



Universidad Modelo

Ingeniería Automotriz

Materia: Proyectos II

Docente: Vanessa Cob Gutierrez

Actividad: Portafolio de evidencias

27/05/25

Roger Fernando Ayuso

Aranda

Carlos Eduardo Fernández

Jorge Emilio López Pérez

Luis Fernando Varela Guerrero

Grupo: A

# Índice

Introducción.....	3
1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.1 Análisis situacional.....	4
1.2 Generación de ideas .....	4
1.3 Alternativas para la decisión.....	4
1.4 Ventajas y desventajas .....	5
Tabla de comparación .....	5
2. Planteamiento del problema.....	6
2.1 Palabras clave que se necesitan para la comprensión del proyecto Hidráulica sostenible .....	6
2.2 Fundamentos teóricos de la investigación.....	6
Beneficios: .....	7
2.3 Objetivos general y específico .....	7
3. Análisis teórico.....	8
3.1 Cálculos y operaciones .....	8
Donde: .....	11
3.2 Aplicación práctica:.....	13
•     reducir la longitud del brazo.....	13
•     Aumentar el Angulo del brazo que soporta la fuerza con la base.....	13
3.3 Lista de materiales .....	13
3.4 Herramientas.....	13
3.5 Materiales consumibles .....	14
3.6 Imágenes de los materiales .....	14
3.7 Proveedores. ....	16
3.8 Comparaciones entre proveedores. ....	16
3.9 Desglose de Costos .....	17
3.10 Resumen Final .....	17
3.11 Preguntas de investigación.....	17
3.12 Justificación del tema.....	18
4. Desarrollo del prototipo .....	19
4.1 Elaboración del documento .....	19
4.2 paso a paso.....	19
5. Conclusiones.....	21

## **Introducción**

El presente documento final corresponde al trabajo realizado durante el semestre en la materia de *Proyectos 2*, y tiene como propósito presentar de forma detallada el proceso completo de diseño, construcción y validación de una pluma hidráulica móvil y plegable. Este proyecto fue desarrollado con el objetivo de solucionar la necesidad de levantar, mover y manipular objetos pesados de forma segura, eficiente y práctica, aplicando conocimientos adquiridos en distintas asignaturas técnicas.

A lo largo del documento se expone el desarrollo integral del proyecto, desde su planeación inicial hasta la entrega del prototipo final. Se incluyen los objetivos generales y específicos que guiaron la elaboración de la pluma, así como la justificación técnica y práctica que respalda su construcción. La pluma hidráulica fue diseñada para ser funcional, resistente y al mismo tiempo fácil de transportar y almacenar, gracias a su estructura plegable y a su sistema hidráulico adaptable. Su diseño responde a la necesidad de contar con herramientas de carga que sean accesibles, compactas y eficientes, sobre todo en entornos donde el uso de maquinaria industrial resulta limitado o costoso.

El documento también contempla apartados clave como el análisis de costos, en el cual se detallan los materiales utilizados, sus cotizaciones y los proveedores seleccionados. Se compararon opciones en el mercado para optimizar el presupuesto sin comprometer la calidad del producto final. Además, se incluye una descripción paso a paso del proceso de construcción, considerando aspectos técnicos como el corte de materiales, soldadura, ensamblaje, integración del sistema hidráulico y pruebas funcionales.

Este informe representa el resultado de un esfuerzo continuo, colaborativo y multidisciplinario, en el cual se aplicaron habilidades de diseño, cálculo, mecánica, gestión de recursos y trabajo en equipo. Cada etapa fue documentada con el fin de evidenciar el aprendizaje obtenido y la capacidad de llevar una idea desde su conceptualización hasta su ejecución final. A través de este proyecto, se logró consolidar el conocimiento teórico en una solución práctica, con aplicación directa en contextos reales de carga y movilidad.

## **1. Antecedentes de la investigación.**

### **1.1 Análisis situacional**

La pluma hidráulica es un equipo utilizado en diversas industrias para la elevación y manipulación de cargas pesadas. Su funcionamiento se basa en un sistema hidráulico que permite una operación eficiente y con menor esfuerzo humano. Se encuentra comúnmente en grúas, camiones de carga, talleres mecánicos y fábricas.

