

# CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE TORSIÓN DE EJES CIRCULARES Y DEFLEXIÓN DE VIGAS RECTANGULARES HASTA 1/2 IN PARA CINCO TIPOS DE METALES EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA UAN.

FRANCISCO JAVIER GOMAJOA VILLAVICENCIO, BLADIMIR JAVELA FLOREZ

*Universidad Antonio Nariño, gomajoa96d@gmail.com; bjavela@gmail.com*

## **Abstract**

The test beds for twist of circular axes and deflection of rectangular girders; will be implemented in the laboratories of the faculty of mechanical engineering at the Antonio Nariño university headquarters Neiva.

The test bed will support in some areas of the Faculty of mechanical engineering, where through theoretical-practical classes students will experience failures of elements of machines such as: shafts and beams, and thus determine the type of material and the size recommended for power, torque, efforts and moments that will be subjected under loads at its points of support or resistance.

The test bed consists of two systems in a compact and easy operation, where teachers and students, will be able to perform torsion circular shafts by means of verification of control instrument and a procedure where an actuator will exert force on the beam to bend the probe and check through 5 different types of materials (steel AISI1020 AISI 1040 (, Stainless 304, C14500 copper and aluminum 2014-O), the maximum resistance torque up to the fracture moment of the material.

Bending of rectangular beams system checks the final displacement and the maximum pressure exerted on the beam at the midpoint, through test tubes of 5 types of materials specified above.

Finally checks the charge needed for testing of torque and the maximum pressure required to flex the five types of established materials.

## **Keywords**

Twisting, bending and bending moments

## **Resumen**

El banco didáctico para torsión de ejes circulares y deflexión de vigas rectangulares; será implementado en los laboratorios de la facultad de ingeniería mecánica de la universidad Antonio Nariño con sede Neiva.

El banco servirá de apoyo en algunas áreas de la facultad de ingeniería Mecánica, donde a través de clases teórico-prácticas los estudiantes podrán experimentar las fallas de los elementos de máquinas como lo son: ejes y vigas, y de esta manera determinar el tipo de material y las dimensiones recomendadas para la potencia, torque, esfuerzos y momentos que estarán sometido bajo cargas en sus puntos de apoyo o resistencias.

El banco consta de dos sistemas independientes en un equipo compacto y de fácil operación, donde los docentes y estudiantes, podrán realizar prácticas de torsión de ejes circulares mediante la verificación de instrumento de control y un procedimiento donde un actuador ejercerá fuerza sobre la viga para flexionar la probeta y comprobar a través de 5 diferentes tipos de materiales (Acero AISI1020 AISI 1040, Inoxidable 304, Cobre C14500 y aluminio 2014-O), la resistencia máxima de torsión hasta el momento de ruptura del material.

El sistema de flexión de vigas rectangulares comprueba el desplazamiento final y la presión máxima ejercida sobre la viga en el punto medio, a través de probetas de 5 tipos de materiales especificados anteriormente.

Finalmente se comprueba la carga necesaria para realizar las pruebas de torsión y la presión máxima requerida para flexionar los cinco tipos de materiales establecidos.

## **Palabras clave**

Torsión, flexión y momentos flectores

## **1. INTRODUCCIÓN**

Para la selección de materiales en los elementos de máquinas, se debe tener en cuenta las propiedades mecánicas, físicas, químicas, térmicas entre otras; que garanticen la durabilidad del elemento y puedan prevenir fallas prematuras causantes de paradas en los equipos del

sector industriales que reducen la producción en las compañías regionales, nacionales e internacionales.

En el sector industrial, los elementos de máquinas constantemente están sometidos a cargas axiales, radiales o combinadas, lo cual ocasiona fallas prematuras a los componentes, disminuyendo la producción de la máquina y la vida útil de sus elementos; el diseñador debe seleccionar adecuadamente el tipo de materiales y las dimensiones correspondientes de los componentes de la máquina; teniendo en cuenta, las cargas donde estará sometido el componente para así encontrar las fuerzas cortantes, momentos flectores máximos, torsión, esfuerzo torsional y flexionante, factores de diseño; que garanticen el funcionamiento de dichos elementos en las máquinas.

La facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño tiene como función capacitar a sus alumnos en áreas como resistencia de materiales, tecnología de materiales, diseños mecánicos, estática entre otras materias relacionadas que mediante clases teórico-prácticas los estudiantes puedan interactuar con los fenómenos ocasionados por el funcionamiento de equipos móviles para la transmisión de potencia y torque.

Es por tal motivo, que se requiere la construcción de un banco didáctico de torsión de ejes circulares y flexión de vigas rectangulares, en el que los estudiantes de la facultad de ingeniería mecánica realicen pruebas utilizando guías de laboratorio sobre el equipo, donde se incremente el proceso de capacitación y conocimientos mediante experiencias reales en las cuales el ingeniero afronte situaciones laborales que involucre la transmisión de potencia mediante una fuente motriz (motores) a una fuerza impulsora o generador de energía (bombas, generadores, caja reductoras entre otras).

## 2. Materiales.

- ✓ Pruebas de torsión de ejes circulares y vigas rectangulares de acero AISI 1020, acero 1040, Acero inoxidable S30400, cobre C14500 y aluminio 2014O
- ✓ Diámetro máximo de torsión y flexión de ½ in (12,7 mm)
- ✓ Potencia motor eléctrico 3 hp.
- ✓ Potencia sistema hidráulico 3 hp
- ✓ Presión máxima del sistema hidráulico 2.500 psi.
- ✓ Sistema de medición digital de torsión sobre las probetas.
- ✓ Medición de ángulo de torsión manual.
- ✓ Medición de presión desde la válvula de control y actuador hidráulico.
- ✓ Equipo portable y de fácil mantenimiento.

## 3. Metodología.

Para el desarrollo del proyecto de grado, se va a implementar una metodología que consiste en tres partes, etapa de diseño, construcción y puesta en marcha; para cumplir los objetivos generales y específicos, cumpliendo las actividades que se han propuesto durante el avance del banco didáctico.

### FASE DE DISEÑO

En esta fase del proyecto de grado, se basa en la recolección de información del proyecto de grado, parámetros establecidos para el diseño, cálculo de resistencia y selección de materiales para el desarrollo del diseño por los autores del proyecto. En la sección 11 y 12 se determinan los cálculos de los elementos y materiales de máquinas y el diseño preliminar del proyecto de grado.

### ACTIVIDADES A REALIZAR.

- Recolección y selección de información primaria, secundaria, complementaria y anexos para documentación del estado del arte y para ser implementada en el proyecto de grado.
- Elaboración del pre diseño establecido.
- Comprobación del diseño mediante modelos matemáticos, resistencia y selección de materiales.
- Elaboración del libro anteproyecto para aprobación del CTG.
- Comprobación del prototipo propuesto con un programa de diseño
- Presentación del anteproyecto de grado al comité de trabajos de grado CTG.
- Correcciones del anteproyecto evaluado
- Aprobación del anteproyecto e inicio del banco didáctico.
- Elaboración de las guías de laboratorio

**Nota:** Dichas actividades se desarrolla por medio del programa de diseño SOLID EDGE 2014, y para la elaboración de los cálculos establecidos, se tomara libros guías de la carrera resistencia, selección de materiales, dinámica, metodología de la investigación entre otros.

### FASE DE CONSTRUCCIÓN.

La segunda etapa del proyecto, es la fase de construcción, inicia con la cotización de materiales, compra, traslado, alistamiento e instalación de componentes del banco didáctico, para llevar un orden cronológico y ordenado, se debe cumplir las siguientes actividades establecidas.

- Cotización de materiales en Neiva y a nivel nacional.
- Compra de materiales centro de comercio y proveedores nacionales.

- Transporte de los componentes del equipo realizado por los autores.
- Instalación de componentes para armar el banco.
- Elaboración de la documentación técnica final para presentar en la universidad.
- Pruebas de funcionamiento y ajustes.
- Toma de evidencias para diligenciar el libro final.

