

## Polipastos

### Hoist

*Martín Ortiz-Domínguez<sup>a</sup>, Arturo Cruz-Avilés<sup>b</sup>, Eyleen B. González-Ortega<sup>c</sup>, Emiliano Lozada-González<sup>d</sup>, Omar Damián-Mejía<sup>e</sup>, Alejandro Aldana-Peña<sup>f</sup>*

---

#### Abstract:

In this laboratory practice, the force ( $F$ ) to lift a load ( $R$ ) will be determined, using two types of hoists (potential and exponential), in order to make a comparison and choose the best configuration for lifting loads.

#### Keywords:

*Potential hoist, exponential hoist, force, tension*

---

#### Resumen:

En la presente práctica de laboratorio se determinará la fuerza ( $F$ ) para elevar una carga ( $R$ ), empleando dos tipos de polipastos (potencial y exponencial), para hacer una comparación y elegir la mejor configuración en la elevación de cargas.

#### Palabras Clave:

*Polipasto potencial, polipasto exponencial, fuerza, tensión*

---

## Introducción

Un polipasto es un conjunto de poleas combinadas de tal forma que se puede levantar un gran peso ejerciendo muy poca fuerza (ver Figura 1). Lo que permite el polipasto es mover algo aplicando una fuerza menor al peso del objeto. De este modo, estos aparejos son muy utilizados en fábricas e instalaciones industriales para movilizar cargas y materiales.

---

<sup>a</sup> Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4475-9804>, Email: [martin\\_ortiz@uaeh.edu.mx](mailto:martin_ortiz@uaeh.edu.mx);

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0455-1646>, Email: [arturo\\_cruz8085@uaeh.edu.mx](mailto:arturo_cruz8085@uaeh.edu.mx);

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1967-6462>, Email: [eyleen\\_gonzalez@uaeh.edu.mx](mailto:eyleen_gonzalez@uaeh.edu.mx);

<sup>d</sup> Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas IPN, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4969-1971>, Email: [emilozadagonzalez@gmail.com](mailto:emilozadagonzalez@gmail.com);

<sup>e</sup> Escuela Preparatoria Oficial Núm. 53, San Juan Zitlaltepec, Zumpango, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3158-4034>, Email: [damo831010hocmjm01@bggem.mx](mailto:damo831010hocmjm01@bggem.mx);

<sup>f</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0009-0007-2241-8802>, Email: [al436082@uaeh.edu.mx](mailto:al436082@uaeh.edu.mx)

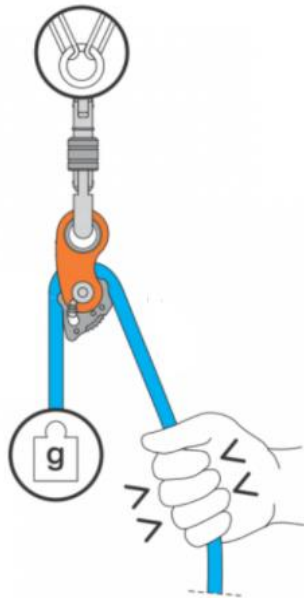


Figura 1. Levantamiento manual de una carga. Fuente: Elaboración propia.

Los polipastos suelen usarse, por ejemplo, para hacer la carga y la descarga de aquello que llega o que debe enviarse a través de un camión de transporte. Existen múltiples tipos de polipastos, que se eligen de acuerdo a la carga que se planea mover. Hay polipastos que aplican su potencia a través de la electricidad, otros mediante palancas y algunos, con la fuerza manual. Los polipastos, por otra parte, pueden desplazar los objetos con la ayuda de cadenas, cuerdas o cables, según el caso. En las instalaciones más avanzadas, los polipastos pueden contar con brazos o estar guiados mediante rieles que se instalan en los techos y que permiten desplazar la carga a lo largo de la fábrica o el depósito (Béndez, et al. 2002; Gere y Timoshenko, 1998).

