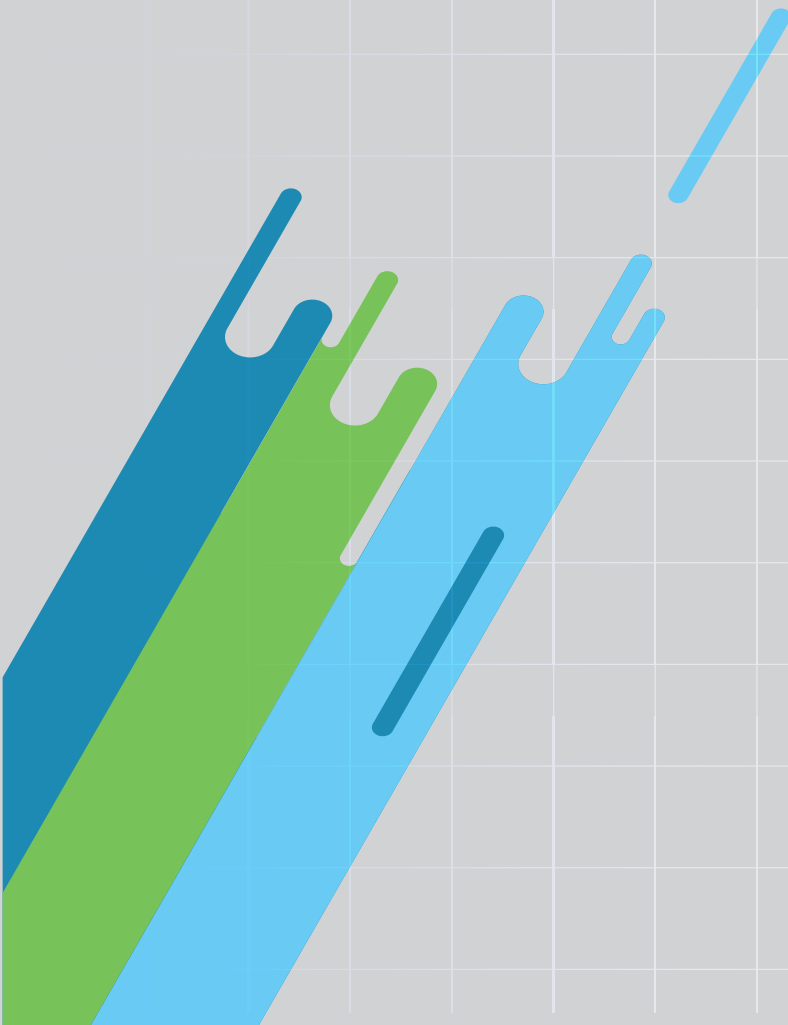


Diseño y Construcción de un Tornillo de Banco Eficiente para Procesos de Fabricación Mecánica



"Diseño y Construcción de un Tornillo de Banco Eficiente para Procesos de Fabricación Mecánica"

"Design and Construction of an Efficient Bench Vise for Mechanical Manufacturing Processes"

Javier Edmundo Jaramillo Ortega¹
Edwin Gonzalo Ortega Ponce²
Mónica Alexandra Carrión Cevallos³

¹Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, javier.jaramillo@istcarloscisneros.edu.ec

