

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

**TEMA:
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN ASCENSOR CON CARGA MÁXIMA
DE 250KG., PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES Y
ADULTOS MAYORES, PARA SER INSTALADO EN VIVIENDAS
DE DOS PISOS.**

**AUTORES:
EDISON WLADIMIR ACOSTA ARMENDARIZ
ORLANDO JAVIER DELGADO SIFAS**

**DIRECTOR:
ING. HOMERO YANCHAPAXI A.**

Quito, noviembre del 2013

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, Edison Wladimir Acosta Armendáriz y Orlando Javier Delgado Sifas autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Edison Wladimir Acosta Armendáriz
C.C. 1715308191

Orlando Javier Delgado Sifas
C.C. 1717578072

Certifico que el presente trabajo, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico ha sido realizado en su totalidad por los señores: Edison Wladimir Acosta Armendariz y Orlando Javier Delgado Sifas.

Los conceptos, análisis, cálculos realizados y conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Atentamente:

Ing. Homero Yanchapaxi A.
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

A mi Dios, por ser mi guía y permitirme llegar a cumplir mis objetivos planteados, por brindarme salud y vida.

Doy gracias a todas las personas importantes en mi vida, en especial a mis Padres Ángel y Blanca por darme ese aliento cuando estaba decayendo, por brindarme su apoyo incondicional, por ser mi pilar y sobre todo mi motivación para terminar tan anhelado sueño.

A mis hermanos Andrés y Vero, por motivarme a ser cada día mejor, enseñarme el verdadero significado de la amistad y hermandad.

A mi enamorada Diana Carolina por estar siempre a lado motivándome a que se me cumpla esta meta.

A mis maestros que me supieron guiar por el camino correcto, influyendo con sus lecciones y experiencias. En especial al Ing. Homero Yanchapaxi por guiarnos en este duro camino de nuestra tesis; para ser unos profesionales a carta cabal.

Con todo cariño esta tesis se las dedico a ustedes:

Ángel Acosta
Blanca Armendáriz
Diana Carolina
Andrés y Verónica

Edison

DEDICATORIA

A mis Padres Jacinto y Elsa, que gracias a su apoyo, consejos y esmero han logrado guiarme por el camino correcto, a mi amada esposa Diana, gracias por estar a mi lado apoyándome, comprendiéndome y ser la razón de mi vida, a mis hijas Camila y Juliana que desde el día que nacieron han cambiado mi vida y es por ellas que cualquier sacrificio vale la pena.

Finalmente al Ing. Homero gracias por todo su apoyo y conocimiento compartido.

Orlando

INDICE

INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
JUSTIFICACIÓN	1
ALCANCE	2
OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos.....	3
HIPÓTESIS.....	3
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1 Ascensor para personas con capacidades especiales.....	4
1.2 Reseña histórica del ascensor	4
1.3 Elementos constitutivos de un ascensor para personas con capacidades especiales.....	6
1.3.1 Pozo.....	6
1.3.2 Cabina	7
1.3.2.1 Consideraciones para la cabina	7
1.3.3 Sistema de amortiguación	8
1.3.4 Guías	9
1.3.4.1 Guías de cabina	9
1.3.4.2 Tipos de perfiles de las guías	9
1.3.5 Sistema de frenos	10
1.3.5.1 Freno mecánico	10
1.3.5.2 Freno de emergencia	10
1.3.6 Grupo de tracción.....	11
1.3.6.1 Motor	11
1.3.6.2 Motores de una velocidad.....	11
1.3.6.3 Motores de dos velocidades.....	12
1.3.6.4 Motores con convertidor de frecuencia	13
1.3.6.5 Gearless (sin engranajes).....	13
1.3.6.6 Reductor	13
1.3.6.7 Potencia	14
1.3.7 Poleas de Tracción	15
1.4 Análisis Estructural	16

1.4.1	Vigas	17
1.4.2	Columnas	17
1.4.3	Cargas.....	17
1.4.3.1	Cargas muertas	17
1.4.3.2	Cargas Vivas.....	18
1.4.4	Factor de Seguridad.....	19
1.4.5	Esfuerzos	19
1.4.5.1	Esfuerzos de tracción.....	19
1.4.5.2	Esfuerzos de compresión.....	20
1.4.5.3	Esfuerzos de flexión	20
1.4.5.4	Esfuerzos combinados	21
1.4.6	Deflexión.....	23
1.4.7	Miembros estructurales y conexiones	24
1.4.7.1	Tensores, Varillas	25
1.4.7.2	Cables metálicos	25
1.4.7.3	Rodamientos (cojinetes)	28
1.4.7.4	Efecto carga vida del cojinete a confiabilidad nominal.....	29
1.4.8	Resortes	30
1.4.8.1	Resortes de compresión.....	30
1.4.8.2	Coefficiente K del resorte en caída libre del ascensor.....	31
1.4.9	Placas base	32
1.4.10	Fijación de cabina	33
1.4.11	Uniones por soldadura.....	34
1.4.11.1	Soldadura de filete.....	34
1.4.11.2	Resistencia permisible de las uniones soldadas	35
1.4.11.3	Diseño de soldaduras de filete.....	36
1.5	Sistema de Elevación.....	37
1.5.1	Tipos de suspensión	37
1.5.2.2.2	Cable limitador de velocidad	41
1.5.3	Sala de máquinas.....	41
1.5.4	Puertas de cabina.....	41
1.5.4.1	Puertas manuales	41
1.5.4.2	Puertas semiautomáticas.....	42
1.5.4.3	Puertas automáticas	42

CAPITULO II	43
ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	43
2.1 Criterios a ser considerados para analizar el tipo de tracción	43
2.1.1 Costos de fabricación	43
2.1.2 Facilidad de instalación.....	44
2.1.3 Facilidad de mantenimiento	44
2.2 Factor de Ponderación	44
2.3 Análisis de alternativas del tipo de tracción	45
2.3.1 Alternativa “A”. Elevador con rodillo y cable	45
2.3.1.1 Ventajas.....	46
2.3.1.2 Desventajas	46
2.3.2 Alternativa “B”. Elevador con polea y contrapeso	46
2.3.2.1 Ventajas.....	47
2.3.2.2 Desventajas	47
2.3.3 Calificación y selección de alternativas	48
2.3.3.1 Conclusión.....	48
2.4 Criterios considerados para analizar el tipo de cabina	48
2.4.1 Facilidad de montaje e instalación	49
2.4.2 Costos de fabricación	49
2.4.3 Diseño estructural.....	49
2.4.4 Facilidad de mantenimiento	49
2.4.5 Factor de ponderación	49
2.5 Análisis de alternativas del tipo de cabina	50
2.5.1 Alternativa “A” Cabina Completa	51
2.5.1.1 Ventajas.....	51
2.5.1.2 Desventajas	51
2.5.2 Alternativa “B” Media Cabina	52
2.5.2.1 Ventajas.....	52
2.5.2.2 Desventajas	52
2.5.3 Calificación y selección de alternativas	53
2.5.3.1 Conclusión.....	53
CAPITULO III.....	54
DISEÑO Y SIMULACIÓN	54
3.1 Introducción.....	54
3.2 Criterios para el diseño de la estructura	54
3.3 Análisis de casos de carga	54

3.4	Parámetros de diseño	55
3.4.1	Carga Neta.....	55
3.4.2	Tamaño y peso de la cabina	56
3.4.3	Recorrido.....	58
3.4.4	Velocidad	59
3.4.5	Ubicación	59
3.4.6	Sistema de elevación	59
3.5	Diseño y simulación de componentes mecánicos	60
3.5.1	Diseño del ascensor.....	60
3.6	Diseño y simulación de la base plataforma (cabina).....	60
3.6.1	Diseño de la plataforma (cabina)	61
3.6.1.1	Simulación de desplazamientos y esfuerzos en la cabina	76
3.6.2	Cálculo de las columnas.....	79
3.6.3	Cálculo del sistema elevación y tracción	82
3.6.3.1	Diámetro del Cable.....	82
3.6.3.2	Cálculo del diámetro mínimo de la polea de tracción.....	83
3.6.3.3	Cálculo de potencia del motor.....	84
3.6.3.4	Cálculo de la Potencia del Moto-reductor	84
3.6.3.5	Diseño del eje motriz (Moto-reductor).....	85
3.6.3.6	Cálculo del Tambor	95
3.6.3.7	Cálculo de la Chaveta	97
CAPÍTULO IV		99
COSTOS DEL PROYECTO.....		99
4.1	Costos	99
4.1.1	Costo de materiales	99
4.1.2	Costos de insumos.....	100
4.1.3	Costo de maquinado.....	101
4.1.4	Costo de mano de obra (fabricación y montaje)	102
4.1.5	Costo de sistema eléctrico y de control.....	102
4.1.6	Costo de diseño	102
4.1.7	Costo total del proyecto	103
CONCLUSIONES		104
RECOMENDACIONES		105
BIBLIOGRAFIA		106
ANEXOS		107

INDICE DE TABLAS Y DE FIGURAS

Figura 1.1. Elevator Patent Otis 1861	5
Figura 1.2 Componentes de un elevador para personas con capacidades especiales...	6
Figura 1.3 Amortiguadores de muelle con sistema de retención	8
Figura 1.4 Perfiles T y Perfiles V.....	10
Figura 1.5 Transmisión típica de un elevador.....	14
Figura 1.6 a) Polea de tracción - Perfil trapezoidal,	16
b) Polea de reenvío - Semiesférico sin entalla	16
Figura 1.7 Cargas Muertas	18
Figura 1.8 Cargas Vivas	18
Figura 1.9 Esfuerzo de tracción	20
Figura 1.10 Esfuerzo de Compresión	20
Figura 1.11 Flexión simple en una viga.....	21
Figura 1.12 Esfuerzos combinados	21
Figura 1.13 Deflexión de una viga simplemente apoyada con carga central.	23
Figura 1.14 Cable metálico torzales y sección.....	26
Figura 1.15 Fatiga de un cable de acero – presión de la polea.....	27
Figura 1.16 Partes de un cojinete de Bolas	29
Figura 1.17 Tipos de resortes de compresión.....	30
Tabla 1.1 Ecuaciones para el cálculo de resortes a compresión	31
Figura 1.18 Placa Soldada y anclada con pernos expansores	32
Tabla 1.2 Datos para anclajes mecánicos incorporados a hormigón endurecido.....	33
Tabla 1.3 Dimensiones nominales de los agujeros	34
Figura. 1.19 Soldadura longitudinal de filete.....	35
Tabla 1.4 Esfuerzos Permisibles en soldadura	36
Figura 1.20 Tipo de suspensión 1:1	37
Figura 1.21 Tipo de suspensión 2:1	37
Figura 1.22 Constitución de un cable (cordones)	38
Figura 1.23 Constitución de un cable (estructura)	39
Figura 1.24 Cables que se pueden encontrar en un elevador	40
Tabla 2.1 Criterios de análisis de alternativas del tipo de tracción	43
Tabla 2.2: Tabla de Ponderación – Tipo de Tracción	44
Figura 2.1 Elevador con rodillo y cable	45
Figura 2.2 Elevador con polea y contrapeso	45
Figura 2.3 Esquema de sistema de elevación con rodillo enrollado de cable	46
Figura 2.4 Sistema de elevación con polea de tracción	47

Tabla 2.3 Evaluación del tipo de tracción.....	48
Tabla 2.4 Criterios de análisis de alternativas tipo de cabina	48
Tabla 2.5 Tabla de Ponderación – Tipo de cabina	49
Figura 2.5 Sistema de elevación con media cabina.....	50
Figura 2.6 Esquema de cabina completa.....	50
Figura 2.7 Esquema de media cabina.....	52
Tabla 2.6 Evaluación del tipo de tracción.	53
Tabla 3.1 Pesos ideales de los seres humanos.....	55
Tabla 3.2 Pesos silla de ruedas Estándar.....	56
Figura 3.1 Ascensor de Media cabina	57
Tabla 3.3 Peso de la cabina.....	58
Figura 3.2 Medida de una casa convencional	59
Figura 3.3 Plataforma Hiperestática vista lateral	61
Figura 3.4 Viga Análisis 1	62
Figura 3.5 Diagrama de momento máximo, análisis1	63
Tabla 3.4 Tabla de Tubos en espesor 2mm.....	64
Figura 3.6 Esfuerzos.....	65
Tabla 3.5 Valores de Inercia y Área en tubos	65
Figura 3.7 Diagrama de los dos tramos para el cálculo de la deflexión máxima.....	66
Figura 3.8 Simulación para el cálculo de la deflexión máxima	67
Figura 3.9 Viga análisis 2.....	68
Figura 3.10 Diagrama de momento máximo, análisis 2 (MD Solid 3.5)	69
Tabla 3.6 Tabla de Tubos en espesor 2mm.....	70
Figura 3.11 Diagrama de los dos tramos para el cálculo de la deflexión máxima....	71
Figura 3.12 Simulación para el cálculo de la deflexión máxima	72
Figura 3.13 Plataforma Hiperestática vista frontal	72
Figura 3.14 Diagrama de reacción y momento flector máximo (MD Solid 3.5)	73
Tabla 3.7 Tabla de Tubos en espesor 2mm.....	74
Figura 3.15 Diagrama de los dos tramos para el cálculo de la deflexión máxima....	75
Figura 3.16 Desplazamiento Total	76
Figura 3.17 Desplazamiento en el eje “X”	76
Figura 3.18 Desplazamiento en el eje “Y”	76
Figura 3.19 Esfuerzo “XX”	77
Figura 3.20 Esfuerzo “YY”	77
Figura 3.21 Esfuerzo “ZZ”	77
Figura 3.25 Diagrama Columna Vertical	79
Figura 3.26 Rodillo enrollador de cable.....	83

Figura 3.27 Diagrama de reacción y momento flector máximo (MD Solid 3.5)	87
Figura 3.28 Cilindro hueco para el tambor de arrollamiento del cable.....	95
Figura 3.29 Diámetro del Tambor.....	97
Figura 3.30 Esquema de la chaveta eje moto reductor.....	97
Tabla 4.1 Costo de materiales	100
Tabla 4.2 Costo de Insumos	101
Tabla 4.3 Costo de Maquinado	101
Tabla 4.4 Costo de Mano de Obra y Montaje	102
Tabla 4.5 Costo total del proyecto	103

GLOSARIO

- **Capacidades Especiales o diferentes.**- Término para referirse a las personas con discapacidad, a fin de eliminar la negatividad en la definición del colectivo de personas con discapacidad y reforzar su esencia de diversidad.
- **Inox.**- Abreviación de acero inoxidable que es de elevada pureza y resistente a la corrosión, en el contexto se refiere al acero inoxidable 304.
- **Equipo de tracción o equipo tractor.**- Conjunto del motoreductor con las poleas, ejes, chumaceras que permiten la movilidad del equipo.
- **HP.**- Unidad de potencia que desarrolla un motor. Hp = Horse Power = Caballos de Potencia.
- **PLC.**- Siglas en ingles "Programmable logic controller". Son controladores lógicos programables, usados en la industria para controlar maquinaria y sus funciones en la industria.
- **Izaje.**- Es todo dispositivo que permite elevar ó bajar una carga, previamente calculada, en forma segura y controlada.
- **Foso, poso o hueco.**- Espacio en el cual viajara la cabina en forma vertical, debe tener un sistema de seguridad adecuado.
- **Bastidor:** Armazón de metal que soporta el equipo de tracción.
- **Excentricidad.**- Distancia entre el centro geométrico de una pieza y su centro de giro.
- **Resistencia a la flexión.**- Resistencia a la acción o efecto de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.
- **Carga nominal.**- Representa la carga que soportara el equipo, se desprecia el peso de los materiales que conforman la cabina.
- **Rotor.**- Se denomina así la parte móvil de una máquina rotativa en contraposición con la parte fija, llamada estator, el movimiento puede ser exclusivamente giratorio en torno a su propio eje.
- **Trifásico.**- Dícese de un sistema de tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, y desplazadas en el tiempo, cada una respecto de las otras dos, en un tercio de período.