### Objetivo general

Determinar la fuerza ( $F$ ) para elevar una carga ( $R$ ), empleando dos tipos de polipastos (potencial y exponencial), para hacer una comparación y elegir la mejor configuración en la elevación de cargas.

### Objetivos específicos

- Determinar el peso que se desea elevar, empleando una báscula digital, para determinar la fuerza que se empleara dependiendo de la configuración de polipasto que se elijara (potencial o exponencial).

- Determinar analíticamente la fuerza ( $F$ ) del polipasto potencial, a través de la sumatoria de fuerzas en la dirección  $y$ , para compararla con la fuerza que se registra con la báscula digital.
- Determinar analíticamente la fuerza ( $F$ ) del polipasto exponencial, a través de la sumatoria de fuerzas en la dirección  $y$ , para compararla con la fuerza que se registra con la báscula digital.

## Aplicaciones prácticas

### Industria

Los polipastos industriales se definen en las normas ANSI / ASME, los usos de los polipastos industriales (ver Figura 2) son variados e incluyen diversos sectores. Gracias a la variedad de polipastos que existen y sus diversas configuraciones y tipos, estos equipos pueden adaptarse muy bien a diferentes espacios y aplicaciones. Los polipastos industriales son de gran utilidad para reducir los esfuerzos en el levantamiento de cargas, algunos ejemplos de su utilización están en: Construcción, Puertos, Aduanas, Aeropuertos, Rescates y Seguridad industrial (Gere, 2002; Timoshenko y Goodier, 1998).



Figura 2. Grúa con polipasto eléctrico de cable de acero. Fuente: Elaboración propia.

### Ascensores

Es un aparato que ayuda a subir o bajar tanto a personas como a otro tipo de mercancías se utilizan desde las más antiguas civilizaciones, aunque, desde luego, no tenían las mismas garantías de seguridad que ahora y eran más costosos a la hora de hacerlos funcionar. Para saber cómo funciona un ascensor (ver Figura 3) basta con

conocer primero las partes de las que consta y, después, entender los principios sobre los que se asienta su movimiento.



Figura 3. Ascensor. Fuente: *Elaboración propia*.

El electromecánico es el tipo de ascensor más utilizado y es aquel en el que su movimiento se basa en una polea de tracción accionada por un motor eléctrico, que mueve por adherencia los cables que unen la cabina del ascensor con el contrapeso instalado al efecto (Gere, 2002; Timoshenko y Goodier, 1998).

### Aparatos de gimnasio

Cuando entrenamos en el gimnasio tenemos a nuestra disposición infinidad de aparatos para entrenar cada una de las partes del cuerpo (ver Figura 4). Desde las máquinas más elaboradas a los aparatos más tradicionales. El mecanismo de una polea es sencillo y bien conocido. La carga está conectada a un cable que hace de transmisión, este pasa por las poleas y nosotros tiramos o empujamos del cable para desplazar la carga y así poder ejercitar nuestros músculos.



Figura 4. Equipo de gimnasio multifuncional. Fuente: *Elaboración propia*.

Existen tres tipos de poleas empleadas en aparatos de gimnasio como son: poleas redireccionadoras, poleas desmultiplicadoras y poleas multiplicadoras (Gere, 2002; Timoshenko y Goodier, 1998).

## Teoría

### Polipasto potencial

Un polipasto potencial es aquel que tiene poleas fijas y poleas móviles que comparten una montura. Vamos a analizar varios casos hasta encontrar el algoritmo que nos permita generalizar el valor de la fuerza que se debe aplicar para diferentes composiciones de poleas (Gere, 2002; Timoshenko y Goodier, 1998; Sthyamoorthy, 1998).