²Independiente, Ecuador, edwinortegatec@gmail.com

³Instituto Superior Tecnológico "Carlos Cisneros", Ecuador, monica.carrion@istcarloscisneros.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo consiste en diseñar y fabricar un tornillo de banco eficiente como medio de sujeción para procesos de fabricación mecánica, evaluando su factibilidad técnica para la producción en un taller con máquinas herramientas como torno, fresadora, taladradora y prensa; se realizó un estudio técnico de diseño estructural empleando normas de fabricación ISO con materiales en estado de suministro que ofrece el mercado local como plancha de acero laminada en caliente ASTM A36 de 4mm, UPN 80, fundición nodular ASTM A536, acero AISI 1018, acero AISI 1045, ensamblado con soldadura SMAW y tornillería. Con el objetivo general de diseñar una solución que reduzca los tiempos de producción al máximo y optimice la fabricación mediante procesos de mecanizado con y sin arranque de viruta, que cumpla con las características técnicas de calidad y garantía para el usuario final, podrá ser instalada de manera sencilla en los mismos talleres donde fueron construidos; comprobando los resultados del diseño mediante el análisis con herramientas computacionales. El proceso en general terminará por comprobar la funcionalidad del dispositivo al estar sometido a un esfuerzo de cedencia y el medio de sujeción al límite de su capacidad; para poder ofrecer un resultado que se traduzca en datos de resistencia mecánica comprobados que tendrán como función el otorgar datos de operación. La investigación se realizó mediante un análisis de campo para evidenciar la capacidad del útil de sujeción que se encuentra en el mercado nacional, y compararlo con el fabricado en esta propuesta. Al término del proyecto, es funcionalmente operativo; respondiendo a pruebas de torque, fuerza, paralelismo de las mordazas, desplazamiento rápido de la mordaza móvil y perpendicularidad de los elementos sujetos

Palabras clave: Tornillo de banco, Manufactura en máquinas herramientas, CAD, CAE, Tornillo de potencia

ABSTRACT

The present paper consists of designing and manufacturing an efficient bench vise as a means of clamping for mechanical manufacturing processes, evaluating its technical feasibility for production in a workshop with machine tools such as lathe, milling machine, drilling machine and press; A technical study of structural design was carried out using ISO manufacturing standards with materials in supply status offered by the local market such as ASTM A36 4mm hot rolled steel sheet, UPN 80, ASTM A536 nodular cast iron, AISI 1018 steel, AISI steel 1045, assembled with SMAW welding and screws. With the general objective of designing a solution that reduces production times to the maximum and optimizes manufacturing through machining processes with and without chip removal, that meets the technical characteristics of quality and guarantee for the end user, it can be installed simple way in the same workshops where they were built; checking the design results through analysis with computational tools. The process in general will end by checking the functionality of the device when it is subjected to a yield stress and the means of fastening to the limit of its capacity; in order to offer a result that translates into verified mechanical resistance data that will have the function of providing operating data. The research was carried out through a field analysis to demonstrate the capacity of the clamping tool found in the national market, and compare it with the one manufactured in this proposal. At the end of the project, it is functionally operational; responding to tests of torque, force, parallelism of the jaws, rapid movement of the mobile jaw and perpendicularity of the clamped elements.

Keywords: Bench vice, machine tools, CAD, CAE, Power Screw.

Recibido: (dejar en blanco) Aceptado: (dejar en blanco)

Recibido: 18/09/2023 Aceptado: 27/10/2023
Received: 18/09/2023 Accepted: 27/10/2023

1 INTRODUCCIÓN

El tornillo de banco es una herramienta de sujeción que se usa como dispositivo auxiliar en el trabajo de actividades mecánicas manuales, así como en la sujeción de materiales para ser mecanizados por arranque de viruta en máquinas y herramientas.

Esta herramienta tiene dos mordazas una fija y una móvil que se acciona a través de un tornillo de potencia, que se juntan paralelamente para sujetar elementos y en otros casos para mecanizado de materiales como aceros de bajo, medio contenido de carbono, acero estructural, varios grados de acero inoxidable con dureza promedio entre 120 y 650 en la escala Brinell (HB).

El campo de aplicación en operaciones manuales de aserrado, limado, montaje, ajuste mecánico etc., que garantiza condiciones seguras de trabajo constituyéndose un dispositivo importante en los talleres de fabricación manufacturera y en centros educativos de formación profesional técnica, que permita desarrollar habilidades procedimentales en los estudiantes por lo que es necesario contar con este utillaje en un puesto de trabajo.

El objetivo de este proyecto implica el diseño y la fabricación de un tornillo de banco que sea eficiente y duradero, accesible en su construcción y útil en talleres, además, se debe indicar que una vez manufacturada esta entena, podrá ser instalada de manera sencilla en los mismos talleres donde fueron construidos, permitiendo la creación de un puesto de trabajo adicional adaptado para el entorno de producción.