Las plumas hidráulicas son dispositivos esenciales en la industria para la manipulación de cargas pesadas. Su evolución ha permitido mejoras en diseño, materiales y tecnología, convirtiéndolas en herramientas de alta eficiencia. En este análisis situacional se evaluarán sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas en el contexto actual.

### **1.2 Generación de ideas**

Para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la pluma hidráulica, se pueden considerar diversas ideas, tales como:

- 1.2.1 Uso de fluidos hidráulicos ecológicos para reducir el impacto ambiental.**
- 1.2.2 Desarrollo de plumas hidráulicas híbridas que combinen energía hidráulica y eléctrica.**
- 1.2.3 Diseño modular para facilitar el reemplazo de componentes y reducir costos de mantenimiento.**

### **1.3 Alternativas para la decisión**

A partir de las ideas generadas, se pueden considerar las siguientes alternativas:

- 1. Optimización del sistema hidráulico:** Mejorar la eficiencia mediante nuevos materiales y diseño.
- 2. Uso de fluidos biodegradables:** Adoptar aceites hidráulicos ecológicos.
- 3. Desarrollo de sistemas híbridos:** Combinación de energía hidráulica y eléctrica.

#### 1.4 Ventajas y desventajas

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Uso de fluidos biodegradables	Disminuye el impacto ambiental	Puede ser más costoso que los aceites convencionales
Desarrollo de sistemas híbridos	Ahorro energético y menor dependencia del sistema hidráulico tradicional	Tecnología aún en desarrollo con costos elevados
Optimización del sistema hidráulico	Mayor eficiencia y menor consumo energético	Costos iniciales elevados

Tabla de comparación

	Proyecto 1 (Uso de fluidos biodegradables)	Proyecto 2 (Desarrollo de sistemas híbridos)	Proyecto 3 (Optimización del sistema hidráulico)
Materiales	2	2	3
Factibilidad	2	2	5
Tiempo	1	1	4

<b>Dinero</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>Tecnología</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>19</b>

## 2. Planteamiento del problema

### 2.1 Palabras clave que se necesitan para la comprensión del proyecto Hidráulica sostenible

Se define como el desarrollo de sistemas hidráulicos que buscan maximizar la eficiencia energética, incorporar fluidos biodegradables y minimizar el impacto ambiental. En este proyecto, el concepto abarca la integración de sistemas híbridos y la optimización del rendimiento hidráulico para mejorar su funcionamiento y sustentabilidad.

### 2.2 Fundamentos teóricos de la investigación

- **Hidráulica y Funcionamiento**

Los sistemas hidráulicos funcionan gracias al Teorema de Pascal, el cual establece que cuando se aplica presión a un líquido en reposo dentro de un recipiente cerrado, esa presión se transmite de forma uniforme en todas las direcciones del líquido. Esto significa que una fuerza aplicada en un punto puede generar una fuerza mayor en otro punto del sistema, lo que permite levantar o mover cargas pesadas con poco esfuerzo. Este principio es la base de muchas máquinas hidráulicas como grúas, frenos o gatos hidráulicos.

Componentes clave: bomba, cilindros, válvulas y tuberías, que trabajan juntos para transmitir y controlar la fuerza a través del fluido.

- **Pluma Hidráulica**

Es una estructura articulada que se mueve mediante cilindros hidráulicos. Está diseñada para maximizar la capacidad de carga, mantener la estabilidad del sistema y mejorar la eficiencia en el uso de la energía. Se utiliza comúnmente en maquinaria pesada, como grúas y excavadoras.

- **Fluidos Biodegradables**

Son una alternativa ecológica a los aceites minerales tradicionales, ya que reducen el

impacto ambiental en caso de fugas o derrames.

Tipos más comunes:

- **Ésteres sintéticos**
- **Aceites vegetales modificados**
- **Glicoles acuosos**

Estos fluidos ofrecen buen rendimiento hidráulico y son más sostenibles.

- **Sistemas Híbridos**

Combinan la tecnología hidráulica con electrónica o neumática para mejorar el control y la eficiencia del sistema.

**Beneficios:**

- **Menor consumo de energía**
- **Mayor precisión en los movimientos**
- **Menor desgaste de los componentes**

Este tipo de sistemas es cada vez más común en maquinaria avanzada.

