

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título: INGENIEROS  
MECÁNICOS**

**TEMA:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR MÓVIL  
ELECTROHIDRÁULICO TIPO TIJERA CON CAPACIDAD DE CARGA DE  
500 KILOGRAMOS PARA EL MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA**

**AUTORES:  
CARLOS ANDRÉS ALMEIDA GARCÍA  
JOSÉ LUIS GARCÍA RUEDA**

**TUTOR:  
JOSÉ OLGER PÉREZ SILVA**

**Quito, Junio de 2016**

## Cesión de derechos de autor

Nosotros **Carlos Andrés Almeida García** y **José Luis García Rueda**, con documento de identificación N° 1723641187 y N° 1713545018, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación titulado: **“Diseño y construcción de un elevador móvil electrohidráulico tipo tijera con capacidad de carga de 500 kilogramos para el mantenimiento de maquinaria”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



José Luis García Rueda

C.I: 1713545018



Carlos Andrés Almeida García

C.I: 1723641187

Quito, Junio de 2016

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación:  
“Diseño y construcción de un elevador móvil electrohidráulico tipo tijera con capacidad de carga de 500 kilogramos para el mantenimiento de maquinaria”,  
realizado por: Carlos Andrés Almeida García y José Luis García Rueda, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerada como trabajo final de titulación.

Quito, Junio de 2016



Pérez Silva José Olger

C.I: 1709822751

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a Dios que me ha dado la fuerza y la sabiduría para salir adelante, a mi madre Gessy y a mi padre Roberto que han sabido brindarme su apoyo, confianza y dándome el mejor ejemplo que es no rendirse jamás.

A mi abuelita y hermana quienes han estado pendientes y siempre me impulsaron a continuar.

Por último se lo dedico a mi familia y a todas las personas que hicieron posible la culminación de este trabajo.

**Carlos Almeida**

El presente proyecto se lo dedico a mi familia en especial a mis padres Gloria Rueda y José Luis García quienes son los principales motores de mi vida, ya que con todo su esfuerzo han hecho posible la culminación de esta etapa de mi vida, el ser un profesional, a mis hermanos Isabel y Kevin que han sido mi apoyo día tras día.

Además a todas las personas quienes me apoyaron durante toda mi vida universitaria, sepan que gracias a ustedes hoy soy un profesional.

**José García**

## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento a la facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, ya que dentro de ella aprendí todos los conocimientos y formación para ser un excelente profesional.

Mi agradecimiento especial al Ing. José María Ponce, al Sr. Fuad Misle e Ing. Jorge Pillalaza quienes confiaron y nos brindaron todo su apoyo para la construcción de la máquina.

Quiero agradecer a nuestro tutor Ing. Olger Pérez por haber dirigido y colaborado con sus conocimientos técnicos en la culminación de este trabajo de titulación.

**Carlos Almeida**

Un agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana, a los docentes que durante toda mi carrera universitaria supieron sembrar los conocimientos y los valores con los cuales me defenderé en la vida.

Además un agradecimiento especial al grupo de accionistas de la empresa y trabajadores que nos brindaron la ayuda necesaria para realizar el proyecto.

**José García**

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Introducción.....   | 1  |
| Capítulo 1.....   | 2  |
| Marco teórico.....  | 2  |
| 1.1 Definición plataforma elevadora.....                      | 2  |
| 1.2 Tipos de elevadores.....                                  | 3  |
| 1.3 Clasificación de plataforma elevadora.....                | 3  |
| 1.3.1 Plataforma elevadora de tijera.....                     | 3  |
| 1.3.2 Elevador mástil vertical.....                           | 5  |
| 1.3.3 Plataforma elevadora electromecánica.....               | 6  |
| 1.4 Análisis de alternativas empleando el método Scoring..... | 7  |
| 1.4.1 Requerimientos de la empresa.....                       | 8  |
| 1.4.2 Alternativa.....  | 8  |
| 1.4.3 Criterios de Valoración.....                            | 8  |
| 1.4.4 Ponderación.....  | 9  |
| Capítulo 2.....   | 11 |
| Elevador hidráulico tipo tijera.....                          | 11 |
| 1.4.5 Canastilla.....   | 11 |
| 1.4.6 Tijera (Estructura).....                                | 12 |
| 1.4.7 Cilindros de doble efecto.....                          | 12 |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 1.4.8  | Manómetro.....  | 13 |
| 1.4.9  | Válvula reguladora de caudal .....                                    | 13 |
| 1.4.10   | Válvula de retención .....  | 14 |
| 1.4.11   | Grupos compactos electro-hidráulicos (Power Pack) .....               | 14 |
| 1.5  | Principio de funcionamiento de un sistema hidráulico tipo tijera..... | 15 |
| 1.6  | Ventajas de un sistema hidráulico tipo tijera .....                   | 16 |
| 1.7  | Reacciones en los soportes (apoyos).....                              | 17 |
| 1.8  | Cargas.....   | 18 |
| 1.9  | Cargas internas resultantes .....                                     | 19 |
| Capítulo 3.....                                    |   | 20 |
| Diseño y selección de los elementos mecánicos..... |   | 20 |
| 3.1  | Requisitos de diseño.....   | 20 |
| 3.2  | Dimensionamiento de la canastilla .....                               | 20 |
| 3.3  | Dimensionamiento del eslabón del elevador .....                       | 20 |
| 3.4  | Posiciones del elevador .....   | 22 |
| 3.5  | Determinación de cargas que actuaran en la plataforma elevadora. .... | 23 |
| 3.5.1  | Peso de dos operarios y herramientas .....                            | 23 |
| 3.5.2  | Peso de la estructura metálica.....                                   | 24 |
| 3.6  | Determinación de la fuerza del cilindro .....                         | 24 |
| 3.6.1  | Posición inicial de elevación.....                                    | 25 |
| 3.6.1  | Posición media de elevación.....                                      | 26 |
| 3.6.2  | Posición máxima de elevación.....                                     | 27 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.7    | Determinación de cargas y reacciones de la estructura.....                        | 28 |
| 3.8    | Determinación de cargas y reacciones a la mínima posición $\alpha=6^\circ$ .....  | 28 |
| 3.8.1  | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 1.....                        | 29 |
| 3.8.2  | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 2.....                        | 30 |
| 3.8.3  | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 3.....                        | 31 |
| 3.9    | Determinación de cargas y reacciones a la posición media $\alpha=15^\circ$ .....  | 32 |
| 3.9.1  | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 1.....                        | 33 |
| 3.9.2  | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 2.....                        | 34 |
| 3.9.3  | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 3.....                        | 35 |
| 3.10   | Determinación de cargas y reacciones a la máxima posición $\alpha=28^\circ$ ..... | 36 |
| 3.10.1 | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 1.....                        | 37 |
| 3.10.2 | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 2.....                        | 38 |
| 3.10.3 | Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 3.....                        | 39 |
| 3.11   | Diseño de la base.....  | 40 |
| 3.11.1 | Cálculo del factor de seguridad teórico y real.....                               | 42 |
| 3.11.2 | Cálculo de la base posición inicial de elevación.....                             | 45 |
| 3.11.1 | Cálculo de la base posición media de elevación.....                               | 48 |
| 3.11.2 | Cálculo de la base posición máxima de elevación.....                              | 50 |
| 3.12   | Diseño del perfil de la estructura de tijeras.....                                | 53 |
| 3.12.1 | Cálculo del factor de seguridad teórico y real.....                               | 56 |
| 3.13   | Diseño del pasador y buje de la estructura metálica.....                          | 58 |
| 3.13.1 | Cálculo del diámetro del pasador.....   | 60 |

|                         |  |    |
|-------------------------|--|----|
| 3.13.2                  | Cálculo del espesor del bocín.....                 | 62 |
| 3.14                    | Diseño oreja de soporte de estructura.....         | 65 |
| 3.15                    | Soldadura en oreja de soporte.....                 | 67 |
| 3.16                    | Selección de ruedas y garruchas.....               | 71 |
| 3.17                    | Diseño y selección del Circuito Hidráulico.....    | 71 |
| Capítulo 4.....         |  | 74 |
| Cálculo de costos ..... |  | 74 |
| 4.1                     | Generalidades .....                                | 74 |
| 4.2                     | Máquinas herramientas .....                        | 74 |
| 4.3                     | Costos de fabricación .....                        | 74 |
| 4.3.1                   | Costos directos.....                               | 74 |
| 4.3.2                   | Costo de materiales y elementos normalizados ..... | 75 |
| 4.3.3                   | Costos mano de obra directa.....                   | 76 |
| 4.4                     | Costos indirectos .....                            | 77 |
| 4.5                     | Costos de producción .....                         | 78 |
| 4.6                     | Costos imprevistos .....                           | 78 |
| 4.7                     | Costo Total.....                                   | 79 |
| Conclusiones.....       |  | 80 |
| Recomendaciones .....   |  | 81 |
| Referencias .....       |  | 82 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Plataforma Elevadora .....   | 2  |
| Figura 2. Clasificación plataforma elevadora.....                              | 3  |
| Figura 3. Plataforma elevadora hidráulica tipo tijera .....                    | 4  |
| Figura 4. Plataforma elevadora hidráulica tipo mástil.....                     | 5  |
| Figura 5. Plataforma elevadora electromecánica.....                            | 6  |
| Figura 6. Evaluación de ponderación para alternativas .....                    | 9  |
| Figura 7. Score o resultado de la alternativa.....                             | 10 |
| Figura 8. Canastilla de elevador .....   | 11 |
| Figura 9. Estructura tipo tijera.....  | 12 |
| Figura 10. Cilindro hidráulico doble efecto.....                               | 12 |
| Figura 11. Manómetro .....   | 13 |
| Figura 12. Válvula reguladora de caudal.....                                   | 13 |
| Figura 13. Válvula de retención .....  | 14 |
| Figura 14. Partes de un Power Pack .....                                       | 15 |
| Figura 15. Principio de funcionamiento de un sistema hidráulico tipo tijera... | 16 |
| Figura 16. Reacciones en los soportes.....                                     | 17 |
| Figura 17. Recciones en los soportes del elevador.....                         | 18 |
| Figura 18. Cargas internas resultantes .....                                   | 19 |
| Figura 19. Dimensionamiento del eslabón del elevador.....                      | 21 |
| Figura 20. Denominación para diferentes posiciones de elevación.....           | 23 |
| Figura 21. Peso según estatura de persona .....                                | 24 |
| Figura 22. Diagrama cuerpo libre cilindro hidráulico posición inicial.....     | 25 |
| Figura 23. Elevador posición inicial.....                                      | 25 |
| Figura 24. Diagrama cuerpo libre cilindro hidráulico posición media.....       | 26 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 25. Elevador posición media .....  | 26 |
| Figura 26. Diagrama cuerpo libre cilindro hidráulico posición máxima.....       | 27 |
| Figura 27. Elevador posición máxima.....  | 27 |
| Figura 28. Elevación de plataforma a su mínima posición $\alpha=6^\circ$ .....  | 28 |
| Figura 29. Diagrama de cuerpo libre sección 1 .....                             | 29 |
| Figura 30. Diagrama de cuerpo libre sección 2 .....                             | 30 |
| Figura 31. Diagrama de cuerpo libre sección 3 .....                             | 31 |
| Figura 32. Elevación de plataforma a su posición media $\alpha=15^\circ$ .....  | 32 |
| Figura 33. Diagrama de cuerpo libre sección 1 .....                             | 33 |
| Figura 34. Diagrama de cuerpo libre sección 2 .....                             | 34 |
| Figura 35. Diagrama de cuerpo libre sección 3 .....                             | 35 |
| Figura 36. Elevación de plataforma a su máxima posición $\alpha=28^\circ$ ..... | 36 |
| Figura 37. Diagrama de cuerpo libre sección 1 .....                             | 37 |
| Figura 38. Diagrama de cuerpo libre sección 2 .....                             | 38 |
| Figura 39. Diagrama de cuerpo libre sección 3 .....                             | 39 |
| Figura 40. Determinación del momento máximo para la base .....                  | 41 |
| Figura 41. Dimensiones sección perfil estructural rectangular .....             | 42 |
| Figura 42. Diseño del perfil para la base del elevador .....                    | 45 |
| Figura 43. Diagrama de momento posición inicial elevación .....                 | 46 |
| Figura 44. Momentos principales de inercia de perfilaría .....                  | 47 |
| Figura 45. Diagrama de momentos posición media de elevación .....               | 49 |
| Figura 46. Diagrama de momentos posición media de elevación .....               | 51 |
| Figura 47. Distribución de cargas en la estructura .....                        | 52 |
| Figura 48. Factor de seguridad .....  | 52 |
| Figura 49. Simulación de desplazamiento .....                                   | 53 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 50. Determinación del momento máximo .....                   | 55 |
| Figura 51. Dimensiones sección perfil estructural rectangular ..... | 56 |
| Figura 52. Pasador .....  | 60 |
| Figura 53. Bocín .....  | 62 |
| Figura 54. Dimensiones oreja de soporte estructura.....             | 65 |
| Figura 55. Soldadura con filetes transversales .....                | 67 |
| Figura 56. Propiedades flexionantes de la soldadura de filete.....  | 67 |
| Figura 57. Placa especificaciones Power Pack.....                   | 73 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Alternativa de elevadores .....  | 8  |
| Tabla 2. Ponderación para evaluación de criterios .....                           | 9  |
| Tabla 3. Variacion de dimensiones del elevador .....                              | 22 |
| Tabla 4. Datos para el cálculo de cargas con ángulo de elevación a 6° .....       | 29 |
| Tabla 5. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 1 .....  | 30 |
| Tabla 6. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 2 .....  | 31 |
| Tabla 7. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 3 .....  | 32 |
| Tabla 8. Datos para el cálculo de cargas con ángulo de elevación a 15° .....      | 33 |
| Tabla 9. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 1 .....  | 34 |
| Tabla 10. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 2 ..... | 35 |
| Tabla 11. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 3 ..... | 36 |
| Tabla 12. Datos para el cálculo de cargas con ángulo de elevación a 28° .....     | 37 |
| Tabla 13. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 1 ..... | 38 |
| Tabla 14. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 2 ..... | 39 |
| Tabla 15. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 3 ..... | 39 |
| Tabla 16. Peso total de la estructura metálica de la máquina. ....                | 58 |
| Tabla 17. Ciclos de trabajo por día, mes y año .....                              | 59 |
| Tabla 18. Costo de materiales y elementos normalizados .....                      | 75 |
| Tabla 19. Costos mano de obra directa.....  | 76 |
| Tabla 20. Costos indirectos.....  | 77 |
| Tabla 21. Costos de producción.....   | 78 |
| Tabla 22. Costos imprevistos.....   | 78 |
| Tabla 23. Costo total.....  | 79 |

## **Resumen**

El presente proyecto de titulación se conforma de cuatro capítulos, los cuales tratan el diseño y construcción de un elevador móvil electro hidráulico tipo tijera para el mantenimiento de maquinaria en espacios reducidos, con capacidad de carga de hasta 500 kilogramos y una altura máxima de 2 metros.

En el primer capítulo se detalla los tipos de elevadores que serán evaluados mediante el método scoring para determinar de una forma rápida y sencilla la mejor alternativa de construcción, siendo esto de gran ayuda para el diseño de la máquina.

Una vez determinado el tipo de elevador que se va a construir el capítulo dos detalla definiciones técnicas y especifica los componentes principales de la máquina, esto con el fin de profundizar y dar a conocer más detenidamente los elementos a utilizar.

A continuación en el tercer capítulo se detalla los cálculos del diseño y la selección de los materiales para la construcción de cada elemento que compone la máquina; en la comprobación de los mismos se hizo uso de los programas MDSolid y SolidWork validando los procesos matemáticos ya mencionados y reduciendo el margen de error del producto final.

En la culminación del proyecto el capítulo cuarto explica el componente financiero, punto fundamental en el que el costo directo e indirecto son factores determinantes para la factibilidad y posterior construcción del elevador de tijera electro hidráulico.

Palabras clave: Elevadores, hidráulico, power pack, mantenimiento, Ingeniería Mecánica.

## **Abstract**

This final project has three chapters, which explains the design and construction of a mobile scissors electro hydraulic elevator for machinery maintenance in confined space. The elevator has a 500 Kilograms of load capacity and a height of 2 meters.

The first and second chapters explain some types of elevators, which will be evaluated through the scoring method to evaluate the best alternative, becoming a great help for the machine design. Additionally, it has technical definitions and specify the main components of the equipment.

The third chapter describes the design calculation and materials selection for the construction of each element that integrates the machine; MD Solid and Solid Works programs were used for testing materials, validating mathematical processes already mentioned and reducing error margin of the final product.

At the end of the project, chapter fourth explains the financial component, key point where the direct and indirect cost are determining factors for the feasibility and subsequent construction of the electro hydraulic scissors type elevator.

**Keywords:** Elevators, hydraulic, power pack, maintenance, Mechanical Engineering.

## **Introducción**

En la actualidad los elevadores de personas son de gran importancia para empresas de diversos sectores, como la construcción, mantenimiento, limpieza, montajes industriales.

La máquina elevadora está destinada a asistir a la industria textil con el propósito de facilitar y dar seguridad al personal en sus distintas funciones de trabajo, permitiendo elevarse a lugares que, por diversas causas, lo hacen prácticamente inaccesibles.

En la industria textil la configuración y disposición de la maquinaria está delimitada por espacios reducidos, siendo esto una gran dificultad el acceso del montacargas estándar.

Por lo que la construcción del elevador de tijeras tiene el propósito de facilitar la movilización con una máquina que contribuya al desempeño del mantenimiento preventivo y correctivo planificado por la empresa.

Para el diseño de la máquina abordaremos tres parámetros principales como la elevación máxima, estabilidad y movilidad, para lo cual se fabricará una estructura tipo tijera impulsada por un cilindro hidráulico el cual generará toda la fuerza requerida para la elevación, en conjunto de una mini central o denominada Power Pack.

# Capítulo 1

## Marco teórico

### 1.1 Definición plataforma elevadora

La plataforma elevadora es una estructura móvil que permite el desplazamiento; ascendente y descendente, diseñada para la movilización de personas y herramientas con el objetivo de llegar a una altura determinada donde se requiera realizar un tipo de labor. La máquina está compuesta por elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos, que actúan simultáneamente para lograr una movilidad segura (Ver Figura 1).

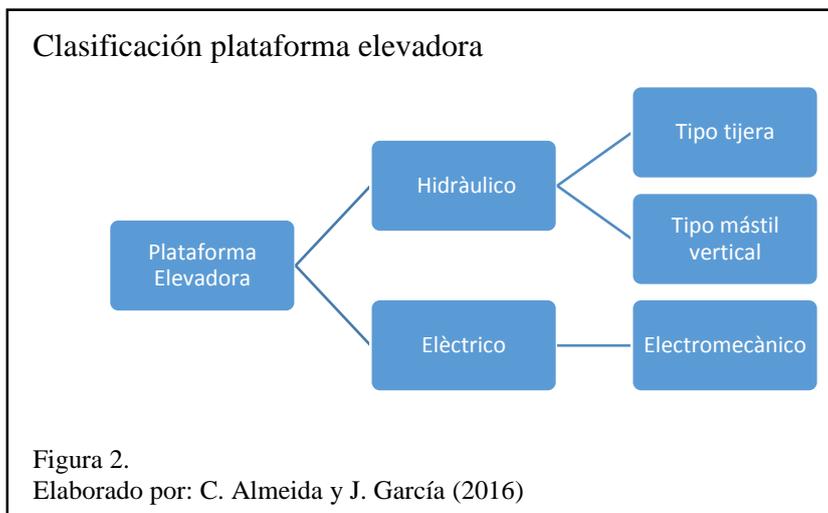


## 1.2 Tipos de elevadores

Para el estudio de este proyecto fue indispensable recopilar información y características técnicas de las diversas plataformas elevadoras existentes en el mercado nacional e internacional.

## 1.3 Clasificación de plataforma elevadora

En la figura 2 se observa la clasificación de plataforma elevadora para personas:



### 1.3.1 Plataforma elevadora de tijera

Un elevador hidráulico tipo tijera es una plataforma que proporciona acceso vertical a lugares de una determinada altura.

Posee un diseño de estructura que ofrece maniobrabilidad, usada en espacios reducidos para realizar trabajos de instalaciones eléctricas, mantenimiento, montajes industriales y otros. Funciona mediante un sistema hidráulico y pueden estar alimentadas por baterías o corriente alterna. Obteniendo gran versatilidad y seguridad debido a sus cuatro estabilizadores (Díaz, 2008, pág. 41) (Ver Figura 3).

### Plataforma elevadora hidráulica tipo tijera



Figura 3.  
Fuente: (Reachingout, s.f.)

### Características de la plataforma elevadora tipo tijera:

- **Movilidad:** sus dimensiones hacen que esta máquina posea movilidad en espacios reducidos. Su altura de elevación de la plataforma es de 3900 mm y el ancho total de 760 mm.
- **Mantenimiento:** los elevadores de tijera están diseñadas para que tengan menos mantenimientos programados (JLG, Elevadores eléctricos de tijera, 2016).
- **Costo:** el elevador de tijeras se cotiza en 9.520 dólares (Ver anexo 1).
- **Seguridad:** el elevador cuenta con varios dispositivos de seguridad siendo uno de ellos los cuatro estabilizadores.
- **Ergonomía:** Una persona más herramientas y equipamiento hasta un máximo de 240 Kg (Dingli, 2013, pág. 2).

### 1.3.2 Elevador mástil vertical

El elevador hidráulico tipo mástil como se muestra en la (Figura 4) está construida con una plataforma de trabajo que se extiende verticalmente, acoplado a un mástil de aluminio accionado por un sistema hidráulico. Pueden estar alimentadas por baterías, con motor diésel y tracción integral o una combinación de ambos sistemas (Díaz, 2008, pág. 41).



Características de la plataforma elevadora mástil:

- **Movilidad:** las ruedas delanteras facilitan la maniobrabilidad permitiendo ciclos de trabajos extensos. La altura de elevación de la plataforma es de 3660 mm y el ancho total de 750 mm (Genie, 2016, pág. 1).

- **Mantenimiento:** requiere un mantenimiento periódico tanto preventivo y correctivo.
- **Costo:** elevador de mástil vertical se cotiza en 11.760 dólares (Ver anexo 2).
- **Seguridad:** la solidez del mástil de acero de 3 secciones brinda estabilidad siendo este el principal componente.
- **Ergonomía:** Una persona más herramientas y equipamiento hasta un máximo de 227 Kg (Genie, 2016, pág. 2).

### 1.3.3 Plataforma elevadora electromecánica

Una plataforma elevadora electromecánica como se muestra en la figura 5, está compuesta por mecanismos como cables, polipastos, variadores de frecuencia, la misma estructura a los cuales se les da un movimiento vertical por un motor eléctrico, todo funciona con un sistema de guías verticales y un limitador de velocidad mecánico llamado motorreductor (Pilar Fernández, 2003, pág. 1).