Generalmente son construidos de hierro fundido gris y acero forjado, en la presente investigación se propone un diseño con perfiles estructurales y aleaciones ferrosas que se pueden encontrar con facilidad en estado de suministro en el mercado nacional

La construcción de este dispositivo es considerado como un proyecto integrador de saberes dentro del área mecánica ya que permite combinar conocimientos relacionados con la resistencia, deformación, selección de materiales, manufactura por mecanizado y ensamblaje mediante uniones soldadas y no soldadas, al final del proyecto, se

obtendrá un tornillo de banco que podrían usar en futuros proyectos y talleres.

Cortés y Consuelos [1] diseñan y manufacturan una prensa de banco utilizando como material base aluminio, mecanizando todas las partes en máquinas herramientas convencionales y CNC utilizando pernos como medios sujeción. Por otra parte el diseño de un banco de trabajo de hierro fundido de Sivasankaran [2] sin utilizar pernos como medio de sujeción propone un análisis por elementos finitos usando un software tipo CAE (ANSYS) para determinar el mejor prototipo en función de las deformaciones. El diseño de Chougule [3] tiene al hierro fundido, acero de bajo y medio contenido de carbono como materiales de construcción y representa un típico tornillo de banco, con ligeras modificaciones siendo prototipado mediante impresión en 3D.

De los tornillos de banco analizados se coincide con el propuesto por Chougule [3], la fabricación del tornillo de potencia por mecanizado con el de Cortés y Consuelos [1] y la sujeción y ensamblaje como el de Sivasankaran [2], en todos los modelos descritos [1] [2] [3] [4] [4] se utiliza un software tipo CAE para la simulación de cargas ya que permite evaluar y validar virtualmente el diseño, obteniendo resultados confiables y eficientes, reduciendo costos y tiempos de desarrollo, en este caso se realizará un pre diseño utilizando las diferentes cargas, fuerzas, momentos, tensiones o condiciones que afectarían al modelo, utilizando teorías de falla. Con los elementos estructurales predefinidos se analiza mediante simulación por elementos finitos (FEA) el tornillo de banco.

Al igual que Sandeep Kumar [5] se fabricará un tornillo de potencia usando la luneta que es un dispositivo para evitar la flexión, soportar y guiar la pieza en el mecanizado, para mantener tolerancias de cilindricidad y concentricidad en el elemento garantizando la movilidad de la mordaza móvil.

En base a la bibliografía analizada, la metodología empleada. Se plantea como hipótesis: al diseñar un tornillo de banco es posible construirlo con máquinas herramientas convencionales como: torno paralelo, fresadora, taladro y prensa hidráulica.

2 METODOLOGÍA Y MATERIALES

El diseño apropiado se refleja en el funcionamiento de un producto, el mismo que debe basarse en los procesos de manufactura que estén al alcance del constructor, según Pahl & Beitz [6], las metodologías de diseño en ingeniería son una secuencia concreta de acciones para el diseño de sistemas técnicos que derivan su conocimiento de la ciencia del diseño, de la psicología cognitiva y de la experiencia práctica en diferentes campos.

El diseño propuesto en el presente artículo utiliza materiales en estado de suministro que se pueden encontrar en el mercado local tales como UPN 80, plancha laminada en caliente de 4mm, los mismos que acelera el proceso de fabricación además seleccionar materiales como hierro fundido nodular ASTM tipo A536 Grado 60-40-18 para la tuerca, AISI 1018 para el tornillo de potencia y acero AISI 1045 para las mordazas.

El modelado del tornillo de banco se realizó en un software del tipo CAD (Diseño asistido por computador) y el cálculo de resistencia mecánica en un software del tipo CAE (Ingeniería asistida por computador).

2.1 Diseño

En la figura 1 se muestra el tornillo de banco con sus partes, datos necesario para el pre diseño y diseño.

