P) tomando la densidad del acero la cual es 7800 kg/m^3 .

$$P=3,346 \text{ N}$$

Se calculó el centroide (X_c)

$$X_c=35,44 \text{ mm}$$

Luego se calculó el momento de inercia en a dirección z (I_z) y el momento polar de inercia (J) respectivamente, para eso se separó el eje en cuatro secciones y se tomó el caso más crítico.

$$I_z=1,730 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$J=3,460 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Se realizaron los diagramas de momento torsor, flector y fuerza cortante (Fig 2)

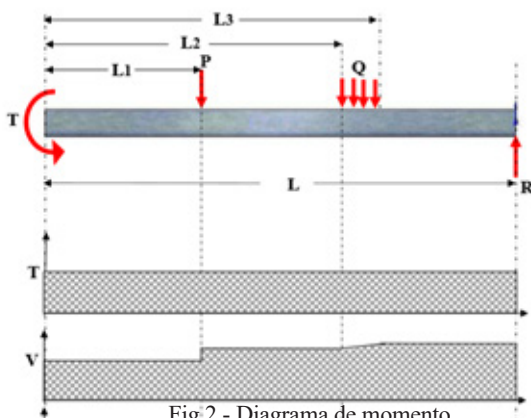


Fig 2.- Diagrama de momento

Del diagrama de momento se obtuvo el momento máximo en la sección más crítica del eje es 0,111

Nm.

El esfuerzo cortante en la dirección x (σ_x) y el esfuerzo de torsión (τ_{xy}) en la seccion son los siguientes.

$$\sigma_x=160,2 \text{ KPa}$$

$$\tau_{xy}=722,5 \text{ KPa}$$

Los esfuerzos medios y alternantes para fatiga son los siguientes:

$$\sigma_m=80,13 \text{ KPa}$$

$$\tau_m=361,3 \text{ KPa}$$

$$\sigma_a=80,13 \text{ KPa}$$

$$\tau_a=361,3 \text{ KPa}$$

Los esfuerzos de Von Mises resultaron los siguientes:

$$\sigma'_a=630,8 \text{ KPa}$$

$$\sigma'_m=630,8 \text{ KPa}$$

Con estos resultados seleccionamos un acero AISI-SAE 4140, cuyas propiedades mecánicas ofrecen muy buena a la corrosión y buena maquinabilidad, debido a que la máquina de ensayo tiene que ser robusta, por que cada ensayo durará tres días aproximadamente. Estas propiedades son las siguientes:

$$\text{Esfuerzo de tracción } S_{ut}=655 \text{ MPa}$$

$$\text{Esfuerzo de Fluencia } S_y=414 \text{ MPa}$$

Luego se calcularon los factores de Marin

$$K_a=0,8088$$

$$K_b=0,8806$$

$$K_c=0,5900$$

$$K_d=1$$

$$K_e=1,6300$$

$$K_f=0,6135$$

Se calculó el esfuerzo modificado (S_e)

$$S_e=85,11 \text{ MPa}$$

Mediante el criterio de Goodman modificado calculamos el factor de seguridad (n)

n=119

El factor de seguridad es elevado, esto asegurando una mayor durabilidad, esta es requerida para una máquina de ensayos de fatiga, la misma tiene que ser robusta asegurando una cantidad elevada de ensayos.

IV. CONCLUSIONES

Se desarrolló la metodología del diseño de una máquina de ensayos para cerradura tipo pomo siguiendo los pasos del diseño conceptual y el diseño de máquinas estudiando la fatiga en la pieza más crítica.

Se estudió la pieza más crítica, es decir la que arrojó resultados de esfuerzos mayores y la que está sometida a más tipos de carga y seleccionamos un acero ANSI SAE 4140, el cual es un material muy utilizado en la fabricación de engranajes de maquinaria, debido a que generalmente estos elementos están sometidos a grandes cargas de fatiga. Se diseñó la máquina de ensayos para que tenga una vida útil infinita, esto debido a que cada ensayo debe durar una cantidad de ciclos necesarios para deteriorar el pomo hasta dejarlos inservibles y se tomó en cuenta que la calidad de fabricación de este tipo de cerraduras mejorará con el tiempo, aumentando la duración y la cantidad de ciclos de los ensayos.

V. REFERENCIAS

Chukwuneke, J. L., Okolie, P. C., Ugwuegbu, D. C., & Sinebe, J. E. (2016). Design Analysis and Fabrication of a Tensile Creep Testing

Machine. *British Journal of Applied Science & Technology*, 3(14), 1–13. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2016/23803>

Huerta, E., Corona, J. ., & Oliva, A. (2010). Universal testing machine for mechanical properties of thin materials. *Revista Mexicana de Física*, 56(4), 317–322.

Joaquim, F. T., Barbieri, R., & Barbieri, N. (2009). Investigating torsional fatigue with a novel resonant testing fixture. *International Journal of Fatigue*, 31(8–9), 1271–1277. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2009.01.018>

Katz, R. (2007). Design principles of reconfigurable machines. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 34(5–6), 430–439. <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0615-2>

Lewandowski, J., & Faustino, I. (2006). Design, Fabrication, and Implementation of Jump-Cue Testing Machine. *The Osprey Journal of Ideas and Inquiry*, (63), 1–6.

Milani, R. (1997). *Diseño para nuestra realidad*. (Ma. L. de Milani, Ed.) (1era ed.). Caracas, Venezuela: Universidad Simon Bolivar.

Niebles, E. E. (2017). Metodología para el diseño y construcción de una máquina para medición del desgaste abrasivo basado en la norma astM g-65. *Redalyc*, 7, 53–58.

Peña, F. M., & Álvarez, C. A. (2012). Design and construction of a torsional fatigue testing machine operated by inertial loads. *Dyna*, 79(172), 46–55.

Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona, España: Ediciones UPC.

Shigley, J., Mischke, C., & Budynas, R. (2015). *Mechanical Engineering Design. Mechanical Engineering* (10th ed.). New York: Mc-