#### FASE DE PUESTA EN MARCHA.

La última fase del proyecto, consiste en el funcionamiento del banco didáctico, entrega a la facultad de ingeniería mecánica de la universidad Antonio Nariño Sede Neiva con su documentación técnica solicitada como manuales de operación, mantenimiento y guías didácticas relacionadas.

- Prueba de funcionamiento banco en la universidad.
- Revisión final de la máquina y ajustes finales.
- Entrega del documento para evaluación del CTG.
- Correcciones del proyecto de grado.
- Entrega del documento final.
- Entrega del banco didáctico a la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño sede Neiva.

#### 4. Tratamiento de datos.

Para realizar los cálculos recomendados para el banco didáctico, se debe tener en cuenta las siguientes normas para llevar a cabo la resistencia y selección de los materiales adecuados en la etapa de diseño, construcción y puesta en marcha el equipo.

- ✓ Ensayo de torsión de alambre (ASTM A938, ISO 7800) [1]
- ✓ NTC: NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC3995. Materiales metálicos. Alambres. Ensayo de torsión simple [2]
- ✓ ASTM A1058-14, Métodos de prueba estándar para la prueba mecánica de productos de acero.

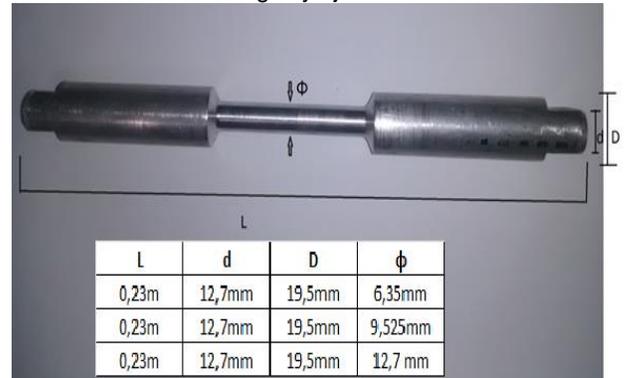
Para realizar las pruebas de laboratorio, se tiene en cuenta las dimensiones de las probetas de ensayo para torsión, ver figura 17. El rango de las probetas es de  $\left(\frac{1}{8}in - \frac{1}{2}in\right)$ , la velocidad de giro de las probetas se recomienda de 90 rpm.

Los materiales de la probeta que se va a implementar, es aceros al carbono, cobre, aluminio y acero inoxidable.

- ✓ Acero 1020 recocido con  $S_u = 414$  MPa.
- ✓ Acero 1040 Laminado en caliente con  $S_u = 496$  MPa.
- ✓ Cobre C14500 duro con  $S_u = 331$  MPa.
- ✓ Aluminio 2014-O con  $S_u = 186$  MPa.

- ✓ Acero inoxidable 304 S30400 Recocido con  $S_u = 586$  MPa.

Figura 1. Probetas de ensayo para torsión y deflexión de vigas y ejes.



Fuente: Propia.

Ya teniendo en cuenta los datos de entrada, se debe calcular el par de torsión necesario teniendo en cuenta la siguiente fórmula.

$$\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$$

Donde:

$T$ : Par torsión

$c$ : Radio de la sección transversal

$J$ : Momento polar de inercia de la sección transversal.

Se despeja  $T$ , para hallar el par torsión de cada material.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c}$$

Se aclara que el  $\tau_{max} = S_u$  del material, y  $J$  para secciones circulares es:

$$J = \frac{\pi D^4}{32}$$

Ya que se tiene 3 diferentes probetas, se selecciona la de mayor diámetro, en este caso  $D = 12,7$  mm  $\left(\frac{1}{2}in\right)$ , se calcula el momento polar de inercia máximo de las probetas, y el centroide ( $c$ ) es 6,35 mm.

$$J = \frac{\pi D^4}{32} = \frac{\pi(12,7 \text{ mm})^4}{32} = 2.553,96 \text{ mm}^4$$

El momento polar de inercia máximo de las probetas es de  $2.553,96 \text{ mm}^4$ , finalmente se calcula el par torsión para cada material de prueba.