- **Movilidad:** el elevador brinda facilidad de transporte y almacenaje. La altura de elevación de la plataforma es de 1800 mm y el ancho total de 510 mm.
- **Mantenimiento:** requiere un mantenimiento periódico tanto preventivo y correctivo.
- **Costo:** la plataforma elevadora electromecánica se cotiza en el mercado ecuatoriano en aproximadamente 10.000 dólares.
- **Seguridad:** el limitador de velocidad brinda seguridad de elevación gracias al sistema de piñones, obteniendo así varias configuraciones
- **Ergonomía:** Una persona más herramientas y equipamiento hasta un máximo de 227 Kg (BRAND, 2014, pág. 15).

#### 1.4 Análisis de alternativas empleando el método Scoring

El Método Scoring es una forma rápida y sencilla para determinar la mejor alternativa de construcción, basándose en un sistema de ponderación detallada en la página 9, para satisfacer los requerimientos.

Pasos a seguir.

- Identificar el objetivo general del problema.
- Definir las alternativas con las que se trabajara.
- Listar los criterios a emplear en la toma de decisiones.
- Asignar una ponderación a cada uno de los criterios.
- Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de criterios.
- Calcular el Score para cada una de las alternativas (Vejo, 2005, pág. 2).

### 1.4.1 Requerimientos de la empresa

La empresa Paris Quito S.A. requiere diseñar y construir una máquina que facilite las operaciones de mantenimiento a realizarse en espacios reducidos y en alturas de hasta 2 metros siendo estos los principales objetivos a desarrollarse.

### 1.4.2 Alternativa

La selección se la realizará con la alternativa de 2 tipos de elevadores hidráulicos y un elevador electromecánico (Ver tabla 1).

Tabla 1.  
Alternativas de elevadores

| Alternativas  | Máquinas                              |
|---------------|---------------------------------------|
| Alternativa 1 | Elevador electro hidráulico de tijera |
| Alternativa 2 | Elevador hidráulico mástil vertical   |
| Alternativa 3 | Elevador electromecánico              |

Nota: Tres alternativas que indican los tipos de elevadores.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 1.4.3 Criterios de Valoración

Para los criterios de valoración se ha seleccionado los siguientes factores, aquellos que fueron mencionados en cada una de las alternativas:

**Movilidad:** dimensiones de la máquina para transitar en espacios reducidos.

**Mantenimiento:** conservación de la máquina y su correcto funcionamiento.

**Costos:** fabricación, mantenimiento y operación.

**Seguridad:** solidez y estabilidad que proporcione la máquina para evitar el volteo.

**Ergonomía:** condiciones óptimas de trabajo (humano-máquina-ambiente)

### 1.4.4 Ponderación

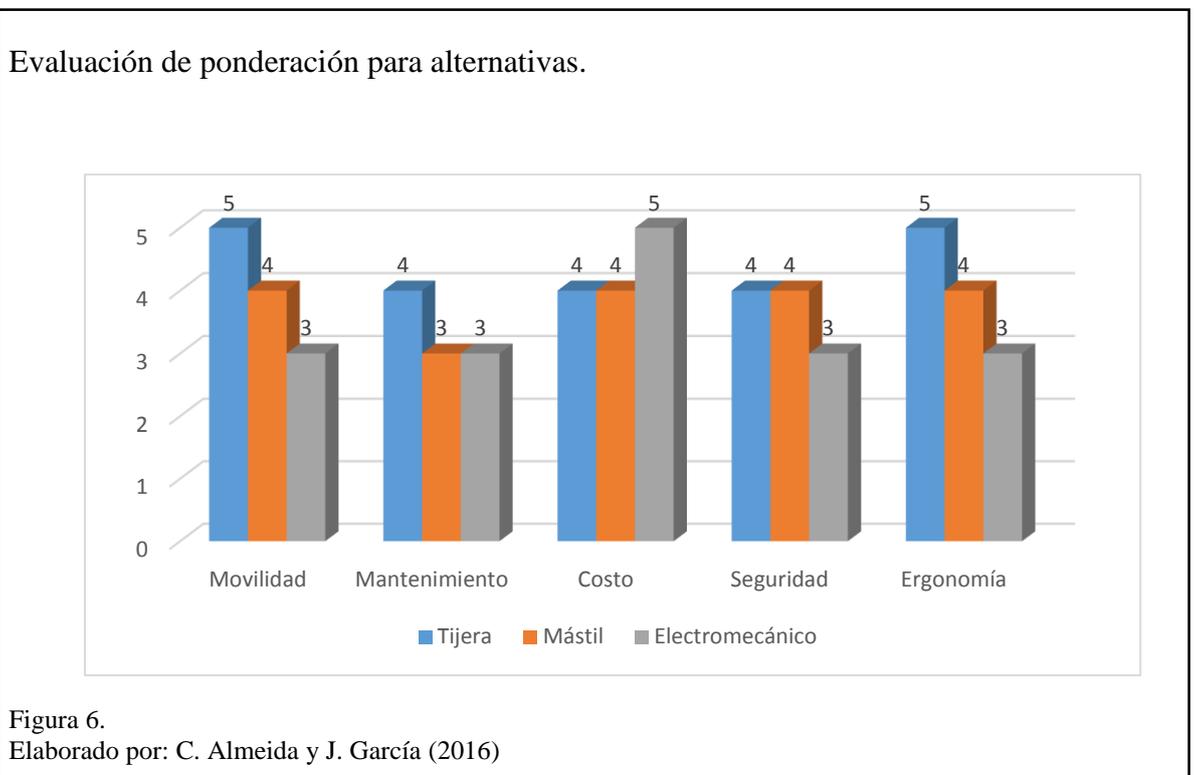
El análisis de ponderación a la cual se evaluará a cada uno de los criterios se muestra en la tabla 2.

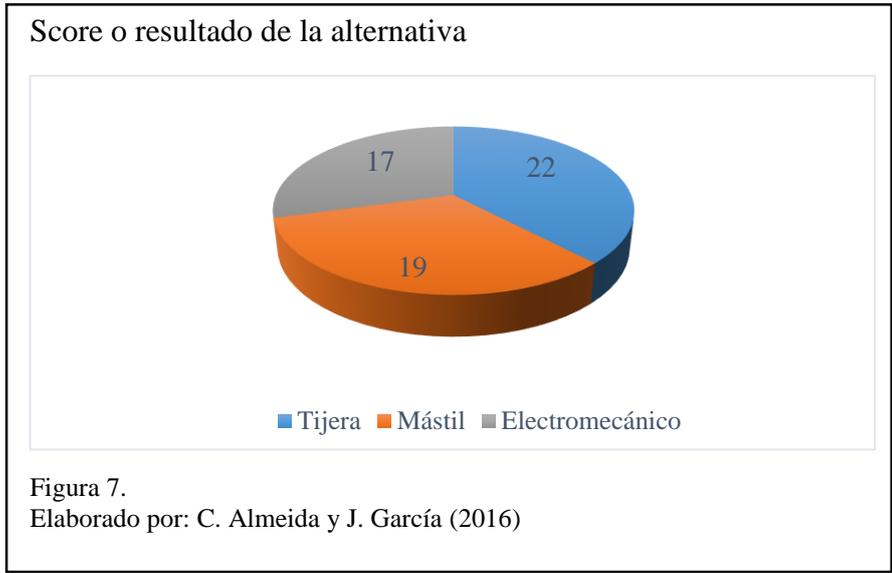
Tabla 2.  
Poderacion para evaluación de criterios.

|          | <b>Ponderación</b>     |
|----------|------------------------|
| <b>5</b> | Muy Satisfactorio      |
| <b>4</b> | Algo Satisfactorio     |
| <b>3</b> | Satisfactorio          |
| <b>2</b> | Poco Satisfactorio     |
| <b>1</b> | Muy poco Satisfactorio |

Nota: Calificación de criterios.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

La Figura 6 muestra la evaluación de ponderación a la cual ha sido tomada cada criterio para la determinación de la mejor alternativa.





Con base en el método Scoring (Figura 7) se concluye que la alternativa 1 (Elevador Electro Hidráulico de tijera) brinda mayores prestaciones para la construcción de la máquina.

## Capítulo 2

### Elevador hidráulico tipo tijera

Una vez realizado el método scoring para la selección de alternativas, el elevador electro hidráulico de tijera es la mejor opción para la construcción y desarrollo del proyecto.

A continuación se detallan los componentes principales que conforman el equipo:

#### 1.4.5 Canastilla

Bandeja rodeada por una barandilla o tipo de estructura ubicada en la plataforma superior donde los operarios realizan actividades de mantenimiento (Pino, 2003, pág. 2) (Ver Figura 8).



### 1.4.6 Tijera (Estructura)

Estructura tipo tijera que consta por un ensamble de perfilaría tubular, el cual proporciona un acceso vertical a una determinada altura (Casillas & Estacio, 2012) (Ver Figura 9).



### 1.4.7 Cilindros de doble efecto

Los cilindros de doble efecto (Figura 10) tienen dos tomas, al presurizar la cámara de avance, el émbolo comienza a avanzar hasta llegar a su posición final. Cuando se despresuriza el cilindro, el émbolo solo retornará por efecto de una carga o por gravedad (Hydraulic, 2013, pág. 8).



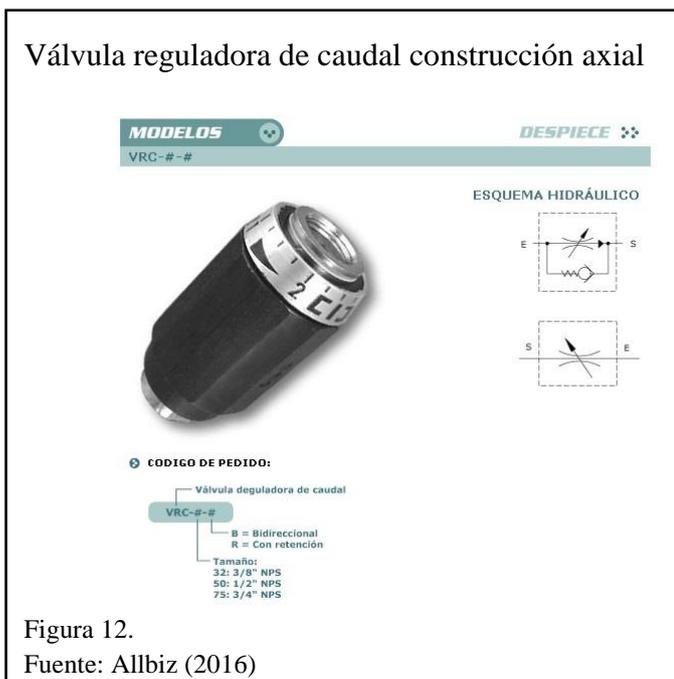
### 1.4.8 Manómetro

Instrumento utilizado para medir la presión en los fluidos (Figura 11), determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local (P.Gerhart, 1995).



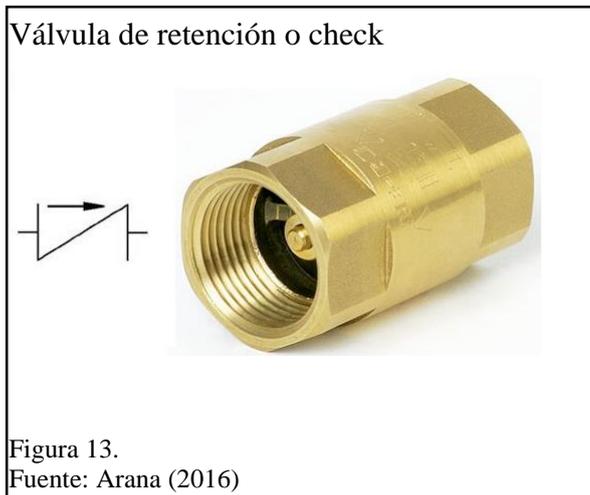
### 1.4.9 Válvula reguladora de caudal

Las válvulas reguladoras (Figura 12) permiten controlar la velocidad de avance o retroceso del fluido hidráulico que actúa en el cilindro (Debian, 2011, pág. 1).



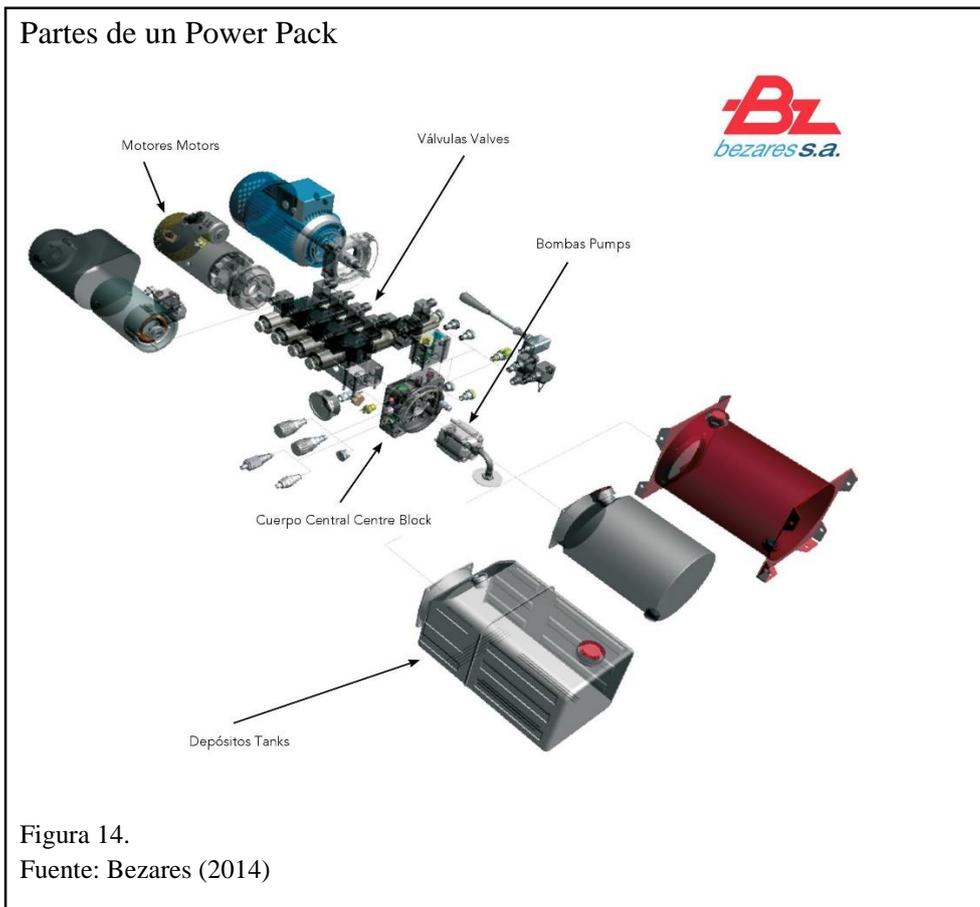
#### 1.4.10 Válvula de retención

Esta válvula permite al fluido dirigirse en una dirección (Figura 13), pero cierra automáticamente para prevenir flujo en la dirección opuesta o contra flujo (ValMatic, 2012, pág. 2).



#### 1.4.11 Grupos compactos electro-hidráulicos (Power Pack)

Con base en Serrano Nicolás (2002) los equipos compactos hidráulicos (Power Pack) incorporan, motor, bomba de engranajes, depósito y válvula de seguridad (Figura 14). Estos grupos se comercializan para caudales de entre 1 y 19 l/min y potencias que oscilan entre 1,5 y los 8,1 kW.



### 1.5 Principio de funcionamiento de un sistema hidráulico tipo tijera

El Sistema de elevación se realiza mediante un cilindro hidráulico, su funcionamiento consiste en transportar la energía a través de las mangueras hidráulicas por medio de una mini central Power Pack (Ver Figura 15).

Esta energía está en función de la presión y el caudal que circulen por el sistema al momento de ingresar el fluido aceite en la cámara del cilindro hidráulico, empujando al pistón el cual transmite la energía a través de la estructura metálica en forma de tijera para poder elevar la plataforma.

### Principio de funcionamiento de un sistema hidráulico tipo tijera

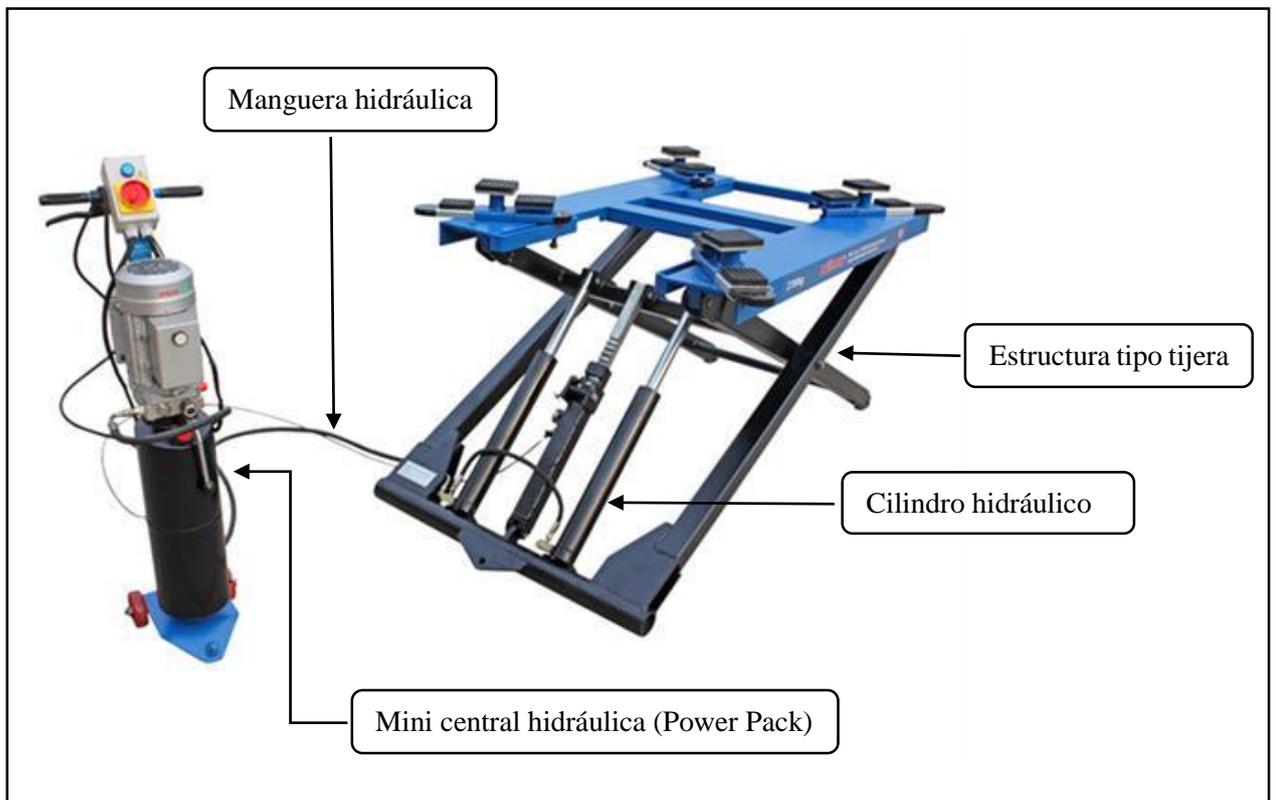


Figura 15.  
Fuente: SoloStocks (2000)

### 1.6 Ventajas de un sistema hidráulico tipo tijera

- Un sistema hidráulico es muy fácil de controlar, ya que nos permite obtener velocidades variables.
- Los actuadores, motores y cilindros tienen la capacidad de transformar la energía recibida en energía mecánica para generar cualquier tipo de movimiento.
- Un sistema hidráulico puede llegar hasta su límite de trabajo, y no presentará riesgos de sobrecargas o tendencias al calentamiento.
- Su estructura metálica de gran rigidez brinda mayor seguridad y confiabilidad al momento que la plataforma se eleva soportando las cargas permitidas.

- Su configuración brinda rigidez y una buena estabilidad (Oliva, 2013).

### 1.7 Reacciones en los soportes (apoyos)

Las fuerzas de superficie que se desarrollan en los soportes o puntos de contacto entre los cuerpos se llaman reacciones. En la (Figura 16) se muestran los soportes más comunes para los problemas bidimensionales, es decir, para cuerpos sometidos a sistemas de fuerzas coplanares (Hibbeler, 2011, pág. 5).

Reacciones en los soportes

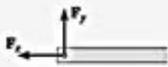
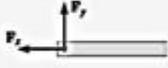
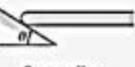
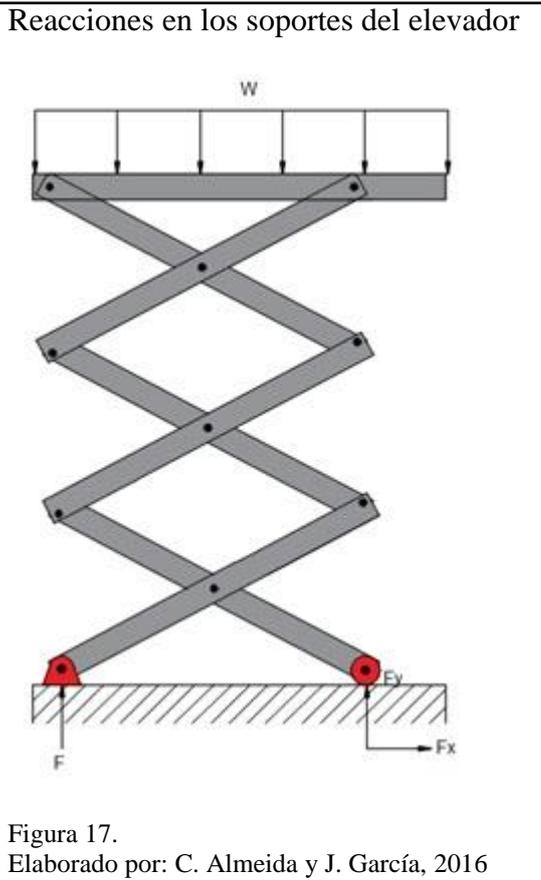
| TABLA 1-1   |   |  |  |
|---|---|--|--|
| Tipo de conexión  | Reacción  | Tipo de conexión   | Reacción   |
| <br>Cable          | <br>Una incógnita: $F$   | <br>Pasador externo   | <br>Dos incógnitas: $F_x, F_y$       |
| <br>Rodillo      | <br>Una incógnita: $F$ | <br>Pasador interno | <br>Dos incógnitas: $F_x, F_y$      |
| <br>Soporte liso | <br>Una incógnita: $F$ | <br>Soporte fijo    | <br>Tres incógnitas: $F_x, F_y, M$ |

Figura 16.  
Fuente: Hibbeler (2011, pág. 5)

Para el estudio de este la plataforma elevadora hidráulica tipo tijera los apoyos que se presentaran en la Figura 17 son:

- Rodillo : [F]
- Pasador externo : [Fx, Fy]



## 1.8 Cargas

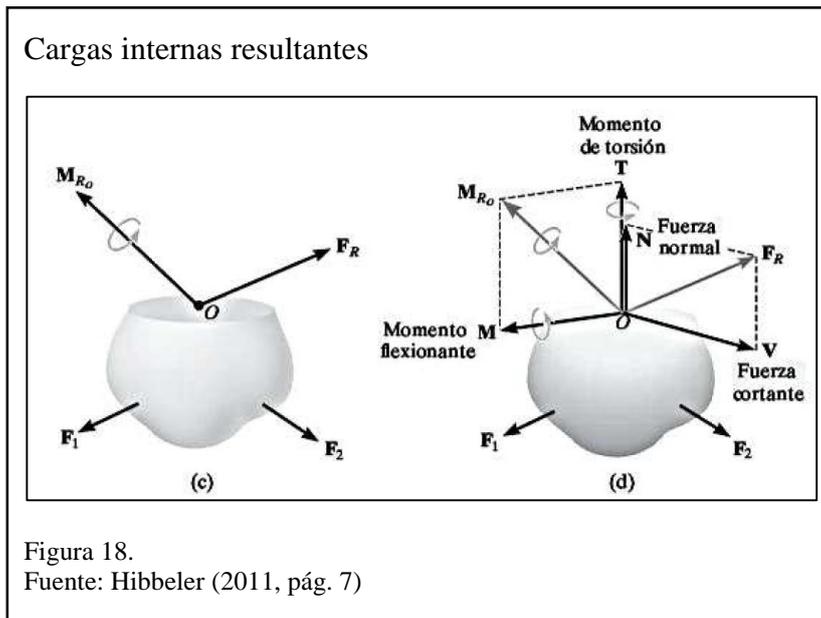
Para el diseño de la estructura del elevador de tijeras establece la clasificación de cargas de acuerdo con su naturaleza y duración de la aplicación. Las cuales se denominan cargas muertas, cargas vivas (MacCormac, 2012, pág. 41).