- **Optimización Hidráulica**

Busca mejorar el rendimiento del sistema hidráulico mediante la reducción de pérdidas por fricción, el uso de componentes mejor diseñados y la aplicación de controles inteligentes. También permite la posible integración con fuentes de energía renovable, lo que hace que el sistema sea más eficiente y sostenible.

## 2.3 Objetivos general y específico

### **Objetivo General:**

Diseñar y desarrollar una pluma hidráulica a escala la cual pueda ser sostenible que incorpore fluidos biodegradables, sistemas híbridos y optimización hidráulica, con el fin de mejorar la eficiencia energética, reducir el impacto ambiental y optimizar el desempeño del sistema sin comprometer su funcionalidad y capacidad operativa.

### **Objetivos Específicos:**

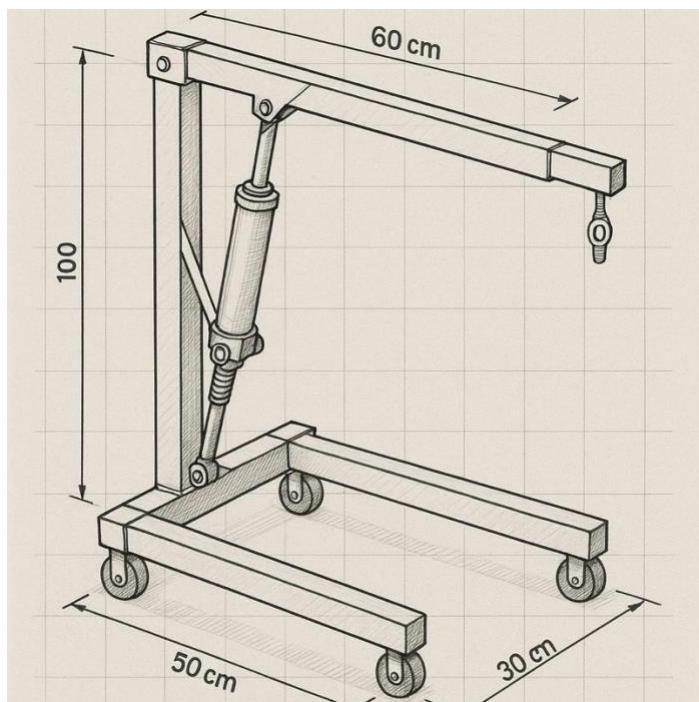
**1. Implementar fluidos biodegradables en el sistema hidráulico para reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad del proyecto.**

**2. Diseñar e integrar un sistema híbrido que combine tecnologías hidráulicas con otras fuentes de energía para optimizar la eficiencia y el rendimiento.**

**3. Optimizar el diseño y funcionamiento de la pluma hidráulica mediante la reducción de pérdidas por fricción, mejora en la distribución del flujo y selección de materiales adecuados.**

**4. Evaluar el desempeño del sistema en términos de eficiencia energética, capacidad de carga y reducción de emisiones contaminantes.**

**5. Crear una pluma hidráulica a escala la cual va a tener las siguientes medidas: 100 cm de largo, más 10 cm de las ruedas, la medida del brazo de carga va a ser de 60 cm, la base va a tener 30 cm de ancho y 50cm de largo, como se muestra en la imagen 1.1. El material que se va a usar para construir la pluma hidráulica va a ser PTR de 1x1 y el peso máximo que debe soportar es de 500kg.**



*Imagen 1.1*

### **3. Análisis teórico**

#### **3.1 Cálculos y operaciones**

El diseño de una pluma hidráulica requiere considerar principios físicos y mecánicos para garantizar su eficiencia y seguridad. Entre los aspectos clave están la capacidad de carga, la presión del sistema, los esfuerzos en las piezas estructurales y el equilibrio del conjunto.

## 1. Capacidad de carga y fuerza del cilindro hidráulico

Este aspecto se refiere a la fuerza necesaria que debe generar el cilindro hidráulico para levantar una carga determinada. La fórmula básica utilizada es:

$$F = P \cdot A_F = P A_F = P \cdot A$$

Donde:

$F$  = Fuerza ejercida por el pistón (N)

$P$  = Presión del fluido (Pa)

$A$  = Área del pistón ( $m^2$ )

Teniendo en cuenta que buscamos que el pistón sea capaz de soportar una carga de 5000 newton y sabiendo que el piston tiene un área de 100cm cuadrados

### Ejemplo aplicado:

Para levantar una carga de 5000 N con un pistón de área 0.01  $m^2$ , se necesita una presión de:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{5000}{0.01} = 500,000 \text{ Pa} = 5 \text{ MPa}$$

Este cálculo ayuda a determinar el tamaño adecuado del cilindro y la presión que debe generar el sistema hidráulico.