### 11.1 Cálculo par torsión para el acero AISI 1020 Recocido.

Usando la ecuación de la sección 1, se halla el par torsión máximo para el acero AISI 1020 recocido, teniendo en cuenta los siguientes datos de entrada.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c}$$

$$\tau_{max} = 414 \text{ MPa} = 414 \frac{N}{mm^2}$$

$$J: 2.553,96 \text{ mm}^4$$

$$c: 6,35 \text{ mm}$$

Se halla el par torsión del acero AISI 1020 recocido.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c} = \frac{\left(414 \frac{N}{mm^2}\right) * (2.553,96 \text{ mm}^4)}{6,35 \text{ mm}} = 166.510,15 \text{ Nmm} = 166,51 \text{ Nm}$$

El par torsión máximo del acero AISI 1020 recocido es de **166,51 Nm**

### Cálculo par torsión para el acero AISI 1040 laminado en caliente.

Usando la ecuación de la sección 1, se halla el par torsión máximo para el acero AISI 1040 laminado en caliente, teniendo en cuenta los siguientes datos de entrada.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c}$$

$$\tau_{max} = 496 \text{ MPa} = 496 \frac{N}{mm^2}$$

$$J: 2.553,96 \text{ mm}^4$$

$$c: 6,35 \text{ mm}$$

Se halla el par torsión del acero AISI 1040 recocido.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c} = \frac{\left(496 \frac{N}{mm^2}\right) * (2.553,96 \text{ mm}^4)}{6,35 \text{ mm}} = 199.490,42 \text{ Nmm} = 199,49 \text{ Nm}$$

El par torsión máximo del acero AISI 1040 laminado en caliente es de **199,49 Nm**

### Cálculo par torsión del cobre C14500.

Usando la ecuación de la sección 1, se halla el par torsión máximo para el cobre C14500, teniendo en cuenta los siguientes datos de entrada.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c}$$

$$\tau_{max} = 331 \text{ MPa} = 331 \frac{N}{mm^2}$$

$$J: 2.553,96 \text{ mm}^4 [3]$$

$$c: 6,35 \text{ mm}$$

Se halla el par torsión del cobre C14500.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c} = \frac{\left(331 \frac{N}{mm^2}\right) * (2.553,96 \text{ mm}^4)}{6,35 \text{ mm}} = 133.13 \text{ Nm}$$

El par torsión máximo del cobre C14500 es de **133,13 Nm**

### Cálculo par torsión aluminio 2014-O.

Usando la ecuación de la sección 1, se halla el par torsión máximo para el aluminio 2014-O, teniendo en cuenta los siguientes datos de entrada[4].

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c}$$

$$\tau_{max} = 186 \text{ MPa} = 186 \frac{N}{mm^2}$$

$$J: 2.553,96 \text{ mm}^4$$

$$c: 6,35 \text{ mm}$$

Se halla el par torsión del aluminio 2014-O.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c} = \frac{\left(186 \frac{N}{mm^2}\right) * (2.553,96 \text{ mm}^4)}{6,35 \text{ mm}} = 74.808,91 \text{ Nmm} = 74,81 \text{ Nm}$$

El par torsión máximo del aluminio 2014-O es de **74,81 Nm**

### Cálculo par torsión del acero inoxidable 304 S30400.

Usando la ecuación de la sección 1, se halla el par torsión máximo para el acero inoxidable 304, teniendo en cuenta los siguientes datos de entrada.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c}$$

$$\tau_{max} = 586 \text{ MPa} = 586 \frac{N}{mm^2}$$

$$J: 2.553,96 \text{ mm}^4$$

$$c: 6,35 \text{ mm}$$

Se halla el par torsión del acero AISI 1020 recocido.

$$T = \frac{\tau_{max} * J}{c} = \frac{\left(586 \frac{N}{mm^2}\right) * (2.553,96 \text{ mm}^4)}{6,35 \text{ mm}} = 235.688,28 \text{ Nmm} = 235,69 \text{ Nm}$$

El par torsión máximo del acero inoxidable 304 es de **235,69 Nm**

carga máxima de vigas rectangulares de Acero (AISI 1020, AISI 1040 e inoxidable S30400) cobre (C14500) y aluminio (2014-O).