- **RPM.-** Revoluciones por minuto, es la unidad de frecuencia o velocidad angular.
- **Engranaje.-** Es un mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro dentro de una máquina, están formados por dos ruedas dentadas, la mayor se denomina corona y la menor piñón.
- **Polea de tracción.-** Una polea es un dispositivo mecánico de tracción o elevación, formado por una rueda acanalada montada en un eje, estos pueden considerarse máquinas simples que constituyen casos especiales de la palanca.
- **Perfil de garganta semiesférico sin entenalla.-** Tipo de canal o ranura de una polea para aumentar el garre con el cable de tracción.
- **Acoplado.-** Unir o encajar entre sí dos piezas o cuerpos de manera que ajusten perfectamente.
- **Momento torsor.-** Es la componente paralela al eje longitudinal del momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal del prisma mecánico.
- **Flexión.-** La sollicitación mecánica a un momento perpendicular al eje longitudinal de un elemento de un mecanismo o de una estructura
- **Inercia.-** Es la propiedad que tienen los cuerpos de permanecer en su estado de reposo o movimiento, mientras no se aplique sobre ellos alguna fuerza, o la resistencia que opone la materia al modificar su estado de reposo o movimiento.
- **Fluencia.-** Es la deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará parte de su deformación, la correspondiente deformación elástica, quedando una deformación irreversible, que se puede llegar a producir en el ensayo de tracción
- **Chaveta.-** Es una pieza de sección rectangular o cuadrada que se inserta entre dos elementos que deben ser solidarios entre sí para evitar que se produzcan deslizamientos de una pieza sobre la otra.
- **Compresión.-** Esfuerzo que aparece cuando una fuerza trata de comprimir un cuerpo.
- **Bancada.-** Plataforma fija en la que se instala una máquina o conjunto de ellas.

- **Axial.**- Se refiere al plano que divide las secciones superior e inferior del cuerpo o elemento.
- **Empotrado.**- Fijar de manera rígida un elemento al piso o pared.
- **Apernado.**- Unido a través de pernos.
- **Grado SAE 8.**- Norma técnica y química para la fabricación de pernos.
- **Norma EN 81.**- Normas de seguridad para la construcción e instalación de los ascensores.

RESUMEN

Este proyecto inicia con el marco teórico que detalla los principales conceptos de los elementos constitutivos de un ascensor para personas con capacidades especiales.

Utilizando el estudio comparativo y de ponderación de criterios, se procede a seleccionar la mejor alternativa que cumpla con los requerimientos planteados para el tipo de tracción y tipo de cabina que requiere el ascensor.

Una vez analizados los criterios y seleccionado el material a utilizarse, se realizan los cálculos estructurales y la simulación de las partes principales del ascensor en función de la carga a elevar y los esfuerzos a los que está sometido en su funcionamiento habitual dentro de una vivienda de dos pisos.

Finalmente se presenta una estimación de los costos de construcción del ascensor.

Se exponen algunas conclusiones que confirman la hipótesis planteada.

ABSTRACT

This project begins with the theoretical framework that details the main concepts of the constituent elements of an elevator for people with special abilities.

Using the comparative study and weighting of criteria, we proceed to select the best alternative that meets the requirements set for the type of traction and cabin type that requires the elevator.

Having analyzed the criteria and selected the material to be used, structural calculations are performed and the simulation of the major parts of the elevator according to the load to be lifted and the stresses to which it is subjected in normal operation within a housing two floors.

Finally we present an estimate of the construction costs of the elevator.

Are some conclusions that confirm the hypothesis.

INTRODUCCION

Hoy en día los ascensores representan un papel importante en la vida diaria. Debido a la escasez de espacios, las construcciones actuales tienden a ser más altas y para transportar a las personas de un nivel a otro de una forma rápida, segura y confortable son necesarios los ascensores.

Son sistemas de transporte vertical que pueden ser controlados por relés, tarjetas electrónicas o controladores lógicos programables.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el pasado y hasta la actualidad, los constructores han diseñado viviendas con un sistema de conexión entre pisos mediante gradas o escalinatas.

En base a lo anterior y según datos estadísticos del último censo realizado por el INEC en el país existe al menos un adulto mayor por cada dos familias y una persona con capacidades especiales por cada cinco familias, lo que dificulta el traslado de un piso a otro de dichas personas en viviendas con sistemas de escaleras.

Para resolver este problema, se plantea el diseño de un sistema de elevación (ascensor) en el cual las personas con capacidades especiales y adultos mayores puedan trasladarse de un piso a otro de un modo más fácil.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la mayoría de empresas constructoras de viviendas no ofrecen en sus planos una alternativa para familias que necesiten un sistema de elevación.

Sin embargo la Ley de Discapacidades del Ecuador, en su título V, DE LOS DERECHOS Y BENEFICIOS, aclara;

Art. 19.- Sin perjuicio de los derechos establecidos en la Constitución, en las leyes y en convenios internacionales, el Estado reconocerá y garantizará a las personas con discapacidad los siguientes:

a) Accesibilidad.- Se garantiza a las personas con discapacidad la accesibilidad y utilización de bienes y servicios de la sociedad, evitando y suprimiendo barreras que impidan o dificulten su normal desenvolvimiento e integración social. En toda obra pública que se destine a actividades que supongan el acceso de público, deberán preverse accesos, medios de circulación, información e instalaciones adecuadas para personas con discapacidad. La misma previsión deberá efectuarse en los edificios destinados a empresas privadas de servicio público, en los que exhiban espectáculos públicos y en las unidades sociales y recreativas para uso comunitario, que en adelante se construyan, reformen o modifiquen”.¹

Por lo tanto el planteamiento del presente tema está plenamente justificado.

ALCANCE

Este trabajo tiene como alcance el diseño de elementos mecánicos para el sistema de elevación, diseño estructural de la cabina, pórticos, juntas, soldaduras, equipo de tracción, rodamientos y cables necesarios para la construcción del ascensor,

Se realizará la simulación de esfuerzos y deformación de los elementos sometidos a tensión, tracción y compresión del sistema estructural de elevación (ascensor), seleccionando los materiales adecuados para su construcción y de esta manera explicar el mecanismo de funcionamiento del ascensor.

El sistema de elevación tendrá un moto-reductor y un sistema de control con un PLC programable.

Elaboración de planos generales y detalles mecánicos de cada elemento indispensable en el sistema de elevación.

Análisis de costos reales para la construcción y montaje de un ascensor según resultados obtenidos mediante cálculos y verificados con un software.

¹ <http://www.conadis.gob.ec/docs/leydiscapacidades.pdf>

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y simular un ascensor con carga máxima de 250kg., para personas con capacidades especiales y adultos mayores, para ser instalado en viviendas de dos pisos.

Objetivos Específicos

1. Diseñar y simular el funcionamiento de cada elemento del sistema de elevación con la ayuda de programas como Sap2000, Inventor o Solidworks.
2. Realizar el análisis de alternativas del sistema de tracción y de la cabina.
3. Demostrar que el ascensor puede ser instalado y utilizado de una forma segura en varios tipos de viviendas de dos pisos.
4. Elaborar planos de las partes mecánicas que conforman el ascensor.

HIPÓTESIS

Con la instalación de un ascensor en una vivienda de dos pisos, se facilita el traslado de personas con capacidades especiales y adultos mayores, de una forma fácil y segura.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Ascensor para personas con capacidades especiales

Un elevador o ascensor para personas con capacidades especiales es exclusivamente diseñado para transportarlas entre diferentes niveles de una construcción. Puede ser utilizado para ascender o descender en un edificio, casa, construcción u oficina.

Hay una extensa gama de aplicaciones, tanto en la casa como en la oficina; en la casa para la transportación de alimentos y utensilios de manera higiénica, rápida y confiable entre un piso a otro. En la oficina, entre los diferentes pisos transportando la papelería, libros y objetos de valor. En la mayoría de edificaciones ya se aplica un acceso obligatorio mediante un ascensor para personas con capacidades especiales.

En este proyecto el elevador será utilizado para transportar a las personas con capacidades especiales y personas adultas mayores (tercera edad), y brindar una facilidad en la vida diaria de los mismos.

1.2 Reseña histórica del ascensor

Las grúas y ascensores primitivos, accionados con energía humana y animal o con ruedas de agua, estaban en uso ya en el siglo III a.C.

En el siglo XIX, se empezó a desarrollar por primera vez un nuevo concepto de ascensor sin cuarto de máquinas, con notable difusión en el mercado japonés, basado en la tecnología del motor lineal.

El ascensor moderno es en gran parte un producto del siglo XIX. La mayoría de los elevadores de ese siglo eran accionados por una máquina de vapor, ya fuera directamente o a través de algún tipo de tracción hidráulica.

En el predecesor del ascensor de tracción moderno, las cuerdas de elevación pasaban a través de una rueda dirigida por correas, o polea, para hacer contrapeso en las

guías. La fuerza descendente que ejercen los dos pesos sostenía la cuerda estirada contra su polea, creando la suficiente fricción o tracción entre las dos como para que la polea siguiera tirando de la cuerda como se observa en la figura 1.1.

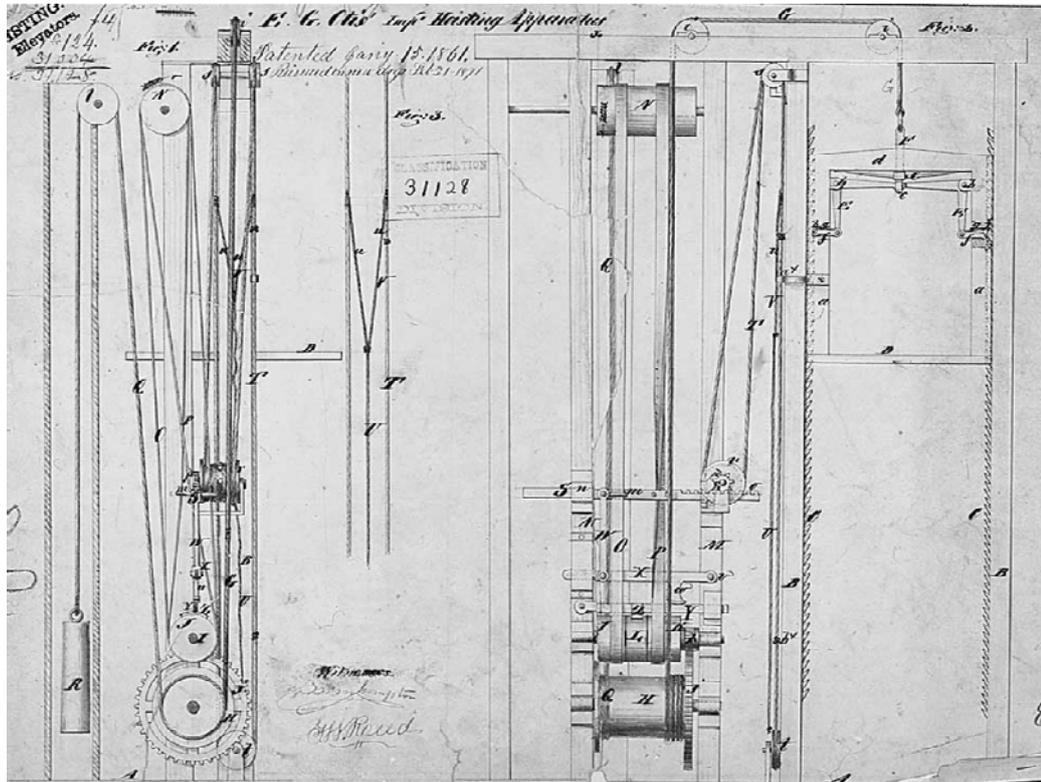


Figura 1.1. Elevator Patent Otis 1861

Fuente: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ElevatorPatentOtis1861.jpg?uselang=es#file>

En 1853 el inventor y fabricante estadounidense Elisha Otis exhibió un ascensor equipado con un dispositivo (llamado seguro) para parar la caída de la cabina si la cuerda de izado se rompía. En ese caso, un resorte haría funcionar dos trinquetes sobre la cabina, forzándolos a engancharse a los soportes de los lados del hueco, así como al soporte de la cabina. Esta invención impulsó la construcción de ascensores.

Los ascensores eléctricos se usan hoy en todo tipo de edificios. Con 57 ascensores o elevadores en un edificio con capacidades de hasta 4.536 kg y velocidades de hasta 10 m/seg (600m/min), el ascensor más rápido del mundo ubicado en la Torre Burj Khalifa, situado en el centro financiero de Dubai.

1.3 Elementos constitutivos de un ascensor para personas con capacidades especiales

En la figura 1.2 se muestra los componentes más importantes de un elevador para personas con capacidades especiales o personas adultas mayores en desplazamiento vertical.

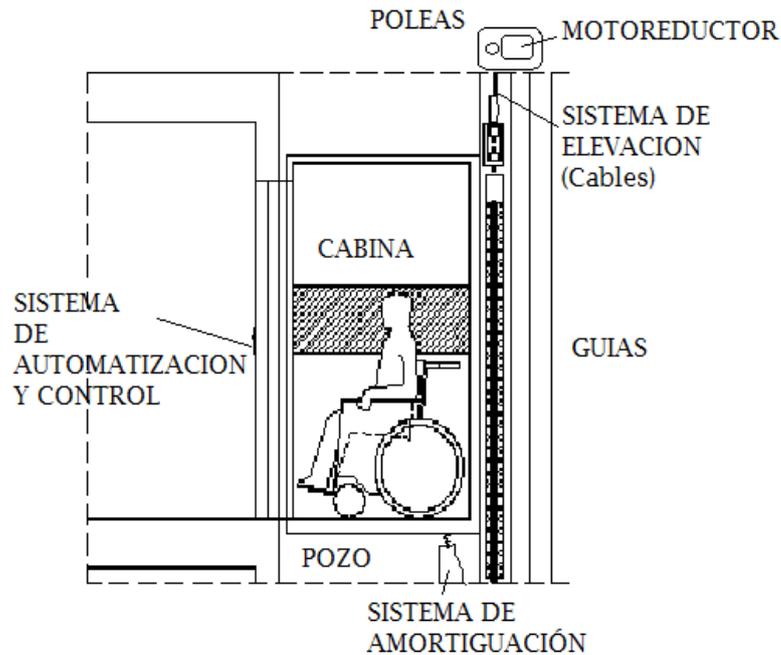


Figura 1.2 Componentes de un elevador para personas con capacidades especiales

Fuente: Los Autores

1.3.1 Pozo

Es un ducto vertical construido en obra civil o estructura metálica en cuyo interior se encuentran los elementos mecánicos y eléctricos que permite el deslizamiento de la cabina. El ducto debe tener una sobre medida superior e inferior respecto del recorrido de la misma.

El pozo está destinado solamente al desplazamiento del elevador, sin que pueda ser utilizado para ninguna instalación ajena a la del propio elevador, por ejemplo, conductos eléctricos, tuberías de agua, etc.

Las paredes del pozo deberán ser de materiales que no originen polvo y tener la suficiente resistencia para soportar las reacciones de las guías ancladas a ellas, así como el desequilibrio de las cargas de la cabina.

1.3.2 Cabina

La cabina es el elemento portante del ascensor y está formado por la cabina propiamente dicha y su chasis o bastidor.

Las partes principales de la cabina son:

- a) La caja o cabina propiamente dicha, está fijada sobre el chasis. Las paredes, piso y techo deben estar constituidos por materiales preferiblemente metálicos o por otros de resistencia equivalente que sean incombustibles, y puedan conservar su resistencia mecánica en caso de incendio sin producir humos ni gases.
- b) El chasis de acero es el elemento resistente al que se fijan los cables de tracción y el mecanismo de paracaídas. Este chasis debe ser robusto para resistir las cargas normales y las que puedan producirse al entrar en funcionamiento el paracaídas y frenar bruscamente la cabina. Las uniones de las partes se efectuarán por remachado o pernos múltiples con arandelas de seguridad o pasadores.