### Caso 1:

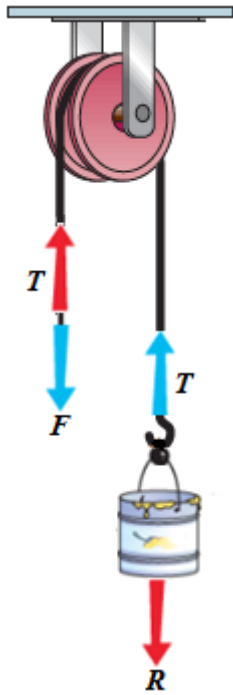


Figura 5. Polipasto simple con una polea fija. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$R$  = Carga (N)

$T$  = Tensión (N)

$F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 5, tenemos:

$$-R + T = 0 \quad (1)$$

Por lo tanto:

$$T = R \quad (2)$$

También se tiene que:

$$T - F = 0 \quad (3)$$

Sustituyendo la Ec. (2) en la Ec. (3) y despejando a la fuerza, resulta en:

$$F = R \quad (4)$$

**Caso 2:**

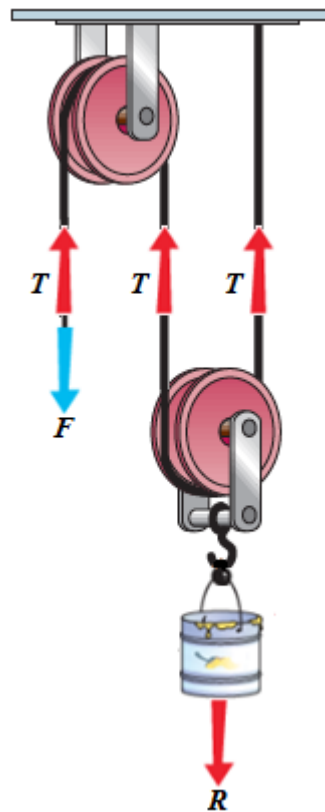


Figura 6. Polipasto con una polea fija y otra móvil. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$R$  = Carga (N)

$T$  = Tensión (N)

$F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 6, tenemos:

$$-R + T + T = 0 \quad (5)$$

Por lo tanto:

$$T = \frac{R}{2} \quad (6)$$

También se tiene que:

$$T - F = 0 \quad (7)$$

Sustituyendo la Ec. (6) en la Ec. (7) y despejando a la fuerza, resulta en:

$$F = \frac{R}{2} \quad (8)$$

**Caso 3:**

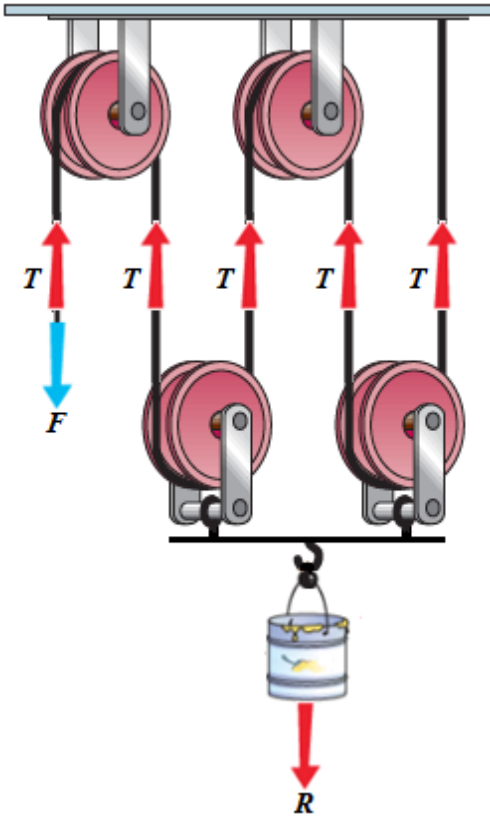


Figura 7. Polipasto con dos poleas fijas y dos móviles.  
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$R$  = Carga (N)

$T$  = Tensión (N)