Siguiendo esta formula concluimos que necesitamos que el pistón sea capaz de soportar 5 mega pascales de presión para satisfacer los cálculos hechos.

## 2. Distribución de presión en el sistema

Para analizar la presión en diferentes puntos del sistema hidráulico se usa la **ecuación de Bernoulli**, que considera energía de presión, cinética y potencial:

La suma de la presión, la energía cinética y la energía potencial en un punto de un fluido es igual a la suma en otro punto, si no hay pérdida de energía.

Donde:

- **P: Presión del fluido (Pa)**

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constante}$$

- $\rho$ : Densidad del fluido

(kg/m<sup>3</sup>) v: Velocidad del fluido (m/s)

- g: Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

- h: Altura del fluido (m)

➤ aplicando la formula queda de la siguiente manera:

- Carga real levantada: 100 kg
- Carga que podría levantar el sistema: 500 kg
- Recorrido del pistón (altura máxima): 25 cm = 0.25 m
- Diámetro del pistón (el que levanta): 2.5 cm = 0.025 m
- Radio del pistón: 0.0125 m
- Área del pistón:

$$A = \pi r^2 = \pi(0.0125)^2 \approx 4.91 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Densidad del aceite hidráulico:

$$\rho \approx 850 \text{ kg/m}^3$$

La fuerza necesaria es:

$$F = m \cdot g = 500 \cdot 9.81 = 4905 \text{ N}$$

La presión requerida en el pistón es:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{4905}{4.91 \times 10^{-4}} \approx 9.99 \times 10^6 \text{ Pa} = 99.9 \text{ bar}$$

Gracias a este análisis podemos obtener la presión a la que el gato debe de trabajar para poder levantar ciertas cantidades, partiendo que si queremos levantar 500 kg necesitamos 100 bares de presión de aceite, y depende la cantidad que queramos habrá que hacer modificaciones a la presión a soportar, por ejemplo, si se requiere levantar 1500kg entonces multiplicamos el resultado por 3 y obtenemos que se necesitan 300 bares de presión

### 3. Esfuerzos en las piezas estructurales

Es fundamental calcular los **esfuerzos mecánicos** en las partes estructurales para prevenir fallos. Se consideran:

- **Esfuerzo normal (tensión o compresión):**

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

- **Esfuerzo por flexión (cuando hay momentos flectores):**

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

Donde:

- **M: Momento flector (N·m)**
- **c: Distancia del eje neutro (m)**
- **I: Momento de inercia (m<sup>4</sup>)**

#### ➤ Ahora lo aplicamos a la pluma hidráulica para obtener los siguientes datos

- Lado externo del tubo: 1.5" = 0.0381 m
- Espesor: 0.003 m

Momento de inercia  $I$  para una viga tubular cuadrada:

$$I = \frac{(b^4 - (b - 2t)^4)}{12}$$
$$I = \frac{(0.0381^4 - (0.0381 - 2 \cdot 0.003)^4)}{12} \approx 1.68 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

#### Distancia al eje neutro $c$

$$c = \frac{b}{2} = \frac{0.0381}{2} \approx 0.01905 \text{ m}$$

## Calculamos el esfuerzo $\sigma$

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{4905 \cdot 0.01905}{1.68 \times 10^{-8}} \approx 5.56 \times 10^6 \text{ Pa} = 55.6 \text{ MPa}$$

El esfuerzo máximo que soporta el brazo bajo una carga de 500 kg a 1 metro de distancia es de 55.6 MPa. El acero estructural (como el que se usa en PTR) suele tener un límite elástico de 250 MPa o más, así que la pluma está dentro del rango seguro — aunque ya se usa más del 20% del límite, lo cual es razonable, pero justifica no levantar cargas mucho mayores sin reforzar.

