

## ARTÍCULO

# ESTUDIO DE LA PRENSA HIDRÁULICA ENFARDADORA DE BOTELLAS PET EN EL LABORATORIO DE UTEPSA EN SANTA CRUZ DE LA SIERRA

*Study of the Hydraulic Baling Press for PET Bottles in the UTEPSA Laboratory in Santa Cruz de la Sierra*

Por:

**Max Mamani Huanca**

**Centro de Investigación Científica UTEPSA**

<https://orcid.org/0009-0005-2613-3789>

[memauto@hotmail.com](mailto:memauto@hotmail.com)

Recibido: 31/10/2023

Revisado: 14/02/2024

Aceptado: 07/03/2024

## RESUMEN

La intensa contaminación que genera el hombre ha producido una crisis climática en todo el planeta, a consecuencia de esto se realizan diferentes estrategias de ingeniería para minimizar las acciones de contaminación especialmente con las botellas PET, este puede ser reciclado hasta una demanda en el producto que permite sus posibilidades de uso. Para este proceso se desarrollan diferentes modelos industriales de máquinas hidráulicas de gran tamaño, que compactan grandes volúmenes de envases PET. En Base a las necesidades locales y/o regionales el presente documento tiene como objetivo realizar el estudio en Diseñar y Construir una prensa hidráulica enfardadora de botellas (PET), para la Fundación Amigarse ubicada en la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Para esta situación se aplica una metodología descriptiva que permite estudiar los formalismos y/o modelos que se aplican en la ingeniería, bajo un corte longitudinal que analiza las constantes pruebas de laboratorio que se necesitan para la construcción del diseño de esta prensa hidráulica. Los resultados

muestran un análisis de todas las características que tiene el modelo de ingeniería mismo que permite establecer los costos y beneficios de este sistema que se implementa por el laboratorio de mecánica de UTEPSA para la Fundación Amigarse. Finalmente, las conclusiones muestran cuales son los beneficios de este estudio que permite a UTEPSA tener un vínculo entre la investigación y la responsabilidad social, con base a un desarrollo tecnológico que va en beneficio del medio ambiente.

**PALABRAS CLAVE:** *PET, Prensa Hidráulica, análisis mecánico, esfuerzo cortante, reciclado*

## ABSTRACT

Intense human-generated pollution has led to a global climate crisis, prompting various engineering strategies to minimize pollution, especially with PET bottles, which can be recycled to meet demand in the product, thus extending their usability. This process involves the development of various large-scale hydraulic machine models that compact large

volumes of PET containers. Based on local and/or regional needs, this paper aims to design and construct a hydraulic baling press for PET bottles for the "Fundación Amigarse" located in the city of Santa Cruz de la Sierra. A descriptive methodology is applied to study the formalisms and/or models used in engineering, focusing on a longitudinal analysis of the constant laboratory tests needed for the construction of this hydraulic press design. The results present an analysis of all the characteristics of the engineering model, allowing the costs and benefits of this system implemented by the UTEPSA mechanical laboratory for the "Fundación Amigarse" to be established. Finally, the conclusions highlight the benefits of this study, allowing UTEPSA to establish a link between research and social responsibility, based on technological development that benefits the environment.

**KEYWORDS:** *PET, Hydraulic Press, mechanical analysis, shear stress, recycling*

## 1. INTRODUCCIÓN

El consumo desmesurado de botellas PET en toda la industria, ha generado una preocupante problemática ambiental a escala mundial y regional, estos insumos a pesar de tener normas y/o leyes internacionales de reciclado, en muchas regiones no aplican siendo que el ser humano racional no cumple con las medidas preventivas (Naciones Unidas-CEPAL, 2019). Por esta situación muchos estados han priorizado las políticas de reciclado, considerando que estas botellas cuando no están en un recipiente o en un contenedor de basura, pueden afectar en la emisión de micropartículas que son degradadas por la interacción de la radiación solar o por el clima extremo de calor, esta situación permite que se genere mayores consecuencias en un área determinada (UNESCO, 2023).

Ante esta situación, para el contexto boliviano, la empresa Empacar se encuentra recibiendo una cantidad considerable de estas botellas cada mes, aproximadamente 1000 toneladas (Betancourt Rodríguez, 2017), con una parte sustancial

proveniente de los residuos sólidos de La Paz y otras ciudades, especialmente Santa Cruz de la Sierra, esta última región con un parque industrial y además de una gran densidad poblacional que consumen productos en donde usan los PET. Por lo tanto, el reciclaje de botellas PET no solo representa una necesidad imperiosa para evitar la acumulación de residuos plásticos en el medio ambiente, sino que también ofrece una solución efectiva para reducir el consumo de recursos naturales y las emisiones de gases de efecto invernadero. Cada kilogramo de plástico reciclado equivale a una significativa reducción de 1,5 kg de CO<sub>2</sub> emitidos a la atmósfera, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático (Tipán, Mora, & Altamirano, 2019).