**Cargas muertas:** son cargas de magnitud constante, estas son el peso propio de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ella. Los pesos, determinados de acuerdo con el diseño real, deben compararse con los pesos estimados (MacCormac, 2012, pág. 41).

**Carga vivas:** son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud. Estas cargas son originadas cuando una estructura se ocupa, se usa y se mantiene (MacCormac, 2012, pág. 42).

## 1.9 Cargas internas resultantes

En la mecánica de materiales, la estática se usa principalmente para determinar las cargas resultantes que actúan dentro de un cuerpo. Pueden usarse las ecuaciones de equilibrio para relacionar las fuerzas externas sobre la parte inferior del cuerpo con la fuerza y el momento resultantes de la distribución  $\mathbf{F}_R$  y  $\mathbf{M}_R$ , en cualquier punto específico  $O$  sobre el área seleccionada (Hibbeler, 2011, pág. 7) (Ver Figura 18).



**Fuerza normal,  $N$ :** Esta fuerza actúa perpendicularmente al área. Se desarrolla siempre que las cargas externas tienden a empujar o jalar sobre los dos segmentos del cuerpo.

**Esfuerzo cortante,  $V$ :** El esfuerzo cortante se encuentra en el plano del área y se desarrolla cuando las cargas externas tienden a ocasionar que los dos segmentos del cuerpo se deslicen uno sobre otro (Hibbeler, 2011, pág. 8).

**Momento flexionante,  $M$ :** El momento flexionante es causado por las cargas externas que tienden a flexionar el cuerpo respecto a un eje que se encuentra dentro del plano del área (Hibbeler, 2011, pág. 8).

## Capítulo 3

### Diseño y selección de los elementos mecánicos

#### 3.1 Requisitos de diseño

La máquina a diseñar y construir tiene como principal función elevar una carga máxima de 500 kg, teniendo como exigencia las siguientes medidas para su construcción:

- Altura máxima:  $h_{max} = 2000$  mm
- Altura mínima  $h_{min} = 440$  mm
- Longitud  $l = 1600$  mm
- Ancho 600 mm
- Carga de Elevación  $P = 500$  kg

#### 3.2 Dimensionamiento de la canastilla

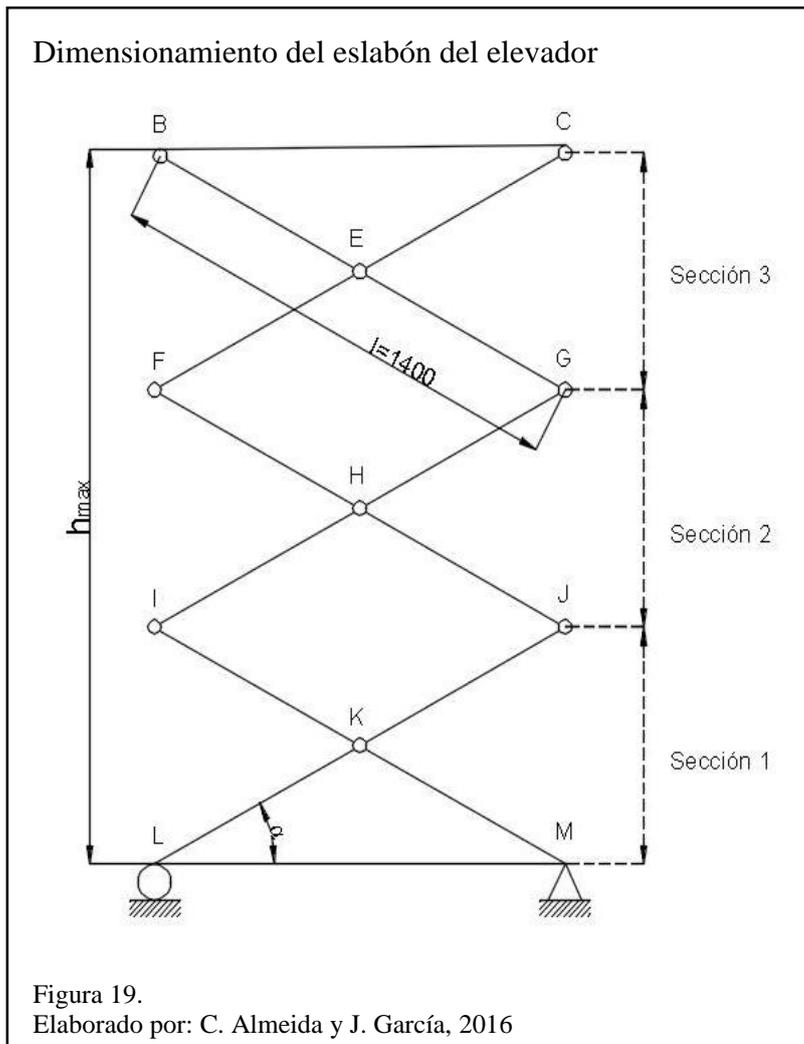
Tomando en cuenta las medidas requeridas para el diseño de la máquina, en base a la norma NTP 634 (Pino, 2003, pág. 6) la plataforma estará equipada con barandillas a una altura mínima de 900 mm.

#### 3.3 Dimensionamiento del eslabón del elevador

Los cálculos para el dimensionamiento del eslabón del elevador, hace referencia la altura máxima a elevar, el diseño de la máquina estará definida por 3 secciones (Figura 19) ya que representa una mejor estabilidad (Norma española, 2002, pág. 22), debido a que el desplazamiento de los soportes es menor y el ángulo máximo de inclinación de la estructura es de  $28.4^\circ$ .

Ángulo de elevación máxima:  $\alpha = 28.4^\circ$

La altura máxima  $h_{\max} = 2000 \text{ mm}$  se divide en 3 secciones y resulta la dimensión de cada sección  $h_1 = h_2 = h_3 = 667$



Mediante el tramo  $\overline{LJ}$  se obtiene longitud del eslabón del elevador ( $l$ ):

$$\sin \alpha = \frac{h_1}{l}$$

$$\sin(28.4^\circ) = \frac{667}{l}$$

$$l = 1400 \text{ mm}$$

### 3.4 Posiciones del elevador

La tabla 3, presenta la variación de las dimensiones del elevador, de acuerdo con el ángulo de elevación, se tiene las diferentes dimensiones como la altura de la estructura, altura de cada sección y la distancia entre apoyos.

Tabla 3.  
Variación de dimensiones del elevador

| Ángulo de Elevación ( $\alpha$ ) [°] | Altura total de la estructura (h) [mm] | Altura de cada sección (h1) [mm] | Distancia entre apoyos (l) [mm] |
|--------------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------------|
| <b>6</b>                             | <b>439</b>                             | <b>150</b>                       | <b>1390</b>                     |
| 10                                   | 730                                    | 240                              | 1380                            |
| 15                                   | 1090                                   | 360                              | 1350                            |
| 20                                   | 1440                                   | 480                              | 1320                            |
| 25                                   | 1770                                   | 590                              | 1270                            |
| <b>28</b>                            | <b>2000</b>                            | <b>667</b>                       | <b>1240</b>                     |

Nota: Dimensiones de la estructura según el ángulo de elevación.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

Para obtener la altura máxima de 2000 mm se requiere 3 secciones ( $3 \cdot 667 = 2000$  mm) y un ángulo de  $\alpha = 28.4$ .

En la figura 20 representa la denominación que tendrá el elevador

- Ángulo de elevación: ( $\alpha$ )
- Altura total de la estructura : (h) [mm]
- Ancho de la estructura : (l) [mm]
- Altura de cada sección : (h1) [mm]

### Denominación para diferentes posiciones de elevación

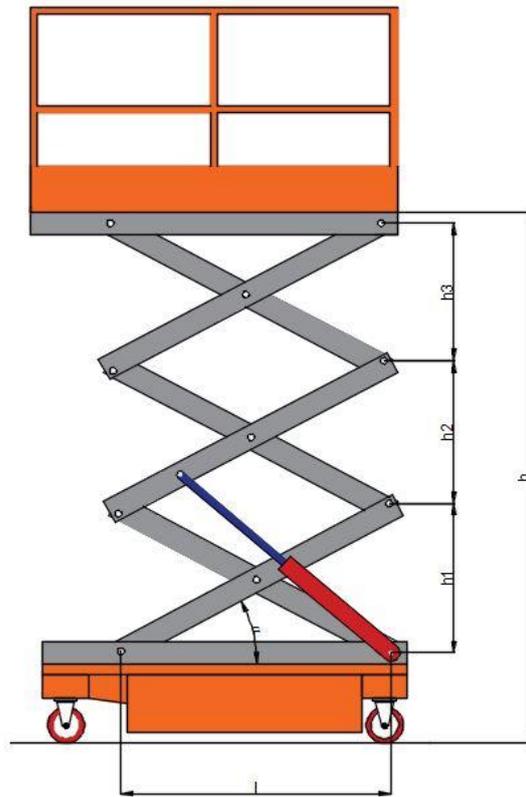


Figura 20.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.5 Determinación de cargas que actuarán en la plataforma elevadora.

Para determinar las cargas que actuarán en la plataforma elevadora se toma como referencia el peso de dos personas, herramientas y de la estructura metálica.

#### 3.5.1 Peso de dos operarios y herramientas

La plataforma está diseñada para soportar dos personas con un peso promedio de 85 kg cada una (Figura 21), adicional a esto se toma un peso de herramientas y piezas a desmontar de 80 kg, tomando en cuenta que el valor mínimo de dicho peso debe ser mayor a 40 kg (Pino, 2003, pág. 7) dando como resultado un total de 250 kg.

### Peso según estatura de persona

| Altura<br>[mts.] | Mujeres    |       |            |       |            |       | Hombres    |       |            |       |            |       |
|------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
|                  | Pequeña    |       | Mediana    |       | Grande     |       | Pequeño    |       | Mediano    |       | Grande     |       |
|                  | Peso [kg.] |       | Peso [kg.] |       | Peso [kg.] |       | Peso [kg.] |       | Peso [kg.] |       | Peso [kg.] |       |
|                  | Min.       | Max.  |
| 1.5              | 45.00      | 47.25 | 46.13      | 50.63 | 47.25      | 52.88 | 45.00      | 50.18 | 48.38      | 55.40 | 50.63      | 56.25 |
| 1.52             | 46.21      | 48.52 | 47.36      | 51.98 | 48.52      | 54.29 | 46.21      | 51.52 | 49.67      | 56.88 | 51.98      | 57.76 |
| 1.54             | 47.43      | 49.80 | 48.62      | 53.36 | 49.80      | 55.73 | 47.43      | 52.89 | 50.99      | 58.39 | 53.36      | 59.29 |
| 1.56             | 48.67      | 51.11 | 49.89      | 54.76 | 51.11      | 57.19 | 48.67      | 54.27 | 52.32      | 59.92 | 54.76      | 60.84 |
| 1.58             | 49.93      | 52.42 | 51.18      | 56.17 | 52.42      | 58.67 | 49.93      | 55.67 | 53.67      | 61.46 | 56.17      | 62.41 |
| 1.6              | 51.20      | 53.76 | 52.48      | 57.60 | 53.76      | 60.16 | 51.20      | 57.09 | 55.04      | 63.03 | 57.60      | 64.00 |
| 1.62             | 52.49      | 55.11 | 53.80      | 59.05 | 55.11      | 61.67 | 52.49      | 58.52 | 56.42      | 64.61 | 59.05      | 65.61 |
| 1.64             | 53.79      | 56.48 | 55.14      | 60.52 | 56.48      | 63.21 | 53.79      | 59.98 | 57.83      | 66.22 | 60.52      | 67.24 |
| 1.66             | 55.11      | 57.87 | 56.49      | 62.00 | 57.87      | 64.76 | 55.11      | 61.45 | 59.25      | 67.84 | 62.00      | 68.89 |
| 1.68             | 56.45      | 59.27 | 57.86      | 63.50 | 59.27      | 66.33 | 56.45      | 62.94 | 60.68      | 69.49 | 63.50      | 70.56 |
| 1.7              | 57.80      | 60.69 | 59.25      | 65.03 | 60.69      | 67.92 | 57.80      | 64.45 | 62.14      | 71.15 | 65.03      | 72.25 |
| 1.72             | 59.17      | 62.13 | 60.65      | 66.56 | 62.13      | 69.52 | 59.17      | 65.97 | 63.61      | 72.84 | 66.56      | 73.96 |
| 1.74             | 60.55      | 63.58 | 62.07      | 68.12 | 63.58      | 71.15 | 60.55      | 67.52 | 65.09      | 74.54 | 68.12      | 75.69 |
| 1.76             | 61.95      | 65.05 | 63.50      | 69.70 | 65.05      | 72.79 | 61.95      | 69.08 | 66.60      | 76.26 | 69.70      | 77.44 |
| 1.78             | 63.37      | 66.54 | 64.95      | 71.29 | 66.54      | 74.46 | 63.37      | 70.66 | 68.12      | 78.01 | 71.29      | 79.21 |
| 1.8              | 64.80      | 68.04 | 66.42      | 72.90 | 68.04      | 76.14 | 64.80      | 72.25 | 69.66      | 79.77 | 72.90      | 81.00 |
| 1.82             | 66.25      | 69.56 | 67.90      | 74.53 | 69.56      | 77.84 | 66.25      | 73.87 | 71.22      | 81.55 | 74.53      | 82.81 |
| 1.84             | 67.71      | 71.10 | 69.40      | 76.18 | 71.10      | 79.56 | 67.71      | 75.50 | 72.79      | 83.35 | 76.18      | 84.64 |
| 1.86             | 69.19      | 72.65 | 70.92      | 77.84 | 72.65      | 81.30 | 69.19      | 77.15 | 74.38      | 85.18 | 77.84      | 86.49 |

Figura 21.  
Fuente: Licata (1999-2015)

### 3.5.2 Peso de la estructura metálica

Para determinar el peso de la estructura metálica se optó por un valor aproximado basado en catálogos de los materiales, el mismo que tiene su comprobación en el capítulo tres del diseño y selección de los elementos mecánicos referenciando la (tabla 16) la cual valida una carga de 250 kg y el peso de los dos operarios con su respectiva herramienta distribuidos en la plataforma de 250 kg, dando como un valor de carga total de 500 kg.

### 3.6 Determinación de la fuerza del cilindro

Para determinar la fuerza máxima que ejercerá el cilindro se debe conocer en qué posición es la que tiene el mayor punto crítico por lo que se realiza el cálculo en las diferentes alturas: baja, media, y máxima elevación.

### 3.6.1 Posición inicial de elevación

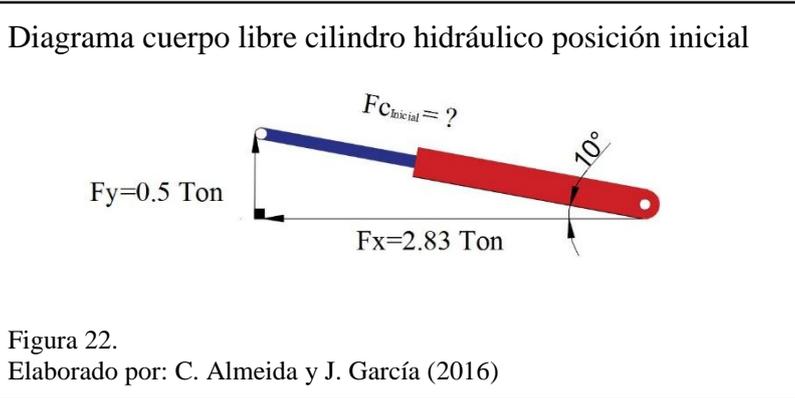
En el diagrama de cuerpo libre (Figura 22) se muestra la fuerza que adopta el cilindro hidráulico donde tiene su mayor esfuerzo debido a su ángulo inicial ( $10^\circ$ ).

Datos:

$$P = 0.5 \text{ Ton}$$

$$\alpha_{Estructura} = 6^\circ \text{ (Figura 23)}$$

$$\theta_{Cilindro} = 10^\circ$$

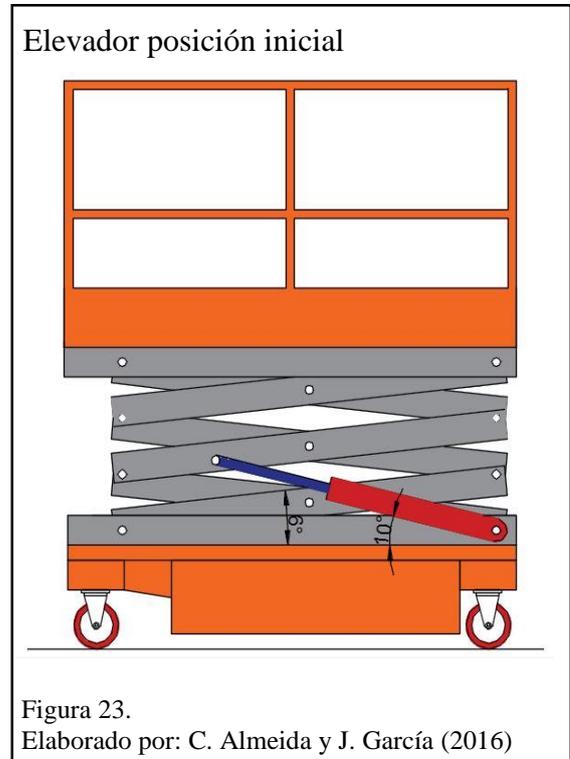


Fuerza del cilindro posición inicial:

$$\text{sen } 10^\circ = \frac{0.5}{F_{C_{inicial}}}$$

$$F_{C_{inicial}} = \frac{0.5}{\text{sen } 10^\circ}$$

$$F_{C_{inicial}} = 2.88 \text{ Ton}$$



### 3.6.1 Posición media de elevación

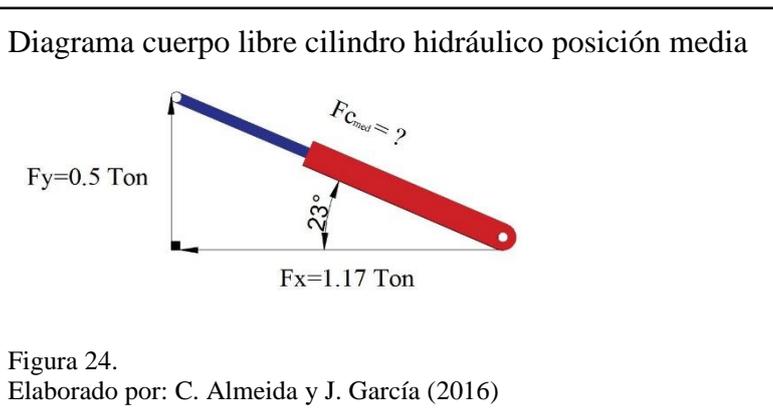
En el diagrama de cuerpo libre (Figura 24) se muestra la fuerza de adopta el cilindro hidráulico donde el esfuerzo disminuye debido a que su ángulo está en aumento  $23^\circ$ .

Datos:

$$P = 0.5 \text{ Ton}$$

$$\alpha_{Estructura} = 15^\circ (\text{Figura 25})$$

$$\theta_{Cilindro} = 23^\circ$$

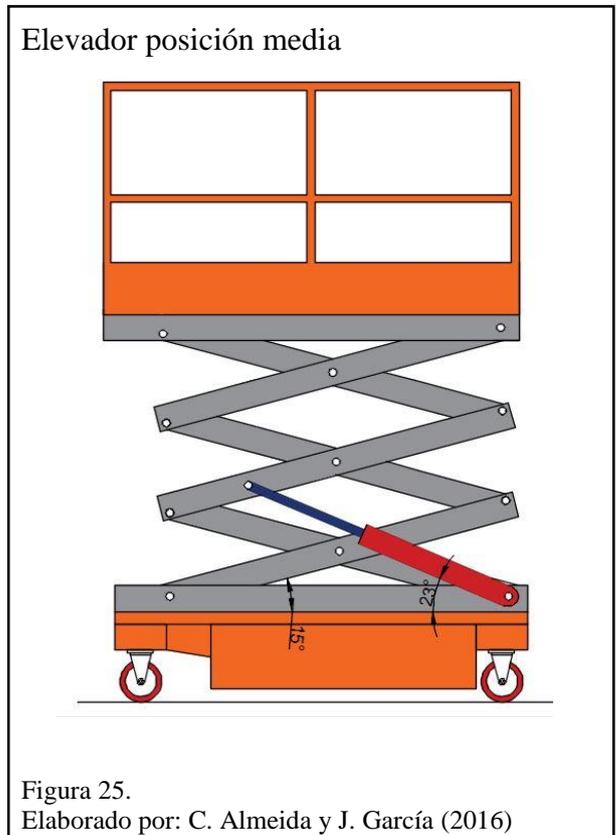


Fuerza del cilindro posición media:

$$\text{sen } 23^\circ = \frac{0.5}{F_{C_{med}}}$$

$$F_{C_{med}} = \frac{0.5}{\text{sen } 23^\circ}$$

$$F_{C_{med}} = 1.28 \text{ Ton}$$



### 3.6.2 Posición máxima de elevación

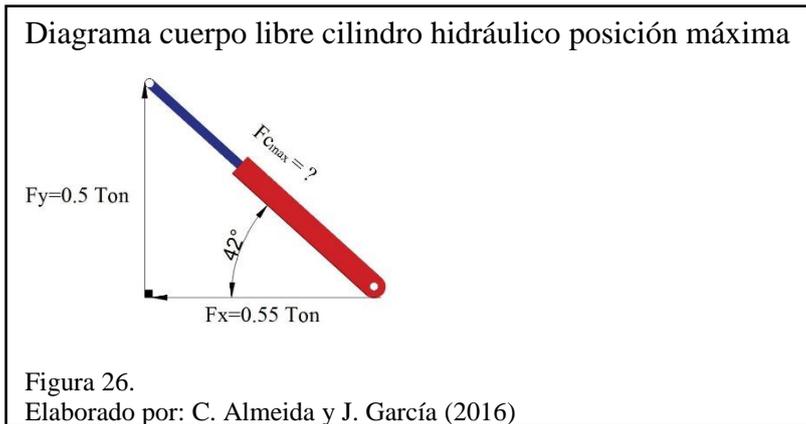
En el diagrama de cuerpo libre (Figura 26) se muestra la fuerza que adopta el cilindro hidráulico donde el esfuerzo es menor debido a que ha alcanzado 42°.