## 4. Equilibrio del sistema

El equilibrio mecánico de la pluma hidráulica es vital para evitar vuelcos o movimientos no deseados. Se aplican las **ecuaciones de la estática**:

$$\sum F_x = 0, \quad \sum F_y = 0, \quad \sum M = 0$$

- Aplicando la formula a la pluma queda de la siguiente manera:

$$F_{carga} = 500 \cdot 9.81 = 4905 \text{ N}$$

$$F_{pluma} = 30 \cdot 9.81 = 294.3 \text{ N}$$

Tomamos momentos respecto al punto A (el eje donde gira la pluma):

$$M_{carga} = F_{carga} \cdot 1.5 = 4905 \cdot 1.5 = 7357.5 \text{ N}\cdot\text{pm}$$

$$M_{pluma} = F_{pluma} \cdot 0.75 = 294.3 \cdot 0.75 = 220.7 \text{ N}\cdot\text{pm}$$

$$M_{gato} = F_{gato} \cdot 0.5 \quad (\text{contrario al giro})$$

Planteamos la ecuación de momentos:

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow M_{gato} = M_{carga} + M_{pluma}$$

$$F_{gato} \cdot 0.5 = 7357.5 + 220.7$$

$$F_{gato} = \frac{7578.2}{0.5} = 15,156.4 \text{ N}$$

El gato hidráulico debe aplicar una fuerza mínima de aproximadamente:

15,156.4 N ( $\approx 1.5$  toneladas de fuerza)

### **3.2 Aplicación práctica:**

Si la carga se aleja demasiado del punto de apoyo, puede generarse un momento de vuelco.  
Para evitarlo:

- **Se puede aumentar el contrapeso**
- **reducir la longitud del brazo**
- **Aumentar el Angulo del brazo que soporta la fuerza con la base**

Esto garantiza la **estabilidad del sistema** en diferentes condiciones de trabajo.

### **3.3 Lista de materiales**

Acero estructural para el marco y soportes.

Cilindro hidráulico con capacidad de 5 toneladas.

Válvulas de control hidráulico.

Pernos de alta resistencia.

Ruedas industriales para movilidad.

Mangas y conexiones hidráulicas.

### **3.4 Herramientas**

Máquina de soldar

Taladro

Esmeril

Escuadra

Niveladores

Cadenas

Ganchos  
Varillas  
, Tuercas

### **3.5 Materiales consumibles**

Electrodos

Discos de corte

Discos de desbaste

Aceites.

### **3.6 Imágenes de los materiales**



Imagen 1.1      Tubos metálicos PTR 1.5"X1.5"



Imagen 1.2 Sistema hidráulico “gato” 5 ton.



Imagen 1.3 Pernos de seguridad  $\frac{1}{4}$ "



Imagen 1.4 Ruedas con giro 360 grados



Imagen 1.5      Adaptadores para el sistema hidráulico

### **3.7 Proveedores.**

Para garantizar la disponibilidad de materiales y componentes necesarios en nuestros sistemas hidráulicos, contamos con una variedad de proveedores confiables, tanto locales como en línea:

#### **1. Tiendas de suministros industriales locales**

Estas tiendas ofrecen una amplia gama de productos, repuestos y herramientas necesarias para el mantenimiento y montaje de sistemas hidráulicos. La ventaja principal es el acceso rápido a los materiales y la posibilidad de asesoría técnica directa.

Proveedores destacados:

- **Boxito:** Especializada en productos para la construcción e industria, ofrece desde tuberías y conexiones hasta lubricantes y herramientas.
- **Casa Fernández:** Tienda con experiencia en suministros industriales, incluyendo válvulas, mangueras hidráulicas, conexiones y equipo de protección.

#### **2. Plataformas en línea para componentes específicos**

Las compras en línea permiten acceder a una mayor variedad de productos especializados, especialmente aquellos que no se encuentran fácilmente en tiendas físicas.

Proveedor destacado:

- **Mercado Libre:** Plataforma confiable donde se pueden encontrar componentes hidráulicos como bombas, cilindros, válvulas, mangueras y fluidos biodegradables. Además, ofrece comparaciones de precios, envíos rápidos y opiniones de otros compradores.

### **3.8 Comparaciones entre proveedores.**

- **TUNBO**

Ofrece materiales de buena calidad a precios más bajos que los de la competencia. La principal desventaja es que se encuentra en Tizimín, por lo que es necesario considerar los costos y tiempos de traslado.