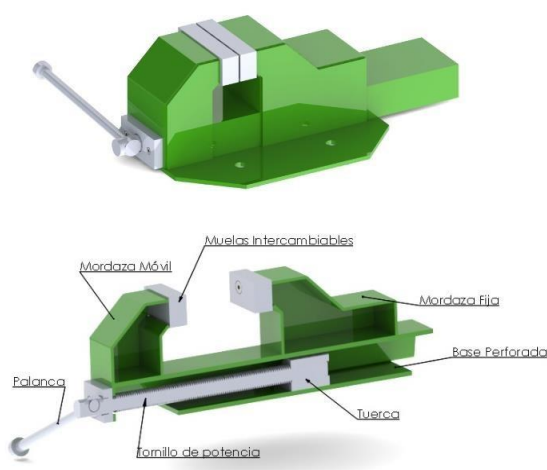


Figura 1 Partes del tornillo de banco

Para el desarrollo del tornillo de banco se toma como referencia la medida de la fuerza isométrica de la mano y del antebrazo [7], tomando esta carga inicial y usando sistemas de pares equivalente se conoce las cargas que se aplicarán en cada parte, con estos elementos se realiza el pre diseño seleccionando los elementos estructurales como se muestra en la figura 1.

Como dato preliminar tenemos la fuerza promedio que es de 27.5Kgf y la longitud de palanca del tornillo de banco de 250mm que genera un torque inicial de 6187.5Kg*mm para el pre diseño

Cada elemento será simulado en el software tipo CAE, teniendo como referencia que el factor de seguridad debe ser mayor a 1,25 para herramientas [8]

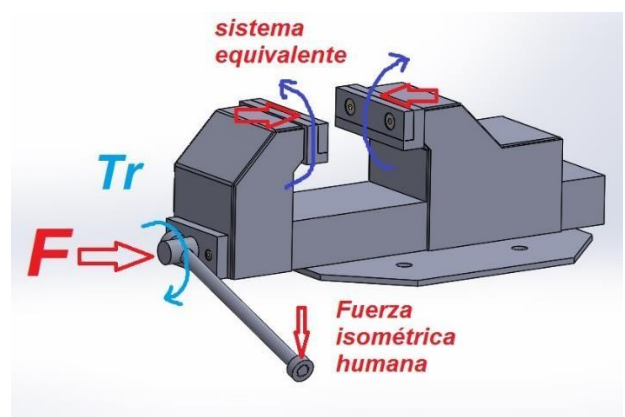


Figura 2 Sistema estático equivalente para uso en software tipo CAE

Para la planificación del mecanizado se considera la maquinaria accesible al medio previo a la manufactura del tornillo de banco. La construcción obedece a un grupo de procedimientos necesarios para el cumplimiento de normas de fabricación ISO 1101 e ISO 286 [9]

Las especificaciones técnicas se establecen en el diseño.

- Altura 155 mm
- Largo 345 mm
- Ancho 300 mm
- Peso aproximado 16,357 Kg
- Apertura máxima de las mordazas: 85mm

En un análisis preliminar se contempla el uso de máquinas herramientas para la fabricación de componentes y la unión de juntas mediante soldadura y tornillería.

El control dimensional para la construcción del dispositivo se realizará, teniendo en cuenta la tolerancia admisible de 0,2 mm/m en cilindridad y 0,03 mm en concentricidad para el tornillo de potencia, perpendicularidad entre la base y las mordazas de 0,1 mm, paralelismo entre las mordazas de 0,05 mm, todos estos datos referenciados de la norma ASME Y14.5.[10] permitiendo ajustarse al planteamiento del diseño, asegurando un funcionamiento

Las mordazas son intercambiables, esto con la finalidad de usarlas para materiales semiduros y la facilidad de cambio cuando haya desgaste, como se muestra en la figura 3.

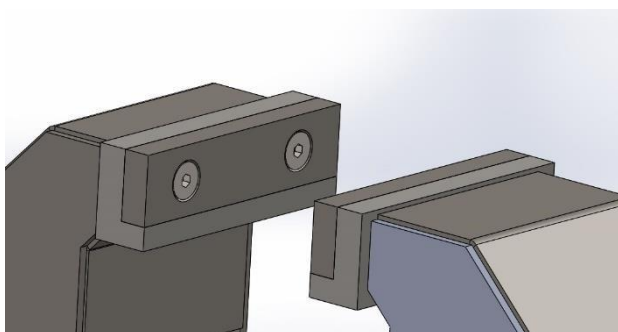


Figura 3 Muelas intercambiables.