Datos:

$$P = 0.5 \text{ Ton}$$

$$\alpha_{Estructura} = 28^\circ \text{ (Figura 27)}$$

$$\theta_{cilindro} = 42^\circ$$

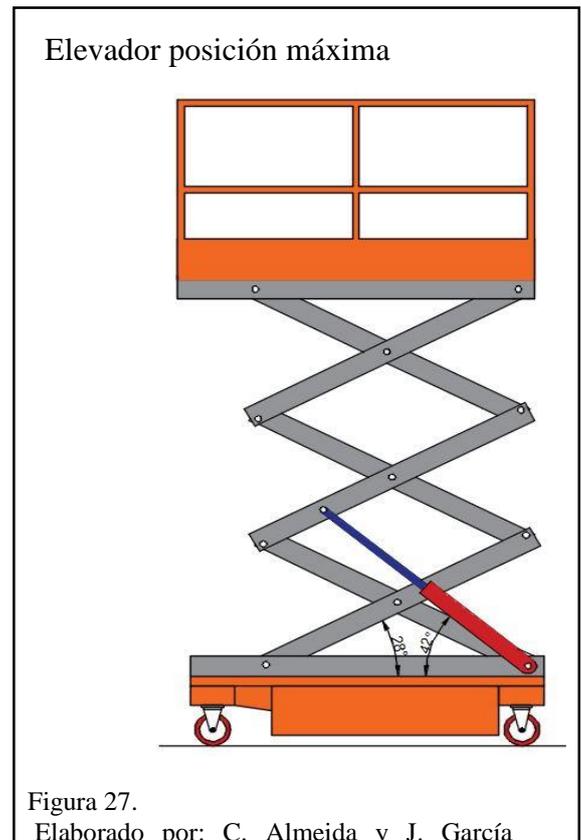


Fuerza del cilindro posición máxima:

$$\text{sen } 42^\circ = \frac{0.5}{F_{c_y}}$$

$$F_{c_y} = \frac{0.5}{\text{sen } 42^\circ}$$

$$F_{c_y} = 0.75 \text{ Ton}$$

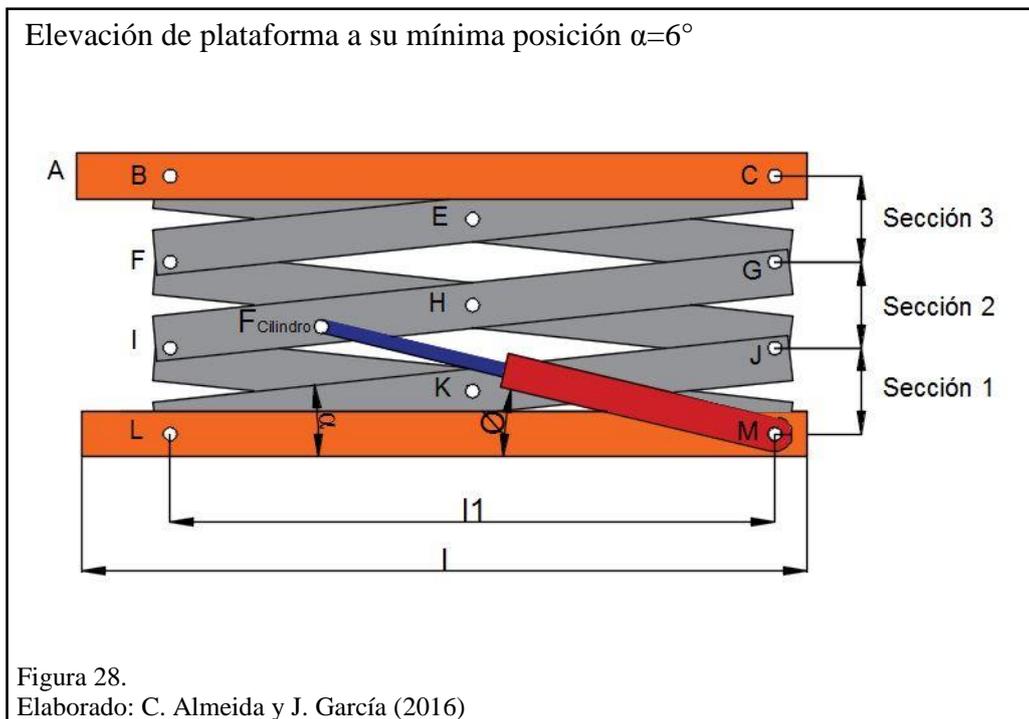


### 3.7 Determinación de cargas y reacciones de la estructura

Una vez determinadas las cargas que soportará la estructura metálica del elevador es importante realizar el análisis en las diferentes posiciones de elevación: inicial  $\alpha=6^\circ$ , en su posición media  $\alpha=15^\circ$  y su máxima altura  $\alpha=28^\circ$ , esto permitirá tener resultados reales de acuerdo con la distribución de la carga en todos sus puntos, así también como la distribución de la fuerza que ejercerá el cilindro para vencer la carga propuesta de 500 kg.

### 3.8 Determinación de cargas y reacciones a la mínima posición $\alpha=6^\circ$

El análisis estático que se detalla en la (Figura 28) permite observar la distribución de cargas en cada sección de la estructura, tomando en cuenta que dicha posición es la más crítica ya que el cilindro ejercerá la mayor fuerza.



En la tabla 4 se realiza el ingreso de las variables que intervienen en el cálculo de cargas para la posición inicial con un ángulo de  $6^\circ$  de la estructura.

Tabla 4.

Datos para el cálculo de cargas con ángulo de elevación a  $6^\circ$

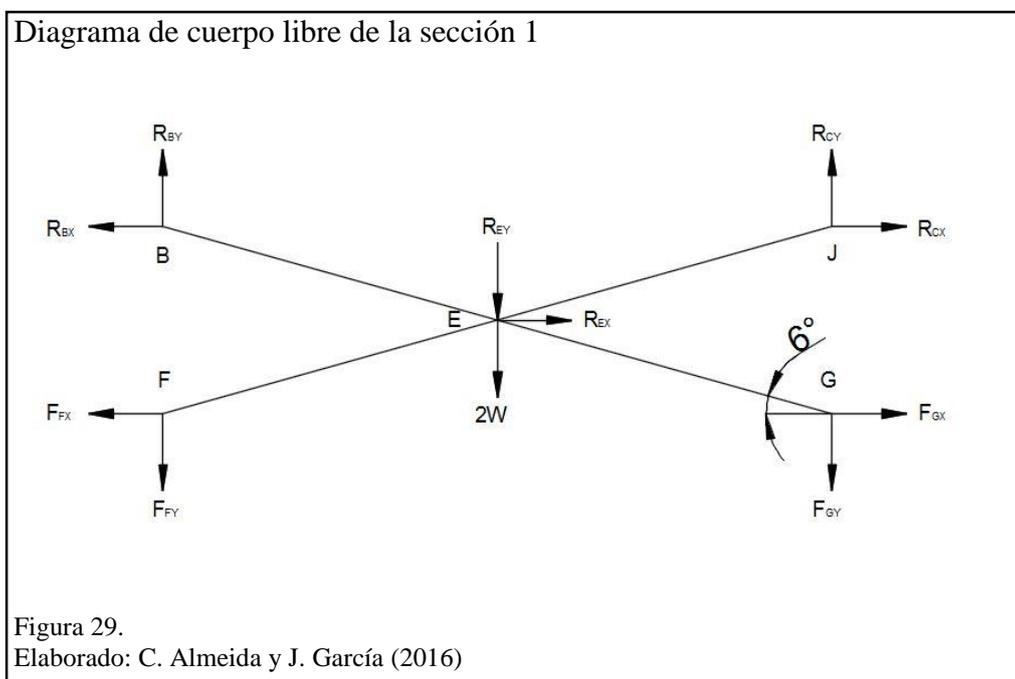
| VARIABLES                   |             | UNIDADES          |               |    |
|-----------------------------|-------------|-------------------|---------------|----|
| q (Carga)                   | <b>4,9</b>  | kN                | <b>500</b>    | Kg |
| l (distancia de la base)    | <b>1,60</b> | m                 |               |    |
| l1 (distancia entre apoyos) | <b>1,39</b> | m                 |               |    |
| $\alpha$ Estructura         | <b>6</b>    | grad ( $^\circ$ ) |               |    |
| $\theta$ Cilindro           | <b>10</b>   | grad ( $^\circ$ ) |               |    |
| W                           | <b>0,12</b> | kN                | <b>12,2</b>   | Kg |
| F Cilindro (FØ)             | <b>28,2</b> | kN                | <b>2879,4</b> | Kg |

Nota: Variables principales a considerar en cálculos.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.8.1 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 1

En la (Figura 29) se realiza la representación del diagrama de cuerpo libre de la sección 1 donde intervienen sus respectivas reacciones.



En la tabla 5 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 1 de las tijeras.

Tabla 5.

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 1

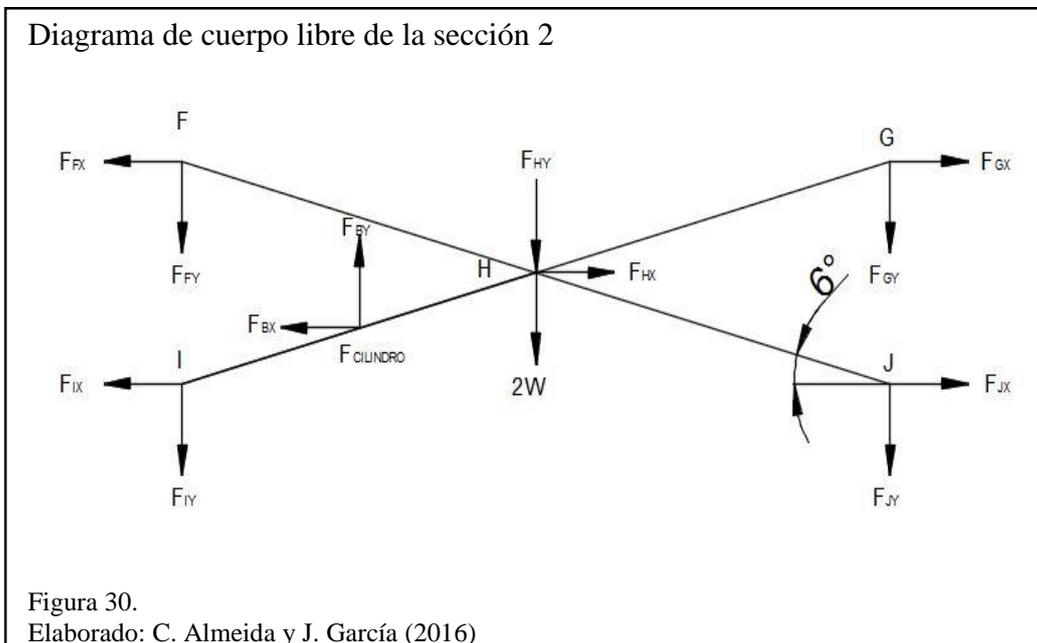
| $\Sigma FY$            |                |                  | $\Sigma FX$            |                 |                 |
|------------------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>RB<sub>Y</sub>=</b> | <b>4,50</b> kN | <b>459,66</b> Kg | <b>RB<sub>X</sub>=</b> | <b>0,011</b> kN | <b>1,15</b> Kg  |
| <b>RC<sub>Y</sub>=</b> | <b>3,34</b> kN | <b>340,34</b> Kg | <b>RC<sub>X</sub>=</b> | <b>0,35</b> kN  | <b>35,77</b> Kg |
| <b>FF<sub>Y</sub>=</b> | <b>3,22</b> kN | <b>328,09</b> Kg | <b>FF<sub>X</sub>=</b> | <b>0,36</b> kN  | <b>37,16</b> Kg |
| <b>FG<sub>Y</sub>=</b> | <b>4,38</b> kN | <b>447,42</b> Kg | <b>FG<sub>X</sub>=</b> | <b>0,011</b> kN | <b>1,15</b> Kg  |
| <b>FE<sub>Y</sub>=</b> | <b>0</b> kN    | <b>0</b> Kg      | <b>FE<sub>X</sub>=</b> | <b>0,014</b> kN | <b>1,39</b> Kg  |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección uno.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.8.2 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 2

En la (Figura 30) se realiza la representación del diagrama de cuerpo libre de la sección 2 donde intervienen sus respectivas reacciones.



En la tabla 6 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 2 de las tijeras.

Tabla 6.

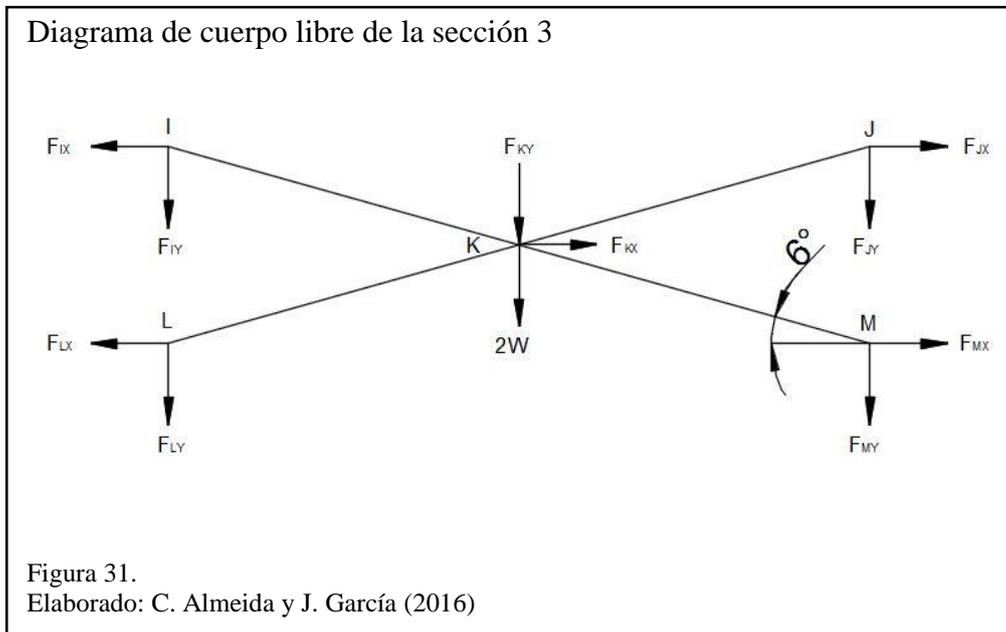
Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 2

| $\Sigma FY$ |                 |                  | $\Sigma FX$ |                 |                  |
|-------------|-----------------|------------------|-------------|-----------------|------------------|
| <b>FJY=</b> | <b>3,34</b> kN  | <b>340,34</b> Kg | <b>FJX=</b> | <b>0,35</b> kN  | <b>35,72</b> Kg  |
| <b>FIY=</b> | <b>23,71</b> kN | <b>2419,7</b> Kg | <b>FIX=</b> | <b>27,78</b> kN | <b>2834,5</b> Kg |
| <b>FHY=</b> | <b>6,67</b> kN  | <b>680,68</b> Kg | <b>FHX=</b> | <b>55,57</b> kN | <b>5670,4</b> Kg |
| <b>FØY=</b> | <b>28,22</b> kN | <b>2879</b> Kg   | <b>FØx=</b> | <b>27,79</b> kN | <b>2835,6</b> Kg |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección dos.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.8.3 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 3

En la (Figura 31) se realiza la representación del diagrama de cuerpo libre de la sección 3 donde intervienen sus respectivas reacciones.



En la tabla 7 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 3 de las tijeras.

Tabla 7.

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 3

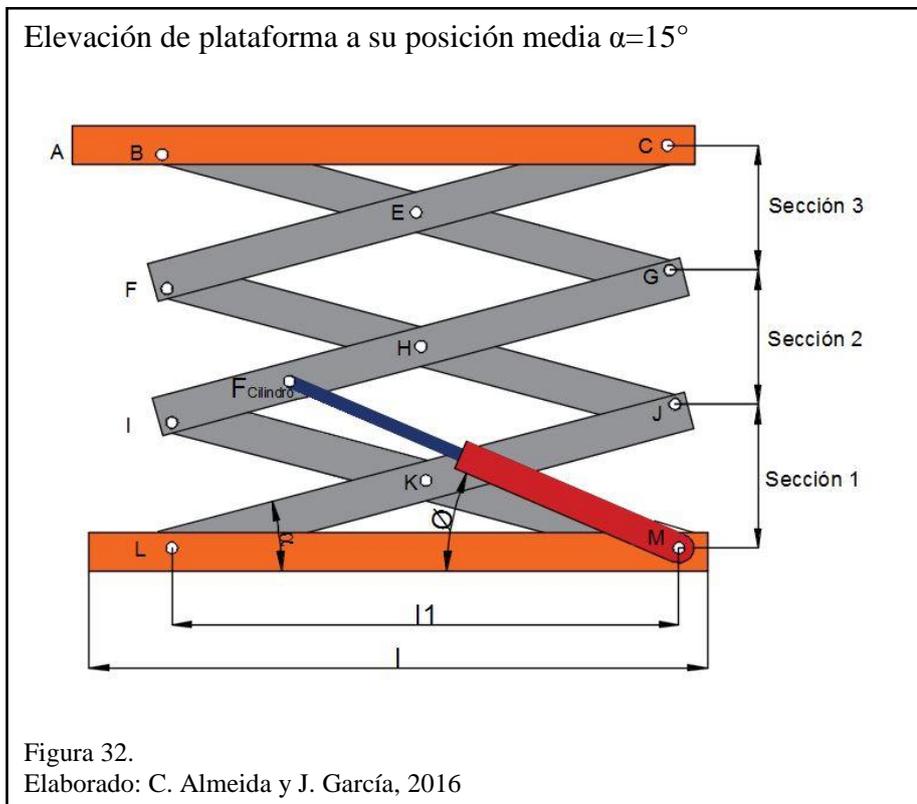
|             |                 |                   |             |                 |                  |
|-------------|-----------------|-------------------|-------------|-----------------|------------------|
| <b>FMY=</b> | <b>23,83</b> kN | <b>2431</b> Kg    | <b>FMX=</b> | <b>2,49</b> kN  | <b>254,3</b> Kg  |
| <b>FLY=</b> | <b>3,46</b> kN  | <b>352,58</b> Kg  | <b>FLX=</b> | <b>0,01</b> kN  | <b>0,9</b> Kg    |
| <b>FKY=</b> | <b>54,58</b> kN | <b>5569,11</b> Kg | <b>FKY=</b> | <b>24,94</b> kN | <b>2545,3</b> Kg |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección tres.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.9 Determinación de cargas y reacciones a la posición media $\alpha=15^\circ$

El análisis estático que se detalla en la (Figura 32) permite observar la distribución de cargas en cada sección de la estructura a su elevación media, donde la fuerza del cilindro ha reducido con respecto a su posición inicial.



En la tabla 8 se realiza el ingreso de las variables que intervienen en el cálculo de cargas para la posición media de elevación con un ángulo de 15° de la estructura.

Tabla 8.

Datos para el cálculo de cargas con ángulo de elevación a 15°

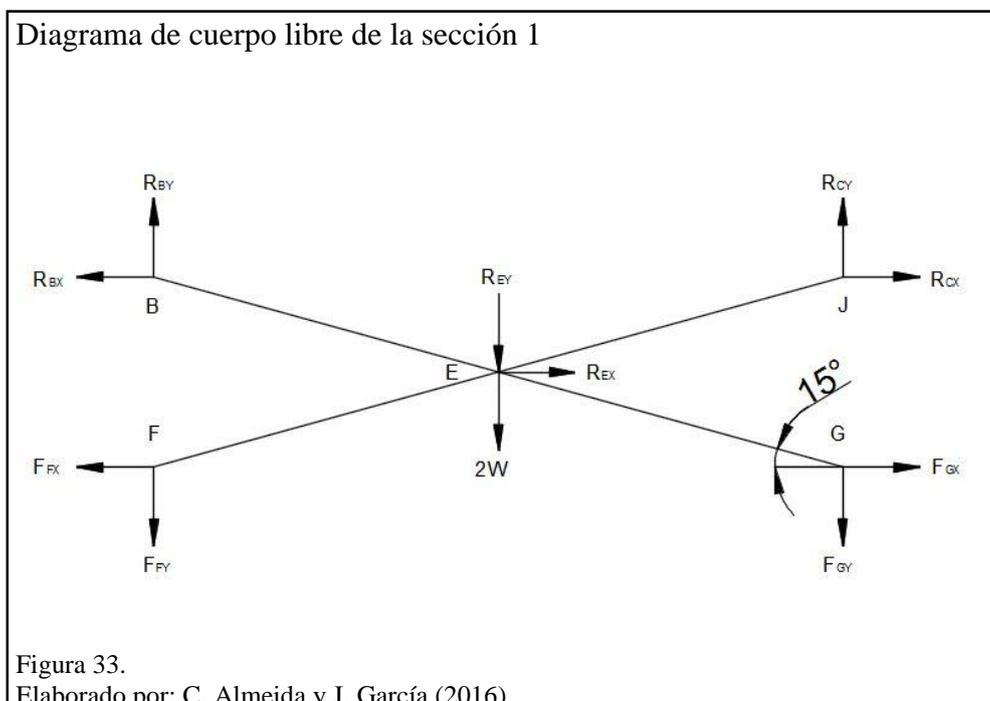
| VARIABLES                   |             | UNIDADES |               |    |
|-----------------------------|-------------|----------|---------------|----|
| q (Carga)                   | <b>4,9</b>  | kN       | <b>500</b>    | Kg |
| L (distancia de la base)    | <b>1,60</b> | m        |               |    |
| L1 (distancia entre apoyos) | <b>1,35</b> | m        |               |    |
| $\alpha$ Estructura         | <b>15</b>   | grad (°) |               |    |
| $\theta$ Cilindro           | <b>23</b>   | grad (°) |               |    |
| W                           | <b>0,12</b> | kN       | <b>12,2</b>   | Kg |
| F Cilindro (FØ)             | <b>12,5</b> | kN       | <b>1279,7</b> | Kg |

Nota: Variables principales a considerar en cálculos.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.9.1 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 1

En la (Figura 33) se realiza la representación del diagrama de cuerpo libre de la sección 1 donde intervienen sus respectivas reacciones.



En la tabla 9 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 1 de las tijeras.

Tabla 9.