1.3.2.1 Consideraciones para la cabina

La Norma Europea 95/16/CE señala que la cabina deberá estar diseñada y fabricada de forma que su espacio y resistencia correspondan a la carga del número máximo de personas y a la carga nominal del elevador fijada por el instalador.

Cuando el elevador se destine al transporte de personas y/o documentos y sus dimensiones lo permitan, la cabina debe estar diseñada y fabricada de forma que, por sus características estructurales, no dificulte o impida el acceso, y permita toda adaptación destinada a facilitar su utilización.

1.3.3 Sistema de amortiguación

Los elevadores deben estar provistos de amortiguadores (figura 1.3), para detener la cabina o el contrapeso en caso necesario. Se sitúan generalmente en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso, aunque también pueden montarse en la parte inferior del bastidor de éstos. En este caso, según la Norma EN 81-1, deben golpear en el foso sobre un pedestal de 0.5 m de altura para que quede espacio de protección que resguardarse al personal de mantenimiento que esté eventualmente trabajando en el foso.



Figura 1.3 Amortiguadores de muelle con sistema de retención

Fuente: Los Autores

Los amortiguadores pueden ser elásticos (de caucho), de resorte (o muelle) o hidráulicos en lo que a su estructura se refiere. La Norma EN 81-1 distingue 3 clases de amortiguadores atendiendo a otras prestaciones:

- a) Amortiguadores de acumulación de energía (elástico), que no pueden emplearse más que para ascensores de velocidad nominal no superior a 0.63m/s.
- b) Amortiguadores de acumulación de energía con amortiguación del movimiento de retorno (de resorte), para ascensores de velocidad no superior a 1 m/s.
- c) Amortiguadores de disipación de energía (hidráulico), que pueden ser empleados en ascensores de cualquier velocidad.

1.3.4 Guías

Las guías conducen la cabina en su trayectoria y le sirven de apoyo en caso de rotura de los cables, por lo que deben tener una resistencia de acuerdo con el peso total de la cabina más carga neta y estar perfectamente aplomadas. También el contrapeso tiene guías, que en general no tienen más misión que conducirlo, aunque en algunos casos deben también soportarlo en caso de rotura del sistema de cables, para este caso, las guías cumplen la única función de conducir la cabina.

1.3.4.1 Guías de cabina

El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, preferiblemente en forma de canales T, y perfectamente calibradas y alineadas, las guías de los elevadores deben tener la suficiente resistencia mecánica para soportar sin romperse ni sufrir deformaciones permanentes a dos clases de esfuerzo:

- El empuje horizontal debido a posibles excentricidades de la carga.
- El esfuerzo de frenado que puede transmitir la cabina a las guías al ser detenida brusca o progresivamente.

1.3.4.2 Tipos de perfiles de las guías

- Perfiles T (figura 1.4): estos perfiles son los más empleados tanto para las guías de cabina como de contrapeso, puesto que estos perfiles disponen de una buena resistencia a la flexión, aparte de mayor superficie de contacto (las dos caras de cada guía). Su inconveniente es el precio, ya que al estar perfectamente calibradas y enderezadas, los costes de fabricación son un tanto más altos.
- Perfiles V (figura 1.4): estos perfiles no se emplean mucho en la actualidad a pesar de tener un buen comportamiento mecánico, ya que al disponer de caras inclinadas, los mismos no resulta estables.
- Perfiles de sección circular: el uso de estos perfiles no es recomendable, puesto que el agarre las guías tiene muy poca superficie de contacto. No obstante, el coste de estos perfiles es bajo y la instalación es más sencilla.

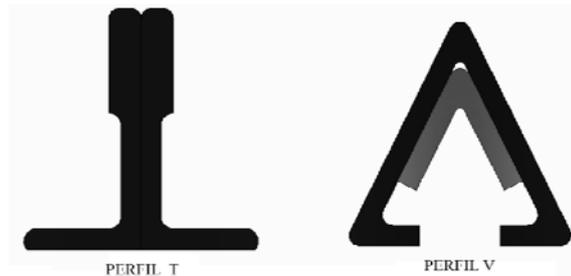


Figura 1.4 Perfiles T y Perfiles V

Fuente: Jiménez D; Pérez M; “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; 2012

1.3.5 Sistema de frenos

1.3.5.1 Freno mecánico

El sistema de freno del ascensor debe ponerse en funcionamiento automáticamente en caso de una pérdida de energía eléctrica en los circuitos de control. Este sistema se lleva a cabo mediante un freno de fricción electromecánico de acuerdo con la Norma 81-1, el par de frenada debe ser capaz de frenar de forma segura el ascensor con una carga equivalente al 125% de la carga nominal y de bloquearlo después de la parada.

En el mismo eje sinfín del reductor va generalmente montado el tambor del freno, que muchas veces actúa también como mangón de acoplamiento con el motor. En cualquier caso el tambor sobre el que actúa el freno electromagnético debe estar acoplado por un enlace mecánico a la polea, piñón o tambor de arrollamiento que haga la tracción.

1.3.5.2 Freno de emergencia

En el extremo libre del motor se puede acoplar un volante sin manivela ni agujeros para accionar manualmente el motor, separando previamente las zapatas de freno manualmente por medio de la palanca adecuada. Así, en caso de avería o corte de

suministro eléctrico, puede ponerse el suelo de la cabina al nivel del piso más próximo para facilitar el manejo del usuario. Como norma de seguridad, antes de realizar un accionamiento de emergencia debe desconectarse el interruptor principal para aislar el motor de la red.

1.3.6 Grupo de tracción

1.3.6.1 Motor

La construcción y características de los grupos tractores y, sobre todo, de los motores con que van equipados, varía según sea la velocidad nominal del elevador y el servicio que deben prestar. Se puede establecer la siguiente clasificación:

- a) Motores de corriente alterna
 - Asíncronos:
 - Motores de 1 velocidad
 - Motores de 2 velocidades
 - Motores con convertidor de frecuencia
 - Síncronos
 - Motores gearless (sin reductor)
- b) Motores de corriente continua con convertidor continua-alterna (no se usan)

Los motores de corriente continua han sido reemplazados en las nuevas instalaciones por los de corriente alterna.

1.3.6.2 Motores de una velocidad

Los grupos tractores con motores de 1 velocidad sólo se utilizan para elevadores de velocidades hasta 0.63 m/s. La curva par/velocidad de un motor de estas características apenas deja margen de variación para la velocidad.

El nivel de confort es bajo, por lo que suelen usarse en elevadores industriales de gran carga pero de velocidad reducida (0.2-0.3 m/s) y en elevadores de viviendas de 4 personas, de tipo económico en las que el constructor ha buscado la solución más sencilla y de menor coste de fabricación. Los más empleados son los siguientes:

- a) Con el eje de la polea de adherencia en voladizo. En este caso el grupo tractor debe estar provisto de un dispositivo que impida la salida de los cables.
- b) Con el rotor del motor montado en el mismo eje del sinfín y el motor acoplado al cárter del reductor por medio de bridas.
- c) Con motor de eje vertical.
- d) Con un motor especial montado en posición vertical u horizontal, y cuyo estator está en el centro del motor y el rotor lo rodea exteriormente. El rotor está montado sobre el eje del sinfín y unido a él por una chaveta. El cilindro que rodea y protege el rotor, sustituye el tambor de freno sobre el que actúan las zapatas.

1.3.6.3 Motores de dos velocidades

El sistema es sencillo por lo que se usa más en la actualidad que el de 1 velocidad, ya que por medio de la velocidad de nivelación se consigue un frenado con el mínimo error. El confort aumenta también respecto al de una velocidad. Este sistema se aplica en elevadores hasta 1 m/s y se suele implementar en elevadores de bajas cargas y montacargas de cargas elevadas.

En este caso, se equipan los grupos tractores con motores trifásicos de polos conmutables que funcionen a una velocidad rápida y a otra lenta según la conexión de los polos, obtenida automáticamente con un dispositivo que se introduce en el circuito de maniobra (realmente son 2 motores independientes incorporados en un mismo dispositivo). Por lo demás, los motores son de ejecución similar a los de 1 velocidad y se construyen, normalmente, para una velocidad alta de 1500 rpm y una velocidad baja de 375 rpm.

1.3.6.4 Motores con convertidor de frecuencia

En un motor de un elevador es de gran utilidad disponer de accionamientos capaces de trabajar en un amplio rango de velocidades. Una de las más relevantes innovaciones, consiste en incorporar un variador o convertidor de frecuencia en el motor.

Se utilizan con reductores para velocidades hasta 2.5 m/s y cargas máximas de 2500 kg. La parada se realiza en este caso a nivel de piso, sin micro nivelación, con lo que se reduce el tiempo de marcha y aumenta la capacidad en lo que se refiere al tráfico. Se pueden obtener velocidades hasta 5 m/s y cargas de 2000 kg suprimiendo el reductor. En este caso se regula totalmente la aceleración, deceleración y velocidad, y la parada es directa a nivel de piso.

1.3.6.5 Gearless (sin engranajes)

En este caso el motor eléctrico y la polea de tracción se montan sobre el mismo eje mediante un acoplamiento directo sin ningún sistema de engranaje, así pues la velocidad de rotación del motor y la polea es la misma. Mejora sustancialmente el rendimiento mecánico y el nivel de ruido, y se consiguen mayores velocidades (a partir de 2 m/s) y capacidad de carga (más de 1000 kg). También incorpora convertidor de frecuencia por lo que el freno actúa de la misma manera que en éste, es decir, sólo asegura la inmovilización de la cabina una vez que ésta se ha detenido.

1.3.6.6 Reductor

En primer lugar hay que señalar que, excepto los grupos tractores Gearless, el resto introduce un reductor entre el freno y la polea tractora. En la actualidad, prácticamente todos los reductores son del tipo sinfín-corona.

El reductor (figura 1.5) está formado por un sinfín de acero engranado con una corona de bronce, montados en una carcasa o cárter de fundición que muchas veces forma un conjunto con las guías sobre las que se asienta el motor.

En la actualidad, la mayoría de los ascensores incorporan el tipo de transmisión de corona y tornillo sinfín. Su justificación es motivada por las siguientes ventajas:

- a) Transmisión muy compacta en comparación con otros tipos para una potencia y un índice de transmisión dados.
- b) Es el tipo de transmisión que presenta el menor número de piezas móviles, minimizándose, por tanto, los gastos de mantenimiento y de recambio de piezas.
- c) Es muy silenciosa.
- d) Tiene una alta resistencia al impacto, algo de suma importancia en un ascensor.

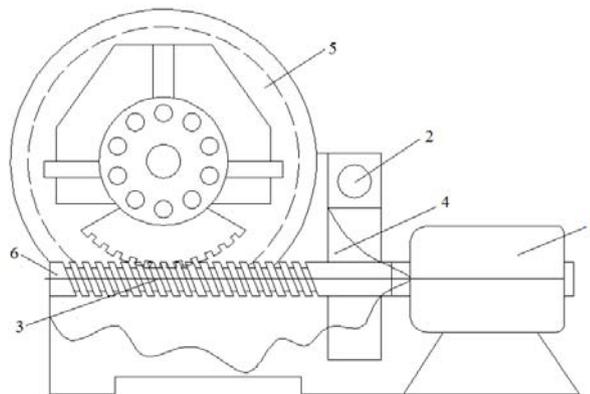


Figura 1.5 Transmisión típica de un elevador: 1) motor eléctrico de tracción 2) freno, 3) eje y tornillo sinfín, 4) corona, 5) polea de tracción, 6) apoyo del eje.

Fuente: Jiménez D; Pérez M ; “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; 2012

En el presente proyecto se utilizará un reductor, ya que brinda la opción de bajar la velocidad, la transmisión es compacta y silenciosa.

1.3.6.7 Potencia

La potencia requerida para un par de torsión está dada por:

$$H = \frac{F \times V}{33000} \times \frac{2\pi \times T \times n}{33000} \quad (\text{Ecuación 1.0})$$

Despejando. $H = (T \times n) / 63025$

En donde $H =$ Potencia, HP

$T =$ Par de torsión, lb x pulg

$n =$ velocidad de rotación, rev/min

1.3.7 Poleas de Tracción

La polea superior de los elevadores es siempre tractora, y por este motivo se debe diseñar de forma cuidadosa, para que además de soportar los esfuerzos que le transmite el cable, sea capaz de transmitir la tracción a éste por adherencia. Las poleas que arrastran los cables por adherencia tienen tres características:

- Diámetro
- Perfil de sus gargantas o canales
- Material con el que están construidas

El diámetro viene en parte determinado por la velocidad de desplazamiento que se fije en la cabina. Así, es normal que se utilice un mismo grupo tractor para la obtención de varias velocidades utilizando poleas de arrastre de diámetros adecuados. Sin embargo, este diámetro tiene un límite inferior, ya que la duración del cable es mayor cuanto mayor sea la relación entre el diámetro de la polea y el diámetro del cable.

El perfil de los canales de las poleas de arrastre tiene una influencia en la duración de los cables. Si la garganta de la polea es demasiado estrecha, el cable quedará enclavado en ella, y si es demasiado ancha, no encuentra el apoyo necesario y el cable se aplasta. En cualquiera de los dos casos anteriores se produce un desgaste anormal y prematuro del cable.

Existen diferentes perfiles de canales (figura 1.6), aunque los más utilizados son los trapezoidales y los semicirculares. De todos ellos, el más usado en las poleas de tracción de los ascensores es el semicircular con entalla o ranura ya que mejora la

adherencia del perfil semicircular normal, y evita el rozamiento y deformación del fondo del canal o garganta.



Figura 1.6 a) Polea de tracción - Perfil trapecoidal, b) Polea de reenvío - Semiesférica sin entalla

Fuente: Jiménez D; Pérez M; “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; 2012

El material empleado en la fabricación de las poleas de tracción de los ascensores es la fundición de hierro gris, de resistencia suficiente para soportar la presión específica del cable sobre la garganta, sin que se produzca un desgaste anormal.

En el presente proyecto se optará por la polea de reenvío semiesférica ya que permite menos desgaste en el cable y ventilación para evitar la corrosión.

1.4 Análisis Estructural

Las estructuras están sujetas frecuentemente a fuerzas y condiciones de trabajo que no pueden ser previstas con precisión por lo cual siempre es necesario diseñar con un factor de seguridad. Al diseñar cualquier tipo de elemento estructural o mecánico es necesario identificar los esfuerzos a los que está sometido y de acuerdo a estos seleccionar los elementos mecánicos y estructurales que conformarán el ascensor para personas con capacidades especiales.

Las fuerzas y momentos en los miembros de las estructuras estáticamente determinadas sujetas a cargas estáticas se calculan empleando las condiciones de equilibrio, así como el resultado de estas da las reacciones. En estructuras estáticamente indeterminadas es necesario hacer algunas estimaciones de las dimensiones de los miembros para poder determinar los esfuerzos. Cuando ya se conoce el tipo de estructura, las cargas involucradas, así como las fuerzas y reacciones se procede a diseñar cada miembro, teniendo en cuenta:

- Rigidez y resistencia adecuada.
- Facilidad de conexión.
- Economía.

Para descartar cualquier tipo de inconvenientes o dudas en el diseño se requiere de una verificación de la estructura final así como las cargas reales que se aplican, obtenidas en el diseño.

1.4.1 Vigas

Son elementos esbeltos que trabajan generalmente bajo cargas de flexión dispuestos de manera horizontal recta.

1.4.2 Columnas

Son los miembros que trabajan a compresión, verticales rectos cuya longitud es mayor que su ancho.

1.4.3 Cargas

Un aspecto importante al iniciar el análisis de una estructura es la estimación precisa de las cargas que recibirá una estructura durante su vida útil. Entre las más usadas tenemos las cargas muertas y las cargas vivas.