- **Aceros Santa María**

Es una de las ferreterías más confiables y reconocidas del mercado. Ofrece un amplio surtido de productos. Sin embargo, no incluye servicio de envío y su tienda física se ubica en el centro de la ciudad, lo que puede representar dificultades logísticas.

- **La Ferre**

Una ventaja importante es que brinda garantía en sus productos; en caso de fallas, permiten el cambio o reembolso. Su principal desventaja es que los precios son más elevados en comparación con otras ferreterías.

- **Casa Fernández del Sureste, S.A. de C.V.**

Ofrece envío gratuito si se alcanza un monto mínimo de compra, lo cual es conveniente para compras grandes. No obstante, algunos precios superan el presupuesto acordado, por lo que se debe evaluar cuidadosamente.

### **3.9 Desglose de Costos**

Materiales: \$415

Incluye tuberías, conectores, soportes y otros insumos básicos necesarios para la estructura.

Sistema hidráulico: \$400

Costos relacionados con cilindros, válvulas, bomba y fluido hidráulico utilizado en el sistema.

Fabricación y ensamblaje: \$250

Mano de obra, uso de herramientas, cortes, perforaciones y montaje del sistema completo.

Otros costos: \$500

Incluye transporte, imprevistos, ajustes menores y adquisición de herramientas o accesorios adicionales.

### **3.10 Resumen Final**

Total: \$1,565

### **3.11 Preguntas de investigación**

¿Cuáles son las aplicaciones prácticas de una pluma hidráulica móvil y pegable en diversas industrias?

¿Cómo influye el principio de los puntos de equilibrio en el diseño y funcionamiento de un sistema hidráulico para una pluma?

¿De qué manera la capacidad de fijación de la pluma a diferentes superficies mejora su funcionalidad y versatilidad?

### **3.12 Justificación del tema**

El desarrollo de una pluma hidráulica transportable y liviana responde a la necesidad de contar con un mecanismo eficiente y versátil para la manipulación de cargas en distintos entornos. En sectores como la construcción, la industria automotriz y la logística, el uso de equipos de elevación es fundamental para optimizar procesos, reducir esfuerzos físicos y mejorar la seguridad en las operaciones. Sin embargo, muchas plumas hidráulicas convencionales presentan desventajas en términos de peso, movilidad y adaptabilidad a diferentes superficies.

Este proyecto busca abordar estas limitaciones mediante el diseño y construcción de una pluma hidráulica que combine ligereza, estabilidad y portabilidad, sin comprometer su capacidad de carga ni precisión en el movimiento. Para ello, se fundamenta en principios de hidráulica y mecánica, incorporando un análisis estratégico de los puntos de equilibrio para garantizar la estabilidad del mecanismo en diversas condiciones operativas.

Uno de los aspectos clave del proyecto es el desarrollo de un sistema hidráulico eficiente, diseñado para permitir un control preciso del movimiento a través de una distribución adecuada de fuerzas. Esto no solo mejora la maniobrabilidad del sistema, sino que también minimiza el desgaste de los componentes y reduce el consumo energético, prolongando la vida útil del equipo.

Además, la estructura de la pluma se construirá con materiales ligeros y resistentes, como aluminio, acero de alta resistencia o fibra de carbono, lo que facilitará su transporte y montaje en distintos entornos de trabajo. La implementación de un mecanismo de fijación adaptable permitirá instalar la pluma sobre diversas superficies, asegurando que la distribución de fuerzas mantenga el equilibrio durante su operación.

La relevancia de este proyecto también radica en la necesidad de realizar pruebas y ajustes para validar el correcto funcionamiento del sistema hidráulico y del mecanismo de fijación. Estas pruebas permitirán verificar que los puntos de equilibrio se mantengan constantes y que la pluma opere de manera segura y eficiente bajo diferentes condiciones de uso.

Desde una perspectiva académica, este proyecto contribuirá al desarrollo de conocimientos en ingeniería automotriz e hidráulica, permitiendo la aplicación práctica de principios teóricos en el diseño y construcción de mecanismos de elevación. A nivel

industrial, su implementación podría representar una alternativa innovadora para el manejo de cargas en entornos donde la movilidad y el peso del equipo son factores determinantes.