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 1

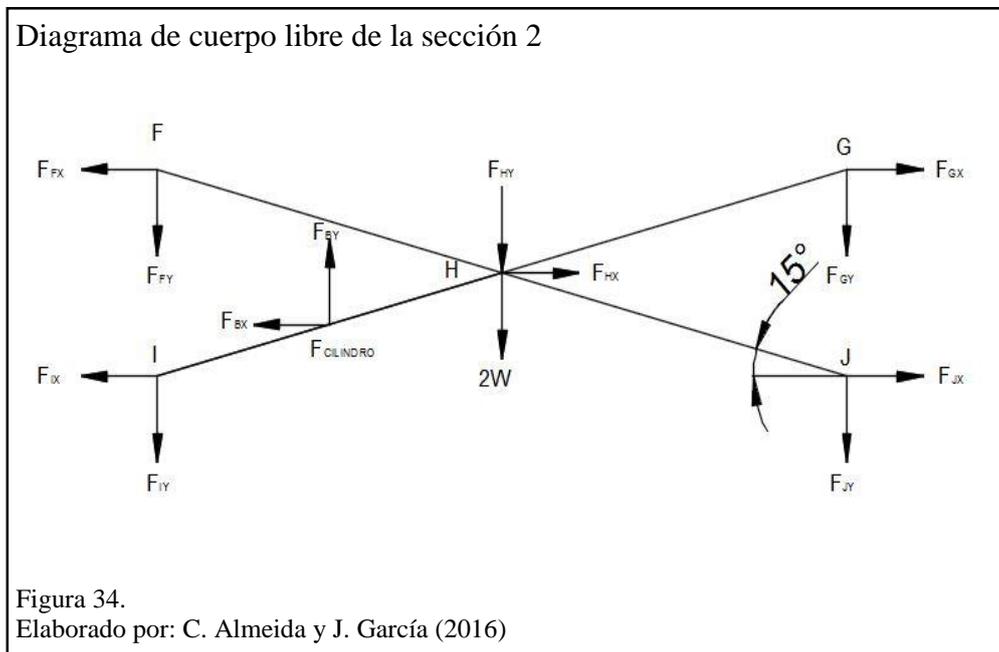
|                        |                |                  |                        |                 |                  |
|------------------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| <b>R<sub>BY</sub>=</b> | <b>4,64</b> kN | <b>473,27</b> Kg | <b>R<sub>BX</sub>=</b> | <b>0,012</b> kN | <b>1,18</b> Kg   |
| <b>R<sub>CY</sub>=</b> | <b>3,20</b> kN | <b>326,73</b> Kg | <b>R<sub>CX</sub>=</b> | <b>0,86</b> kN  | <b>87,55</b> Kg  |
| <b>F<sub>FY</sub>=</b> | <b>3,08</b> kN | <b>314,49</b> Kg | <b>F<sub>FX</sub>=</b> | <b>1,11</b> kN  | <b>113,44</b> Kg |
| <b>F<sub>GY</sub>=</b> | <b>4,52</b> kN | <b>461,02</b> Kg | <b>F<sub>GX</sub>=</b> | <b>0,012</b> kN | <b>1,18</b> Kg   |
| <b>F<sub>EY</sub>=</b> | <b>0</b> kN    | <b>0</b> Kg      | <b>F<sub>EY</sub>=</b> | <b>0,254</b> kN | <b>25,90</b> Kg  |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección uno.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.9.2 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 2

En la (Figura 34) se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 2 de las tijeras.



En la tabla 10 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 2 de las tijeras.

Tabla 10.

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 2

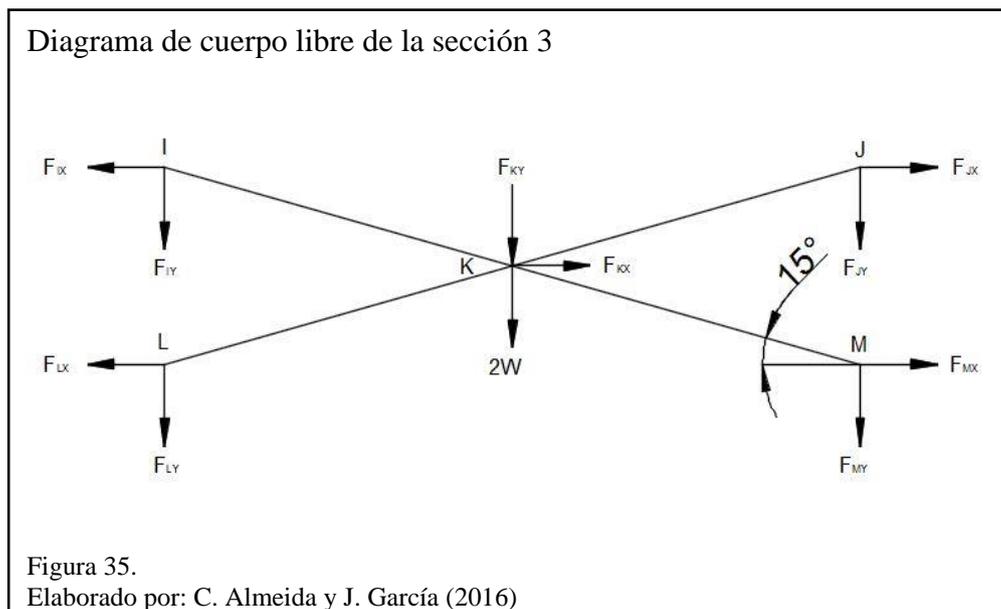
|                        |                 |                  |                        |                 |                  |
|------------------------|-----------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| <b>F<sub>JY</sub>=</b> | <b>3,20</b> kN  | <b>326,73</b> Kg | <b>F<sub>JX</sub>=</b> | <b>1,04</b> kN  | <b>106,52</b> Kg |
| <b>F<sub>IY</sub>=</b> | <b>7,90</b> kN  | <b>806,4</b> Kg  | <b>F<sub>IX</sub>=</b> | <b>11,53</b> kN | <b>1176,7</b> Kg |
| <b>F<sub>HY</sub>=</b> | <b>6,40</b> kN  | <b>653,46</b> Kg | <b>F<sub>HX</sub>=</b> | <b>23,13</b> kN | <b>2360,4</b> Kg |
| <b>F<sub>ØY</sub>=</b> | <b>12,54</b> kN | <b>1280</b> Kg   | <b>F<sub>ØX</sub>=</b> | <b>11,54</b> kN | <b>1177,9</b> Kg |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección dos.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.9.3 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 3

En la (Figura 35) se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 3 de las tijeras.



En la tabla 11 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 3 de las tijeras.

Tabla 11. Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 3

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 3

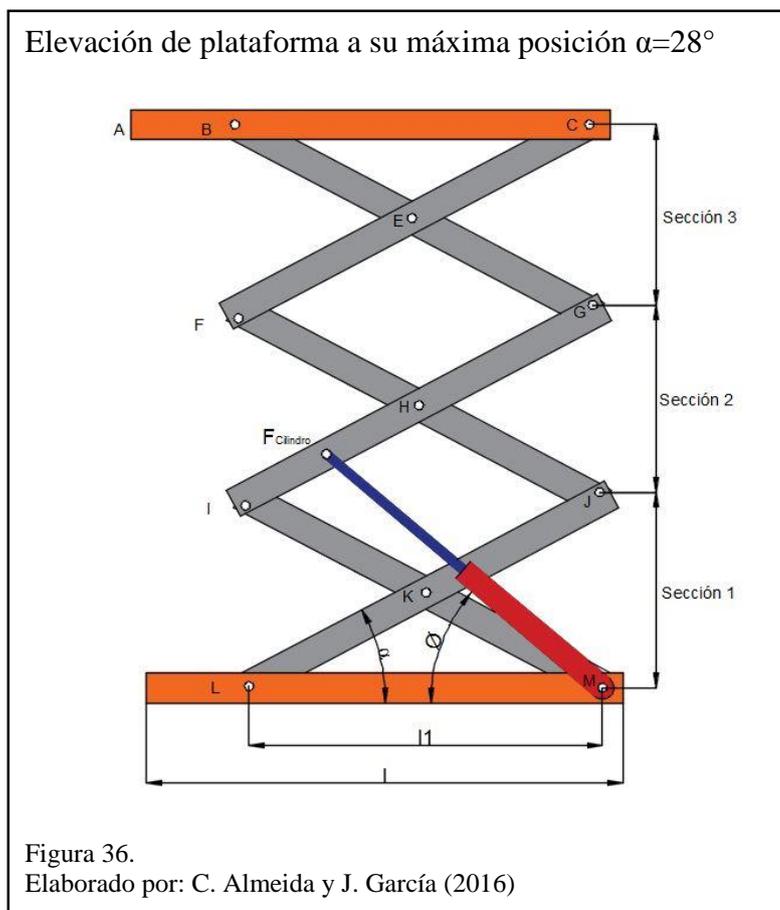
|                        |                 |                   |                        |                |                 |
|------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|----------------|-----------------|
| <b>F<sub>MY</sub>=</b> | <b>8,02</b> kN  | <b>819</b> Kg     | <b>F<sub>MX</sub>=</b> | <b>2,12</b> kN | <b>216,1</b> Kg |
| <b>F<sub>LY</sub>=</b> | <b>3,32</b> kN  | <b>338,98</b> Kg  | <b>F<sub>LX</sub>=</b> | <b>0,01</b> kN | <b>0,8</b> Kg   |
| <b>F<sub>KY</sub>=</b> | <b>22,69</b> kN | <b>2315,21</b> Kg | <b>F<sub>KX</sub>=</b> | <b>8,38</b> kN | <b>855,0</b> Kg |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección tres.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.10 Determinación de cargas y reacciones a la máxima posición $\alpha=28^\circ$

El análisis estático que se detalla en la (Figura 36) permite observar la distribución de cargas en cada sección de la estructura a su elevación máxima, donde la fuerza del cilindro ha reducido considerablemente con respecto a su posición inicial.



En la tabla 12 se realiza el ingreso de las variables que intervienen en el cálculo de cargas para la posición final con un ángulo de 28°.

Tabla 12.

Datos para el cálculo de cargas con ángulo de elevación a 28°

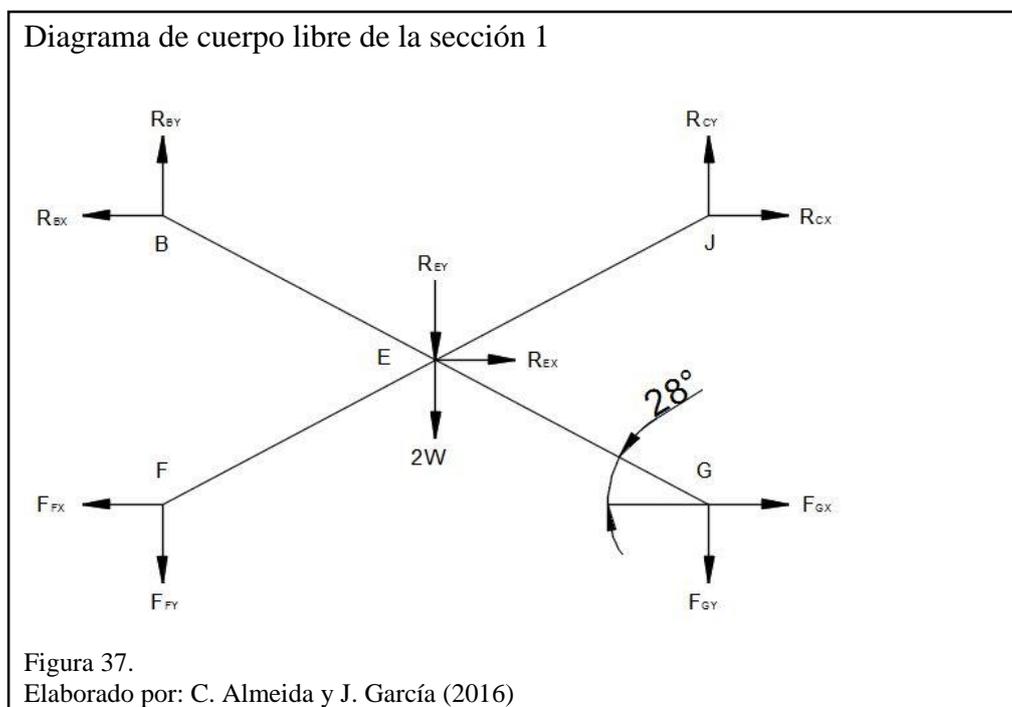
| VARIABLES                   |             | UNIDADES |              |    |
|-----------------------------|-------------|----------|--------------|----|
| q (Carga)                   | <b>4,9</b>  | kN       | <b>500</b>   | Kg |
| L (distancia de la base)    | <b>1,60</b> | m        |              |    |
| L1 (distancia entre apoyos) | <b>1,24</b> | m        |              |    |
| $\alpha$ Estructura         | <b>28</b>   | grad (°) |              |    |
| $\theta$ Cilindro           | <b>42</b>   | grad (°) |              |    |
| W                           | <b>0,12</b> | kN       | <b>12,2</b>  | Kg |
| F Cilindro (FØ)             | <b>7,3</b>  | kN       | <b>747,2</b> | Kg |

Nota: Variables principales a considerar en cálculos.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.10.1 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 1

En la (Figura 37) se realiza la representación del diagrama de cuerpo libre de la sección 1 donde intervienen sus respectivas reacciones.



En la tabla 13 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 1 de las tijeras.

Tabla 13.

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 1

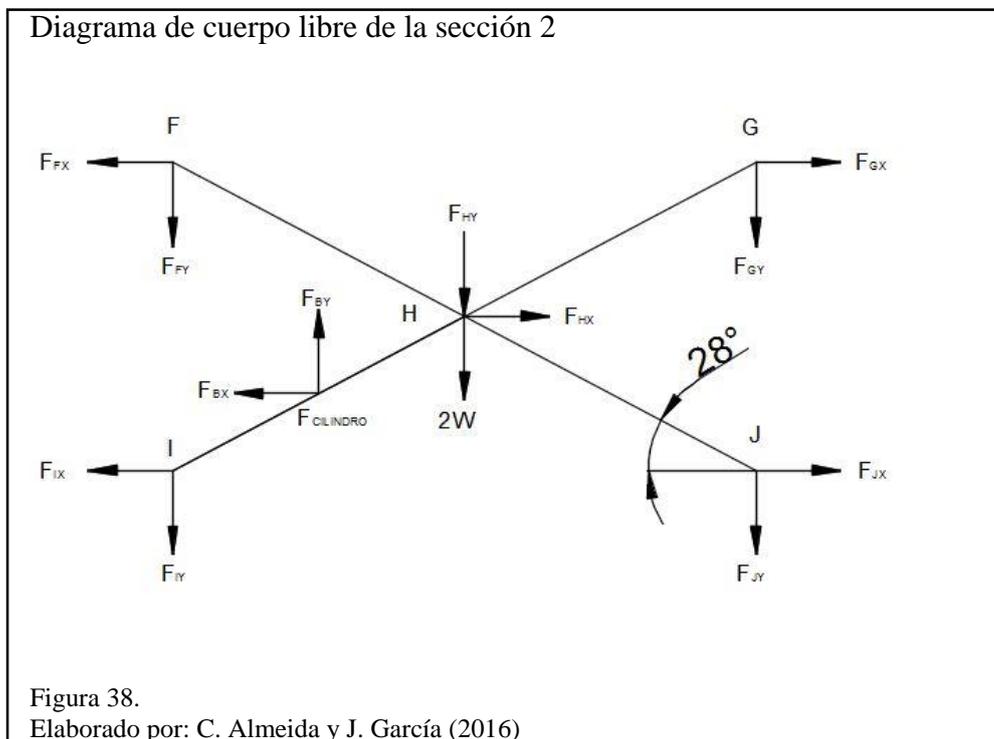
|                        |                |                  |                        |                 |                  |
|------------------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| <b>R<sub>BY</sub>=</b> | <b>5,07</b> kN | <b>517,75</b> Kg | <b>R<sub>BX</sub>=</b> | <b>0,013</b> kN | <b>1,29</b> Kg   |
| <b>R<sub>CY</sub>=</b> | <b>2,77</b> kN | <b>282,25</b> Kg | <b>R<sub>CX</sub>=</b> | <b>1,47</b> kN  | <b>150,08</b> Kg |
| <b>F<sub>FY</sub>=</b> | <b>2,65</b> kN | <b>270,01</b> Kg | <b>F<sub>FX</sub>=</b> | <b>4,49</b> kN  | <b>458,40</b> Kg |
| <b>F<sub>GY</sub>=</b> | <b>4,95</b> kN | <b>505,50</b> Kg | <b>F<sub>GX</sub>=</b> | <b>0,013</b> kN | <b>1,29</b> Kg   |
| <b>F<sub>EY</sub>=</b> | <b>0</b> kN    | <b>0</b> Kg      | <b>F<sub>EY</sub>=</b> | <b>3,022</b> kN | <b>308,32</b> Kg |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección uno.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.10.2 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 2

En la (Figura 38) se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 2 de las tijeras.



En la tabla 14 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 2 de las tijeras.

Tabla 14.

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 2

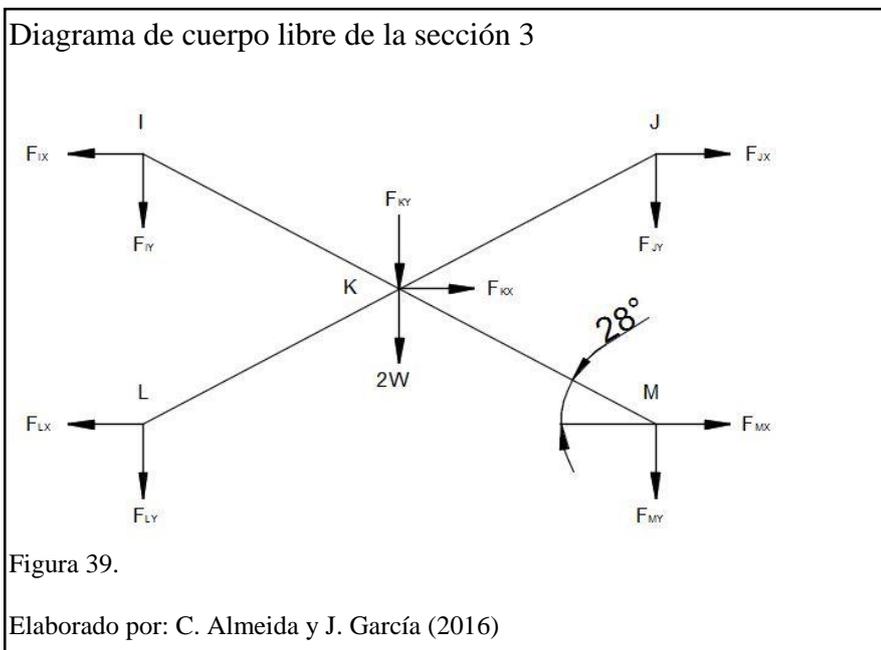
|                        |                |                  |                        |                 |                  |
|------------------------|----------------|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| <b>F<sub>JY</sub>=</b> | <b>2,77</b> kN | <b>282,25</b> Kg | <b>F<sub>JX</sub>=</b> | <b>3,51</b> kN  | <b>357,99</b> Kg |
| <b>F<sub>IY</sub>=</b> | <b>2,25</b> kN | <b>229,5</b> Kg  | <b>F<sub>IX</sub>=</b> | <b>5,43</b> kN  | <b>554,0</b> Kg  |
| <b>F<sub>HY</sub>=</b> | <b>5,53</b> kN | <b>564,51</b> Kg | <b>F<sub>HX</sub>=</b> | <b>11,84</b> kN | <b>1208,4</b> Kg |
| <b>F<sub>ØY</sub>=</b> | <b>7,32</b> kN | <b>747</b> Kg    | <b>F<sub>ØX</sub>=</b> | <b>5,44</b> kN  | <b>555,3</b> Kg  |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección dos.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.10.3 Diagrama de cuerpo libre y resultados de la sección 3

En la (Figura 39) se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 3 de las tijeras.



En la tabla 15 se obtiene el resultado de las diferentes reacciones que se producen en cada nodo de la sección 3 de las tijeras.

Tabla 15.

Resultados del sumatorio de fuerzas en cada punto de la sección 3

|                        |                 |                   |                        |                |                 |
|------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|----------------|-----------------|
| <b>F<sub>MY</sub>=</b> | <b>2,37</b> kN  | <b>242</b> Kg     | <b>F<sub>MX</sub>=</b> | <b>1,20</b> kN | <b>122,0</b> Kg |
| <b>F<sub>LY</sub>=</b> | <b>2,89</b> kN  | <b>294,50</b> Kg  | <b>F<sub>LX</sub>=</b> | <b>0,01</b> kN | <b>0,7</b> Kg   |
| <b>F<sub>KY</sub>=</b> | <b>10,51</b> kN | <b>1072,47</b> Kg | <b>F<sub>KX</sub>=</b> | <b>0,73</b> kN | <b>74,7</b> Kg  |

Nota: Fuerzas resultantes en la sección tres.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.11 Diseño de la base

Para el diseño de este perfil que compone la base del elevador, se toma en consideración las cargas obtenidas en el cálculo estático.

Los cálculos para la selección de los materiales se comprobarán mediante el uso de los programas MD Solid y Solid Works los cuales validan los procesos matemáticos.