Se usa la norma DIN 103 [8] para establecer los parámetros del tornillo de avance con un diámetro exterior de 24,5 mm, paso de 3mm y un ángulo de perfil de 30°

Como se observa en la figura 1 el torque genera una fuerza axial, usando la ecuación 1 a partir del torque encontramos dicho parámetro que se utilizará en el análisis de elementos finitos.

$$Tr = \frac{F * dm}{2} * \left(\frac{1 + \pi * f * dm * \sec \alpha}{\pi * dm - f * l * \sec \alpha} \right)$$

Donde

Tr=Torque

F= Fuerza axial

f= coeficiente de rozamiento

dm= diámetro medio

α = ángulo de cresta

l= paso

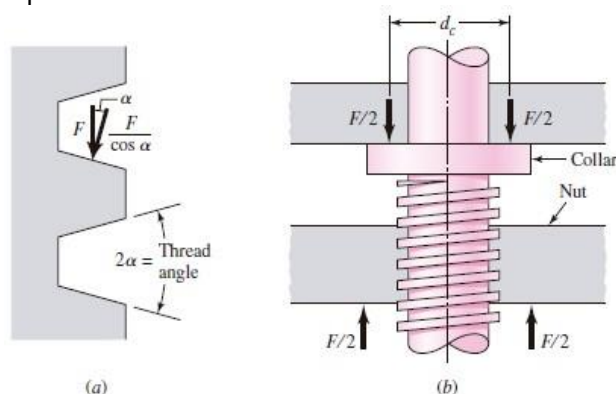


Figura 4 Fuerzas que actúan en un tornillo de potencia generado por el torque a) La fuerza normal en el tornillo se incrementa con el ángulo b) Fricción producida por el collarín

En la figura 4 se muestra cómo actúan las fuerzas en el tornillo de potencia, con los siguientes valores, torque (Tr) de 67375 N*mm y una fuerza axial (F) de 5040,712 N.

Para el análisis de elementos finitos se utiliza los parámetros mostrados en la tabla 1 y la figura 4

Tabla 1 Parámetros para cálculo

Tipos de contactos	Bonded (unida mediante calor o presión), Frictional (coeficiente de fricción).
Calidad de malla	Máxima 1 Mínima 0,19 Promedio 0,87 Desviación estándar 0,13
Restricciones	Fijo en la base
Fuerza	En el extremo de la palanca 270N En las mordazas 2521N para cada una
Momento Flector	En las mordazas 283000N*mm

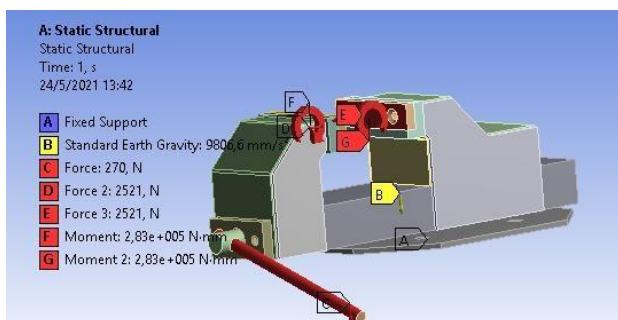


Figura 5 Parámetros para el cálculo

El análisis tipo CAE del conjunto nos da un coeficiente de seguridad de 1,26, una deformación máxima de 0,97mm al final de la palanca. Como se muestra en la figura 4