1.4.3.1 Cargas muertas

Son cargas que actúan durante toda la vida de la estructura. Incluyen todos los elementos de la estructura como vigas, pisos, techos, columnas, cubiertas y los elementos arquitectónicos como ventanas, acabados, divisiones permanentes. También se denominan cargas permanentes. La principal carga muerta es el peso propio de la estructura, (figura 1.7). Sus valores se obtienen considerando el peso específico del material de la estructura y el volumen de la estructura. Aunque es el tipo de carga más fácil de evaluar, su monto depende de las dimensiones de los

miembros de la estructura las cuales no se conocen al inicio del proceso. Es necesario recurrir entonces a estimaciones del valor inicial más o menos aproximadas. En los casos comunes esta estimación inicial será suficiente; pero en casos no rutinarios, será necesario evaluar de nuevo el peso de la estructura y revisar el diseño.

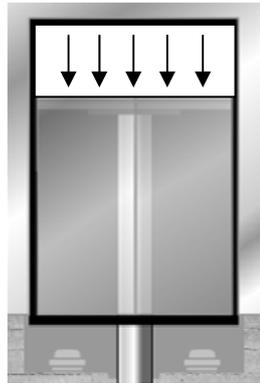


Figura 1.7 Cargas Muertas
Fuente: Los Autores

1.4.3.2 Cargas Vivas

Son causadas por el uso u ocupación de la estructura, incluyen personas, objetos móviles o divisiones que puedan cambiar de sitio. Generalmente actúan durante períodos cortos de la vida de la estructura. También se denominan cargas de “ocupación” (figura 1.8). En kN en el Sistema Internacional o en lbf en el Sistema Ingles. Usualmente se considera que ocupan toda el área del piso como cargas uniformes, aunque en algunos casos están concentradas en un área específica.²



Figura 1.8 Cargas Vivas
Fuente: Los Autores

² JARAMILLO, José, Curso del diseño estructural, 2001 <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/Lecciones/Capitulo%202/Cargas%20vivas.htm>

Otras cargas vivas que intervienen son aquellas causadas por el viento, lluvia, sismo, voladuras, suelos y cambios de temperatura.

1.4.4 Factor de Seguridad

Es común expresar el factor de seguridad en términos de esfuerzo y resistencia de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{\textit{esfuerzo normal permisible}}{\textit{esfuerzo normal de diseño}} = \frac{[\sigma]}{\sigma_d} \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

Después de determinar el diseño, el factor de diseño real puede cambiar como resultado de cambios como el redondeo a un tamaño estándar de una sección transversal o el uso de componentes recién lanzados con clasificaciones más altas de lo que ya está calculado.

Si $\eta > 1$, el diseño es adecuado. Entre mayor sea este más seguro será el diseño.

Si $\eta < 1$, el diseño es inadecuado y necesita un rediseño.

En este proyecto se utilizará un factor de seguridad comprendido entre 3 y 5 que es un valor suficiente para que el ascensor soporte la carga calculada más cargas extras que siempre existen.

1.4.5 Esfuerzos

Se producen como resultado de aplicar cargas que actúan sobre un área o estructura y pueden ser de tracción, compresión, flexión, cortante, torsión y combinados.

1.4.5.1 Esfuerzos de tracción

Se denomina tracción al esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo como se observa en la figura 1.9.



Figura 1. 9 Esfuerzo de tracción

Se considera que las tensiones que tienen cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas: son normales a esa sección y de sentidos opuestos a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo.

1.4.5.2 Esfuerzos de compresión

Una barra está sometida a compresión como se observa en la figura 1.10 cuando se aplican dos fuerzas que actúan en el eje centroidal y en sentido opuesto, lo que produce una contracción en el elemento. Puede ser calculado con la ecuación 1.2:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad \text{(Ecuación 1.2)}$$

σ_c = Esfuerzo de compresión

F = Fuerza

A = Área



Figura 1.10 Esfuerzo de Compresión

1.4.5.3 Esfuerzos de flexión

Este esfuerzo se origina en una barra o elemento que está sometida a la acción de una carga perpendicular P, a su eje como se observa en la figura 1.11. Esta acción es la causante de la deformación de la barra y la ecuación que describe esta reacción es conocida como “Ecuación elástica”.

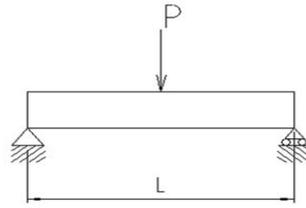


Figura 1.11 Flexión simple en una viga

En el estudio de vigas se debe tener presente el esfuerzo real al que trabaja la viga, este parámetro está dado por las siguientes ecuaciones:

Módulo de la sección $Z = \frac{I}{c}$ (Ecuación 1.3)

Esfuerzo de Flexión $\sigma_b = M \cdot \frac{c}{I}$ (Ecuación 1.4)

Reemplazando $\sigma_b = \frac{M}{Z} \leq [\sigma_b]$ (Ecuación 1.5)

c = Distancia máxima al eje centroidal.

M = Momento flexionante positivo.

$[\sigma_b]$ = Esfuerzo permisible.

1.4.5.4 Esfuerzos combinados

En la práctica los elementos estructurales deben resistir esfuerzos por flexión y carga axial como se observa en la figura 1.12, si el elemento presenta compresión y flexión al mismo tiempo debe cumplir con la condición de rigidez y de esbeltez para que no falle.

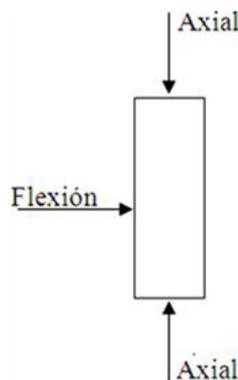


Figura 1.12 Esfuerzos combinados

La siguiente ecuación es de esfuerzo y fuerza axial.

$$\frac{\sigma a}{[\sigma a]} + \frac{\sigma b}{[\sigma b]} \leq 1 \quad (\text{Ecuación 1.6})$$

$[\sigma a]$ = Esfuerzo permisible axial

En donde σa = Esfuerzo axial = (P/A)

σb = esfuerzo de flexión = (MC/I) $[\sigma b]$ = esfuerzo permisible a flexión

$[\sigma a]$ se determina mediante el uso de tablas de la A.I.S.C. Estas tablas utilizan la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{kl}{r_{min}} \quad (\text{Ecuación 1.7})$$

En donde: k = Longitud efectiva para columnas.

r_{min} = Radio mínimo.

La condición de rigidez está dada por la ecuación:

$$\frac{\sigma a}{[\sigma a]} + \frac{Cm \cdot \sigma b}{(1 - \frac{\sigma a}{\sigma e'})[\sigma b]} \leq 1 \quad (\text{Ecuación 1.8})$$

Donde: $\sigma e'$ = esfuerzo de pandeo de Euler.

Cm = factor de reducción.

$$\sigma e' = \frac{149 \times 10^6}{(k \frac{Lb}{Rb})} \quad (\text{Ecuación 1.9})$$

En donde: Lb = Longitud real no soportada en el plano de flexión

Rb = Correspondiente al radio de giro

k = Factor longitud efectiva en el plano de flexión.

Y Cm el factor de reducción o modificación de esfuerzos, el cual es menor a 1 y se obtiene mediante la fórmula:

$$Cm = 1 - 0.6 \sigma a / \sigma e' \quad (\text{Ecuación 1.10})$$

1.4.6 Deflexión

Todos los cuerpos reales se deforman bajo la aplicación de una carga, elástica o plásticamente (figura 1.13). Un cable metálico es flexible, pero sometido a tensión puede estar rígido.

Las deflexiones de las vigas de acero se limitan generalmente a ciertos valores máximos.

Algunas de las razones para limitar las deflexiones son:

- Las deflexiones excesivas pueden dañar los materiales unidos o soportados por las vigas consideradas.
- La apariencia de las estructuras se ve afectada por deflexiones excesivas.
- Las deflexiones excesivas no inspiran confianza en las personas que utilizan una estructura, aunque exista una completa seguridad desde el punto de vista de la resistencia.
- Puede ser necesario que diferentes vigas que soportan la misma carga, tenga las mismas deflexiones.³

En la ASD (Allowable Stress Design/ Diseño por esfuerzos permisibles) no especifica exactamente deflexiones máximas permisibles, ya que no es aceptable un solo grupo de deflexiones máximas para todos los casos existentes.

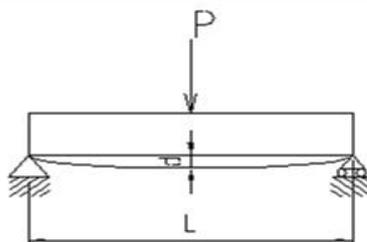


Figura 1. 13 Deflexión de una viga simplemente apoyada con carga central.

³ MC CORMAC, Jack, Op. Cit. p. 220.

Para su cálculo en una viga simplemente apoyada se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Deflexión} = (PL^3)/48EI$$

Donde P = Carga,
 L = Claro,
 I = Momento de inercia,
 E = Módulo de Young,

1.4.7 Miembros estructurales y conexiones

Los miembros pueden transmitir cuatro tipos de cargas y por ello se les clasifica en:

- Tensores.- transmiten cargas de tensión.
- Columnas.- transmiten cargas de compresión.
- Trabes o vigas.- transmiten cargas de flexión.
- Ejes o flechas.- transmiten cargas de torsión.

En la práctica un miembro no está sometido a cargas de un solo tipo, por ejemplo, un miembro sometido a tensión también tiene una pequeña flexión debido a su propio peso.

Para todos estos miembros estructurales existen tres tipos de conexiones:

- Apernadas
- Con pasadores
- Soldadas.

En el presente proyecto se utilizarán todos los miembros estructurales detallados, ya que están inmersos tanto en el diseño de la cabina como en el sistema de tracción, mismos que serán unidos por medio de conexiones apernadas y soldaduras para abaratar los costos de construcción e instalación del ascensor.

1.4.7.1 Tensores, Varillas

Cuando se usan varillas y barras como miembros a tensión, pueden soldarse simplemente en sus extremos, o bien, mantenerse en posición por medio de roscas con tuercas.

El esfuerzo de diseño nominal a tensión para varillas roscadas es igual a $0,33 S_u$ según las especificaciones ASD (Allowable Stress Design/ Diseño por esfuerzos permisibles), el esfuerzo se aplica al área total A_D de la varilla calculada con el diámetro exterior de la rosca. El área requerida para una carga particular a tensión es:⁴

$$A_D = \frac{T}{0.33 S_u} \quad (\text{Ecuación 1.11})$$

En donde: T = Tensión o fuerza total.

S_u = Resistencia a la tensión.

1.4.7.2 Cables metálicos

Se fabrican de dos tipos de arrollamiento como se observa en la figura 1.14.

De Torzal Regular, es el estándar aceptado, tiene el alambre enrollado en una dirección para constituir los toroides y los toroides torcidos en la dirección opuesta, a fin de formar el cable, estos cables visibles están colocados casi paralelos al eje del cable.

De Torzal Lang, tiene los alambres en el toroide y los toroides en el cable torcido en la misma dirección, los alambres exteriores están en diagonal a través del eje del cable.

Estos cables son más resistentes al desgaste abrasivo y a la falla por fatiga.

⁴ MC CORMAC, Jack, Op. Cit. p. 84.

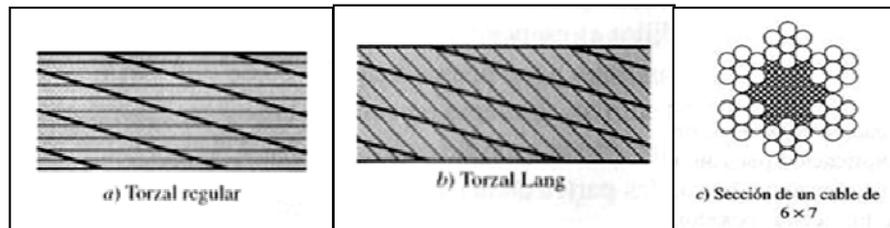


Figura 1. 14 Cable metálico torzales y sección

Los cables de acero se designan como cables de arrastre ejemplo; $1\frac{1}{8}$ pulg de 6x7.

$1\frac{1}{8}$ pulg = diámetro del cable 6x7 = 6 son los números de toroides y 7 número de alambres en cada toroide.

Cuando un cable metálico pasa alrededor de una polea, se produce cierto reajuste de los elementos. Cada uno de los alambres y toroides debe deslizarse sobre otros y puede ocurrir alguna flexión o concentración de esfuerzos. El esfuerzo en uno de los alambres de un cable puede calcularse como:

$$\sigma = E_r \frac{d_w}{D} \quad (\text{Ecuación 1.12})$$

E_r = Módulo de elasticidad del cable

d_w = Diámetro del alambre

D = Diámetro de la polea.

Esta ecuación revela la importancia de usar una polea de diámetro grande. Una relación básica D/d_w es de 400, de ser posible las poleas deben diseñarse para una relación mayor, Para elevadores y montacargas se toma a menudo una relación D/d_w de 800 a 1000.

La tensión de un cable metálico que da el mismo esfuerzo de tensión que la flexión de la polea se llama carga de flexión equivalente y se calcula:

$$Fb = \sigma A_m = E_r \frac{d_w A_m}{D} \quad (\text{Ecuación 1.13})$$

Donde: Fb = Fuerza o carga de flexión equivalente,

A_m = es el área de la sección transversal del metal, pulg²

Cuando el cable se curva sobre una polea, el cable se estira como un resorte y rosa contra la polea, lo que causa desgaste en la polea y cable y esto ocurre por la presión del cable en la ranura de la polea y se le conoce como Presión de apoyo y está dada por;

$$p = \frac{2F}{dD} \quad (\text{Ecuación 1.14})$$

Donde: p = presión de apoyo,

F = fuerza de tensión en el cable.

D = diámetro del polea

d = diámetro del cable

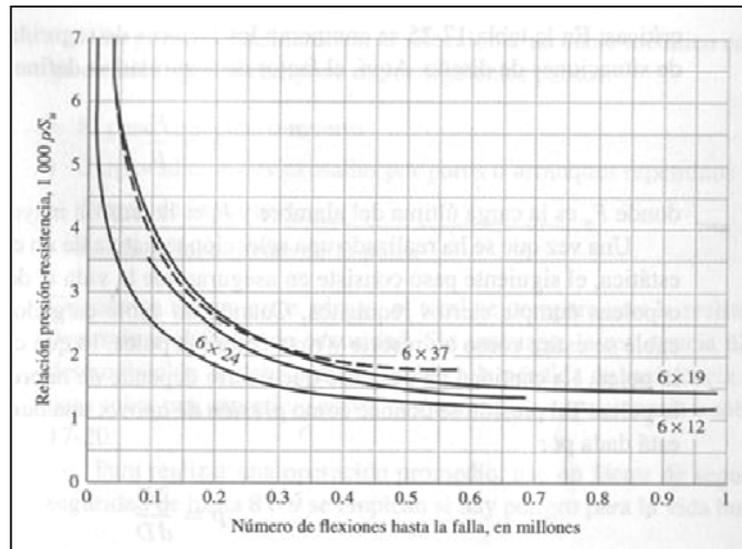


Figura 1.15 Fatiga de un cable de acero – presión de la polea

La resistencia a la *fatiga* por tensión en libras para una vida especificada (F_f) se calcula mediante:

$$F_f = \frac{\left(\frac{p}{S_u}\right) S_u D d}{2} \quad (\text{Ecuación 1.15})$$

(p/S_u) = vida especificada, (Figura 1.15)

S_u = resistencia ultima a la tensión de los alambres, psi

La tensión en el cable metálico (F_t) debido a la carga y aceleración/desaceleración es;

$$F_t = \left(\frac{W}{m} + wl \right) \left(1 + \frac{a}{g} \right) \quad (\text{Ecuación 1.16})$$

W = peso al final del cable (cabina y carga) lb

l = longitud del cable suspendida, pies

m = número de cables que soportan la carga

a = aceleración/desaceleración máximas experimentadas, pies/s²

w = peso/pie del cable metálico, lbf/pie

g = aceleración de la gravedad, pies/s²

El factor de seguridad por fatiga es;⁵

$$\eta_f = \frac{F_f - F_b}{F_t} \quad (\text{Ecuación 1.17})$$

En el presente proyecto no se calculará falla a fatiga ya que la frecuencia de cambio de sentido de esfuerzo es baja.