$F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 7, tenemos:

$$-R + T + T + T + T = 0 \quad (9)$$

Por lo tanto:

$$T = \frac{R}{4} \quad (10)$$

También se tiene que:

$$T - F = 0 \quad (11)$$

Sustituyendo la Ec. (10) en la Ec. (11) y despejando a la fuerza, resulta en:

$$F = \frac{R}{4} \quad (12)$$

**Caso 4:**

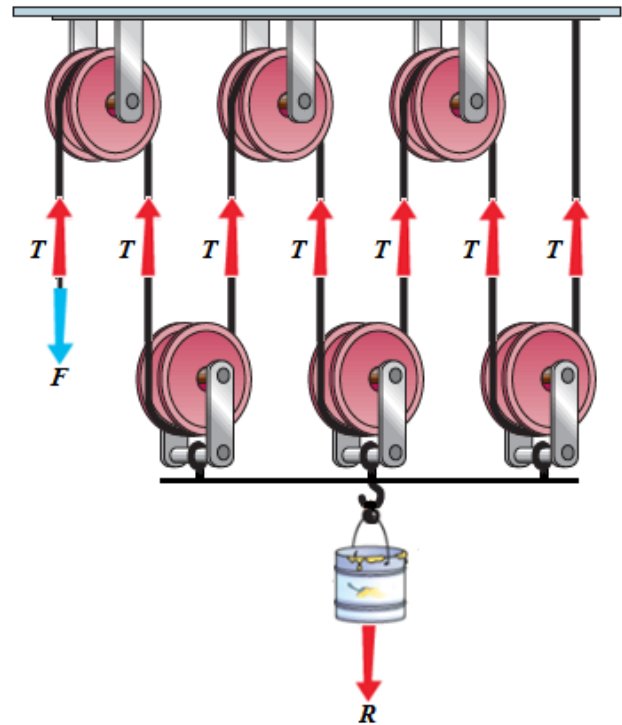


Figura 8. Polipasto con tres poleas fijas y tres móviles.  
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$R$  = Carga (N)

$T$  = Tensión (N)

$F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 8, tenemos:

$$-R + T + T + T + T + T + T = 0 \quad (13)$$

Por lo tanto:

$$T = \frac{R}{6} \quad (14)$$

También se tiene que:

$$F = \frac{R}{6} \quad (16)$$

De acuerdo a los resultados obtenidos por las Ecs. (8), (12) y (16), la ecuación general para determinar la fuerza cuando tengamos  $n$  poleas móviles es:

$$F = \frac{R}{2n} \quad (17)$$

### Polipasto exponencial

Un polipasto exponencial, en cambio, está formado por una polea que se fija a un punto de resistencia, ubicado a una altura superior que la del objeto que se pretende levantar, y por una o más poleas de tipo móvil. Se trata de una máquina simple, un concepto de la física que se define como un artefacto mecánico capaz de transformar un movimiento en otro aprovechando la fuerza entrante para devolver una diferente en longitud de desplazamiento, dirección o magnitud (Gere, 2002; Timoshenko y Goodier, 1998; Sthyamoorthy, 1998).

**Caso 1:** (Este caso es igual al Caso 1 del polipasto potencial)

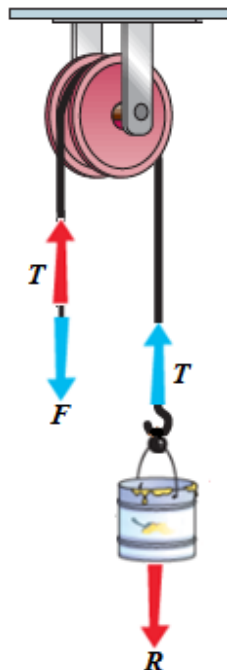


Figura 9. Polipasto simple con una polea fija. Fuente: Elaboración propia

Donde:

$R$  = Carga (N)  
 $T$  = Tensión (N)  
 $F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 9, tenemos:

$$-R + T = 0 \quad (1)$$

Por lo tanto:

$$T = R \quad (2)$$

También se tiene que:

$$T - F = 0 \quad (3)$$

Sustituyendo la Ec. (2) en la Ec. (3) y despejando a la fuerza, resulta en:

$$F = R \quad (4)$$

**Caso 2:** (Este caso es igual al Caso 2 del polipasto potencial)

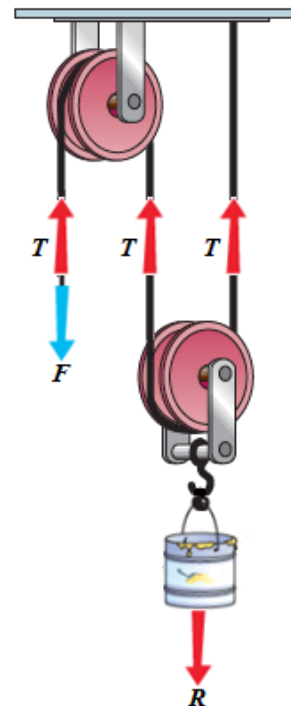


Figura 10. Polipasto con una polea fija y otra móvil. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$R$  = Carga (N)  
 $T$  = Tensión (N)

$F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 10, tenemos:

$$-R + T + T = 0 \quad (5)$$

Por lo tanto:

$$T = \frac{R}{2} \quad (6)$$

También se tiene que:

$$T - F = 0 \quad (7)$$

Sustituyendo la Ec. (6) en la Ec. (7) y despejando a la fuerza, resulta en:

$$F = \frac{R}{2} \quad (8)$$

### Caso 3

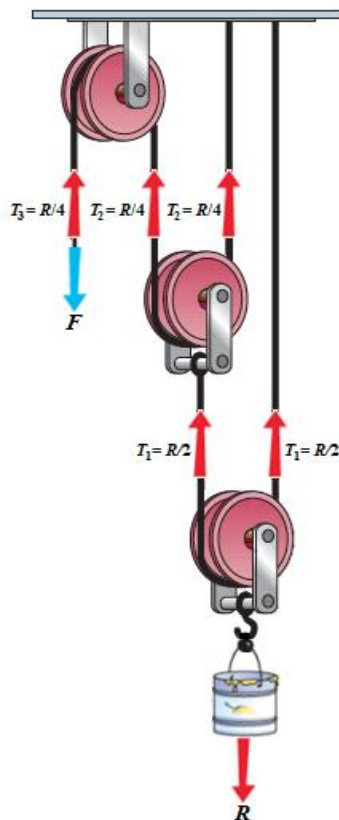


Figura 11. Polipasto con una polea fija y dos móviles.  
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$R$  = Carga (N)

$T_1, T_2, T_3$  = Tensiones (N)

$F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 11, tenemos:

$$T_3 - F = 0 \quad (9)$$

Despejando a la fuerza de la Ec. (9), tenemos:

$$F = T_3 \quad (10)$$

De la figura 11, se tiene:

$$T_2 = T_3 = R/4 \quad (11)$$

Sustituyendo la Ec. (11) en la Ec. (10), se tiene:

$$F = R/4 \quad (12)$$

### Caso 4:

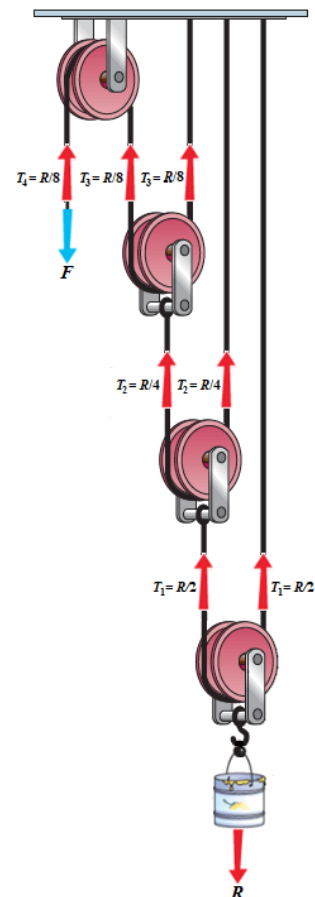


Figura 12. Polipasto con una polea fija y tres móviles.  
Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$R$  = Carga (N)