Para este contexto, la Fundación Amigarse que se encuentra en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, desempeña un papel crucial en el proceso de reciclaje, sin embargo, mismo que enfrenta desafíos significativos, como la gestión del volumen excesivo de botellas PET almacenadas y la necesidad de una maquinaria especializada para su procesamiento (Bosada & Andrés, 2019). En este sentido, la implementación de tecnologías innovadoras, como las prensas hidráulicas, se vuelve fundamental para mejorar la eficiencia del proceso y reducir los costos asociados. Es esencial destacar la importancia de la ingeniería inversa y el uso de materiales reciclados en la construcción de maquinaria para el reciclaje (Betancourt Rodríguez, 2017). Este enfoque no solo promueve la sostenibilidad ambiental al reducir la demanda de recursos naturales, sino que también contribuye a la economía circular al reintegrar materiales en desuso en nuevos procesos de fabricación.

Ante esta descripción se realizó un proyecto de ingeniería bajo un estudio en el diseño y construcción de una prensa hidráulica enfardadora de botellas PET para la Fundación Amigarse en Santa Cruz de la Sierra, mino que representa un paso significativo hacia la gestión sostenible de los residuos plásticos en Bolivia (Pérez, 2018). Este proyecto no solo busca resolver los desafíos logísticos y económicos enfrentados por la fundación, sino que también pretende fomentar la

adopción de prácticas ambientalmente responsables en la sociedad boliviana y promover la conservación del medio ambiente para las generaciones futuras (Who, 2019).

Por tanto, para un análisis de ingeniería se debe considerar los principios fundamentales de física en cuanto se refiere a la resistencia de materiales para ello se consideran, los siguientes principios teóricos:

- **Esfuerzo normal ( $\sigma$ ):** Es un esfuerzo aplicado en dirección normal (perpendicular) a la cara sobre la cual actúa, este esfuerzo puede ser de tracción, cuando trata de traccionar (y alargar) el elemento, o de compresión, cuando trata de comprimirlo (y acortarlo), que es la cantidad de esfuerzo mecánico por una sección transversal donde matemáticamente esta expresado por:

$$\sigma = \Delta F / \Delta A \quad (1)$$

- **Esfuerzo cortante ( $\tau$ ):** Es un esfuerzo aplicado en dirección tangencial (paralela) a la cara sobre la cual actúa. Este esfuerzo trata de cortar o cizallar el cuerpo a través de la cara sobre la que actúa basado, es decir este tiene la acción de analizar el cuerpo ( $\Delta V$ ) en función del inversa al área de sección transversal ( $\Delta A$ ):

$$\tau = \Delta V / \Delta A \quad (2)$$

- **Punto o Elemento infinitesimal:** Corresponde a un punto de un cuerpo (o de una sección de análisis); dicho punto se representa usualmente mediante un cubo infinitesimal Estado de esfuerzo Usualmente, el estado de esfuerzo en un punto corresponde a las componentes de esfuerzo (normales y cortantes) que actúan en tres planos mutuamente ortogonales. Se representa por los esfuerzos que actúan en un elemento diferencial que rodea el punto de análisis.
- **Distribución de Esfuerzos:** Es la manera en que varía o se distribuye el esfuerzo en una sección de un cuerpo.

- **Esfuerzo admisible o permisible:** Esfuerzo que se puede aplicar a un elemento con cierto grado de seguridad; es decir, es el esfuerzo máximo permitido por debajo del cual el elemento debe resistir las cargas con cierta tolerancia de seguridad, este permite corregir el riesgo de falla.
- **Esfuerzo de falla o resistencia:** Este es un fenómeno físico de esfuerzo que produce la falla del elemento; la falla puede ser por deformación permanente (plástica) o por fractura Los elementos mecánicos y estructurales deben someterse a esfuerzos suficientemente menores que los esfuerzos que producen la falla, los cuales son: resistencia de fluencia y esfuerzo último
- **Factor de seguridad (N):** Es un factor mayor que la unidad relacionada con la seguridad del elemento, mismo que analiza la relación entre la carga que produce la falla y la carga aplicada (en muchos casos es también la relación entre el esfuerzo de falla y el esfuerzo aplicado) (Mott, 2016)