1.4.7.3 Rodamientos (cojinetes)

Los cojinetes se fabrican para soportar cargas radiales puras, cargas de empuje puras o una combinación de ellas. Un cojinete de bolas tiene cuatro partes esenciales que son: el anillo exterior, el anillo interior, las bolas o elementos rodantes y el separador como se observa en la figura. 1.16.

El separador es un elemento importante ya que realiza la función de aislar los elementos de manera que no ocurra contacto de rozamiento entre ellos.

⁵ SHIGLEY, Diseño en Ingeniería Mecánica, 8 Edición, Editorial Mc Graw Hill, México 2008, p. 902.

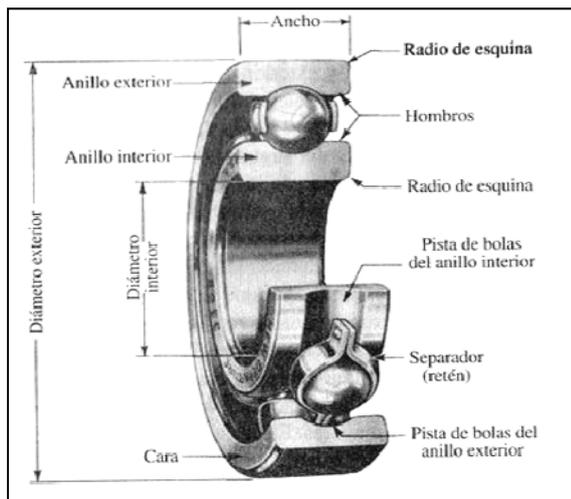


Figura 1.16 Partes de un cojinete de Bolas

En su aplicación se consideran factores como la carga de fatiga, la fricción, el calor, la resistencia a la corrosión, problemas cinemáticas, propiedades de los materiales, lubricación, tolerancias de maquinado, ensamble, uso y costo.

1.4.7.4 Efecto carga vida del cojinete a confiabilidad nominal

$$C_{10}(L_R n_R 60)^{\frac{1}{a}} = F_D (L_D n_D 60)^{\frac{1}{a}}$$

C_{10} = Clasificación de carga de catálogo, F_D = Carga radial deseada, lbf o kN

lbf o kN

L_D = Vida deseada, horas

L_R = Vida nominal, horas

n_D = Velocidad deseada, rpm

n_R = Velocidad nominal, rpm

$a = 10/3$ para cojinetes de rodillos

$a = 3$ para cojinete de bolas

$$C_{10} = F_D \left(\frac{L_D n_D 60}{L_R n_R 60} \right)^{1/a} \quad (\text{Ecuación 1.18})$$

En el presente proyecto se utilizarán cojinetes de bolas debido al costo que es el más bajo del mercado.

1.4.8 Resortes

Se pueden clasificar en resortes de alambre, resortes planos o resortes con formas especiales. Los resortes de alambre incluyen resortes helicoidales de alambre redondo o cuadrado, hechos para resistir cargas de tensión, de compresión y torsión.

Estos dispositivos permiten la aplicación controlada de una fuerza o de un par de torsión, el almacenamiento y la liberación de energía representan otro posible propósito.

La flexibilidad permite la distorsión temporal para el acceso y la restauración inmediata de la función.

1.4.8.1 Resortes de compresión

Son sometidos a esfuerzos de compresión y pueden ser cilíndricos, cónicos, de paso fijo o cambiante como se observa en la figura 1.17.

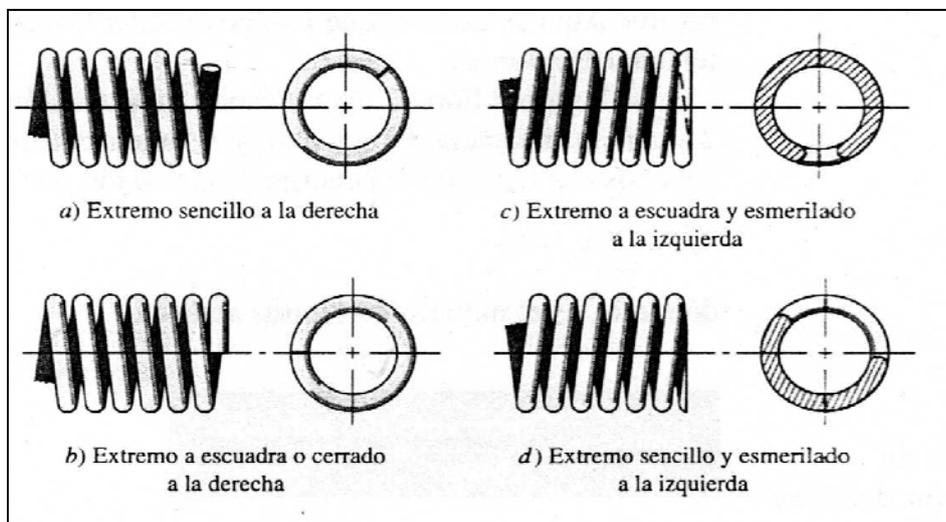


Figura 1.17 Tipos de resortes de compresión

$L_s = (N_t + 1) \times d$	Longitud sólida del resorte	(Ecuación 1.19)
$L = (Y + L_s)$	Longitud total del resorte	(Ecuación 1.20)
$K = \frac{(G \times d^4)}{(8 \times D^3 \times N)}$	Módulo o razón del resorte	(Ecuación 1.21)
$Y = \frac{(F)}{(K)}$	Deflexión del resorte	(Ecuación 1.22)
$D = (D_e - d_{alambre})$	Relación de diámetros	(Ecuación 1.23)
$p = (L_o - d)/N_a$	Paso	(Ecuación 1.24)

Tabla 1.1 Ecuaciones para el cálculo de resortes a compresión

En donde N_t = número de espiras totales.

G = modulo de elasticidad en torsión.

d = diámetro del alambre.

D = diámetro del resorte.⁶

1.4.8.2 Coeficiente K del resorte en caída libre del ascensor

Desde una altura h , la velocidad que adquiere el ascensor es $V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

Aplicando lo mismo podemos calcular lo que se ha de comprimir el resorte para tener esa aceleración (La velocidad pasa de V a 0. Ahora V pasa a ser V_o):

$$V^2 - V_o^2 = 2 \cdot a \cdot x \quad \text{(Ecuación 1.25)}$$

$$x = \frac{0 - V_o^2}{2 \cdot a} = \frac{2 \cdot g \cdot h}{2 \cdot a} = g \cdot h/a \quad \text{(Ecuación 1.26)}$$

Cuando el ascensor está a punto de empezar a comprimir tiene energía cinética ($\frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2$) y potencial gravitatoria respecto al punto en el que queda comprimido ($m \cdot g \cdot x$). Toda esta energía la adquiere el resorte en forma de potencial elástica ($\frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2$):

⁶ SHIGLEY, Op. Cit. p. 503.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot V^2 + m \cdot g \cdot x = \frac{1}{2} \cdot K \cdot x^2$$

$$m \cdot V^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot x = K \cdot x^2$$

$$K = \frac{m \cdot V^2 + 2 \cdot m \cdot g \cdot x}{x^2} = \frac{2 \cdot m \cdot g \cdot (h + x)}{x^2} \quad (V^2 = 2 \cdot g \cdot h) \quad (\text{Ecuación 1.27})$$

1.4.9 Placas base

El esfuerzo de diseño por compresión en el área de apoyo de un cimiento de concreto o de mampostería, es mucho menor que el correspondiente a la base de acero de una columna. Las cargas de las columnas de acero se transmiten a través de una placa de base de acero a un área más grande del cimiento que está debajo de dicha placa. Estas placas pueden soldarse o ligarse por medio de pernos expansores como se observa en la figura 1.18.

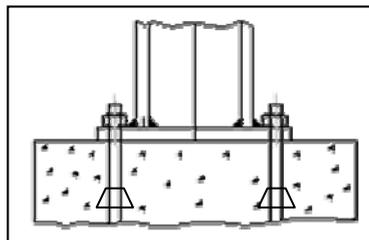


Figura 1.18 Placa Soldada y anclada con pernos expansores

En todas las aplicaciones, la distancia mínima entre anclajes y las distancias mínimas a los bordes recomendadas por el fabricante deben ser respetadas para evitar las grietas en el material base durante la colocación y para garantizar la capacidad de carga admisible.

En la tabla 1.2 se observa los datos correspondientes para anclajes mecánicos incorporados a hormigón endurecido.

Parámetro	Símbolo	Unidades	Diámetro			
			Diam. 3/8 in.	Diam. 1/2 in.	Diam. 5/8 in.	Diam. 3/4 in.
Profundidad efectiva de empotramiento	h_{ef}	in.	4	5	7-1/2	9-7/8
Diámetro exterior	d_o	in.	0,748	0,827	1,142	1,420
Área efectiva de la sección transversal del anclaje - tracción	A_{se}	in. ²	0,090	0,131	0,243	0,380
Capacidad de corte del acero - valor promedio	V_s	lb	21.640	29.140	49.700	70.400
Tensión de fluencia mínima especificada del anclaje	f_y	lb/in. ²	92.800	92.800	92.800	92.800
Resistencia a la tracción especificada del anclaje	f_{ut}	lb/in. ²	116.000	116.000	116.000	116.000
Área de la sección transversal de la camisa del anclaje	A_{sl}	in. ²	0,304	0,346	0,690	1,047
Resistencia a la tracción de la camisa del anclaje	f_{utsi}	lb/in. ²	123.300	123.300	101.500	79.800
Separación mínima	s_{min}	in.	4	5	7,5	9-7/8
Torque de instalación	T_{min}	ft-lb	37	59	88	221
Distancia crítica a un borde - tracción	c_{cr}	in.	6	7,5	11-1/4	14-3/4
Distancia mínima a un borde - tracción	c_{min}	in.	3,2	4	6	7-7/8
Espesor mínimo del elemento en el cual se incorpora un anclaje	h_{min}	in.	5-1/2	6-5/8	9-7/8	15
Categoría del anclaje	--	--	1	1	1	1
Factor de efectividad	k	--	24	24	24	24
Resistencia al arrancamiento - obtenida de ensayos - valor característico calculado	N_p	lb	9100	12.730	23.390	35.530
Resistencia sísmica obtenida de ensayos - tracción	N_{eq}	lb	5280	7977	14.310	22.872
Resistencia sísmica obtenida de ensayos - corte	V_{eq}	lb	10.820	14.570	24.850	35.200

Tabla 1.2 Datos para anclajes mecánicos incorporados a hormigón endurecido

En el presente proyecto se utilizará pernos de anclaje de $\frac{3}{4}$ de pulgada, mismos que deben tener una distancia mínima de 9-7/8 de pulgada según la tabla 1.2.

1.4.10 Fijación de cabina

El montaje de estructuras de acero por medio de soldadura es un proceso que además de ser más rápido, requiere mano de obra menos especializada que cuando se trabaja con remaches o pernos.

Los agujeros estándar para tornillos y remaches pueden ser:

- a) **Holgados.**- pueden usarse en todas las placas de una conexión y muy útiles para acelerar el proceso de montaje. No debe usarse en justas de aplastamiento ni cuando la carga excede a la resistencia permisible al deslizamiento.

- b) **Agujeros de ranura corta.**- puede usarse independientemente de la carga aplicada, si la resistencia permisible por deslizamiento es mayor que la fuerza aplicada.
- c) **Agujeros de ranura larga.**- puede usarse en cualquier superficie de contacto pero solo en una parte conectada tipo fricción o tipo aplastamiento.

Diámetro del tornillo	Estándar (diámetro)	Agrandados (diámetro)	De ranura corta (ancho x longitud)	De ranura larga (ancho x longitud)
$\frac{1}{2}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{16} \times \frac{11}{16}$	$\frac{9}{16} \times \frac{11}{16}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{11}{16} \times \frac{7}{8}$	$\frac{11}{16} \times \frac{9}{16}$
$\frac{3}{4}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{11}{16} \times 1$	$\frac{13}{16} \times \frac{7}{16}$
$\frac{7}{8}$	$\frac{15}{16}$	$1 \frac{1}{16}$	$\frac{15}{16} \times 1 \frac{1}{8}$	$\frac{15}{16} \times 2 \frac{3}{16}$
1	$1 \frac{1}{16}$	$1 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{16} \times 1 \frac{5}{16}$	$1 \frac{1}{16} \times 2 \frac{1}{2}$
$\geq 1 \frac{1}{8}$	$d + \frac{1}{2}$	$d + \frac{1}{2}$	$\left(d + \frac{1}{16}\right) \times \left(d + \frac{3}{8}\right)$	$\left(d + \frac{1}{16}\right) \times (2.5 \times d)$

Tabla 1.3 Dimensiones nominales de los agujeros⁷

1.4.11 Uniones por soldadura

1.4.11.1 Soldadura de filete

Este tipo de soldaduras son más resistentes a la tensión y a la compresión que al corte, de manera que la soldadura debe diseñarse para corte.

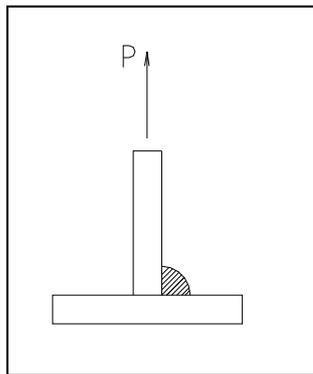
Para la soldadura de filete de 45° las dimensiones de los lados son iguales y dichas soldaduras se conocen por la dimensión de sus lados (como una soldadura de filete de ¼ plg) y el grueso de la garganta es 0.707 veces el tamaño de la soldadura.

La soldadura de filete de preferencia debe tener superficie plana o ligeramente convexa, para valores diferentes de lados desiguales.

⁷ MC CORMAC, Jack, Op. Cit. p. 294.

1.4.11.2 Resistencia permisible de las uniones soldadas

El esfuerzo en una soldadura se considera igual a la carga P (ver figura 1.19) dividida entre el área de la garganta efectiva de la soldadura. Este método para determinar la resistencia de soldadura de filete, se usa sin tomar en cuenta la dirección de la carga. Los filetes transversales son un tercio más resistentes que los filetes longitudinales, una de las razones es que el esfuerzo está más uniformemente repartido en su longitud total, en tanto que en los filetes longitudinales se reparte en forma dispareja debido a deformaciones variables en la soldadura, otra razón es que las pruebas muestran que la rotura ocurre en un ángulo diferente de 45° , dando un área de garganta efectiva mayor.



Soldadura transversal de filete

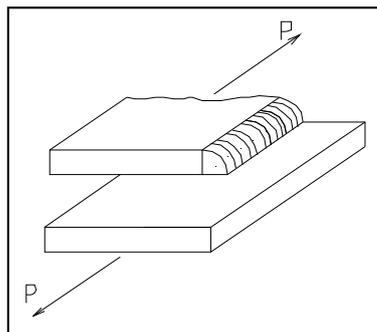


Figura. 1.19 Soldadura longitudinal de filete

Fuente: Los Autores

En el presente proyecto se aplicará la soldadura de filete tanto transversal como longitudinal para los elementos que conformar la cabina y la estructura misma del ascensor. En la tabla 1.4 se observa los esfuerzos permisibles y la resistencia para la soldadura de filete.