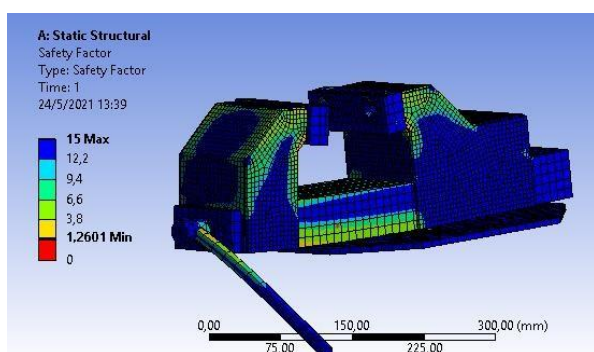


Figura 6 Coeficiente de seguridad

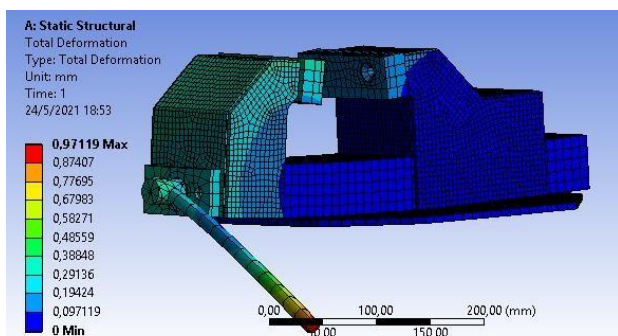


Figura 7 Deformación lineal

La figura 8 muestra la deformación máxima del tornillo se encuentra entre 0,24mm y 0,32mm.

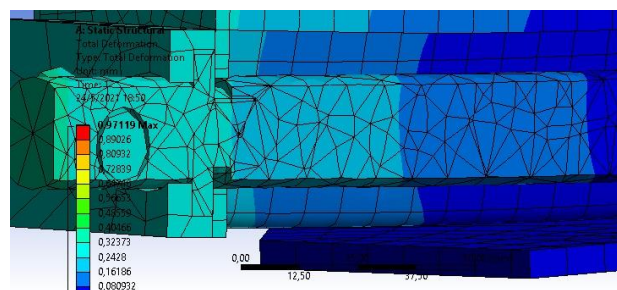


Figura 8 Pandeo del tornillo de potencia

2.2 Materiales

El empleo de componentes estándar, simplifica los procesos de fabricación, facilita las compras, evita las inversiones en herramientas y equipo y acelera el ciclo de manufactura. [1]

Los materiales necesarios para la construcción se muestran en la tabla 2:

Tabla 2 Materiales para fabricación

Elemento	Material
Mordaza fija y móvil	Plancha de acero laminada en caliente ASTM A36 de 4mm de espesor
Mordaza móvil	UPN 80, 350 mm de longitud
Tuerca	Fundición nodular ASTM A536 Grado 60-40-18
Palanca y collarín	Acero AISI 1018
Muelas	Acero AISI 1045, templado en aceite dureza 55HRC
Tornillos	M10 grado 8 para la base y M8 grado 5 para las muelas en las mordazas

2.3 Metodología de mecanizado

En la fabricación del tornillo, tuerca, placas de sujeción, palanca se aplica las normas ISO 286 y 2785 de fabricación mecánica, con los ajustes, tolerancias geométricas, calidades superficiales y grados de rugosidad normalizados.

Para la unión de partes se utiliza soldadura SMAW y tornillería

En la figura 9 se muestra la mordaza fija, las medidas a considerar y el ensamblaje mediante soldadura, además se toma en cuenta la deformación térmica de la plancha de acero en el armado del tornillo de banco.