Estos principios físicos de la resistencia de materiales (Blanco Claraco & Hernández Díaz, 2016), permiten establecer las condiciones en el análisis de la estructura como del diseño hidráulico que permita cumplir con el objetivo trazado de este proyecto, con una aplicación del conocimiento científico en el desarrollo de la ingeniería.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Basadas en la descripción teórica, el presente proyecto se enfoca en analizar y profundizar los beneficios de un estudio en el diseño y la construcción de prensa hidráulica enfardadora para el reciclado de las botellas PET análisis de capacidad de carga de cilindros bajo de simulación de laboratorio permitiendo utilizar herramientas de la ingeniería y software especializado permitiendo diseñar la estructura en base a los conceptos implícitos en el fenómeno de pandeo o de la deformación de una estructura sólida (fenómeno de inestabilidad) y además de considerar el comportamiento real de los elementos estructurales

sometidos a cargas de compresión y flexión. Por lo tanto, este análisis de materiales e insumos utilizados como: permiten contrastar de manera metódica un modelo eficaz para el cálculo de la capacidad de carga de la estructura hidráulica, considerando que la mayoría de fabricantes han optado por utilizar un modelo simple y muy conservador que se fundamenta en suponer que el comportamiento a pandeo de la prensa hidráulica es equivalente al pandeo de una columna rígida considerando el momento de inercia igual al momento de la sección transversal del modelo que se propone (Barroso Herrero & Ibáñez Ulargui, 2017).

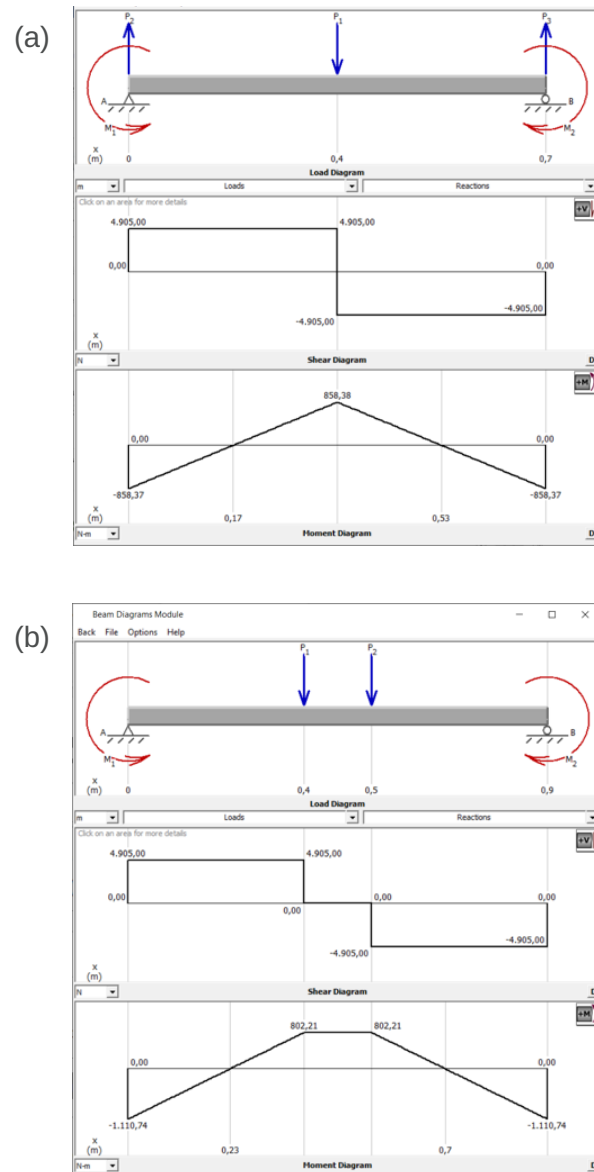
Ante esta descripción se aplica un enfoque cualitativo con base a una metodología descriptiva que permitió desarrollar un análisis en base a las condiciones observacionales del modelo a desarrollar, es importante enunciar que lea herramienta metódica parte de la observación -empírico-mecanicista, que permite considerar los principios físicos de la resistencia de materiales enfocados en un corte longitudinal que analiza el modelo durante varias pruebas para describir el rendimiento de la maquina hidráulica, que permitió cumplir las siguientes tareas de ejecución para el logro del objetivo trazado en este proyecto consistente en:

- ▶ Determinación de los componentes de la enfardadora de botellas PET
- ▶ Análisis y cálculo de la estructura metálica
- ▶ Diseñar y evaluar el dimensionamiento del sistema hidráulico

### 3. RESULTADOS

A partir de la problemática planteada, el presente documento se enfoca en realizar un análisis detallado de los factores principales de ingeniería, centrándose específicamente en el dimensionamiento de las vigas transversal y longitudinal. Se considerando el proceso de ingeniería, la fuerza ejercida por el cilindro, con un peso de 2000 kg, debe ser soportada por la estructura de la viga, considerando el escenario

del análisis tanto en una reacción de corte como momentos flectores significativos. Por lo tanto, se ha tomado en cuenta la posibilidad de la viga ser soldada o empotrada en ambos lados, explorando las implicaciones y desafíos asociados con ambas opciones de diseño.