En conclusión, este proyecto se justifica por su impacto en la eficiencia operativa, la seguridad y la accesibilidad de los sistemas de elevación. El desarrollo de una pluma hidráulica transportable y liviana busca proporcionar una solución tecnológica innovadora que optimice la manipulación de cargas, integrando estabilidad, distribución equilibrada de fuerzas y facilidad de uso.

## 4 Desarrollo del prototipo

### 4.1 Elaboración del documento

La construcción de la pluma hidráulica prueba nuestras habilidades técnicas, organizativas y de resolución de problemas. Desde el inicio, uno de los principales desafíos fue la logística relacionada con la adquisición y transporte de los materiales, ya que varios de ellos tuvieron que ser trasladados de una ciudad a otra.

El PTR de 1.5 x 1.5 pulgadas, uno de los componentes más importantes para la estructura de la pluma, fue adquirido en la ciudad de Tizimín. Su transporte representó una complicación, ya que por sus dimensiones y peso se requería cuidado especial para evitar daños durante el traslado. Esto implicó una buena coordinación entre el equipo, así como gestionar el espacio y medio adecuado para moverlo sin comprometer su integridad, así como el espacio para almacenarlo.

Por otro lado, algunas de las piezas necesarias para el ensamblaje se adquirieron por medio de la plataforma de Mercado Libre, lo cual fue práctico, pero también requirió estar atentos a los tiempos de entrega y a la calidad de los productos. Entre estas piezas se encontraban el gato hidráulico —pieza clave para el funcionamiento del mecanismo—, las ruedas que le darían movilidad a la pluma, así como los ganchos, la cadena y otros accesorios esenciales para su correcto armado y funcionamiento.

Cada etapa del proyecto, desde la planeación, la compra de materiales, el traslado y finalmente el ensamblaje, nos enseñó la importancia de la organización, la paciencia y el trabajo colaborativo. Aunque hubo momentos de frustración por retrasos o dificultades técnicas, logramos avanzar y cumplir con los objetivos planteados. Esta experiencia no solo fortaleció nuestras habilidades prácticas, sino también nuestra capacidad para adaptarnos a imprevistos y seguir adelante como equipo.

### 4.2 paso a paso

#### Día 1 – Traslado y almacenamiento de materiales

El primer día del proyecto estuvo dedicado al traslado de materiales y herramientas desde la ciudad de Tizimín hasta el lugar de trabajo. Se transportaron perfiles PTR de 1.5 x 1.5 pulgadas, herramienta pesada como esmeriladora, taladro, pinzas, sierra y equipo de protección personal. Una vez en el sitio, se organizó y almacenó todo el material de forma segura para evitar daños y facilitar el acceso durante las

siguientes etapas del proyecto. Este día también se revisaron las condiciones del área de trabajo y se acondicionó el espacio para realizar cortes, perforaciones y soldaduras sin contratiempos.

#### Día 2 – Verificación de piezas adquiridas por Mercado Libre

El segundo día se destinó a esperar y recibir los pedidos realizados a través de Mercado Libre. Las piezas recibidas incluyeron: un gato hidráulico, un juego de ruedas giratorias de carga, ganchos de acero, una cadena resistente y tornillería diversa. Cada componente fue inspeccionado cuidadosamente para confirmar su buen estado, funcionamiento y compatibilidad con el diseño. Se revisaron dimensiones, materiales y calidad de fabricación. Además, se probó el gato hidráulico para asegurar que subiera y bajara correctamente sin presentar fugas de aceite ni fallas en el mecanismo.

#### Día 3 – Corte del PTR según bocetos

Durante este día se realizaron los cortes del PTR conforme a las medidas especificadas previamente en los bocetos del proyecto. Se utilizó una esmeriladora con disco de corte para lograr cortes limpios y precisos. Se marcaron todas las piezas antes de cortar para evitar errores. Se obtuvieron las secciones necesarias para la base, brazo principal, brazo secundario, soporte del gato y otros refuerzos estructurales. Al finalizar el día, todas las piezas de PTR quedaron listas para su posterior ensamblaje y soldadura.