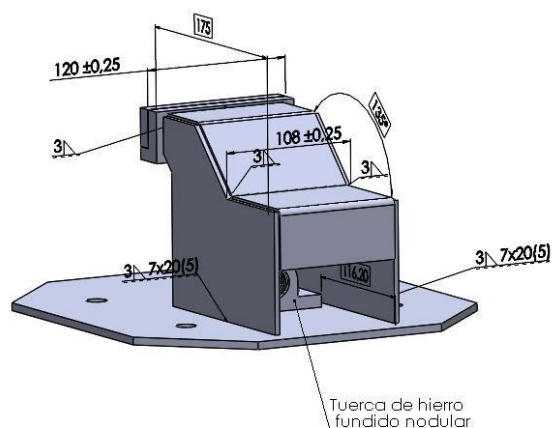


Figura 9 Medidas para la mordaza fija

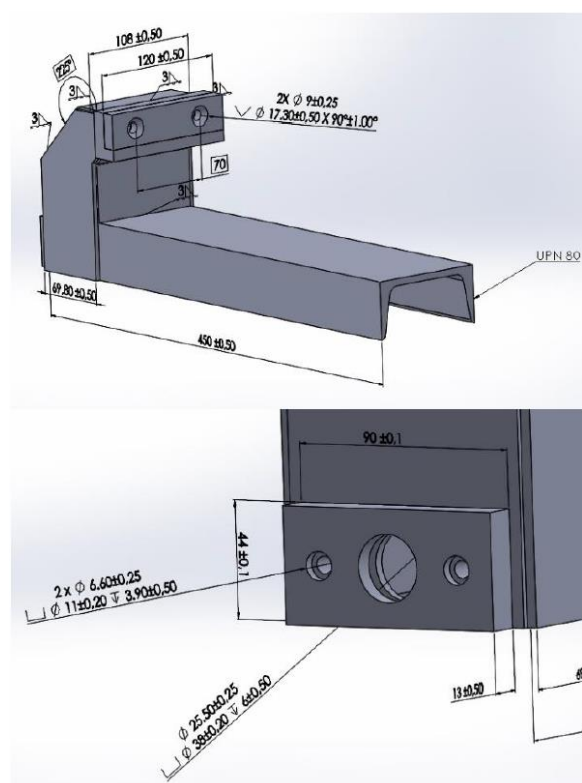


Figura 10 Medidas para la mordaza fija

En la figura 10 se muestra la mordaza móvil, longitudes, y ensamblaje por soldadura de sus partes.

Para el control dimensional se utilizará instrumentos como calibrador, micrómetros para exteriores y micrómetros para interiores; y para el control geométrico, reloj comparador para interior, reloj comparador para exterior, galgas y escuadras.

3. RESULTADOS

Para el análisis computacional se muestra una condición extrema, en este caso con la apertura máxima de las muelas genera un momento flector en las mordazas con un esfuerzo Máximo de 227.47 MPa como se muestra en la figura 11.

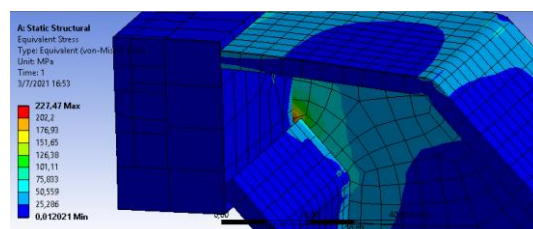


Figura 11 Esfuerzo equivalente máximo en MPa. en condiciones extremas para la mordaza móvil.

Las características de los dos tornillos de banco se muestran en la tabla 3, al tornillo adquirido en el mercado local se le denominará como TB1 y el construido en esta propuesta como TB2 además se los muestra en la figura 12

Tabla 3 Características del tornillo de banco adquirido y el propuesto

Características	TB1s	TB2
Altura	160 mm	155 mm
Largo	350 mm	350 mm
Ancho	300 mm	300 mm
Peso Aproximado	17 Kg	16,4 Kg
Apertura máxima de mordazas	90 mm	85 mm
Longitud de palanca	240 mm	250 mm
Tornillo de potencia	DIN 103 De=24.5 mm	DIN 103 De=24.5 mm

Para demostrar la funcionalidad del tornillo de banco propuesto se somete a esfuerzos cortante a un tubo cuadrado de 25.4 mm de lado, 2mm de espesor y se

lo compara con un tornillo de banco adquirido en el mercado local

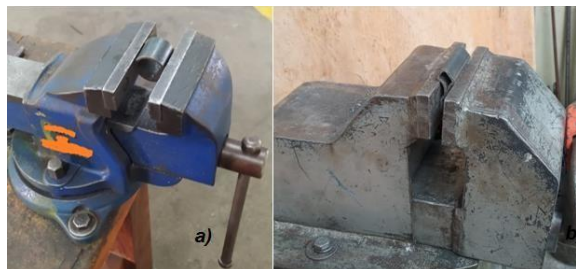


Figura 12 Tornillos de banco aplicando carga en tubos cuadrados. (a) TB1 b) TB2

El esfuerzo cortante a aplicarse para deformar los tubos se calcula en función de la fuerza axial F producto del torque Tr con la ecuación 1.