$T_1, T_2, T_3, T_4$  = Tensiones (N)

$F$  = Fuerza para elevar la carga (N)

De la Figura 12, tenemos:

$$T_4 - F = 0 \quad (13)$$

Despejando a la fuerza de la Ec. (13), tenemos:

$$F = T_4 \quad (14)$$

De la Figura 12, se tiene que:

$$T_4 = T_3 = R / 8 \quad (15)$$

Sustituyendo la Ec. (15) en la Ec. (14), se tiene:

$$F = R / 8 \quad (16)$$

De acuerdo a los resultados obtenidos por las Ecs. (8), (12) y (16), la ecuación general para determinar la fuerza cuando tengamos  $n$  poleas móviles es:

$$F = \frac{R}{2^n} \quad (17)$$

### Materiales y procedimiento

Esta práctica permite que los estudiantes puedan estimar la fuerza necesaria para elevar una carga determinada en un polipasto potencial o exponencial (ver Figura 13).

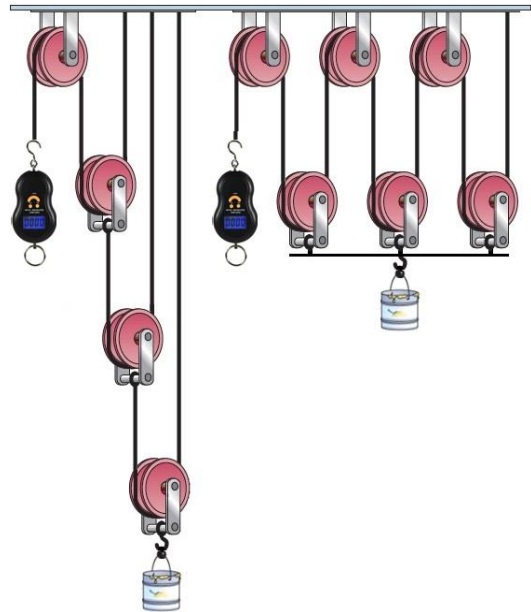


Figura 13. Dispositivo empleado para determinar la fuerza para elevar una carga empleando un polipasto potencial o exponencial. Fuente: Elaboración propia.

El dispositivo está integrado por dos configuraciones de polipastos (poleas, cuerdas, grilletes, báscula digital y bandolas mosquetón de acero) por un juego de poleas, cuerdas, grilles y un anemómetro multifuncional.

1.- Poleas: es una máquina simple, un dispositivo mecánico de tracción, que sirve para transmitir una fuerza. Consiste en una rueda con un canal en su periferia, por el cual pasa una cuerda que gira sobre un eje central.



Figura 14. Poleas (Truper, 2023).

2.- Cuerda: la misión de la cuerda (cable) es transmitir una potencia (un movimiento o una fuerza) entre sus extremos. El mecanismo resultante de la unión de una polea de cable con una cuerda se denomina polipasto. La cuerda comúnmente fabricada de polipropileno trenzado sólido de 66 pies, extremadamente fuerte con alta tenacidad.





Figura 15. Cuerda (Truper, 2023).

3.- Grillete: es empleado como la carga que se quiere elevar, comúnmente se suele usar como pieza intermedia entre el cáncamo o gancho y la eslinga. El grillete suele constar de una argolla y un perno, y son usados para sujetar cadenas a dispositivos de tracción o a pivotes para inmovilizar una carga o arrastrarla con mayor facilidad.



Figura 16. Grillete. Fuente: Elaboración propia.

4.- Bandolas mosquetón de acero: es un tipo de grillete en forma de anilla, de acero o aleaciones ligeras de aluminio, con un pestillo operado con un resorte, que se utiliza para conectar en forma rápida y reversible componentes, en especial sistemas que cumplen una función crítica sobre la seguridad.



Figura 17. Bandolas mosquetón de acero (Truper, 2023).