#### Día 4 – Ensamble parcial con tornillería y soldadura de piezas fijas

El cuarto día comenzó con el armado de las partes móviles y desplegables de la pluma. Se unieron estas piezas mediante tornillos, pasadores y tuercas, permitiendo un montaje desmontable que facilita el transporte y almacenamiento del prototipo. Posteriormente, se procedió a soldar las piezas fijas, como la base principal, los refuerzos inferiores y las uniones estructurales permanentes. Las soldaduras se realizaron cuidando la alineación y resistencia de cada junta, verificando que las partes quedaran firmes, bien niveladas y sin deformaciones. Se realizaron pequeñas pruebas manuales para asegurar la estabilidad de la estructura soldada.

#### Día 5 – Montaje de ruedas y fabricación de piezas especiales

El quinto día se enfocó en el sistema de movilidad y las adaptaciones necesarias para integrar el sistema hidráulico. Se colocaron las ruedas en los extremos inferiores de la base, asegurándolas con pernos resistentes. Posteriormente, se fabricaron y soldaron bases especiales para fijar el gato hidráulico en una posición central y segura. También se realizaron perforaciones para instalar los ganchos metálicos que sostendrían la carga, y se construyó un canal metálico que guía el movimiento del gato, evitando que se deslice fuera de su lugar al aplicar fuerza.

#### Día 6 – Ensamblaje final y pruebas de funcionamiento

En esta jornada se ensamblaron todas las partes preparadas durante los días anteriores. Se colocó el gato hidráulico en su base, se montaron los ganchos, la cadena y los brazos móviles. Todas las uniones se reforzaron con soldadura y tornillería donde era necesario. Una vez ensamblada completamente la pluma hidráulica, se realizaron pruebas de funcionamiento con carga, levantando peso de forma

controlada para identificar posibles fallos. Las pruebas revelaron puntos que necesitaban ajuste, pero en general, el sistema logró levantar peso sin fallos críticos.

#### Día 7 – Ajustes finales y corrección de puntos débiles

El último día se destinó a corregir las fallas detectadas en las pruebas previas. Se reforzaron las soldaduras en áreas que mostraron flexión o debilidad. También se ajustaron los tornillos y pasadores para mejorar la movilidad de las partes articuladas. Finalmente, se repitieron las pruebas de carga y funcionamiento general para validar la seguridad y eficiencia del prototipo. Tras confirmar que todos los sistemas funcionaban correctamente, se dio por finalizada la construcción de la pluma hidráulica.

### 5. Conclusiones

El desarrollo de la pluma hidráulica móvil y plegable permitió aplicar conocimientos teóricos de mecánica, hidráulica y diseño estructural en un proyecto práctico con aplicaciones reales. A lo largo del semestre, el equipo enfrentó diversos retos tanto logísticos como técnicos, desde la adquisición y transporte de los materiales hasta la integración funcional del sistema hidráulico con la estructura metálica.

La estructura principal, construida con PTR de 1.5 x 1.5 pulgadas, demostró una resistencia adecuada para soportar cargas de hasta 500 kg, aunque en pruebas controladas se trabajó con un máximo de 100 kg para conservar la seguridad. El uso de principios fundamentales como el equilibrio estático, el análisis de esfuerzos y la aplicación de la ecuación de Bernoulli permitió validar el diseño desde una perspectiva física y mecánica.

Además, se logró integrar de forma efectiva un gato hidráulico comercial, ruedas, ganchos y cadenas, con mecanismos móviles que permiten plegar la pluma para su almacenamiento o traslado, cumpliendo así con los objetivos de movilidad y funcionalidad del proyecto.

Se concluye que **la elaboración de la pluma hidráulica fue completamente factible**, no solo desde el punto de vista técnico y económico, sino también funcional. La mayoría de los materiales fueron accesibles, las herramientas disponibles fueron suficientes, y el diseño se adaptó bien a los recursos disponibles. Incluso con un presupuesto limitado, fue posible construir un sistema útil, resistente y seguro para el levantamiento de objetos pesados.

Finalmente, el trabajo en equipo, la planificación por etapas y la constante verificación del desempeño estructural garantizaron un producto final funcional, seguro y adaptado a las necesidades del levantamiento de cargas pesadas. Este proyecto no solo fortaleció habilidades técnicas, sino también la capacidad de resolución de problemas y toma de decisiones en condiciones reales.