#### Ecuaciones para el cálculo de selección del perfil

$$F_b = \frac{M_{max}}{S_x}$$

Donde:

|                        |   |                              |                        |
|------------------------|---|------------------------------|------------------------|
| <b>F<sub>b</sub></b>   | = | Esfuerzo admisible a flexión | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>M<sub>máx</sub></b> | = | Momento máximo               | [Kgf *cm]              |
| <b>S<sub>x</sub></b>   | = | Módulo de sección            | [cm <sup>3</sup> ]     |

$$F_b = 0,6 * F_y$$

Donde:

|                      |   |                                 |                        |
|----------------------|---|---------------------------------|------------------------|
| <b>F<sub>b</sub></b> | = | Esfuerzo admisible a flexión    | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>F<sub>y</sub></b> | = | Esfuerzo admisible del material | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>0,6</b>           | = | Constante de la fórmula         |                        |

$$S_x = \frac{M_{max}}{F_b}$$

Donde:

|                        |   |                              |                        |
|------------------------|---|------------------------------|------------------------|
| <b>S<sub>x</sub></b>   | = | Módulo de sección            | [cm <sup>3</sup> ]     |
| <b>M<sub>máx</sub></b> | = | Momento máximo               | [Kgf *cm]              |
| <b>F<sub>b</sub></b>   | = | Esfuerzo admisible a flexión | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |

## Propiedades del Material A-36

**F<sub>y</sub>** = Esfuerzo admisible 36 [KSI] 2530 [Kgf/cm<sup>2</sup>]

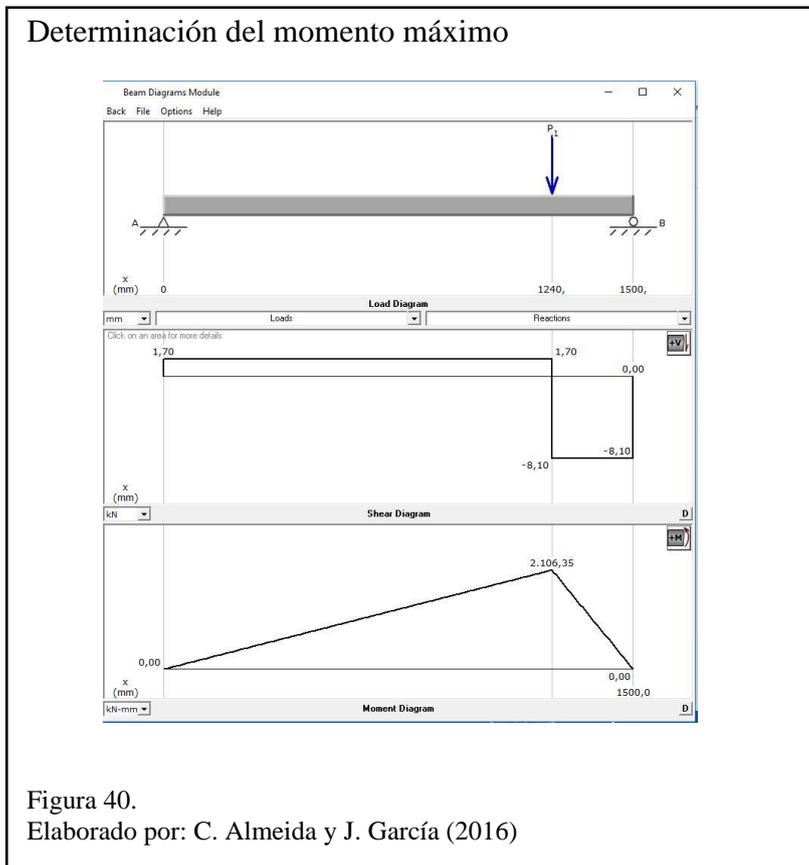
**F<sub>u</sub>** = Esfuerzo último 58 [KSI] 4080 [Kgf/cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$F_b = 0,6 * F_y$$

$$F_b = 1518 \text{ Kgf/cm}^2$$

Una vez determinado el esfuerzo admisible a flexión, requerimos como dato el momento máximo (Ver Figura 40).



$$M_{max} = 2.106,35 \text{ kN} * \text{mm}$$

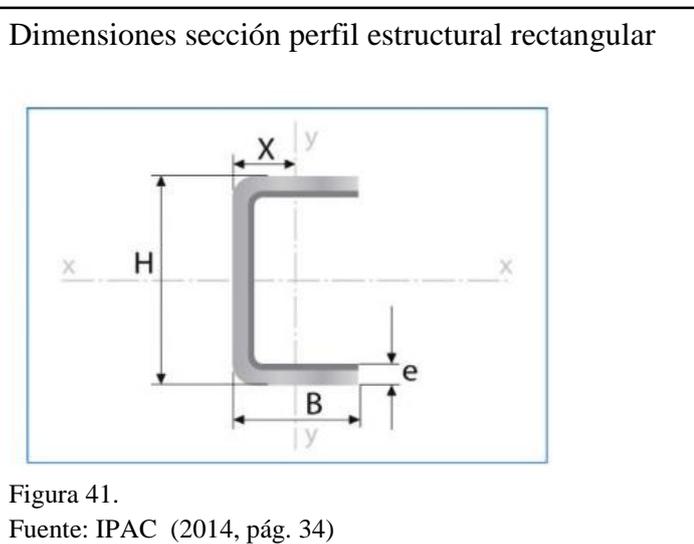
$$M_{max} = 21478.79 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

Al remplazar se obtiene:

$$S_x = \frac{21478.79 \text{ [Kgf * cm]}}{1518 \text{ [Kgf/cm}^2\text{]}}$$

$$S_x = 14,14 \text{ cm}^3$$

Con el valor del módulo de sección  $S_x = 14,14 \text{ cm}^3$  y referencia (anexo 3), el perfil canal en U figura 39 H=100 B=50 e= 4 [mm] será para la construcción de la base del elevador, según norma NTE INEN 2415 en el catálogo (IPAC) el valor del  $S_x = 22,61 \text{ cm}^3$ .



### 3.11.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real

Es importante encontrar el factor de seguridad teórico y real, esto permitirá hacer una comparación entre ellos, lo que aproxima a un número más real el cual será tomado en cuenta para los próximos cálculos en la selección de los elementos que componen la estructura metálica del elevador.

$$nt = \frac{F_y}{F_b}$$

Donde:

**nt** = Factor de seguridad teórico

**F<sub>y</sub>** = Esfuerzo admisible del material [Kgf/cm<sup>2</sup>]

**F<sub>b</sub>** = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf/cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$F_y = 2530 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$F_b = 1518 \text{ Kgf/cm}^2$$

Al remplazar se obtiene:

$$nt = \frac{F_y}{F_b}$$

$$nt = 1,66$$

**Sx Teórico** = 14,14 [cm<sup>3</sup>]

**Sx Real** = 22,61 [cm<sup>3</sup>]

Al remplazar se obtiene:

$$F_b = \frac{M_{max}}{S_x}$$

$$F_b = \frac{21478.79[\text{Kgf} * \text{cm}]}{22,61[\text{cm}^3]}$$

$$F_b = 949,96[\text{Kgf/cm}^2]$$

$$nr = \frac{F_y}{F_b}$$

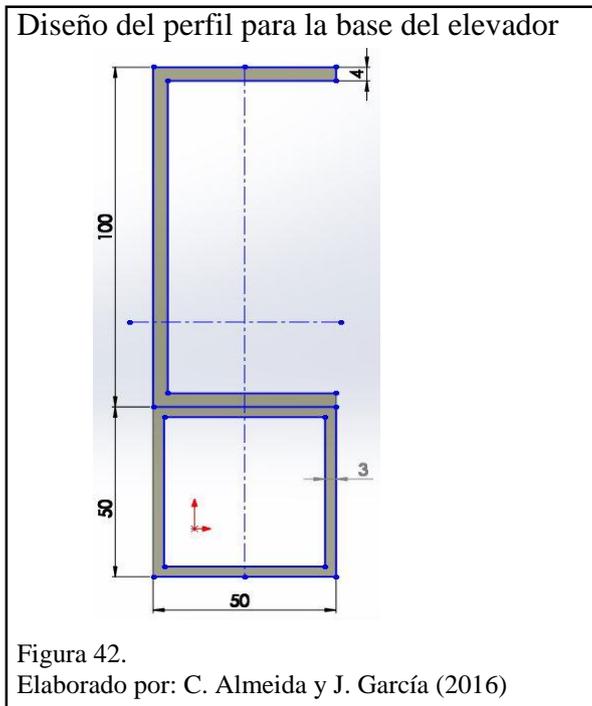
|           |   |                                 |                        |
|-----------|---|---------------------------------|------------------------|
| <b>nr</b> | = | Factor de seguridad real        |                        |
| <b>Fy</b> | = | Esfuerzo admisible del material | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>Fb</b> | = | Esfuerzo admisible a flexión    | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |

$$nr = \frac{2530[\text{Kgf/cm}^2]}{949,96[\text{Kgf/cm}^2]}$$

$$nr = 2.66$$

Una vez desarrollado matemáticamente ambos factores de seguridad se determinó trabajar con el factor de seguridad real, ya que al ser una máquina en la cual están en riesgo vidas humanas se optó por un factor  $nr = 2.66$  antes calculado.

Para el diseño de la base se optará a partir de perfil canal en U :100 x 50 x 4 [mm] (Anexo 3), y en su parte inferior una perfil cuadrado 50 x 3 [mm] (Anexo 4 ) para evitar la deflexión o apertura de los perfiles estáticamente.



### 3.11.2 Cálculo de la base posición inicial de elevación

El momento en A flector está dado por la siguiente expresión:

$$M_A = \frac{F \times a \times b^2}{l^2}$$

$$M_A = \frac{3.46[\text{kN}] \times (1390[\text{mm}]) \times (160[\text{mm}])^2}{(1550)^2}$$

$$M_A = 51.24 \text{ [kN} \cdot \text{mm]}$$

El momento en B flector está dado por la siguiente expresión:

$$M_B = \frac{F \times a^2 \times b}{l^2}$$

$$M_B = \frac{3.46[\text{kN}] \times (1390[\text{mm}])^2 \times (160[\text{mm}])}{(1550)^2}$$

$$M_B = 445.20 \text{ [kN} \cdot \text{mm]}$$

El momento máximo flector resulta de la suma del

$$M_{max} = M_A + M_B$$

$$M_{max} = 496.45 \text{ [kN * mm]}$$

Se verifica el momento máximo para la posición inicial de elevación cuyo resultado contrasta con la (Figura 43) de un valor de 496.45 [kN \* mm].

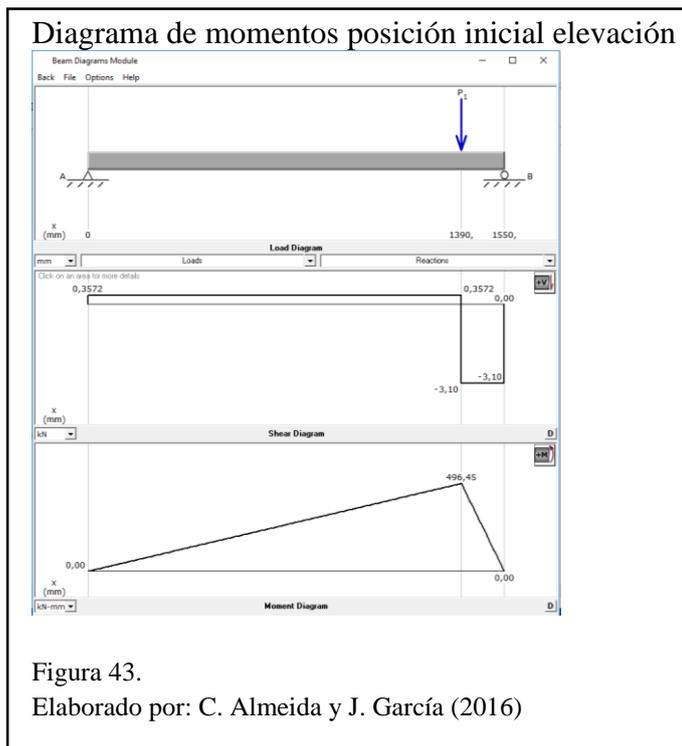
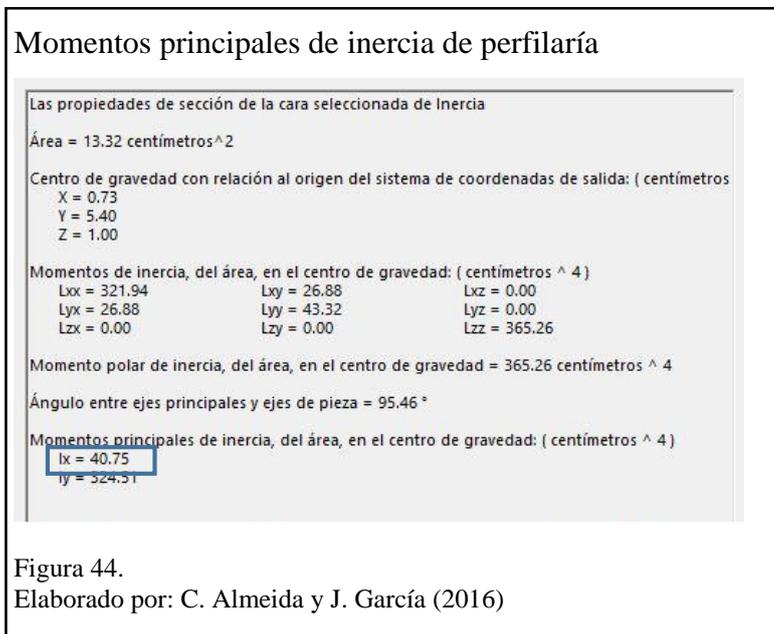


Figura 43.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

En la (Figura 44) se representa los momentos principales de inercia de la perfilaría en U y el tubo cuadrado.



$$I = 40.75[\text{cm}]^4$$

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} = \frac{(50623[\text{Kg} * \text{mm}]) \times \frac{150}{2} [\text{mm}]}{407500}$$

$$\sigma = 9.31 [\text{Kg}/\text{mm}]$$

Al verificar el factor de seguridad se tiene:

$$\text{FS} = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{25.30}{9.31}$$

$$\text{FS} = 2.71$$

### 3.11.1 Cálculo de la base posición media de elevación

El momento en A flector está dado por la siguiente expresión:

$$M_A = \frac{F \times a \times b^2}{l^2}$$

$$M_A = \frac{3.32[\text{kN}] \times (1350[\text{mm}]) \times (200[\text{mm}])^2}{(1550)^2}$$

$$\mathbf{M_A = 74.62 [kN * mm]}$$

El momento en B flector está dado por la siguiente expresión:

$$M_B = \frac{F \times a^2 \times b}{l^2}$$

$$M_B = \frac{3.32[\text{kN}] \times (1350[\text{mm}])^2 \times (200[\text{mm}])}{(1550)^2}$$

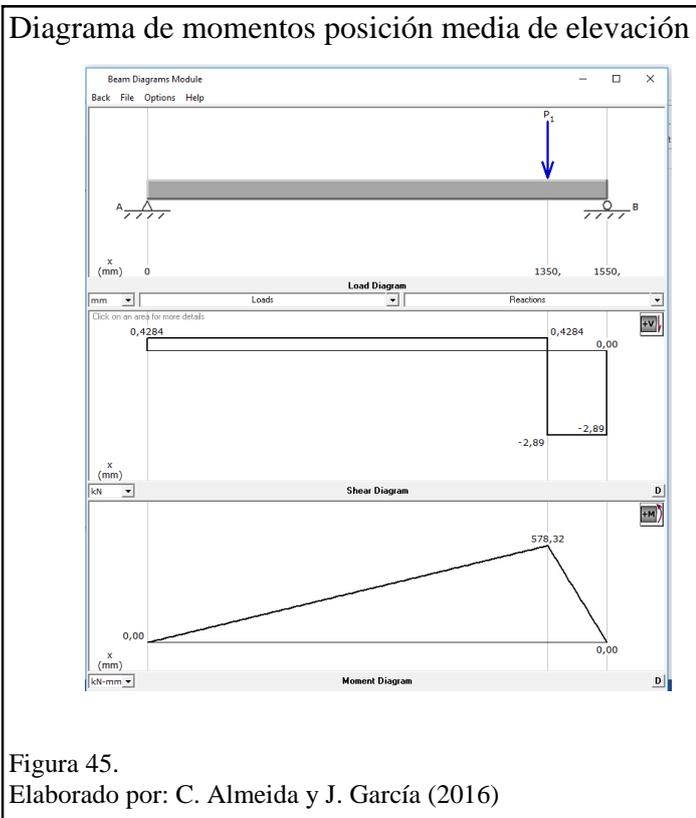
$$\mathbf{M_B = 503.70 [kN * mm]}$$

El momento máximo flector resulta de la suma del

$$M_{max} = M_A + M_B$$

$$\mathbf{M_{max} = 578.32 [kN * mm]}$$

Se verifica el momento máximo para la posición media de elevación cuyo resultado contrasta con la (Figura 45) de un valor de 578,32 [kN \* mm].



En la (Figura 44) se representa los momentos principales de inercia de la perfilaría en U y el tubo cuadrado.

$$I = 40.75[\text{cm}]^4$$

$$\sigma = \frac{M x c}{I} = \frac{(58972[\text{Kg} * \text{mm}]) x \frac{150}{2} [\text{mm}]}{407500}$$

$$\sigma = 10.85 [\text{Kg}/\text{mm}]$$

Al verificar el factor de seguridad se tiene:

$$\text{FS} = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{25.30}{10.85}$$

$$\text{FS} = 2.33$$

### 3.11.2 Cálculo de la base posición máxima de elevación

El momento en A flector está dado por la siguiente expresión:

$$M_A = \frac{F \times a \times b^2}{l^2}$$

$$M_A = \frac{2.89[\text{KN}] \times (1240[\text{mm}]) \times (310[\text{mm}])^2}{(1550)^2}$$

$$\mathbf{M_A = 143.344 [KN * mm]}$$

El momento en B flector está dado por la siguiente expresión:

$$M_B = \frac{F \times a^2 \times b}{l^2}$$

$$M_B = \frac{2.89[\text{KN}] \times (1240[\text{mm}])^2 \times (310[\text{mm}])}{(1550)^2}$$

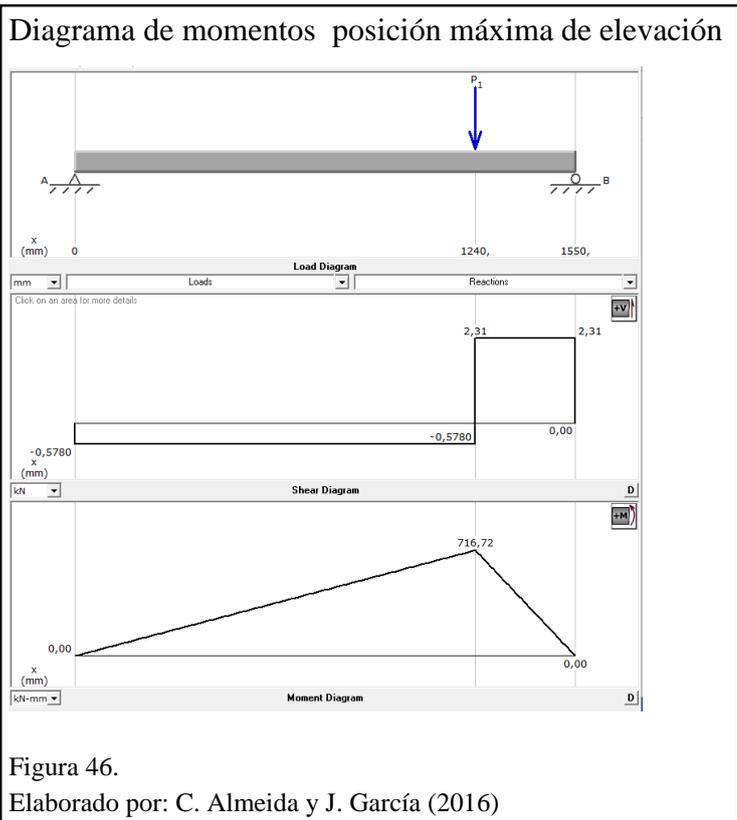
$$\mathbf{M_B = 573.376 [KN * mm]}$$

El momento máximo flector resulta de la suma del

$$M_{max} = M_A + M_B$$

$$\mathbf{M_{max} = 716.72 [KN * mm]}$$

Se verifica el momento máximo para la posición máxima de elevación cuyo resultado contrasta con la (Figura 46) de un valor de 716.72 [kN \* mm].



En la (Figura 44) se representa los momentos principales de inercia de la perfilaría en U y el tubo cuadrado.

$$I = 40.75[\text{cm}]^4$$

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} = \frac{(73085[\text{Kg} * \text{mm}]) \times \frac{150}{2} [\text{mm}]}{407500}$$

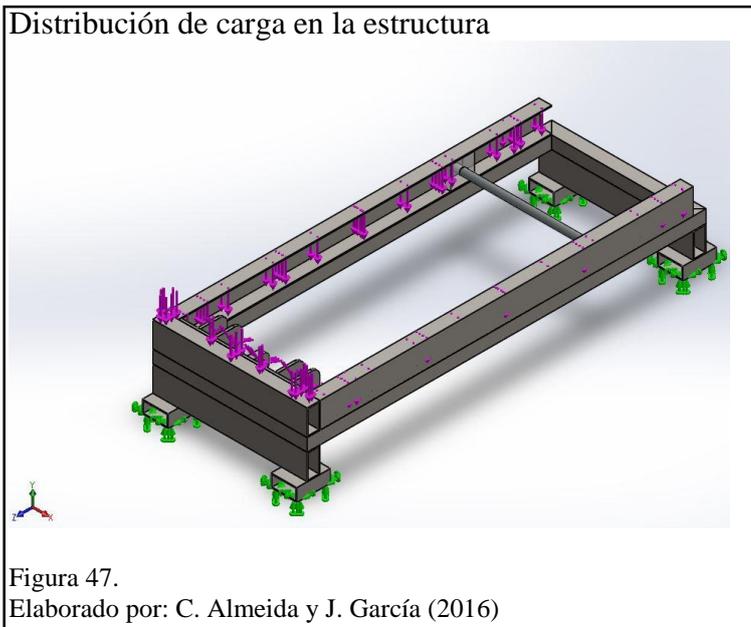
$$\sigma = 13.45 [\text{Kg}/\text{mm}]$$

Al verificar el factor de seguridad se tiene:

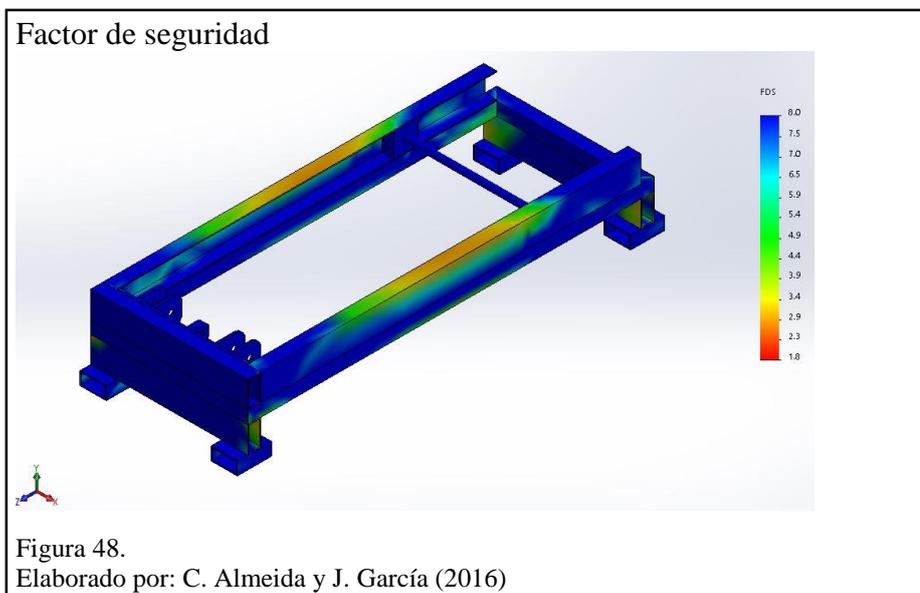
$$\text{FS} = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{25.30}{13.45}$$

$$\text{FS} = 1.88$$

Para el análisis de la estructura se efectuara la simulación mediante el programa de Solid Works en el cual tiene sus herramientas que facilitan el cálculo de factor de seguridad, tensiones, y deformación, en la (Figura 47) se realiza la distribución de cargas.



En la (Figura 48) se presenta la simulación del análisis de factor de seguridad, el cual se encuentra dentro de los parámetros calculados  $FS = 1.88$ .