5.- Báscula digital: la balanza digital es un instrumento de peso y medida que sirve para medir la masa de los objetos con un rango de medida y precisión que puede variar desde balanzas que pesan kilogramos como las balanzas industriales y comerciales (con precisión de gramos) hasta unos pocos gramos o miligramos en las balanzas de laboratorio (con precisión de miligramos).



Figura 18. Báscula digital (Truper, 2023).

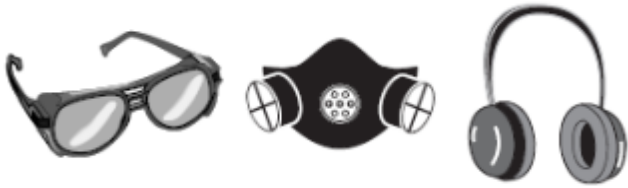
### Procedimiento experimental

Equipo de protección individual a utilizar:

- Bata blanca
- Botas de seguridad
- Guantes de látex blandos
- Gafas de protección
- Cubrebocas
- Zapato de seguridad WSM ergonómico con casquillo
- Orejeras de doble cubierta

### Advertencia

El uso de este dispositivo sin el equipo de protección adecuado podría dañar sus ojos, pulmones y oídos. Utilice siempre gafas de seguridad, un respirador y protección auditiva cuando utilice esta máquina.



El cabello y la ropa sueltos pueden quedar atrapados en el dispositivo y causar lesiones personales graves. Mantenga la ropa suelta y el cabello largo lejos de la maquinaria en movimiento.



#### Nota

Si nunca antes ha usado este tipo de máquina o equipo, LE RECOMENDAMOS ENCARECIDAMENTE que lea libros, revistas especializadas o reciba capacitación formal antes de comenzar cualquier proyecto. Independientemente del contenido de esta sección.

Procedimiento para llevar a cabo la deformación del alambre de cobre. Lee cuidadosamente los siguientes pasos, si tienes alguna duda pregunta a tu docente o encargado de laboratorio correspondiente:

1. Leer el manual teórico de la práctica proporcionado por el docente o encargado de laboratorio para entender los principios fundamentales del sistema mecánico (polipastos).

#### Polipasto potencial

2. Pesarse la carga que desea elevar en el polipasto potencial con una balanza digital.
3. Definir una altura de elevación.
4. Armar el polipasto simple con una polea fija (ver Figura 5).

5. Elevar la carga y registrar el valor que marca la balanza digital.
6. Armar el polipasto con una polea fija y otra móvil (ver Figura 6).
7. Elevar la carga y registrar el valor que marca la balanza digital.
8. Armar el polipasto con dos poleas fijas y dos móviles (ver Figura 7).
9. Elevar la carga y registrar el valor que marca la balanza digital.
10. Armar el polipasto con tres poleas fijas y tres móviles (ver Figura 8).
11. Elevar la carga y registrar el valor que marca la balanza digital.
12. Comparar los resultados obtenidos de los pasos 5, 7, 9 y 11 con las Ecs. (4), (8), (12) y (16) respectivamente.

#### Polipasto exponencial

13. Pesarse la carga que desea elevar en el polipasto potencial con una balanza digital.
14. Definir una altura de elevación.
15. Armar el polipasto simple con una polea fija (ver Figura 9).
16. Elevar la carga y registrar el valor que marca la balanza digital.
17. Armar el polipasto con una polea fija y otra móvil (ver Figura 10).
18. Elevar la carga y registrar el valor que marca la balanza digital.
19. Armar el polipasto con una polea fija y dos móviles (ver Figura 11).
20. Elevar la carga y registrar el valor que marca la balanza digital.
21. Armar el polipasto con una polea fija y tres móviles (ver Figura 12).

22. Eleve la carga y registre el valor que marca la balanza digital.
23. Compare los resultados obtenidos de los pasos 16, 18, 20 y 22 con las Ecs. (4), (8), (12) y (16) respectivamente.
24. Repita los pasos 2-23 para una carga diferente.
25. Resuma los resultados reportando:

individual o simultánea) se hace una simulación de un polipasto (ver Figura 18).