Tipo de soldadura y esfuerzo	Esfuerzo permisible	Resistencia requerida de la soldadura
Soldadura de Filete		
Cortante en el área efectiva	30% de la resistencia nominal a tensión del metal de soldadura (klb/plg ²)	Puede usarse metal de soldadura con resistencia igual o menor que la del metal de la soldadura compatible
Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura	Igual a la del metal base	

Tabla 1.4 Esfuerzos Permisibles en soldadura⁸

1.4.11.3 Diseño de soldaduras de filete

Las soldaduras de filete no deben diseñarse usando un esfuerzo permisible mayor que el permitido en los miembros adyacentes que van a conectarse.

Para el cálculo del espesor de la garganta efectiva se utiliza la siguiente fórmula:

$$t_e = 0.707(h) \quad \text{(Ecuación 1.28)}$$

Donde: 0.707 = Coeficiente de soldadura

h = Grosor de la garganta (soldadura de filete de 45°)

El esfuerzo cortante admisible en la soldadura por pulgada es:

$$F_v = t_e 0.30(70) \frac{lb}{plg} \quad \text{(Ecuación 1.29)}$$

Donde: 0.30 = es el esfuerzo permisible en soldadura de filete, equivalente al 30% de la resistencia nominal al tensión del metal base en el área efectiva.

70 = es la resistencia última a la tensión de un electrodo E70XX en Klb/plg²

Así el esfuerzo cortante permisible en el área efectiva de las soldaduras de filete es 0.30 veces la resistencia a tensión del electrodo pero no debe exceder el esfuerzo permisible del material base (0.60 F_y en tensión).

⁸ MC CORMAC, Jack, Op. Cit. p. 356

1.5 Sistema de Elevación

1.5.1 Tipos de suspensión

Es la disposición del conjunto compuesto por los cables de tracción y las poleas tanto de tracción como de reenvío. Por esto, existen diferentes tipos de suspensión, en el que la disposición de los mismos depende de las condiciones locales, particularmente de la localización de la máquina, la carga nominal y la velocidad nominal.

En el ejemplo la máquina de tracción se ubica en la parte superior del pozo y la suspensión empleada es la 1:1 como se muestra en la figura 1.20, con un factor de 1 para el cable, por el hecho de que las tensiones en los cables son menores en un factor de n veces, mientras que la velocidad periférica de la polea tractora es n veces menor, este sistema de suspensión se diferencia del sistema de suspensión simple 2:1, como se muestra en la figura 1.21.

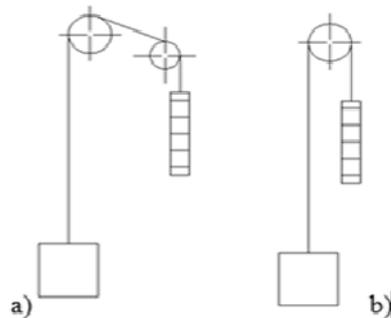


Figura 1.20 Tipo de suspensión 1:1 a) con polea de reenvío, b) sin polea de reenvío

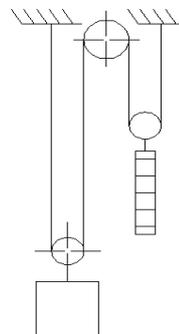


Figura 1.21 Tipo de suspensión 2:1

Fuente: Jiménez D; Pérez M; “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; 2012

1.5.2 Cables para el sistema de elevación

Las cabinas y contrapesos están suspendidos en la práctica por cables de acero. Se sugiere que el número de cables independientes sea por los menos dos, con sus respectivos sistemas de enganche.

Un cable metálico como se observa en la figura 1.22 es un elemento constituido por alambres agrupados formando cordones, que a su vez se enrollan sobre un alma formando un conjunto apto para resistir esfuerzos de tensión

- Alambres: generalmente de acero trefilado al horno.
- Almas: son los núcleos en torno a los cuales se enrollan los alambres y los cordones. Hechos de acero o yute.
- Cordones: son las estructuras más simples que podemos construir con alambres y almas. Se forman trenzando los alambres.

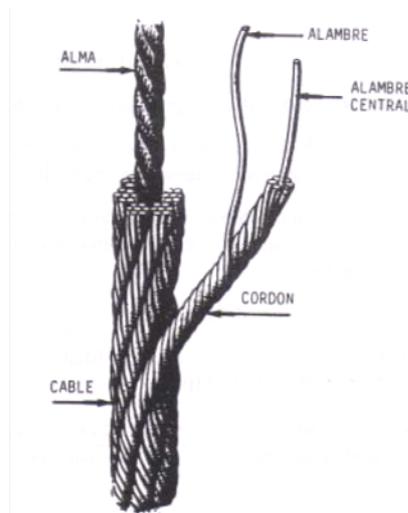


Figura 1.22 Constitución de un cable (cordones)

Fuente: http://www.depagnas.com.ar/fotosde_Cables_de_acero, Octubre 2011

1.5.2.1 Notación de las estructuras de cables

La designación de un cable se expresa en la práctica de forma abreviada, mediante una notación compuesta por tres signos, cuya forma genérica es:

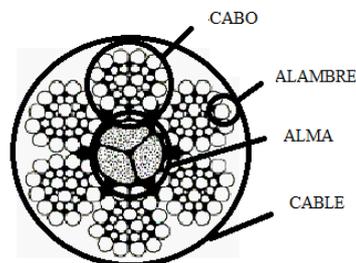
A x B + C siendo:

- A el número de cordones;
- B el número de alambres de cada cordón y
- C el número de almas textiles.

Cuando el alma del cable no es textil o sea formada por alambres, se sustituye la última cifra C, por una notación entre paréntesis que indica la composición de dicha alma. Si los cordones o ramales del cable son otros cables, se sustituye la segunda cifra B por una notación entre paréntesis que indica la composición.

Ejemplo:

Un cable constituido por 6 cordones de 25 alambres cada cordón, dispuestos alrededor de un alma compuesta por un cordón metálico formado por 7 cordones que contienen 7 hilos cada uno, se representaría como se muestra en la figura 1.23:



$6 \times 25 + (7 \times 7 + 0)$ Relleno

Figura 1.23 Constitución de un cable (estructura)

Fuente: <http://www.miningcorp.com/servicios.htm>

1.5.2.2 Cables para elevadores y montacargas

En un elevador o montacargas se utilizan los cables para tres aplicaciones distintas:

- Cables/cadenas de compensación
- Cables de tracción (o suspensión)
- Cables del limitador de velocidad

1.5.2.2.1 Cables de tracción

Para los cables de tracción como se observan en la figura 1.24 la configuración Seale es la más utilizada ya que los alambres más exteriores son muy gruesos con gran resistencia a la rotura por abrasión y además es muy fácil de utilizar ya que sólo se necesitan tres tipos de alambres. En aquellos casos en los que se considere más importante la fatiga que la abrasión se usará la configuración Warrington que posee más alambres y de menor grosor.

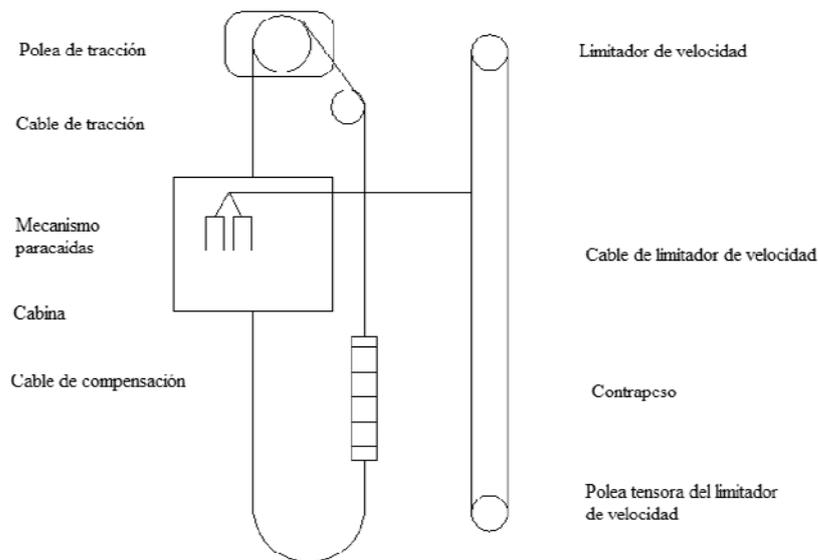


Figura 1.24 Cables que se pueden encontrar en un elevador

Fuente: Jiménez D; Pérez M; “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; 2012

La tracción de los cables puede realizarse por 2 procedimientos:

- Por **adherencia** de los cables en la garganta de la polea de arrastre del grupo tractor. Es la que se usa en realidad, ya que se consigue mayor seguridad para el caso de que fallen los finales de carrera, permite la instalación de ascensores a cualquier altura, y ésta es más sencilla y económica.
- Por **fricción** de los cables dándole dos vueltas en la polea motriz. Sólo en este caso se usaría el perfil de garganta semiesférico sin entalla.

En el presente proyecto se realizará la tracción del cable por adherencia, ya que es más seguro, económico y presenta menor desgaste.

1.5.2.2 Cable limitador de velocidad

El cable que accione el limitador de velocidad debe ser muy flexible protegido contra la oxidación y con un diámetro mínimo de 6 mm.

1.5.3 Sala de máquinas

Es el lugar en donde se rigen y administran todas las funciones del elevador. La sala de máquinas de cualquier tipo de elevador es como el corazón del elevador, y si algo de esa sala falla o se rompe va a influir directamente en el funcionamiento del elevador, se encuentra delimitado por paredes, techo, suelo y puerta; y ubicado sobre el pozo, debe ser construido con materiales incombustibles en caso de incendio.

1.5.4 Puertas de cabina

Constituyen el medio de acceso a la cabina y están ligadas mecánicamente a ella. En la mayoría de los casos son de funcionamiento automático gobernado por el funcionamiento del elevador. La hoja u hojas de la apertura se deslizan horizontalmente o verticalmente accionadas por un motor y guiadas en sus extremos superior e inferior.

Los elevadores en función de su tamaño y su uso pueden incorporar distintos tipos de puertas. Puertas manuales, semiautomáticas o automáticas.

1.5.4.1 Puertas manuales

Abaratan bastante tanto el costo del elevador como de la instalación del mismo y su posterior mantenimiento, son puertas incómodas aunque en muchos casos transmiten más seguridad a los usuarios, pues las encuentran más sencillas de abrir y sienten un control sobre las mismas que les propicia más tranquilidad.

Aplicaciones:

- En hospitales.
- En la industria:

- Puertas corredizas con dimensiones no tradicionales.
- Puertas corredizas automáticas de materiales no tradicionales.
- Puertas manuales con auto-cierre

1.5.4.2 Puertas semiautomáticas

Son aquellas que se activan mediante la pulsación de un botón, es la opción que se instala con menos frecuencia.

1.5.4.3 Puertas automáticas

Son las más demandadas, se acostumbra verlas en grandes elevadores de centros comerciales y hospitales, aunque ya se instalan también de forma habitual en viviendas, se abren y cierran de forma autónoma mediante sensores de movimiento.

Aplicaciones:

- Ofrecen soluciones para el hogar, industria o comercio.
- Residenciales
- Puertas automatizadas abatibles, plegadizas, corredizas y ascendentes en varios estilos y finos acabados.
- En la industria.
- Sistemas de acceso para personas y vehículos.
- Sistemas Comerciales
- Acceso de cortina, abatibles, corredizas y barreras para acceso de vehículos con equipo de la mejor calidad y funcionalidad

En el presente proyecto se instalarán puertas manuales de vaivén dentro de la vivienda, por motivos de costos y facilidad de operación del los usuarios.

CAPITULO II

ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para el análisis y selección de alternativas, se tomará en cuenta como primer punto los criterios y el factor de ponderación, de los cuales nos llevará al análisis de dos puntos de vista para el diseño del ascensor, estos son:

1. Tipo de Tracción. (Forma de elevación)

- Elevador con rodillo y cable.
- Elevador con polea y contrapeso

2. Tipo de Cabina

- Cabina Completa
- Media cabina

Se ha definido que se va a diseñar un ascensor eléctrico por costos y versatilidad por lo tanto el análisis que se va a realizar es que **tipo de tracción** va a tener nuestro sistema de elevación y la **forma de la cabina** a ser diseñado.

2.1 Criterios a ser considerados para analizar el tipo de tracción

Los factores a ser analizados son (ver tabla 2.1):

ITEM	CRITERIO
1	COSTOS DE FABRICACIÓN
2	FACILIDAD DE INSTALACIÓN
3	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO

Tabla 2.1 Criterios de análisis de alternativas del tipo de tracción

Fuente: Los autores

2.1.1 Costos de fabricación

Los costos de fabricación es uno de los factores que se analizan con mayor detalle, ya que de ello depende que el proyecto sea de un costo adecuado para la fabricación,

tomando en cuenta buenos materiales y los tiempos adecuados para obtener la mejor manera de elevar el ascensor.

2.1.2 Facilidad de instalación

En esta alternativa se analizará las facilidades de montaje, el número de elementos que intervienen en la construcción y la forma de ensamblaje en el sistema de elevación del ascensor para que tenga la capacidad planteada de 250 kg.

2.1.3 Facilidad de mantenimiento

El criterio que se toma en cuenta es ver la facilidad de mantenimiento de cada elemento que constituye el sistema de elevación, analizar el funcionamiento adecuado de los mismos y obtener un resultado de costos vs tiempo de mantenimiento del ascensor.

2.2 Factor de Ponderación

Se asigna a cada uno de los parámetros que están siendo evaluados las siguientes ponderaciones para valorar los criterios de decisión que se muestra en la tabla 2.2 en este caso se va a considerar en la decisión del sistema de elevación:

CANT	DETALLE
1	SATISFACTORIO
2	MODERADO
3	EXCELENTE

Tabla 2.2: Tabla de Ponderación – Tipo de Tracción

Fuente: Los autores

La alternativa a seleccionar debe ser la que reúna el puntaje más alto, luego de que se evalúen todos los factores y criterios mencionados. Se tomara el valor de 3 como ideal.

2.3 Análisis de alternativas del tipo de tracción

Estos sistemas de tracción (ver figura 2.1 y figura 2.2) tienen diferentes características, pero cumplen con la misma función de elevar la carga con un factor de seguridad adecuado, estos son:

- a) Elevador con rodillo y cable



Figura 2.1 Elevador con rodillo y cable

- b) Elevador con polea y contrapeso



Figura 2.2 Elevador con polea y contrapeso

2.3.1 Alternativa “A”. Elevador con rodillo y cable

El sistema consta de un rodillo tubular limitado por dos discos laterales, montados sobre un eje acoplado a un motoreductor. El giro del motoreductor hace que el

cable se enrolle en el rodillo permitiendo el desplazamiento de la cabina. (Ver figura 2.3)

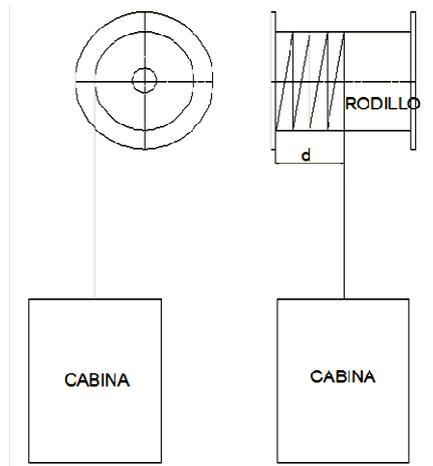


Figura 2.3 Esquema de sistema de elevación con rodillo enrollado de cable

Fuente: Jiménez D; Pérez M; “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; 2012

2.3.1.1 Ventajas

- No requiere contrapeso.
- Facilidad de cálculo y construcción.
- Menor costo del equipo.
- Se utiliza para cargas bajas y altas.

2.3.1.2 Desventajas

- Ruido debido al enrollamiento del cable.
- Posible salto de la cabina por mal enrollamiento del cable.
- Desplazamiento del punto de tracción en el rodillo.
- Funcionando hasta la rotura del cable.
- No es posible utilizar 2 cables de tracción.