## Simulación de desplazamiento

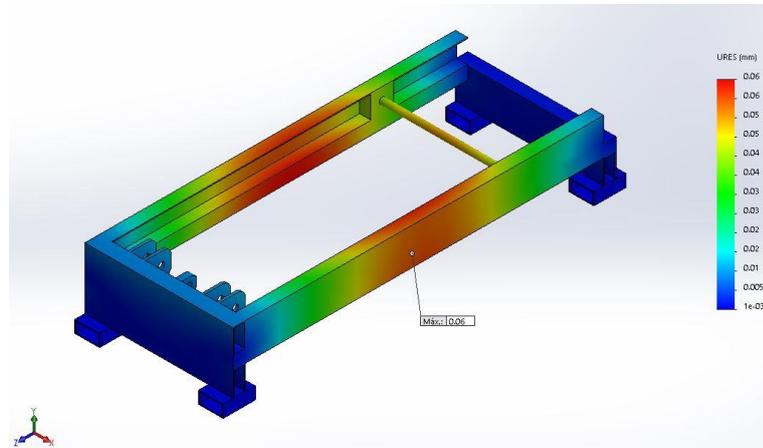


Figura 49.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

Como se observa en la (Figura 49) mediante los resultados se llegó a la conclusión, que el diseño de la base del elevador sometida a una fuerza de 2890 N se obtendrá una deflexión máxima de 0.06 mm la cual es una dimensión mínima y cumplen su trabajo tanto estática como dinámicamente.

### 3.12 Diseño del perfil de la estructura de tijeras

Para el diseño de este perfil que compone la estructura de tijeras, se toma en consideración las cargas obtenidas en el cálculo estático, en su posición inicial cuando  $\alpha=6^\circ$ , por lo que el cilindro ejerce mayor fuerza.

### Ecuaciones para el cálculo de selección del perfil

$$F_b = \frac{M_{max}}{S_x}$$

Donde:

|                        |   |                              |                        |
|------------------------|---|------------------------------|------------------------|
| <b>F<sub>b</sub></b>   | = | Esfuerzo admisible a flexión | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>M<sub>máx</sub></b> | = | Momento máximo               | [Kgf *cm]              |
| <b>S<sub>x</sub></b>   | = | Módulo de sección            | [cm <sup>3</sup> ]     |

$$F_b = 0,6 * F_y$$

Donde:

|                      |   |                                 |                        |
|----------------------|---|---------------------------------|------------------------|
| <b>F<sub>b</sub></b> | = | Esfuerzo admisible a flexión    | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>F<sub>y</sub></b> | = | Esfuerzo admisible del material | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>0,6</b>           | = | Constante de la fórmula         |                        |

$$S_x = \frac{M_{max}}{F_b}$$

Donde:

|                        |   |                              |                        |
|------------------------|---|------------------------------|------------------------|
| <b>S<sub>x</sub></b>   | = | Módulo de sección            | [cm <sup>3</sup> ]     |
| <b>M<sub>máx</sub></b> | = | Momento máximo               | [Kgf *cm]              |
| <b>F<sub>b</sub></b>   | = | Esfuerzo admisible a flexión | [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |

### Propiedades del Material A-36

|                      |   |                    |          |                             |
|----------------------|---|--------------------|----------|-----------------------------|
| <b>F<sub>y</sub></b> | = | Esfuerzo admisible | 36 [KSI] | 2530 [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>F<sub>u</sub></b> | = | Esfuerzo último    | 58 [KSI] | 4080 [Kgf/cm <sup>2</sup> ] |

Datos:

$$F_b = 0,6 * F_y$$

$$F_b = 1518 \text{ Kgf/cm}^2$$

Una vez determinado el esfuerzo admisible a flexión, se requiere como dato el momento máximo (Figura 50) el cual ha sido representado mediante el programa MD Solid.

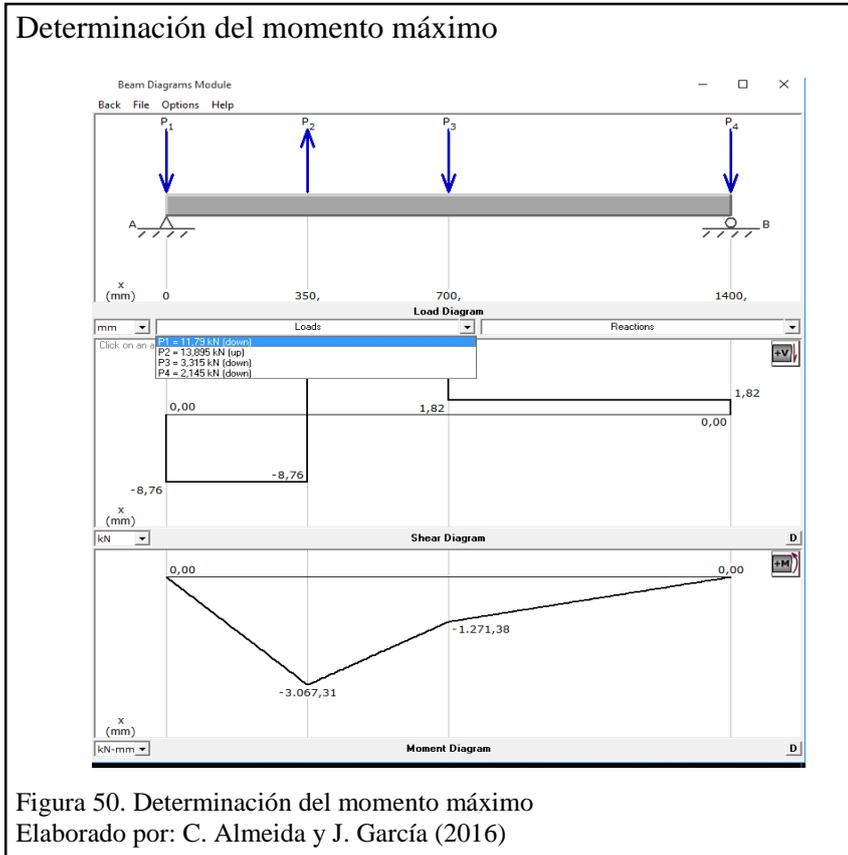


Figura 50. Determinación del momento máximo  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

$$M_{max} = 3067,31 \text{ kN} * \text{mm}$$

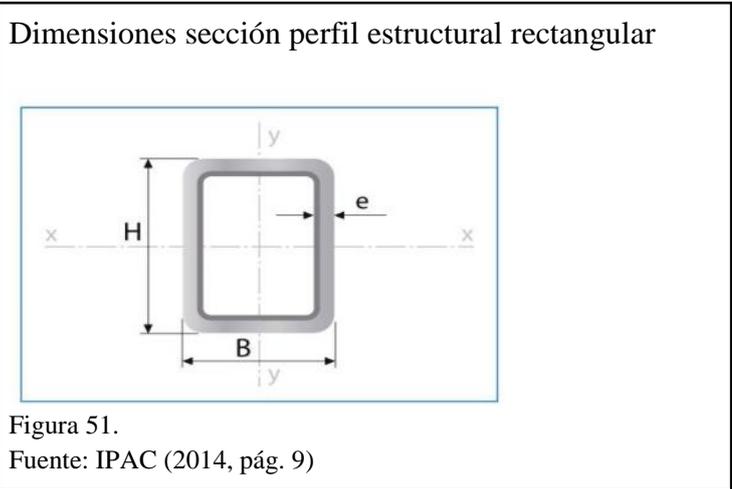
$$M_{max} = 31305,28 \text{ Kgf} * \text{cm}$$

Reemplazando se obtiene:

$$S_x = \frac{31305,28 \text{ [Kgf} * \text{cm]}}{1518 \text{ [Kgf/cm}^2]}$$

$$S_x = 20,62 \text{ cm}^3$$

Con el valor del módulo de sección  $S_x = 20.62 \text{ cm}^3$  y referencia (anexo 5), el tubo estructural rectangular (Figura 51)  $H=100$   $B=50$   $e= 4$  [mm] será para la construcción de la estructura de tijeras, según norma NTE INEN 2415 en el catálogo (IPAC) el valor del  $S_x = 27,53 \text{ cm}^3$ .



### 3.12.1 Cálculo del factor de seguridad teórico y real

Es importante encontrar el factor de seguridad teórico y real, esto permite hacer una comparación entre ellos lo que aproxima a un número más real el cual será tomado en cuenta para los próximos cálculos en la selección de los elementos que componen la estructura metálica del elevador.

$$nt = \frac{F_y}{F_b}$$

Donde:

- nt** = Factor de seguridad teórico
- F<sub>y</sub>** = Esfuerzo admisible del material [Kgf/cm<sup>2</sup>]
- F<sub>b</sub>** = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf/cm<sup>2</sup>]

Datos:

$$F_y = 2530 \text{ Kgf/cm}^2$$

$$F_b = 1518 \text{ Kgf/cm}^2$$

Al remplazar se obtiene:

$$nt = \frac{F_y}{F_b}$$

$$nt = 1,66$$

$$\mathbf{Sx Teórico} = 20,62 \text{ [cm}^3\text{]}$$

$$\mathbf{Sx Real} = 27,53 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Al remplazar se obtiene:

$$F_b = \frac{M_{max}}{S_x}$$

$$F_b = \frac{31305,28[\text{Kgf} * \text{cm}]}{27,53[\text{cm}^3]}$$

$$F_b = 1137,13[\text{Kgf/cm}^2]$$

$$nr = \frac{F_y}{F_b}$$

**nr** = Factor de seguridad real

**Fy** = Esfuerzo admisible del material [Kgf/cm<sup>2</sup>]

**Fb** = Esfuerzo admisible a flexión [Kgf/cm<sup>2</sup>]

$$nr = \frac{2530[\text{Kgf/cm}^2]}{1137,13[\text{Kgf/cm}^2]}$$

$$nr = 2,2$$

Una vez realizado el cálculo de los materiales a utilizar en la construcción del elevador la tabla muestra el peso total de la estructura metálica de la máquina.

Tabla 16.

Peso total de la estructura metálica de la máquina

| SECCIÓN                    |                              | ESPESOR<br>[mm] | PESO<br>[Kg/m] | LONGITUD<br>TOTAL (m)  | PESO<br>TOTAL<br>(Kg) |
|----------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|------------------------|-----------------------|
| <b>Canastilla</b>          | Tubo Cuadrado 30x30          | 2               | 1,78           | 16                     | 28,5                  |
| <b>Plancha Plataforma</b>  | Plancha Antideslizante       | 3               |                | 1500x600x3             | 23                    |
| <b>Estructura</b>          | Tubo Rectangular 50x100      | 4               | 8,59           | 17                     | 144                   |
| <b>Base Plataforma</b>     | Perfil U 50x100              | 4               | 5,87           | 4,20                   | 24,7                  |
| <b>Cilindro Hidráulico</b> | 3 in Diámetro, 24 in Carrera |                 |                |                        | 21                    |
|                            |                              |                 |                | <b>Peso Estructura</b> | <b>241 Kg</b>         |

Nota: Detalle de pesos de los componentes de la estructura metálica.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 3.13 Diseño del pasador y buje de la estructura metálica

Para diseñar un pasador es importante determinar un estudio a fatiga, este se basa en los ciclos de trabajo diario, mensual y anual que realizará la máquina.

## Ciclos de trabajo

Tabla 17.

Ciclos de trabajo por día, mes y año

|   |   |
|---|---|
| $\frac{\text{Ciclos}}{\text{día}} = 2 * \text{uso diario}$ $\text{uso diario} = 8 \text{ [mantenimientos]}$ | $\frac{\text{Ciclos}}{\text{día}} = 16$   |
| $\frac{\text{Ciclos}}{\text{mes}} = \frac{\text{Ciclos}}{\text{día}} * 30$                                  | $\frac{\text{Ciclos}}{\text{mes}} = 480$  |
| $\frac{\text{Ciclos}}{\text{año}} = \frac{\text{Ciclos}}{\text{mes}} * 12$                                  | $\frac{\text{Ciclos}}{\text{año}} = 5760$ |

Nota: Detalle de los ciclos de trabajo para determinar la vida útil de la máquina.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

Por lo que para diseño a fatiga consideramos que la vida útil de la máquina es de diez años.

$$\frac{\text{Ciclos}}{10 \text{ años}} = \frac{\text{Ciclos}}{\text{año}} * 10$$

$$\frac{\text{Ciclos}}{10 \text{ años}} = 57600$$

Esto indica que los ciclos en la vida útil de la máquina no sobrepasan el millón de ciclos por lo que no es necesario realizar un estudio de fatiga de los elementos.

### 3.13.1 Cálculo del diámetro del pasador



Datos:

Acero de transmisión AISI 1018

Límite de fluencia:  $S_y = 3772,95 \frac{kg}{cm^2}$

Factor de seguridad:  $F_s = 2$

Fuerza:  $F = 27,79 KN \approx 2835,6 kg$

$$[\tau] = \frac{F}{A} = \tau$$

$$[\tau] = \frac{S_{Sy}}{F_s}$$

$$[\tau] = \frac{0,6 * 3772,95}{2}$$

$$[\tau] = 1131,89 \frac{kg}{cm^2}$$

$$A = \frac{F}{[\tau]}$$

$$A = \frac{2835,6 \text{ kg}}{1131,89 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$A = 2,5 \text{ cm}^2$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$

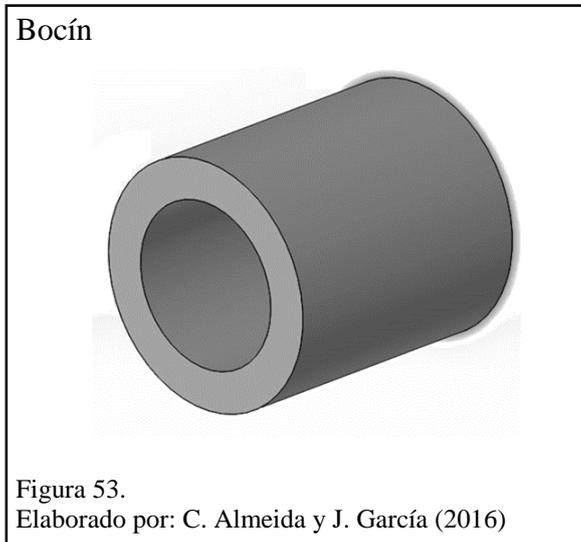
$$d = \sqrt{\frac{4 * 2,5 \text{ cm}^2}{\pi}}$$

$$d = 1,8 \text{ cm} \approx 18 \text{ mm}$$

Mediante calculos realizados para el pasador se determino un diámetro de 18 [mm] (Figura 52), para la fabricación del pasador se optará por un diámetro de 25 mm, en acero de transmisión AISI 1018 para tener un mayor factor de seguridad.

### 3.13.2 Cálculo del espesor del bocín

Para el cálculo del espesor del bocín se toma como dato el diámetro calculado del pasador  $\phi 18\text{mm}$ .



Datos:

Acero de transmisión AISI 1018

Límite de fluencia:  $S_y = 3772,95 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Factor de seguridad:  $F_s = 2$

Fuerza:  $F = 27,79 \text{ KN} \approx 2835,6 \text{ kg}$

$$A_c = \pi * r * L_c$$

$$A_c = \pi * 9 \text{ mm} * 64 \text{ mm}$$

$$A_c = 1809,6 \text{ mm}^2$$

$$P = P_{max} * A_c$$

$$P_{max} = \frac{P}{Ac}$$

$$P_{max} = \frac{2835,6 \text{ kg}}{1809,6 \text{ mm}^2}$$

$$P_{max} = 1,6 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \approx 160 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma = \frac{P_{max} * R}{t} \leq [\sigma]$$

$$[\sigma] = \frac{S_{SY}}{F_S}$$

$$[\sigma] = \frac{0,6 * 3772,95}{2}$$

$$[\sigma] = 1131,98 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$[\sigma] = \frac{P_{max} * R}{t}$$

$$R = \frac{[\sigma] * t}{P_{max}}$$

$$R = \frac{1131,98 * t}{160}$$

$$R = 7,07 t$$

donde:  $t = R - r$

$$R = 7,07 (R - r)$$

$$R = 7,07R - (7,07 * 0,9)$$

$$**R = 1,1**$$

$$t = R - r$$

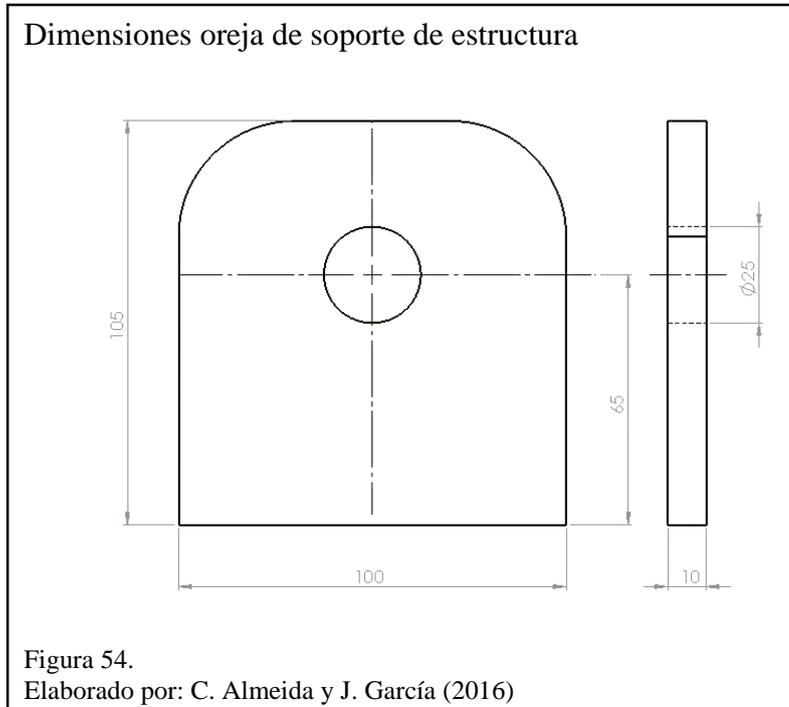
$$t = 1,1 - 0,9$$

$$**t = 0,2cm**$$

Mediante cálculos realizados para el bocín se determino un diámetro de 28 [mm] (Figura 53), para la fabricación del bocín se optara por un diámetro de 35 mm y un espesor de pared de 0.5 [mm], en acero de transmisión AISI 1018 para tener un mayor factor de seguridad.

### 3.14 Diseño oreja de soporte de estructura

Conocida la fuerza que ejercerá sobre el eje FMY tabla 7, se realiza el diseño de la oreja de soporte de la estructura.



$$F = 2431 \text{ [Kgf]}$$

$$a = 105 \text{ [mm]}$$

$$b = 100 \text{ [mm]}$$

$$c = 65 \text{ [mm]}$$

$$d = \varnothing 25 \text{ [mm]}$$

$$e = 10 \text{ [mm]}$$

$$S_y = 25.3 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

El material a utilizarse para la fabricación será un acero A-36 el cual tiene un

$$S_y = 25.30 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

$$[\sigma] = \frac{S_Y}{F.s.}$$

$$[\sigma] = \frac{25.30 \text{ [kg/mm}^2\text{]}}{2}$$

$$[\sigma] = \mathbf{12.65 \text{ [kg/mm}^2\text{]}}$$

El esfuerzo actúa en una dirección perpendicular a la superficie cortada al ser un componente sometido a tensión el esfuerzo real es:

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

$$\sigma = \frac{F}{(b - d) * e}$$

$$\sigma = \frac{2431 \text{ [kg]}}{(100 - 25)[mm] * 10[mm]}$$

$$\sigma = \mathbf{3.24 \text{ [kg/mm}^2\text{]}}$$

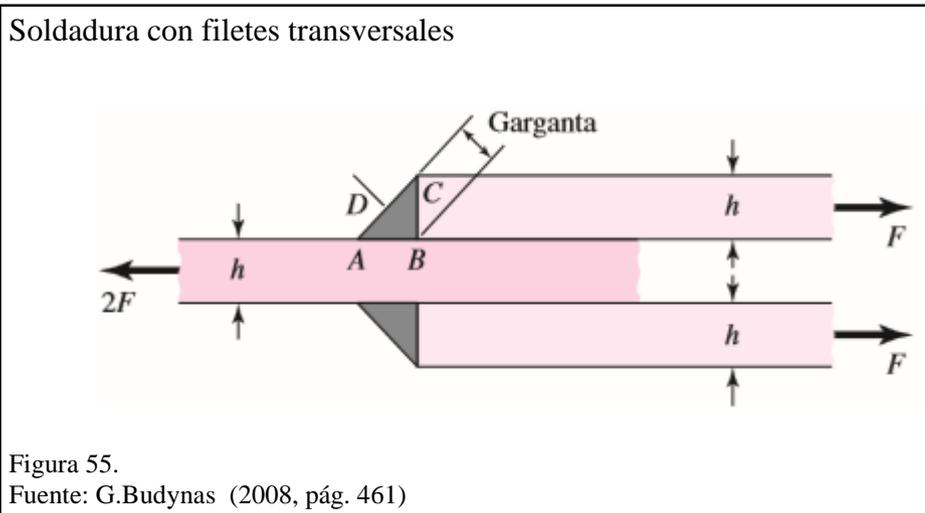
Al comparar el esfuerzo real con el esfuerzo admisible se tiene:

$$[\sigma] \geq \sigma$$

$$\mathbf{12.65 \text{ [kg/mm}^2\text{]} \geq 3.24 \text{ [kg/mm}^2\text{]}}$$

### 3.15 Soldadura en oreja de soporte

Una estructura se fabrica soldando en conjunto un grupo de formas de metal, cortadas. Para la unión de la oreja de soporte con la estructura se realizara mediante la soldadura con filetes transversales (Ver Figura 55).



En la (Figura 56) se muestra las propiedades flexionantes de la soldadura de filete en esta encontramos el area de la garganta, la ubicación del punto G, y el momento unitario del area.

Propiedades flexionantes de la soldadura de filete

Propiedades flexionantes de las soldaduras de filete\*

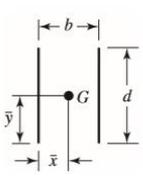
| Soldadura   | Área de la garganta | Ubicación de G                     | Segundo momento unitario del área |
|---|---------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
|  | $A = 1.414hd$       | $\bar{x} = b/2$<br>$\bar{y} = d/2$ | $I_u = \frac{d^3}{6}$             |

Figura 56.  
Fuente: G.Budynas (2008, pág. 466)

Se ubica el centroide del grupo de juntas figura 56:

$$\bar{y} = \frac{e}{2} = \frac{10 [mm]}{2} = 5[mm]$$

$$\bar{x} = \frac{c}{2} = \frac{65 [mm]}{2} = 35[mm]$$

El momento M que ejerce el esfuerzo de flexión en las juntas:

$$M = F * c$$

$$M = 2431 * 65$$

$$M = 158015 [kg * mm]$$

El momento unitario del área es:

$$I_U = \frac{b^2}{6} (3e + b)$$

$$I_U = \frac{(100[mm])^2}{6} (3 * 10[mm] + 100[mm])$$

$$I_U = 216666[mm^3]$$

El área de la garganta se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A = 1.414 h (e + b)$$

$$A = 1.414 * 6.35 (10 + 100)$$

$$A = 98767.9 [mm^2]$$

El segundo momento de área I, con base en el área de la garganta de la soldadura es (G.Budynas, 2008, pág. 469):

$$I = 0.707 h * I_U$$

$$I = 0.707 * 6.35 * 216666$$

$$I = 972711.17[mm^4]$$

El esfuerzo promedio en una soldadura a tope debido a carga cortante está dado por (G.Budynas, 2008, pág. 461):

$$\tau = \frac{F}{h * l}$$

$$\tau = \frac{2431[kg]}{6.35 * 100[mm]}$$

$$\tau = 3.82 [kg * mm^2]$$

Se determina que el esfuerzo cortante nominal en la garganta es:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{158015[kg * mm] * 35[mm]}{972711.17 [mm^4]}$$

$$\sigma = 5.68 [kg/mm^2]$$

El esfuerzo de von Mises se calcula (G.Budynas, 2008, pág. 462) mediante:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_y^2 + 3\tau_{yx}^2}$$

$$\sigma = \sqrt{(5.68 [kg/mm])^2 + 3(3.82[kg/mm])^2}$$

$$\sigma = \mathbf{8.72 [kg/mm^2]}$$

El material a utilizarse para la fabricación será un acero A-36 el cual tiene un

$$S_y = 25.30 [kg/mm^2].$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$FS = \frac{25.30 [kg/mm^2].}{8.72 [kg/mm^2].}$$

$$\mathbf{FS = 2.90}$$

El factor de seguridad resulta satisfactorio para la soldadura de filete transversal.