**Figura 1:** Viga empotrada (a) carga puntual simétrica, (b) con dos cargas puntual

**Fuente:** Elaboración por software en MDSolids 4

En ambas situaciones se analiza el esfuerzo admisible del material para el Acero A-36 considerando el siguiente análisis físico de esfuerzo

Para el caso del diagrama (a) de la figura 1 se tiene:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_b}{F_s} = \frac{250MPa}{4} = 62,5MPa$$

Módulo de sección

$$S_m = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{858,38 N * m}{62,5 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} = 1,3734 * 10^{-5} m^3 = 13.734 mm^3$$

Siendo que  $17.400 mm^3 \geq 13.734 mm^3$ , por lo tanto este requerimiento CUMPLE las expectativas de construcción de la ingeniería.

Para el caso del diagrama de (b) de la figura 1, se tiene la siguiente relación:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_b}{F_s} = \frac{250MPa}{3} = 83,3MPa$$

Módulo de sección

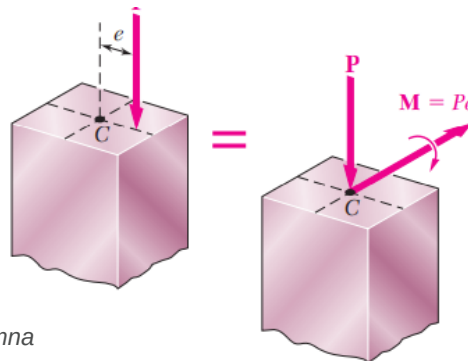
$$S_m = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{1110,74 N * m}{83,3 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} = 1,3334421 * 10^{-5} m^3 = 13.334 mm^3$$

Módulo de sección de la pletina rectangular

$$s_r = \frac{b * h^2}{6} = \frac{10 * 100^2}{6} = 16.666 mm^3$$

Tomando en cuenta que  $16.666 mm^3 \geq 13.333 mm^3$ , el cual muestra las ventajas de esta viga

**Dimensionamiento de la columna:** Para este diseño se considera a la prensa hidráulica bajo condiciones estáticas misma que estará conformada por cuatro columnas, cada una estará sometida a una carga de (4905N). Para el análisis de la columna se tomó como punto de partida las dimensiones del perfil tipo C. La columna elegida debe ser capaz de soportar el máximo esfuerzo combinado aplicando su respectivo factor de seguridad.



**Figura 2:** Diagrama de cuerpo libre de la columna

**Fuente:** Mecánica de materiales Beer (2009)

Esta situación permite analizar y profundizar el estudio, tomando en cuenta los esfuerzos combinados mediante la siguiente relación:

$$\sigma_{Comb.} = \frac{F}{A} + \frac{M_f}{S} \rightarrow \sigma_{Comb.} = \frac{4.905N}{A} + \frac{1.140,41N * m}{S}$$

Por lo tanto, para este estudio se tienen diversos perfiles tipo C, sobre ellos se realizarán, los cálculos de ingeniería permiten determinar los esfuerzos combinados, bajo los siguientes aspectos

$$Area = 1,7 \times 10^{-3} m^2$$

$$Modulo\ de\ Seccion = 11,1 \times 10^{-6} m^3$$

$$\sigma_{adm.} \geq \sigma_{Comb.}$$

$$\sigma_{Comb.} \geq \frac{4.905N}{11,1 \times 10^{-3} m^2} + \frac{1.140,41N * m}{11,1 \times 10^{-6} m^3} = 103,1 MPa$$

Como la carga es excéntrica se realizó el cálculo de  $\sigma_{adm.}$  en función a la esbeltez

$$\frac{l_e}{r_{min}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{\sigma_b}}$$

$$\frac{l_e}{r_{min}} = \frac{k * l}{r_{min}} = \frac{0,5 * 1,440}{0,0159} = 45,3$$

$$4,71 \sqrt{\frac{E}{\sigma_b}} = 4,71 \sqrt{\frac{200 * 10^9}{250 * 10^6}} = 133,2$$

$$69,93 \leq 133,2 \text{ se emplea la } \sigma_{crit} = \left[ 0,658^{\sigma_b/\sigma_e} \right] \sigma_b$$

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 * E}{\left( \frac{K * l}{r_{min}} \right)^2} = \frac{\pi^2 * 200 * 10^9}{(45,3)^2} = 916,9 MPa$$

$$\sigma_{crit} = \left[ 0,658^{250/916,9} \right] 250 = 223,03 MPa$$

$$\sigma_{adm.} = \frac{223,03}{1,67} = 133,55 MPa$$

$$133,55 MPa \geq 103,1 MPa$$

Estos resultados de este estudio muestran que el perfil seleccionado cumple con las características de requerimiento y para el diseño y construcción.