2.3.2 Alternativa “B”. Elevador con polea y contrapeso

El sistema consiste en una polea con una o varios canales e igual número de cables de tracción. La polea se encuentra unida al motoreductor mediante un eje.

Este sistema requiere de un polea de reenvío para mantener la distancia entre cabina y contrapeso.

En un extremo del cable se ubica la cabina y en el otro el contrapeso como se muestra en la figura 2.4.

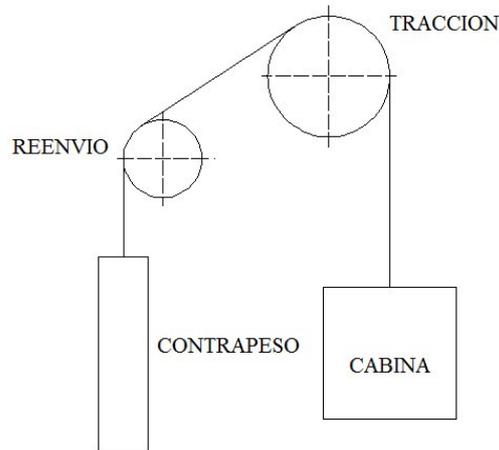


Figura 2.4 Sistema de elevación con polea de tracción

Fuente: Jiménez D; Pérez M; “Diseño y construcción de un elevador dúplex con capacidad de 25 kg para la biblioteca del campus el Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito”; Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico; 2012

2.3.2.1 Ventajas

- Elevado confort en el deslizamiento de la cabina
- Equipo muy silencioso.
- Puede utilizar varios cables de tracción.
- No existe el riesgo de rotura de cable, debido a una posible falla en el sistema eléctrico y de control.
- Se requiere equipo de tracción de menor capacidad.

2.3.2.2 Desventajas

- Requiere mayor trabajo de fabricación.
- Requiere mayor espacio para el contrapeso.
- Mayor costo del equipo.
- Se utiliza para cargas altas.

2.3.3 Calificación y selección de alternativas

CALIFICACION DE ALTERNATIVAS				
DESCRIPCION:	ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TIPO DE TRACCION			
ALTERNATIVA	TIPO DE TRACCION	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	IDEAL
CRITERIOS	COSTOS DE FABRICACION	3	2	3
	FACILIDAD DE INSTALACION	2,5	2	3
	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	3	2,5	3
	TOTAL	8,5	6,5	9
	INDICE %	94,44	72,22	100
	ORDEN DE SELECCIÓN	1	2	

Tabla 2.3 Evaluación del tipo de tracción
Fuente: Los autores

En la tabla 2.3 se muestra la evaluación de las dos alternativas con sus respectivos porcentajes, para determinar qué tipo de tracción se va a diseñar para elevar la cabina y sus componentes.

2.3.3.1 Conclusión

Considerando el resultado en la calificación, en el presente proyecto se optará por la alternativa A, que es el sistema de tracción por rodillo y cable.

2.4 Criterios considerados para analizar el tipo de cabina

Los factores a ser analizados son (ver tabla 2.4):

ITEM	CRITERIO
1	FACILIDAD DE MONTAJE E INSTALACION
2	COSTOS DE FABRICACIÓN
3	DISEÑO ESTRUCTURAL
4	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO

Tabla 2.4 Criterios de análisis de alternativas tipo de cabina
Fuente: Los autores

2.4.1 Facilidad de montaje e instalación

El criterio a considerarse es la facilidad de montaje, número de elementos que intervienen en la construcción y la forma de la cabina con el objetivo de que tenga una ergonomía adecuada para las personas que se van a utilizar el ascensor.

2.4.2 Costos de fabricación

Son los factores que se analiza con más énfasis, ya que de ello depende que el proyecto sea de un costo adecuado para la fabricación, tomando en cuenta los requerimientos básicos que se necesita colocar en la cabina del ascensor.

2.4.3 Diseño estructural

El diseño estructural influye en el análisis de cargas en la cabina ya que de ello depende que soporte la carga máxima planteada, en este caso es de 250kg.

2.4.4 Facilidad de mantenimiento

El criterio que se toma en cuenta es ver la facilidad de mantenimiento de cada elemento que constituye la cabina y ver qué tipo de mantenimiento requiere.

2.4.5 Factor de ponderación

Se asigna a cada uno de los parámetros que están siendo evaluados las siguientes ponderaciones para valorar los criterios de decisión que se muestra en la tabla 2.5.

CANT	DETALLE
1	Poco satisfactorio
2	Satisfactorio
3	Moderado
4	Bueno
5	Excelente

Tabla 2.5 Tabla de Ponderación – Tipo de cabina

Fuente: Los autores

La alternativa a seleccionar será la que reúna el puntaje más alto, luego de evaluar todos los factores y criterios mencionados. Se tomará el valor de 5 como ideal.

2.5 Análisis de alternativas del tipo de cabina

La cabina a elegir debe cumplir la misma función, el cual es de transportar a la persona con capacidades especiales y/o personas de la tercera edad, brindando la seguridad adecuada y debe poseer cualidades ergonómicas.

Los tipos de cabinas que se van a analizar son (ver figura 2.5 y figura 2.6):

a) Cabina Completa



Figura 2.5 Sistema de elevación con cabina completa

b) Media cabina



Figura 2.5 Sistema de elevación con media cabina

2.5.1 Alternativa “A” Cabina Completa

La estructura de esta cabina es completa, tiene una mayor sujeción en las rieles porta guías, esta cabina es una armadura/cuadrilátero equidistante de forma rectangular, su desplazamiento y carga se muestra en la figura 2.6.



Figura 2.6 Esquema de cabina completa

Fuente: Los Autores

2.5.1.1 Ventajas

- No requiere protección – techo
- Es panelada en sus cuatro lados.
- Se utiliza para edificaciones mayores a 3 pisos

2.5.1.2 Desventajas

- Costos elevados por sus componentes de aislamiento
- En caso de incendio o emergencia es cerrada.

2.5.2 Alternativa “B” Media Cabina

Esta estructura se la considera económica de media altura, tiene una sujeción en las rieles porta guías, es una armadura/cuadrilátero dividido en dos partes, la rieles guías y la canastilla base, esta cabina es de fácil mantenimiento y de fácil montaje. Su desplazamiento y carga se muestra en la figura 2.7.



Figura 2.7 Esquema de media cabina

Fuente: http://www.elevadores.mx/detalles_Elevador-Discapacitados,10,11,0.htm

2.5.2.1 Ventajas

- Los costos son bajos
- Facilidad de cálculo y construcción
- Se utiliza para elevar en edificaciones de pocos pisos

2.5.2.1 Desventajas

- Es descubierta y requiere de techo adicional.

2.5.3 Calificación y selección de alternativas

CALIFICACION DE ALTERNATIVAS				
DESCRIPCION:	ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TIPO DE TRACCION			
ALTERNATIVA	TIPO DE TRACCION	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B	IDEAL
CRITERIOS	FACILIDAD DE MONTAJE E INSTALACION	4	5	5
	COSTOS DE FABRICACIÓN	2	4	5
	DISEÑO ESTRUCTURAL	3,5	5	5
	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	3	4	5
	TOTAL	12,5	18	20
	INDICE %	62,5	90,00	100
	ORDEN DE SELECCIÓN	1	2	

Tabla 2.6 Evaluación del tipo de tracción.

Fuente: Los autores

En la tabla 2.6 se muestra la evaluación de las dos alternativas con sus respectivos porcentajes, para determinar qué tipo de cabina utilizar.

2.5.3.1 Conclusión

Considerando el resultado en la calificación, en el presente proyecto se optará por la alternativa B, que es la opción de media cabina.

CAPITULO III

DISEÑO Y SIMULACIÓN

3.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla el procedimiento de cálculos y dimensionamiento de los elementos que constituyen el elevador, mediante los criterios de diseño se establecerá los resultados de los cálculos y la selección de los materiales de cada elemento.

3.2 Criterios para el diseño de la estructura

Se considerará los siguientes criterios:

- Todos los elementos de la estructura metálica como son: la columna, vigas, placas, pernos, serán diseñados teniendo en cuenta que solo actúan cargas estáticas.
- Los materiales que se requiere para la construcción de los elementos del elevador son de acero ASTM A-36, por su facilidad de adquisición y bajo costo. La mayoría de elementos utilizados en el presente diseño se calculan a partir de la propiedad física del acero A-36, como el límite de fluencia, ya que este tipo de acero es fácil de encontrar en el mercado nacional así como el menos costoso en su categoría.

3.3 Análisis de casos de carga

Se debe tener en consideración los tipos de cargas que actúan en la estructura del sistema de elevación de carga.

Carga de Viento.- Al ser los elementos estructurales del sistema modular de pequeña área, el viento no ejerce una fuerza considerable sobre el mismo.

Carga de Sismo.- El sistema modular no se encuentra fijo sobre ninguna superficie, disminuyendo al máximo el efecto que pueda producir los sismos sobre la estructura.

Cargas Muerta.- Es el peso de la cabina y sus componentes.

Cargas Neta.- Es el peso total, que para nuestro caso para fines de cálculos está considerado el peso de la persona con capacidades especiales, persona acompañante y la silla de ruedas.

Como conclusión de lo antes mencionado, se establece que todos los cálculos se realizarán tomando en cuenta solo las cargas neta y muertas.

3.4 Parámetros de diseño

3.4.1 Carga Neta

La carga neta que se utilizara para el diseño del ascensor es de 250Kg, se toma en cuenta que el diseño está considerado para una carga máxima de 2 personas, incluyendo la persona de la tercera edad y/o persona con capacidades especiales.

Según la tabla 3.1 se considera que la máxima carga es 93 Kg por persona, el peso de una silla de ruedas es de 10,7 Kg.

TABLA DEL PESO IDEAL					
ALTURA		HOMBRE		MUJER	
PIES Y PULGADAS	METROS	KG	LBS	KG	LBS
4'7"	1.40	...	...	40-53	88-116
4'9"	1.45	...	...	42-54	92-119
4'10"	1.50	...	...	43-55	94-121
4'11"	1.52	...	...	44-56	97-123
5'0"	1.54	...	...	44-57	97-125
5'1"	1.56	...	...	45-58	99-127
5'2"	1.58	51-64	112-141	46-59	101-130
5'3"	1.60	52-65	114-143	48-61	105-134
5'3½"	1.62	53-66	116-145	49-62	108-136
5'4"	1.64	54-67	119-147	50-64	110-141
5'5"	1.66	55-69	121-152	51-65	112-143
5'6"	1.68	56-71	123-156	52-66	114-145
5'7"	1.70	58-73	127-160	53-67	116-147
5'7½"	1.72	59-74	130-163	55-69	121-152
5'8"	1.74	60-75	132-165	56-70	123-154
5'9"	1.76	62-77	136-169	58-72	127-158
5'10"	1.78	64-79	141-174	59-74	130-163
5'10½"	1.80	65-80	143-176	...	...
5'11"	1.82	66-82	145-180	...	...
6'0"	1.84	67-84	147-185	...	...
6'1"	1.86	79-86	152-189	...	...
6'2"	1.88	71-88	156-194	...	...
6'2½"	1.90	73-90	160-198	...	...
6'3"	1.92	75-93	165-205	...	...

Tabla 3.1 Pesos ideales de los seres humanos

Fuente: <http://www.salud.bioetica.org>

Por lo tanto la carga neta de dos personas es de 186 Kg, según la tabla 3.2 la silla de rueda tiene un peso de 10.7 Kg y cargas adicionales consideradas por seguridad es de 25 Kg lo que da una carga total de 221,7 Kg. Para fines de Cálculos se considerará 250 Kg.

SILLA DE RUEDA TRADICIONAL	
	CARACTERISTICAS GENERALES
	<p>Súper estrecha, desde 60 cm. especialmente recomendada para espacios reducidos y para desplazamientos. Ruedas de 500 mm que la hacen autopulsable.</p> <p>Ultraligera: Fabricada en aluminio de aviación, peso total: 10,6 kg.</p> <p>Respaldo abatible para reducir aún más sus dimensiones.</p> <p>Ruedas delanteras macizas de 150 mm</p> <p>Ruedas traseras hinchables/inflables de 500mm. Antivuelco.</p>
	CARACTERISTICAS TÉCNICAS
<p>Peso total 10.6, 10.7 kg. Peso máximo recomendado 90 kg.</p>	<p>Ancho asiento: 40, 45 cm.</p> <p>Ancho total: 60, 65 cm.</p> <p>Altura total 93 cm. altura respaldo 47 cm.</p> <p>Fondo total 90 cm. fondo asiento 36 cm.</p>

Tabla 3.2 Pesos silla de ruedas Estándar
Fuente: Autores

3.4.2 Tamaño y peso de la cabina

El ascensor estándar para transportar según normas de Urbanismo y Arquitectura Norma NTE INEN – 2 290: 2000 Art. 97 dice que debe tener 1m x 1,20m en el caso que la puerta tenga un acceso directo con la silla y de 1,20m x 1,40m en el caso que la puerta no tenga acceso directo con la silla, para que pueda girar la silla y el acompañante.

El diseño propuesto es el que se muestra en la figura 3.1 en la que se puede apreciar que es un elevador de media cabina, que se puede adaptar a cualquier tipo de mampostería, con la finalidad de brindar una manera fácil de instalación.

Las propiedades de los materiales: Estructura de la cabina, guías y bancada se encuentran en el Anexo I y II.

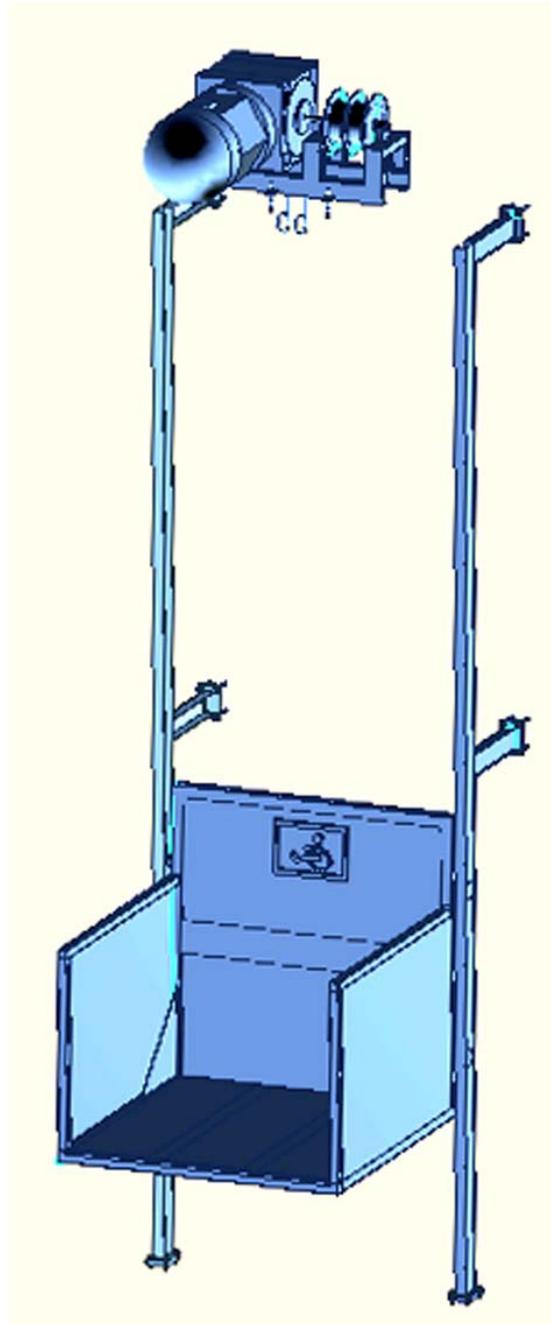


Figura 3.1 Ascensor de Media cabina

Fuente: Autores

El peso de la cabina se resume en la tabla 3.3:

ITEM	CANT	DETALLE DEL MATERIAL Y DE LA UBICACIÓN	MATERIAL	DIMENSIONES (mm)	PESO (kg)
1	4	BASE DE LA CABINA (TUBO DE 50X50X3)	ASTM A-36	L = 1300mm	19,5936
2	2	NERVIOS BASE DE LA CABINA (CANAL U 50X50X3)	ASTM A-36	L = 1300mm	9,7968
3	1	PISO CORRUGADA (PLANCHA DIAMANTADA)	ASTM A-36	1300 X 1300 (mm)	41,12615
4	4	POSTES DE PAREDES LATERALES (TUBO CUADRADO DE 40X40X2)	ASTM A-36	L = 900mm	6,7824
5	6	TRAVESAÑOS INFER. Y SUPER. (TUBO CUADRADO DE 40X40X2)	ASTM A-36	L = 1300mm	14,6952
6	2	PUERTAS (TUBO CUADRADO DE 40X40X2)	ASTM A-36	650 X 900	11,6808
7	3	PAREDES DE TOOL LATERALES Y POSTERIOR	ASTM A-36	1300 X 900	27,5535
8	2	PAREDES DE TOOL PARA PUERTAS	ASTM A-36	900 X 650	9,1845
9	1	ACCESORIOS VARIOS	ASTM A-36		3
TOTAL					143,3981

Tabla 3.3 Peso de la cabina

Fuente: Autores

3.4.3 Recorrido

Se toma en cuenta a una casa promedio, la altura normal del entrepiso es de (2.2m a 2.3m). Para el caso general se toma 2,2m de recorrido entre el filo del piso y la parte superior losa. Se podrá apreciar en la figura 3.2.