### 3.16 Selección de ruedas y garruchas

El movimiento de la estructura será a base de garruchas, estas son seleccionadas mediante los requerimientos mecánicos de carga máxima de transportación, número de ruedas que soportan dicha carga, tipo de superficie y suelo a trabajar.

$$C = \frac{Wt + F\emptyset + P \times \eta}{n}$$

C = Capacidad de carga (por cada rueda)

n= Número de ruedas en contacto con la superficie

$\eta$ = factor de seguridad (rango 1.3 - 2)

P = Capacidad de carga del equipo

Wt = Peso de la Estructura

F $\emptyset$ = Reacción del cilindro hidráulico en Y (Ver Tabla 4)

$$C = \frac{(2,45 + 27,44 + 3,92 \times 2)kN}{4}$$

$$C = \frac{37,73}{4}$$

$$C = 0,92 \text{ Ton}$$

Con los resultados del cálculo de capacidad de carga por cada rueda se realiza la selección en catálogo de Imsa – Colson (Anexo 6-7) en el cual la serie 44 y 45 tiene una capacidad de carga de 400 kilogramos y un tamaño de rueda de 6”.

### 3.17 Diseño y selección del Circuito Hidráulico

Fuerza a Soportar 500 [kg]

Presión de la bomba hidráulica =  $1.556 \times 10^3 \left[ \frac{lb}{in^2} \right]$

$$P = \frac{F}{A_{cilindro}}$$

$$1.556 \times 10^3 \left[ \frac{lb}{in^2} \right] = \frac{1.1 * 10^4 [lb]}{A_{cilindro}}$$

$$A_{cilindro} = \frac{1.1 * 10^4 [lb]}{1.556 \times 10^3 \left[ \frac{lb}{in^2} \right]}$$

$$A_{cilindro} = 7.069 [in^2]$$

$$A_{cilindro} = \frac{D^2 * \pi}{4}$$

$$7 [in^2] = \frac{D^2 * \pi}{4}$$

$$D^2 = \frac{7 [in^2] * 4}{\pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{7 [in^2] * 4}{\pi}}$$

$$D = 3 [in]$$

Para la selección de del diámetro del cilindro tomamos de referencia del catálogo prince que se encuentra en el anexo 8 con un diámetro de vástago de 3 in y una carrera de 24 in.

$$V = \frac{L}{t}$$

$$V = \frac{18.6 [in]}{18 [seg]} = 1.033 \left[ \frac{in}{seg} \right]$$

$$Q = V * A_{cilindro}$$

$$Q = 1.033 \left[ \frac{in}{seg} \right] * 7.069 [in^2] * \frac{60}{231}$$

$$Q = 1.897 GPM$$

$$\text{Potencia Motor [HP]} = P[\text{psi}] * Q[\text{GPM}] * 7 \times 10^{-4}$$

$$\text{Potencia Motor [HP]} = 1.556 \times 10^3 [\text{psi}] * 1.897 [\text{GPM}] * 7 \times 10^{-4}$$

$$\text{Potencia Motor} = 2 \text{ [HP]}$$

La mini central hidráulica de simple efecto tiene una potencia de motor de 1.5 [kw]

(Figura 57) lo cual se realiza la conversión de unidades:

$$\text{Potencia Motor (HP)} = \text{Potencia [kw]} \times 1.341$$

$$\text{Potencia Motor (HP)} = 1.5 \times 1.341$$

$$\text{Potencia Motor} = 2 \text{ [HP]}$$

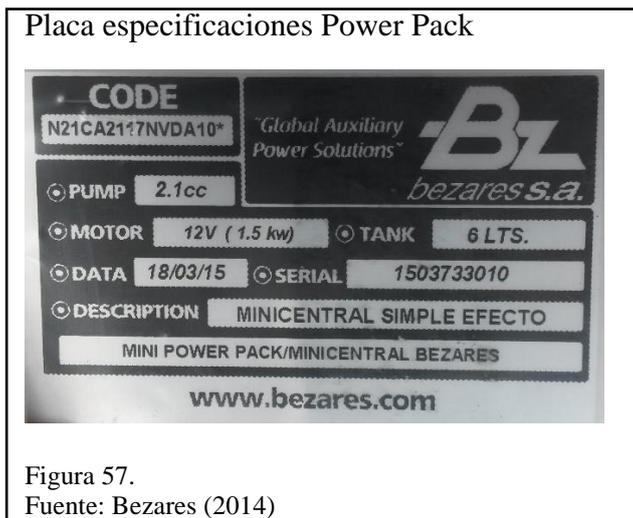


Figura 57.

Fuente: Bezares (2014)

## **Capítulo 4**

### **Cálculo de costos**

#### **4.1 Generalidades**

En el presente capítulo se detalla el costo de la producción del diseño y construcción del elevador móvil electro hidráulico tipo tijera con capacidad de carga de 500 kg, el principal objetivo del análisis es determinar la cantidad de recursos económicos necesarios para la construcción de la máquina.

#### **4.2 Máquinas herramientas**

Para la construcción de los diversos elementos que componen la máquina será necesario el uso de varias máquinas herramientas como: torno, fresadora, soldadora eléctrica, taladro de pedestal, taladro de mano, cizalla, dobladora de tool, amoladora, esmeril, polipasto; además de instrumentos de medición como: calibrador pie de rey, escuadra, nivel de burbuja, flexómetro, entre otros.

#### **4.3 Costos de fabricación**

El total de los costos del proyecto es igual a la suma de los costos directos y los costos indirectos (Charlest, 2007, pág. 37).

##### **4.3.1 Costos directos**

Los costos directos de fabricación o producción; son todos aquellos valores que conciernen a costo de materia prima (insumos o materiales), costo mano de obra directa, costo de alquiler de maquinaria y herramientas (J.Krajewski, 2000, pág. 818).

### 4.3.2 Costo de materiales y elementos normalizados

En la tabla 18 se detalla los valores unitarios y totales de los materiales y elementos normalizados.

Tabla 18.

Costo de materiales y elementos normalizados

| Ítem | Descripción                    | Cantidad | Dimensiones               | Costo unitario (USD) | Costo total(USD) |
|------|--------------------------------|----------|---------------------------|----------------------|------------------|
| 1    | Acero de transmisión AISI 1018 | 3        | 35 x 20 mm                | 19,80                | 67,52            |
| 2    | Botonera Camsco                | 1        | C-A2813 (12 V )<br>(10 A) | 26,00                | 26,00            |
| 3    | Bushing                        | 1        | 1093-8-6 B                | 3,02                 | 3,02             |
| 4    | Cilindro hidráulico Prince     | 1        | Bore: 3" Stroke:<br>24"   | 488,59               | 488,59           |
| 5    | Codos 90°                      | 2        | 3/8" Hidráulico           | 7,00                 | 14,00            |
| 6    | Extensión                      | 1        | Carrete 25m de<br>25amp   | 62,89                | 62,89            |
| 8    | Manguera Hidráulica            | 2        | 4000 PSI                  | 9,00                 | 18,00            |
| 9    | Manómetro SKON                 | 1        | 3500 PSI                  | 35,00                | 35,00            |
| 10   | Nylon lamigamida               | 8        | 8 kg 310 x 50 mm          | 18,65                | 149,20           |
| 11   | Oreja Perforada                | 8        | 100 * 100 * 10 mm         | 2,40                 | 19,20            |
| 12   | Oreja Perforada                | 2        | 60 * 80 * 25 mm           | 3,13                 | 6,25             |
| 13   | Perfil "Angulo"                | 2        | 40 x 40 x 4 mm x<br>2000  | 2,97                 | 5,94             |
| 14   | Perfil "U"                     | 1        | 100 x 50 x 4mm x<br>6000  | 27,67                | 27,67            |
| 15   | Perfil "U"                     | 1        | 50 x 2 x 2 mm x<br>1000   | 1,40                 | 1,40             |
| 16   | Perno Galv. Carrocería         | 16       | 3/8 * 1"                  | 0,27                 | 4,29             |
| 17   | Pernos                         | 4        | 10 x 20 x 1,5 mm          | 0,23                 | 0,91             |
| 18   | Plancha                        | 1        | 95 * 100 * 10 mm          | 3,54                 | 3,54             |
| 19   | Plancha                        | 1        | 50 * 80 * 10 mm           | 2,08                 | 2,08             |
| 20   | Plancha de acero negro         | 1        | 2440 x 1220 x 3<br>mm     | 43,46                | 43,46            |
| 21   | Plancha de acero negro         | 1        | 2441 x 1220 x 2<br>mm     | 30,38                | 30,38            |

|                 |                                   |    |                           |        |                |
|-----------------|-----------------------------------|----|---------------------------|--------|----------------|
| <b>22</b>       | Power Pack Bezares                | 1  | Bomba: 2.1 Motor:<br>12 V | 550,00 | 550,00         |
| <b>23</b>       | Ruedas fija Imsa Colson           | 2  | 6" Carga 400 kg<br>c/u    | 32,99  | 65,98          |
| <b>24</b>       | Ruedas giratoria Imsa Colson      | 2  | 6" Carga 400 kg<br>c/u    | 40,07  | 80,14          |
| <b>25</b>       | Silenciador Bronce                | 1  | 3/8"                      | 7,70   | 7,70           |
| <b>26</b>       | Te 90°                            | 1  | 3/8 Hidráulico            | 5,50   | 5,50           |
| <b>27</b>       | Transformador monofásico          | 1  | 1400 VA , 60HZ            | 313,60 | 313,60         |
| <b>28</b>       | Tubo estructural<br>"cuadrado"    | 3  | 30 x 2 mm                 | 8,52   | 25,56          |
| <b>29</b>       | Tubo estructural<br>"cuadrado"    | 1  | 50 x 3 mm                 | 21,05  | 21,05          |
| <b>30</b>       | Tubo estructural<br>"rectangular" | 4  | 100 x 50 x 4mm x<br>6000  | 43,56  | 174,24         |
| <b>31</b>       | Tuercas                           | 12 | 7/8" UNC                  | 0,97   | 11,64          |
| <b>32</b>       | Tuercas                           | 4  | 10 x 1,5 mm               | 0,15   | 0,61           |
| <b>33</b>       | Tuercas de seguridad              | 16 | 3/8" UNC                  | 0,15   | 2,36           |
| <b>34</b>       | Varilla Roscada                   | 2  | Galv. 7/8" x 1000<br>mm   | 13,39  | 26,79          |
| <b>Subtotal</b> |                                   |    |                           |        | <b>2294,50</b> |

Nota: Elementos utilizados para la construcción del elevador con su respectivo costo.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

### 4.3.3 Costos mano de obra directa

En la tabla 19 se detalla el costo de la mano de obra directa, por el proceso de ensamblaje de la máquina.

Tabla 19.

Costos mano de obra directa

| <b>Concepto de fabricación</b>             | <b>Valor</b>  |
|--|---------------|
| Maquinado de ejes, bocines y perforaciones | 400,00        |
| Maquinado de nylon                         | 100,00        |
| Cortes y dobles de tool N/G de 3 y 4 mm    | 12,70         |
| Instalación del sistema hidráulico         | 87,30         |
| <b>Costo de mano de obra directa</b>       | <b>600,00</b> |

Nota: Costos de mano de obra directa para el ensamblaje de la máquina.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

#### 4.4 Costos indirectos

Los costos indirectos de fabricación conciernen a los valores correspondientes de gastos realizados durante el proceso de producción y que inciden de manera indirecta (J.Krajewski, 2000, pág. 818).

Tabla 20.  
Costos indirectos

| Ítem            | Descripción                | Cantidad | Unidad               | Costo unitario (USD) | Costo total (USD) |
|-----------------|----------------------------|----------|----------------------|----------------------|-------------------|
| 1               | Transporte de materiales   | 1        | -                    | 40,00                | 40,00             |
| 2               | Alimentación / Refrigerios | 1        | -                    | 90,00                | 90,00             |
| 3               | Movilización / Pasajes     | 1        | -                    | 60,00                | 60,00             |
| 4               | Pintura Sintética Gris     | 1/2      | Galón                | 24,09                | 12,05             |
| 5               | Pintura Sintética Orange   | 1        | Galón                | 24,09                | 24,09             |
| 6               | Multi primer fondo         | 1        | Galón                | 26,58                | 26,58             |
| 7               | Thinner                    | 2        | Galón                | 5,00                 | 10,00             |
| 8               | Cinta antideslizante       | 1        | 48 mm x 4,5 m        | 6,39                 | 6,39              |
| 9               | Lijas                      | 5        | u                    | 0,50                 | 2,50              |
| 10              | Teflón                     | 1        | u                    | 0,50                 | 0,50              |
| 11              | Guaipes                    | 5        | u                    | 0,30                 | 1,50              |
| 12              | Disco de corte - desbaste  | 5        | 125 x 2,5 x 22,23 mm | 3,50                 | 17,50             |
| 13              | Disco de zirconio laminado | 2        | 4 1/2" Gr. 120       | 3,48                 | 6,96              |
| 14              | Carda de copa para taladro | 1        | 2 3/4"               | 3,89                 | 3,89              |
| <b>Subtotal</b> |                            |          |                      |                      | <b>301,96</b>     |

Nota: Costos de mano de obra indirecta para el ensamblaje de la máquina.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

#### 4.5 Costos de producción

Son los gastos necesarios para mantener un proyecto, entre los valores correspondientes constan costos directos e indirectos, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 21.  
Costos de producción

| Descripción                         | Valor Parcial | Valor total (USD) |
|-------------------------------------|---------------|-------------------|
| <b>COSTOS DIRECTOS</b>              |               | 2894.50           |
| Materiales y elementos normalizados | 2294.50       |                   |
| Mano de obra directa                | 600.00        |                   |
| <b>COSTOS INDIRECTOS</b>            |               | 301.96            |
| <b>COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>         |               | <b>3196.45</b>    |

Nota: Sumatorio de costos directos e indirectos de la máquina.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

#### 4.6 Costos imprevistos

Son aquellos valores que se presentarán en circunstancias de carácter fortuito dentro del diseño y construcción, en este caso, representa el 5% del costo de producción. Por lo tanto en la tabla será:

Tabla 22.

Costos imprevistos

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| Costo de producción              | 3196.45       |
| <b>Costo de Imprevistos (5%)</b> | <b>159.82</b> |

Nota: El 5% del costo de producción representa el costo de imprevistos.  
Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

#### 4.7 Costo Total

El costo total del elevador móvil electro hidráulico tipo tijera con capacidad de carga de 500 kg, se ha calculado sumando el costo de producción (costos directos e indirectos), el costo de imprevistos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23.  
Costo total

| <b>Costos</b>               | <b>Valores</b> |
|-----------------------------|----------------|
| <b>Costo de producción</b>  | 3196.45        |
| <b>Costo de imprevistos</b> | 159.82         |
| <b>Costo Total</b>          | <b>3356.28</b> |

Nota: Sumatoria total de costos.

Elaborado por: C. Almeida y J. García (2016)

## Conclusiones

- El elevador de tijeras diseñado y construido cumple con los requerimientos establecidos por la empresa, siendo estos altura, movilidad y capacidad de carga.
- El diseño y selección de los materiales es totalmente confiable ya que en la elaboración del proyecto se observó muy de cerca la normativa de seguridad (NTP 634 Plataformas elevadoras móviles de personal, 2003).
- Para la construcción de la máquina se diseñó bajo mecanismos sencillos y utilizando materiales que se encuentran disponibles en el mercado nacional, permitiendo una fácil reparación o cambio de algún elemento del elevador para su mantenimiento.
- Para la configuración del sistema hidráulico del elevador de tijera se utilizaron componentes elementales y compactos facilitando así su instalación y correcto funcionamiento.
- Gracias a las características mecánicas y al fácil accionamiento del elevador, le permite al operario realizar cualquier tipo de mantenimiento en alturas y espacios reducidos.
- En referencia al análisis de costos se concluye que el elevador de tijera electro hidráulico representa un menor costo en lo que respecta a su fabricación, reduciendo notablemente el precio de la máquina y siendo esta la mejor opción.

## **Recomendaciones**

- Para el diseño del elevador de tijeras se debe observar todas las ventajas y desventajas que presenta el espacio o área de trabajo en el cual va a operar la máquina.
- Para el correcto funcionamiento del elevador se recomienda no exceder la carga ni el número de personas establecidos en el diseño, esto permitirá reducir cualquier tipo de accidente.
- Se recomienda observar detenidamente el plan de mantenimiento de la máquina para garantizar la durabilidad de los componentes mecánicos e hidráulicos.
- Se debe tomar en cuenta que el operario esté capacitado y conozca los riesgos que representa una mala operación y manipulación de todos los componentes principales de la máquina.
- Se recomienda el uso del equipo de protección personal, además tener en cuenta que el operario que va a realizar trabajos en alturas cuente con un permiso médico y se encuentre en buenas condiciones psicológicas, de esta manera se garantiza que no se presenten fallas humanas.

## Referencias

280, N. E. (2002). *Norma española*. Sangenjo: ANAPAT.

Access-Platforms. (2012). *ASR*. Obtenido de <http://www.access-platforms.com/genie-grc-12.html#>

ACERO, D. P. (1978). Planchas de Acero. *Catálogo de Acero* , 18.

aliexpress. (11 de 4 de 2010-2015). *Manómetro*. Obtenido de <http://g03.a.alicdn.com/kf/HTB16SJgIXXXXXXiXVXXq6xXFXXXM/10-unids-de-BSP-1-4-Radial-conexi&oacute;n-indicador-de-presi&oacute;n-25-Mpa-250-bar-brass.jpg>

Allbiz. (11 de 03 de 2016). *Allbiz*. Obtenido de Armadura de tuberías: <http://www.ar.all.biz/valvulas-reguladoras-bgc3060>

Arana. (11 de 03 de 2016). *Importador y distribuidor mayorista* . Obtenido de <http://arana-sa.com/es/valvulas/valvulas-retencion>

Bezares. (2014). Centrales- Power Packs. *Mini centrales*, 1.

BRAND, G. A. (Febrero de 2014). Elevadores de material Genie. *BRAND, Genie A TEREX*.

Casillas, M., & Estacio, S. (2012). *Diseño de un elevador limpia ventanas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Charlest, H. (2007). *Contabilidad de costos*. México: Pearson Educación.

*Circuitos Hidráulicos*. (s.f.). Obtenido de <http://wikitecotarraga.wikispaces.com/TEMA+3+-+CIRCUITOS+NEUM%C3%81TICOS+E+HIDR%C3%81ULICOS>

- Colson, I. . (2014). *Ruedas garruchas linea trabajo pesado*. Colombia.
- Debian. (17 de 3 de 2011). *Demo.imh.es*. Obtenido de [http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos/m\\_en001/ud04/html/en0\\_ud04\\_133\\_con.htm](http://demo.imh.es/Electroneumatica/Ud03/modulos/m_en001/ud04/html/en0_ud04_133_con.htm)
- Díaz, M. R. (2008). *Guía Práctica Trabajos con Riesgo de Caída* (1a ed.). Buenos Aires, Argentina: Fundación UOCRA. Obtenido de [http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/guia\\_riesgocaida.pdf](http://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/guia_riesgocaida.pdf)
- Dingli. (2013). *Elevador tijeras*. Australia: DL.
- G.Budynas, R. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Genie. (2016). *Runabot TM*. Washington: Genie a Terex Brand.
- Group, V. E. (2015). *Direct Industry*. Obtenido de Bosch Rexroth: <http://www.directindustry.es/prod/bosch-rexroth-mobile-hydraulics/product-13611-499850.html>
- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de Materiales*. México: Pearson Education.
- Hydraulic, L. (2013). *Manual de Instrucciones y Mantenimiento* . Mallabia - España.
- Instant. (2014). *Instant*. Obtenido de Scissor Lift (Dingli JCPT0607): <http://instant.as/Products/Lifts/Scissor-lifts/Push-around/Dingli-JCPT0607-scissor-lift>
- IPAC. (2014). *Catálogo IPAC*. Guayaquil: IPAC Duferco Group.
- J.Krajewski, L. (2000). *Administración de operaciones, estrategia y análisis*. México: Pearson Educación.

- JLG. (2016). *Elevador de mástil*. Canadá: Oshkosh.
- JLG. (11 de Abril de 2016). *Elevadores eléctricos de tijera*. Obtenido de <https://www.jlg.com/es-co/equipo/elevadores-de-tijera/el%C3%A9ctrico>
- Licata, M. (1999-2015). *Zona Diet*. Obtenido de <http://www.zonadiet.com/tablas/pesoideal.cgi>
- MacCormac, J. C. (2012). *Diseño de estructuras de acero*. Col.del Valle,03100,México,D.F.: Alfaomega Grupo Editor.
- Manufacturing, P. (2013). *Cylinders & Accessories*. 10.
- montacargas, M. e. (2003). *Pilar Fernández*. España: Ideas propias.
- Neumática e Hidráulica*. (s.f.). Obtenido de Neumática e hidráulica. [http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica22.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm)
- Nicolás, A. S. (2002). *Oleohidráulica* (1 ed.). (A. G. Brage, Ed.) Madrid, España: McGraw-Hill Profesional.
- Oliva, J. R. (29 de Agosto de 2013). *Ventajas Y Desventajas De Los Sistemas Hidráulicos Y Neumáticos*. Obtenido de IEM-CHN: <http://iem-chn.blogspot.com/2013/08/14-ventajas-y-desventajas-de-los.html>
- P.Gerhart, R. (1995). *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. USA: Addison-Wesley.
- Pino, J. T. (2003). *NTP 634 Plataformas elevadoras móviles de personal*. Madrid, España: Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo.
- Reachingout, J. (s.f.). *10 RS Tijera Elèctrica*. Obtenido de <http://www.jlg.com/es-es/equipos/elevadores-de-tijera/el%C3%A9ctricas/serie-rs/10rs>

Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación.

Solé, A. C. (2011). *Neumática e Hidráulica* (2 da ed.). Barcelona, España: Marcombo.

SoloStocks. (18 de Abril de 2000). *Comercio Digital, S.A.* Obtenido de <http://www.solostocks.com/>

ValMatic. (2012). *Manual de instalación, operación y mantenimiento*. Riverside: Elmhurst.

Vejo, H. R. (2005). *Métodos Cuantitativos aplicados a la administración*. Material de apoyo análisis multicriterio.