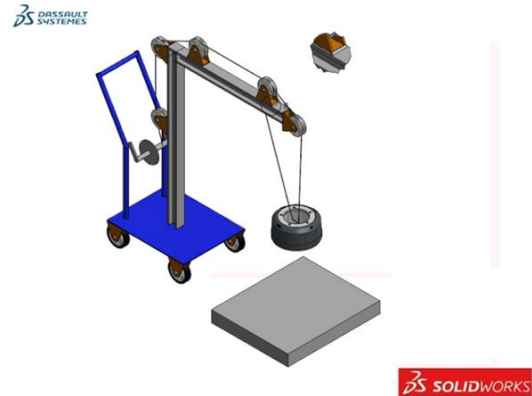


Figura 18. Polipasto en SolidWorks. Fuente: Elaboración propia.

## Resultados

**Nota: Asegurarse de utilizar las unidades del sistema internacional (SI).**

Tabla 1. Datos de la carga elevada con ayuda del polipasto potencial. Fuente: Elaboración propia.

Carga que desea elevar (kg)	Polipasto simple (kg)	Polipasto con una polea fija y otra móvil (kg)	Polipasto con dos poleas fijas y dos móviles (kg)	Polipasto con tres poleas fijas y tres móviles (kg)
1.	1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.	2.
3.	3.	3.	3.	3.
4.	4.	4.	4.	4.
5.	5.	5.	5.	5.

Tabla 2. Datos de la carga elevada con ayuda del polipasto exponencial. Fuente: Elaboración propia.

Carga que desea elevar (kg)	Polipasto simple (kg)	Polipasto con una polea fija y otra móvil (kg)	Polipasto con una polea fija y dos móviles (kg)	Polipasto con una polea fija y tres móviles (kg)
1.	1.	1.	1.	1.
2.	2.	2.	2.	2.
3.	3.	3.	3.	3.
4.	4.	4.	4.	4.
5.	5.	5.	5.	5.

## Simulación

Con ayuda del software SolidWorks (es una herramienta simulación CAE multifísico para análisis y simulación por elementos finitos (FEA). Incluye las fases de pre-proceso, resolución y post-proceso en una única plataforma de trabajo. SolidWorks ejecuta análisis a piezas o conjuntos usados en ingeniería y diseño mecánico que están sometidos a uno o varios fenómenos físicos de manera

## Conclusiones

En conclusión, se determinó el peso que se desea elevar, empleando una báscula digital, para determinar la fuerza que se empleará dependiendo de la configuración de polipasto que se elijará (potencial o exponencial). También se determinó analíticamente la fuerza ( $F$ ) del polipasto potencial, a través de la sumatoria de fuerzas en la dirección  $y$ , para compararla con la fuerza que se registra con la báscula digital, asimismo se determinó analíticamente la fuerza ( $F$ ) del polipasto exponencial, a través de la sumatoria de fuerzas en la dirección  $y$ , para compararla con la fuerza que se registra con la báscula digital.

## Referencias

- Beléndez, T., Neipp, C. y Beléndez, A., (2002). Revista Brasileira de Ensino de Física 24, 399.
- Beléndez, T., Neipp, C. y Beléndez, A., (2002). Eur. J. Phys. 29, 371.
- Gere, J. y Timoshenko, S., (1998). *Mecánica de Materiales*, Thomson Editores, México.
- Gere, J., (2002). *Mecánica de Materiales*, Thomson Learning Editores.
- Timoshenko, S. y Goodier, J.N., (1998). *Theory of Elasticity*, Mc Graw Hill, New York.
- Truper, S.A. de C.V., (2023). Catalogo TRUPER, recuperado de: Truper@ - Es mucha herramienta
- Sthyamoorthy, M., (1998). *Nonlinear Analysis of Structures*, CRC Press LLC, Boca Raton.