**Dimensionamiento de las paredes:** Un factor predeterminante en el diseño que permite analizar las distintas fuerzas de resistencia que soportara el modelo por lo cual se consideran los siguientes aspectos para un análisis técnico.

Esfuerzo a la que será sometida la placa

$$F=9810N$$

$$A=\text{Área de compactación } 0,59 \text{ m}^2$$

$$\mu=\text{Coeficiente de Poisson } 0,30$$

$$\text{Longitud de lados } a \text{ y } b=0,50 - 0,1 \text{ m}$$

$$S_y=\text{Esfuerzo del material } 200\text{-}220 \text{ MPa.}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{9810}{0,59} = 16627,118 \text{ N/m}^2$$

Aplicando el coeficiente de Poisson:

$$\varepsilon = \frac{\mu * \sigma}{1 - \mu} = \frac{0,30 * 16627,118}{1 - 0,30} = 7125,907 \text{ N/m}^2$$

Para la determinación de esfuerzo en placas planas, se emplea la ecuación del manual práctico de cálculos de ingeniería de Tyler G. Hicks:

Despejando espesor:

$$e = \sqrt{\frac{a^2 * b^2 * \varepsilon}{2 * (a^2 + b^2) * S_y}} = \sqrt{\frac{0,59^2 * 0,1^2 * 7125,907}{2 * (0,59^2 + 0,1^2) * 33,3 * 10^6}} = 1,019 * 10^{-3} \text{ m} \cong 2 \text{ mm}$$

Este resultado permite considerar el tipo de material que se debe utilizar en la estructura por lo cual en la siguiente tabla 1, se describe el mismo de manera técnica.

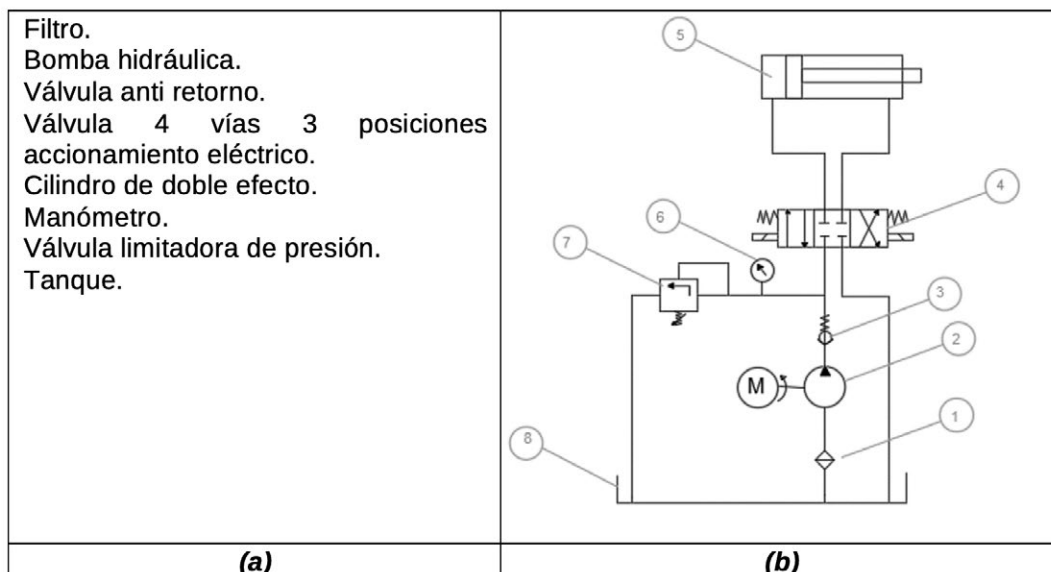
**Tabla 1:** Medidas de planchas

	Descripción	Medidas	Espesor	Material
1	Paredes laterales	1000*590	2 mm	SAE 1020
2	Placa del compactador	840*590 mm	4 mm	SAE 1020
3	Base	930*700 mm	8 mm	SAE 1020

**Fuente:** Elaboración Autor



**Dimensionamiento del sistema hidráulico:** El sistema hidráulico consta de actuador, bomba, filtros, válvulas, conexiones, tanque, etc. Cada una de las partes cubren los requerimientos del sistema, el proceso de cálculo y elección de las partes que conformarán el sistema hidráulico se inicia con la evaluación del actuador pues es el elemento que proporcionará la carga de 2 toneladas fuerza 2000kg.