La fuerza F para el cálculo se toma de la fuerza isométrica de la mano [7], en la tabla 4 se muestra los valores de toque y fuerza axial además del esfuerzo cortante resultante que deformaron a la tubería cuadrada sometida a prueba.

Tabla 4 Valores de torque y fuerza para deformación de tubería

Tornillo de banco	TB 1	TB2
Torque (Tr) N*mm	67375	64680
Fuerza axial N.	5040	4849
Esfuerzo cortante M*Pa.	170.46	177.56

En la figura 13 se muestra los tubos deformados en los tornillos de banco TB1 TB2, en los dos tornillos de banco no existieron deformaciones plásticas en ninguna de sus partes, entendiendo que las mordazas son las que reciben el mayor esfuerzo.

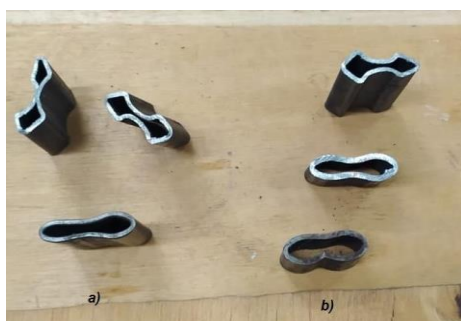


Figura 13 Tubería deformada a) en TB1 b) en TB2

4. CONCLUSIÓN

El modelo propuesto se considera suficientemente robusto para soportar cargas en comparación con el modelo existente, así el modelo propuesto fue evaluado en el software calculando la deformación para una carga dada que se compara con los resultados de los tornillos de banco existente en el mercado nacional dando resultados satisfactorios

El diseño y fabricación del tornillo de banco ha cumplido con parámetros de calidad y resistencia y con esfuerzos de trabajo de campo, faculta un manejo fácil y fácil para sujeción, con una fuerza isométrica máxima de presión manual de 5040 N

El protocolo de pruebas registra eficiencia en alto torque y la compresión entre tornillo y tuerca

La tuerca para el deslizamiento del tornillo de potencia puede ser también construido de bronce fosfórico pudiendo reemplazar al hierro fundido propuesto en el presente artículo.

El tornillo de banco está funcionando con normalidad en el taller de Mecánica Industrial A2 de la Unidad Educativa Carlos Cisneros

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Cortes and G. Consuelos, "Modelado, diseño y analisis teorico practico de una prensa de banco," p. 118, 2006, [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15998525>.
- [2] P. Sivasankaran, "Design and Analysis of Modular Fixture for Machine Vice," vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [3] Shrikant M. Chougule and D. B. Waghmare, "Design & Manufacturing of Components of Modified Bench Vise on Rapid Prototype Machine," *Int. J. Appl. or Innov. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 7, pp. 39–51, 2015.
- [4] R. Yadav and J. Singh, "Implementation of CATIA V5 in Modeling and Simulation of Workbench Vice," *Int. J. Emerg. Technol. Eng.*

Res., vol. 6, no. 5, pp. 106–110, 2018,
[Online]. Available:
www.ijeter.everscience.org.

- [5] S. Kumar, S. Anand, H. Tiwari, G. Chamoli, A. Kukreti, and P. Kumar, "Design and Fabrication of Bench Vice and Toggle Screw Jack," *Int. J. Mach. Des. Manuf.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [6] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K. H. Grote, and K.-G. erfolgreicher Produktentwicklung, "Methoden und Anwendung." Springer, 2007.
- [7] M. L. Mateo Lázaro, F. Berisa Losantos, and A. Plaza Bayo, "Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel," *Nutr. Hosp.*, vol. 23, no. 1, pp. 35–40, 2008.
- [8] B. Nisbett and R. G.-J. Keith, "Diseño en ingeniería mecánica Shigley," *Mc Graw Hill*, p. 1039, 2011.
- [9] ISO, "Dimensional and geometrical product specifications and verification." 2011, Accessed: Sep. 12, 2019. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:286:-1:ed-2:v1:en>.
- [10] ASME, "ASME Dimensioning and Tolerancing Handbook ASME Y14.5-2009." p. 227, 2009, [Online]. Available: <http://books.google.com.co/books?id=XOxqQgAACAAJ>.