### Potencia recomendada para la torsión de las probetas.

De acuerdo al par de torsión de los materiales de las probetas, se recomienda el acero inoxidable con  $T = 235,69 \text{ Nm}$ , y la velocidad de rotación de la probeta es de 90 rpm, luego la potencia recomendada para el diseño es:

$$P = T * n$$

$$T: 235,69 \text{ Nm}$$

$$n: 90 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 9,42 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Se halla  $P$

$$P = T * n = (235,69 \text{ Nm}) * \left(9,42 \frac{\text{rad}}{\text{s}}\right) = 2.220,2 \text{ Watts}$$

Debido a que el comercio, la potencia se suministra en hp, se realiza la conversión:

$$P = 2.220,2 \text{ Watts} * \frac{1 \text{ hp}}{745,7 \text{ Watts}} = 2,97 \text{ hp}$$

La potencia recomendada para la torsión de las probetas es de 2,97 hp [5]

### Resultados

La implementación del proyecto de grado servirá de gran ayuda para los alumnos de la facultad de ingeniería mecánica de la UAN, ya que podrán profundizar los conocimientos teóricos de las clases e interactuar los fenómenos ocasionados por la torsión de ejes y deflexión de vigas, así como hallar los elementos de máquinas y selección de materiales.

Finalmente con la implementación de esta categoría de proyectos, lo alumnos enriquecerán los conocimientos teóricos de la ingeniería y podrán concluir sobre las ventajas y desventajas de la utilización de equipos, herramientas y máquinas en el sector industrial.

Se halla la torsión de cinco diferentes probetas de materiales metálicos y establecer la carga máxima de los ejes circulares de Acero (AISI 1020, AISI 1040 e inoxidable S30400) cobre (C14500) y aluminio (2014-O).

Se determina la presión máxima para la flexión de cinco diferentes probetas de materiales metálicos y establecer la

### CONCLUSIONES.

- ✓ Se determinó el diseño, construcción y funcionamiento de un Banco Didáctico de torsión de ejes circulares y deflexión de vigas rectangulares hasta 1/2 in, para ser implementado en los laboratorios del programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Antonio Nariño de Neiva
- ✓ Se diseñó estructura que aloje los elementos necesarios para el banco didáctico basado en previos cálculos matemáticos.
- ✓ Se implementó la etapa de construcción del banco didáctico previamente diseñado en software cumpliendo con los requerimientos necesarios para pruebas a realizar.
- ✓ Se probó el funcionamiento del banco didáctico de torsión de ejes y deflexión de vigas usando probetas calibradas
- ✓ Se elaboró el manual de pruebas de experimentos y guías de laboratorio para torsión y flexión máximas de ejes y vigas que se pueden implementar al banco didáctico en la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño.
- ✓ Se diseñó el manual de operación y mantenimiento requerido para el banco didáctico de torsión de ejes circulares y deflexión de vigas rectangulares para la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Antonio Nariño sede Neiva.

### REFERENCIAS

- [1] ASTM A938. Ensayo de torsión de alambres. Equivale a la norma ISO 7800. West Conshohocken, PA, 2013
- [2] NTC 3995. Materiales metálicos. Alambres. Ensayo de torsión simple. Bogota D.C. 2014 (Primera actualización 05 Junio de 2015)
- [3] Mott, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México: Pearson Prentice Hall. 2006. 944 p. ISBN 9702608120.
- [4] Mott, Robert L. Resistencia de Materiales. 5 ed. México: Pearson Prentice Hall, 2009. 792 p. ISBN: 9786074420470.
- [5] Paredes. J y Ordoñez. J. banco didáctico de transmisión mecánica de potencia con sus respectivas cadenas cinemáticas. Facultad de ingeniería Mecánica. Universidad Antonio Nariño. Neiva – Huila. 2014.