**Figura 5:** (a) características para el sistema Hidráulico, (b) Diagrama del Sistema hidráulico  
*Fuente: Elaboración propia*

**Dimensionamiento y análisis del actuador:** De acuerdo a la estructura de la prensa se le ha asignado una carrera de 1000 mm. en un tiempo de 30 segundos y la carga máxima de 2000 kg. Una velocidad de 33,33 mm/s

**Determinación del área del cilindro hidráulico:** De acuerdo a la tabla de factores de carga máximo, para el valor de la velocidad corresponde un factor de carga de 70% que como coeficiente sería 0,7, y asumiendo la presión de 160 bar., considerando los siguientes parámetros.

$c = \text{Fueza a comprimir} = 19.620 \text{ N}$

$fr = \text{factor de rozamiento cilindro } 0,8$

$f_c = \text{factor de caarga } 0.7$

$$P = \frac{F}{fr * f_c * A} = \frac{19620 \text{ N}}{0,8 * 0,7 * A} = \frac{35035,71 \text{ N}}{A}$$

$$A = \frac{35035,71 \text{ N}}{P} = \frac{35035,71 \text{ N}}{160 * 10^5 \text{ N/m}^2} = 2,10 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

En base a este cálculo matemático se consideran aspectos de la ingeniería, por lo cual se hace referencia a la tabla 2, donde se muestran las dimensiones de pistones hidráulicos normados por ISO, en base a un análisis crítico donde permite elegir el actuador.



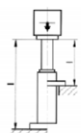
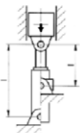
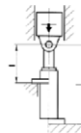
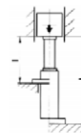
Tabla 2: Datos técnicos de cilindros

Diámetro del cilindro (mm)	Diámetro del vástago (mm)	Área el émbolo (cm <sup>2</sup> )	Área anular (cm <sup>2</sup> )	Roca de conexión	Roca punta de vástago	50 bar		80 bar		100 bar		125 bar		160 bar		200 bar	
						Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso
						25	14	4,91	3,37	G 1/4	M12 x 1,25	2 453	1 684	3 925	2 694	4 906	3 368
32	16	8,04	6,03	G 3/8	M14 x 1,5	4 019	3 014	6 431	4 28	8 038	6 029	10 048	7 536	12 861	9 646	16 077	12 058
40	20	12,56	9,42	G 1/2	M16 x 1,5	6 280	4 710	10 048	7 536	12 560	9 420	15 700	11 775	20 096	15 072	25 120	18 840
50	25	19,63	14,72	G 1/2	M20 x 1,5	9 813	7 359	15 700	11 775	19 625	14 719	24 531	18 398	31 400	23 550	39 250	29 438
63	32	31,16	23,12	G 3/4	M27 x 2	15 578	11 559	24 925	18 495	31 154	23 118	38 946	28 898	49 851	36 989	62 313	46 237
80	40	50,24	37,68	G 3/4	M33 x 2	25 120	18 840	40 192	30 144	50 240	37 680	62 800	47 100	80 384	60 288	100 480	75 360

Fuente: Catalogo de <http://www.hansatmp.it>

## Verificación de pandeo

Tabla 6: Diagrama de factor de corrección

FACTOR DE CORRECCIÓN SEGÚN TIPO MONTAJE CORRECTION FACTOR DEPENDING ON THE MOUNTING STYLE								
SITUACIÓN DEL MONTAJE DEL CILINDRO CYLINDER MOUNTING SITUATION	CASO 1	CASE 1	CASO 2	CASE 2	CASO 3	CASE 3	CASO 4	CASE 4
								
EJEMPLO EXAMPLE	Un extremo libre, el otro fijo. One free end, the other fixed.	Dos extremos articulados. Two articulated ends.	Un extremo articulado, el otro fijo. One articulated end, the other fixed.	Dos extremos fijos. Two fixed ends.				
MONTAJE MTC. STL.	MF3, MF4, MS2	MT4, MP3, MP5	MF3, MF4, MS2	MF3, MF4, MS2				
L <sub>p</sub>	L <sub>p</sub> = 2 x l	L <sub>p</sub> = l	L <sub>p</sub> = 0,7 x l	L <sub>p</sub> = 0,5 x l				

Fuente: Catálogo de cilindros hidráulicos Esperia (2015)

$$L_p = 0,7 * 2 \text{ mm} = 1,4 \text{ m}$$

$$F_p = \frac{\pi^2 * E_p * I}{L_p^2 * 3,5} = \frac{\pi^2 * 1.8707748299 * 10^{11} * \pi(0,032^4)}{1,4^2 * 64 * 3,5} = 33.822,8 \text{ N}$$

Este resultado muestra que  $49.851 \text{ N} \geq 33.822,8 \text{ N}$ , por lo tanto cumple con las exigencias de requerimiento.

**Determinación del caudal:** Función que permite observar el trabajo ejecutado por el sistema.

$$v_p = \text{velocidad del pistón } 0,08 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$A_b = \text{Área del émbolo } 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q = v_p * A_p = 0,08 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 3,16 * 10^{-3} \text{ m}^2 = \frac{2,53 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3}{\text{s}} = 15,1 \text{ l/min}$$

**Diámetro de la tubería:** En base al cálculo de estimación de caudal se requiere el tipo de diámetro de tubería para que el trabajo mecánico tenga eficiencia con el siguiente análisis, mismo que permite cumplir con el requerimiento de ingeniería de tipo SAE100-R2-AT para 33MPa

$$Caudal = 2,53 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 2,53 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 4 \text{ m/s}}} = 8,97 * 10^{-3} \text{ m} \cong 10 \text{ mm}$$

**Potencia de la bomba:** En base a estas determinaciones se considera el cálculo de la bomba hidráulica, bajo los parámetros de calidad, con el siguiente resultado:

$$P = \text{Presión } 1,60 * 10^7 \text{ Pa} \quad \eta = \text{Rendimiento de la bomba } 0,8 \text{ a } 0,9$$

$$Pot = \frac{P * Q}{\eta}$$

$$Pot = \frac{1,60 * 10^7 \text{ Pa} * 2,53 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{0,85 * 1000} = 4,762 \text{ kW}$$

**Dimensionamiento del motor eléctrico:** Es importante realizar el cálculo considerando que la frecuencia de red para Bolivia es de 50Hz, por lo tanto; nuestro resultado del estudio considera todos estos factores.

$$P_e = \text{Potencia Eléctrica}$$

$$\eta = \text{Ef. del motor (80\%)}$$

$$P_e = \frac{Q * P}{600 * \eta} = \frac{15.072 \text{ l/min} * 160 \text{ Bar}}{600 * 0.8} = 5,024 \text{ Kw}$$

### Cálculo de los pernos

$$F_t = \text{fuerza de tracción del perno } N$$

$$f_{ub} = \text{fuerza de tracción del perno } 640 \text{ N/mm}^2$$

$$f_s = \text{factor de seguridad } 1,25$$

$$A_s = \text{Área del perno } 12 \text{ mm perno de grado } 8.8$$

$$F_t = \frac{0.9 * f_{ub} * A_s}{f_s} = \frac{0.9 * 640 * \pi * 12^2}{1.5 * 4} = 52.115 \text{ N}$$

$$F_{act} = \text{fuerza actuante del cilindro}$$

$$P_{cil} = \text{Presión máxima del cilindro } 160 \text{ bar}$$

$$F_{act} = \frac{F_T}{n} = \frac{19620}{4} = 4905 \text{ N}$$

$$F_t \geq F_{act}$$

En base al análisis de la resistencia de materiales este permite obtener un resultado de 43429,47N  $\geq$  4905 N, mismo que cumple los requerimientos mínimos técnicos de ingeniería.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS “COSTOS BENEFICIO”

Bajo la evidencia descrita técnicamente se considera el análisis de costos para la adquisición de una enfiadora hidráulica: una prensa hidráulica fabricada localmente por UTEPSA, con un costo de 27,609 bolivianos (Bs.), y una prensa hidráulica de importación, con un costo de 42,000 bolivianos (Bs.). La diferencia entre ambos costos es de 14,391 bolivianos (Bs.).

- Costo de la prensa hidráulica UTEPSA: El costo de 27,609 bolivianos (Bs.) representa una inversión menor en comparación con la prensa de importación. Este costo puede estar asociado con la fabricación local, lo que podría implicar menores costos de transporte y aranceles de importación. Esta opción podría ser más favorable en términos de costo inicial, lo que podría resultar en un menor desembolso de capital para la empresa.
- Costo de la prensa hidráulica de importación: El costo de 42,000 bolivianos (Bs.) es significativamente mayor en comparación con la prensa fabricada localmente. A pesar de este mayor costo inicial, la prensa de importación podría ofrecer ventajas adicionales en términos de calidad, tecnología y durabilidad. También puede tener un respaldo de garantía o servicio postventa más sólido.
- Diferencia de costos: La diferencia de 14,391 bolivianos (Bs.) entre ambas opciones refleja la disparidad en los costos de adquisición. Es importante considerar si esta diferencia de costo se traduce en beneficios tangibles adicionales, como una mayor eficiencia, menor mantenimiento o vida útil más larga, que justifiquen la inversión adicional en la prensa de importación.

Por lo tanto, el análisis de costos presenta una comparación entre una opción local y una importada, destacando las diferencias en los costos de adquisición. La elección entre estas opciones dependerá de varios factores, como las necesidades

específicas de la empresa, el presupuesto disponible y la evaluación de los beneficios adicionales que ofrece la prensa de importación en relación con su mayor costo.

## CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de los parámetros técnicos, componentes hidráulicos y estructurales, así como llevar a cabo las pruebas correspondientes, se llegaron a varias conclusiones importantes:

1. Parámetros Técnicos Identificados: Se identificaron parámetros técnicos clave, incluyendo la presión, el volumen y el peso del producto, que son fundamentales para el diseño y funcionamiento efectivo del sistema hidráulico.
2. Componentes Hidráulicos y Estructurales: Se identificaron y especificaron los componentes hidráulicos esenciales, como la bomba hidráulica, el cilindro hidráulico, la viga longitudinal y la columna. Estos componentes presentan características específicas, como potencia y presión, que deben cumplir con los requisitos del sistema.
3. Pruebas Realizadas: Se llevaron a cabo pruebas comparativas entre una prensa hidráulica de UTEPSA y una prensa manual de Amigarse. Estas pruebas incluyeron la medición del tiempo, la cantidad de personas requeridas, el esfuerzo físico y el peso del producto prensado. Además que: los resultados de las pruebas mostraron que la prensa hidráulica de UTEPSA fue más eficiente en términos de tiempo y esfuerzo físico requerido, en comparación con la prensa manual de Amigarse.
4. Costos Asociados: Se estimó el costo total del diseño y construcción del sistema, incluyendo impuestos por ley, siendo de 27,609.00 bolivianos.

Por lo tanto, este estudio de técnico cumple con el objetivo de estudio mismos que muestran la relevancia de los resultados obtenidos de este trabajo proporciona una base sólida para el diseño y construcción de un sistema hidráulico eficiente y

efectivo. Se demostró la superioridad de la prensa hidráulica en términos de rendimiento y eficiencia en comparación con la prensa manual. Estos hallazgos son fundamentales para la toma de decisiones

informadas sobre la implementación de un sistema hidráulico adecuado para las necesidades específicas del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Barroso Herrero, S., & Ibáñez Ulargui, J. (2017). *Introducción al conocimiento*. Madrid: UNED.
- Betancourt Rodríguez, S. (2017). *Materiales para la construcción*. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/unapec/titulos/176902>
- Blanco Claraco, J. L., & Hernández Díaz, A. M. (2016). *Resistencia de materiales: resumen de teoría y problemas resueltos*. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/unapec/titulos/44562>
- Bosada, G., & Andrés, G. (2019). *Diseño de una prensa hidráulica para el reciclaje de papel y plástico*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/items/86972326-8fc6-4c9e-93bb-022e0b535278>
- González Bernal, R., Zamudio Guerrero, C., & Piña Castillo, J. (2022). Diseño de prensa hidráulica para reciclar polietileno de alta densidad (HDPE) en forma de placas. *Ciencia Nicolaita*, 136-148. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/366110362\\_Diseño\\_de\\_prensa\\_hidraulica\\_para\\_reciclar\\_polietileno\\_de\\_alta\\_densidad\\_HDPE\\_en\\_forma\\_de\\_placas](https://www.researchgate.net/publication/366110362_Diseño_de_prensa_hidraulica_para_reciclar_polietileno_de_alta_densidad_HDPE_en_forma_de_placas)
- Jiménez Mocholí, A. J., & Ivorra Chorro, S. (2019). *Elasticidad y Resistencia de Materiales*. Obtenido de <https://elibro.net/es/lc/unapec/titulos/125042>
- Mott , R. (2016). *RESISTENCIA DE MATERIALES APLICADA*. Madrid: PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA.
- Naciones Unidas-CEPAL. (20 de Diciembre de 2019). *Cambio Climático y Derechos Humanos*. Obtenido de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44970/4/S1901157\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44970/4/S1901157_es.pdf)
- Pérez, P. R. (2018). *Sistemas hidráulicos en la maquinaria agrícola Riobamba*. Bogota: La Carola.
- Tipán, R., Mora, V., & Altamirano, E. (2019). Diseño e Implementación de un Sistema Automático Compactador PET Utilizando Elementos Hidráulicos. *Perspectivas*, 1(1), 36-41. Obtenido de [http://perspectivas.esPOCH.edu.ec:8081/index.php/RCP\\_ESPOCH/article/view/22](http://perspectivas.esPOCH.edu.ec:8081/index.php/RCP_ESPOCH/article/view/22)
- UNESCO. (17 de Marzo de 2023). *Desglosar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4: Educación 2030*. Obtenido de [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246300\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246300_spa)
- Valdivia López, A. S. (Junio de 2018). *Diseño de una máquina compactadora de botella PET para empresas recicladoras*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12867/7883>
- Who. (2019). *Agua, saneamiento e higiene*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2020, de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/sanitation-waste/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/sanitation-waste/es/)