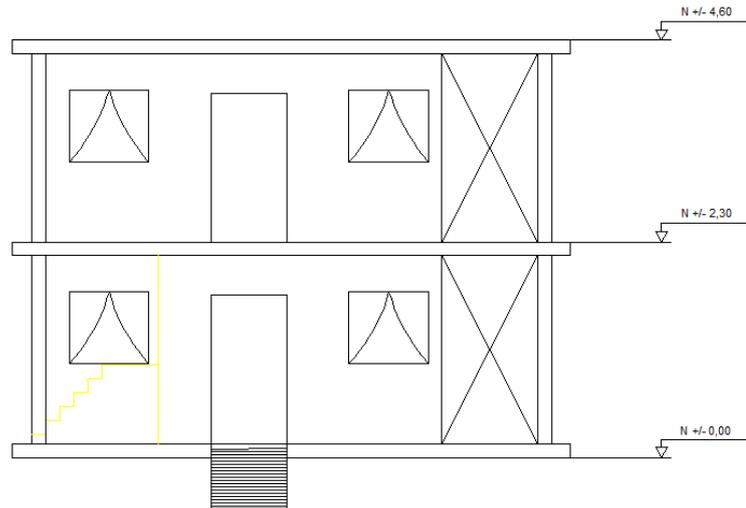


Figura 3.2 Medida de una casa convencional
Fuente: Autores

3.4.4 Velocidad

La velocidad que se considera para un elevador doméstico es de 10 a 15 m/min. Los grupos tractores con motores de una velocidad, solo se utilizan para ascensores de velocidades no mayores de 40 m/min, por lo general son colocados en ascensores de viviendas de 300 kg y 4 personas. Aunque la velocidad puede ser modificada con un variador eléctrico de frecuencia.

3.4.5 Ubicación

El elevador se colocará en cualquier vivienda que cumpla con las siguientes características: Dos pisos, que tenga un área de $2,63\text{m}^2$ (Espacio libre de largo 1,75m x 1,5m de ancho).⁹

3.4.6 Sistema de elevación

Se utilizará un motoreductor con rodillo enrollador de cable, con doble cable para elevar el nivel de confiabilidad.

⁹ A Miravete, Emilio Larrodé, Elevadores: principios e innovaciones.

3.5 Diseño y simulación de componentes mecánicos

Partiendo de las características de la carga que actúe sobre la estructura, los casos de cálculo pueden presentarse como:

- Estático
- Dinámico

La estructura deben estar equilibrada y la suma de las reacciones, pesos y cargas dan un resultado igual a 0

$$\text{Reacciones} + \text{carga de viento} + \text{peso de la cabina} + \text{carga neta} = 0$$

Pero como la carga y la velocidad son bajas, se considera para el cálculo un estado Estático.

3.5.1 Diseño del ascensor

El presente proyecto se ha dividido el diseño en tres partes que se las denomina de la siguiente forma:

- a. Diseño de la base plataforma (cabina)
- b. Diseño de las columnas
- c. Diseño del sistema elevador y de tracción.

3.6 Diseño y simulación de la base plataforma (cabina)

La base de la plataforma está descrita donde la persona con capacidades especiales o adulto mayor se ubica, para después de realizar un movimiento horizontal y finalmente ser elevada dentro del ascensor. En esta parte se encuentran algunos elementos por investigar.

3.6.1 Diseño de la plataforma (cabina)

Para iniciar este análisis se recurre a los estudios de campo realizados para el presente tema de investigación, donde se toma en cuenta un peso promedio de 250 Kg. para una persona con capacidades reducidas. Así mismo se aplica la Norma INEN con su respectivo reglamento RTE INEN 038 (2R), que facilitan las dimensiones básicas de un ascensor.

Dado que la Norma coloca una restricción en el pandeo de la plataforma del presente diseño, se colocan tres soportes transversales, de esta forma el sistema se vuelve hiperestático como lo indica la figura 3.3

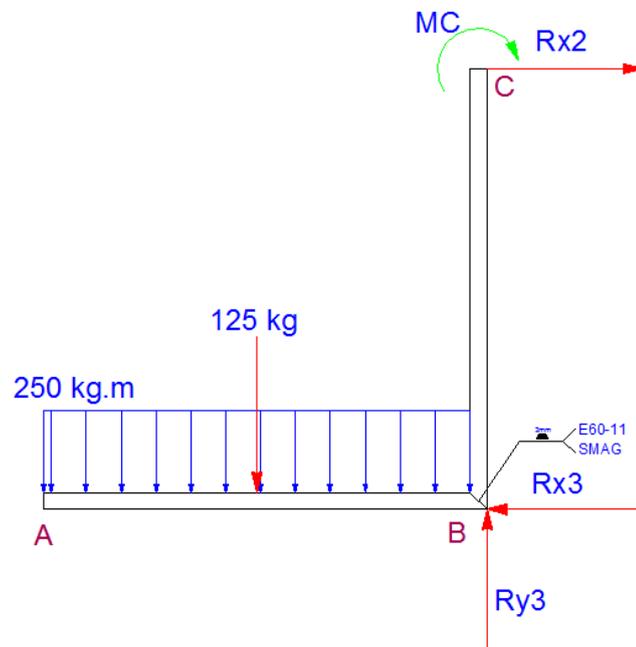


Figura 3.3 Plataforma Hiperestática vista lateral

Fuente: Autores

Para fines de cálculos se considera dos vigas unidas con soldadura (Unión de dos tubos de 50x50x3), por lo tanto el análisis inicial consiste en una viga empotrada y considerando la carga de la cabina y carga de la silla y dos personas, según los parámetros de diseños del ítem 3.4.

Por lo tanto se realiza dos análisis el Tramo AB y BC.

Análisis 1:

En el elemento AB, se considera los siguientes parámetros:

Longitud del tubo: $L = 1300\text{mm} = 1,3\text{m}$

Carga uniforme; $W = 250\text{ kg} = 2451,6\text{ N}$

Carga puntual; $P = 125\text{ kg} = 1225,8\text{ N}$

Viga Horizontal "L" Análisis 1

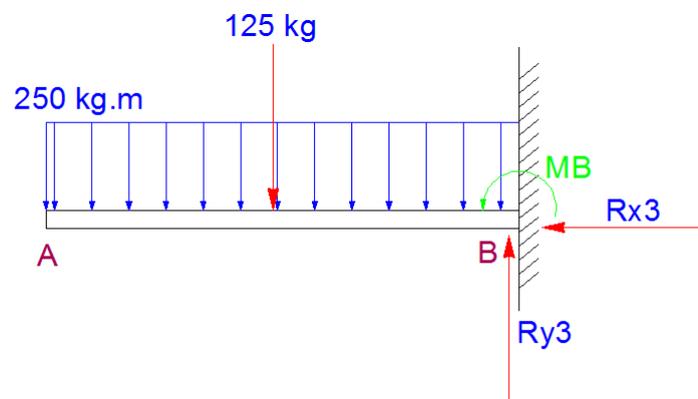


Figura 3.4 Viga Análisis 1
Fuente: Los Autores

Cálculo de Reacciones:

Cargas:

$$125\text{ kg} = 1225,8\text{ N}$$

$$250\text{ kg} = 2451,6\text{ N}$$

$$\sum f_x = 0$$

$$R_{x3} = 0$$

(Ecuación 3.1)

$$\sum f_y = 0$$

$$R_{y3} - 1225,8\text{N} - (2451,6\text{ N}\cdot\text{m} \times 1,3\text{ m}) = 0$$

$$R_{y3} = 4412,88\text{ N} = 4413\text{ N}$$

(Ecuación 3.2)

$$\sum MB = 0$$

$$MB + (1225,8 \times 0,65)Nm + (3187,08 \times 0,65)Nm = 0$$

$$MB = 2868,37 \text{ N-m}$$

(Ecuación 3.3)

Cálculo de Momento Máximo:

Se considera el software MD SOLID 35 para identificar el Momento máximo,

$$Max = 2868,37 \text{ N-m}$$

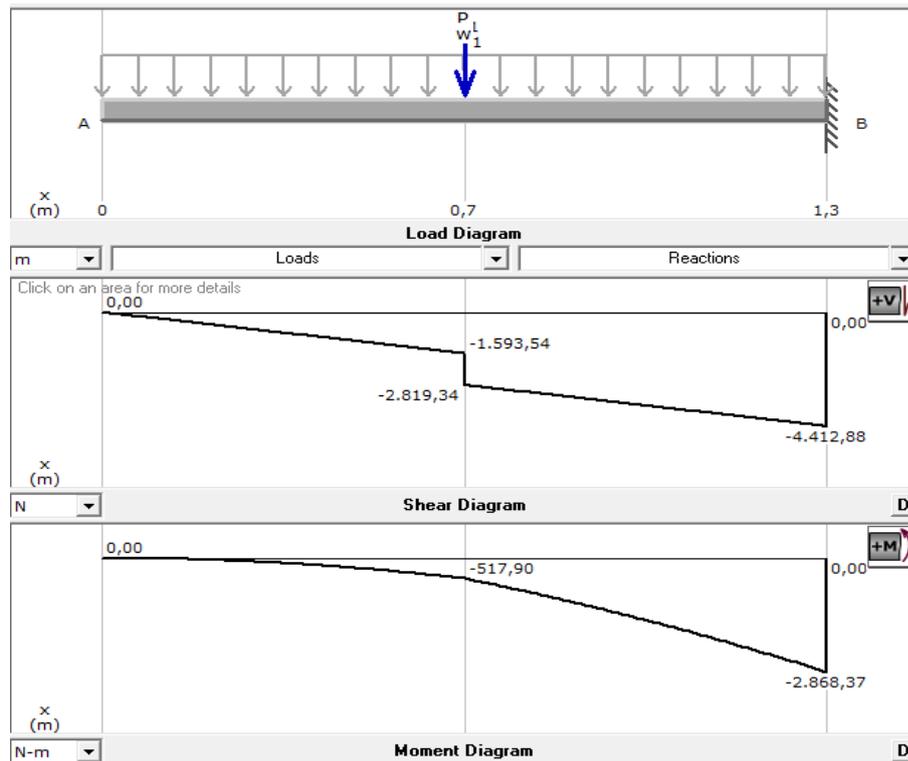


Figura 3.5 Diagrama de momento máximo, análisis I

Fuente: Autores

Selección del tipo de perfil:

Se selecciona un acero estructural ASTM A-36 y se calcula el esfuerzo admisible.

$$S_y = 36000 \text{ psi} \sim S_y = 248 \text{ MPa}$$

Por lo tanto:

$$0,60 S_y \leq \sigma_{perm} \leq 0,75 S_y$$

$$\sigma_{perm} = 0,6 (248 \text{ M Pa})$$

$$\sigma_{perm} = 148,8 \text{ M Pa}$$

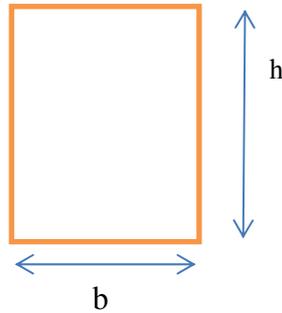
$$\sigma = \frac{M}{S} \text{ se despeja } S$$

Por lo tanto:

$$S = \frac{M}{\sigma} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

$$S = \frac{2868,37 \text{ N-m}}{148,8 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S = 1,92 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$



$$S = \frac{bh^2}{6}$$

Con la ayuda del Excel se puede determinar qué tipo de tubo estructural se va a utilizar en la “L” de la base – plataforma (ver tabla 3.4).

TABLA DE TUBOS espesor 2mm				
b(mm)	b(m)	h(mm)	h (m)	s (m3)
40	0,04	30	0,03	0,000006
40	0,04	40	0,04	1,0667E-05
40	0,04	50	0,05	1,6667E-05
50	0,05	30	0,03	0,0000075
50	0,05	40	0,04	1,3333E-05
50	0,05	50	0,05	2,0833E-05
55	0,055	55	0,055	2,7729E-05
60	0,06	60	0,06	0,000036

Tabla 3.4 Tabla de Tubos en espesor 2mm

Fuente: Autores

El tubo seleccionado no es comercial, por lo tanto escogemos de 50x50x2.

Cálculo de esfuerzos:

Existen esfuerzos combinados (ver figura 3.6) en la estructura por lo tanto se debe utilizar la ecuación 3.5:

Compresión – Flexión

$$\sigma = -\frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I} \quad \text{(Ecuación 3.5)}$$

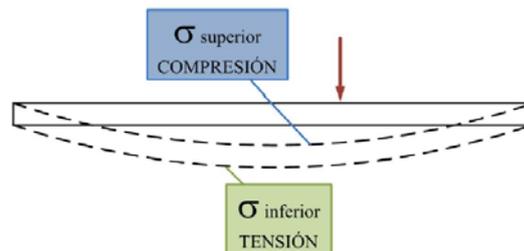


Figura 3.6 Esfuerzos
Fuente: Autores

Según la tabla 3.5 el tubo de 50 x 50 x 2, de DIPAC

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39

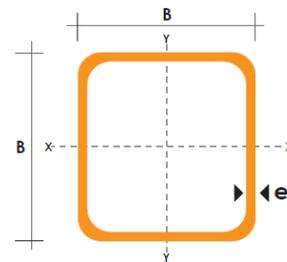


Tabla 3.5 Valores de Inercia y Área en tubos
Fuente: Catalogo Dipac, PAG 31

$$I = 14,13 \text{ cm}^4 = 1,41 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 2,94 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Remplazando en la ecuación 3.5

Esfuerzo a compresión:

$$\sigma_{sup} = - \frac{2451,6}{2,94 \times 10^{-3}} - \frac{(2868,37)25 \times 10^{-3}}{1,41 \times 10^{-7}}$$

$$\sigma_{sup} = 509,410 \times 10^6 \text{ Pa} \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

Esfuerzo a la flexión:

$$\sigma_{inf} = - \frac{2451,6}{2,94 \times 10^{-3}} + \frac{(2868,37)25 \times 10^{-3}}{1,41 \times 10^{-7}}$$

$$\sigma_{inf} = 507,74 \times 10^6 \text{ Pa} \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

Cálculo de la deflexión:

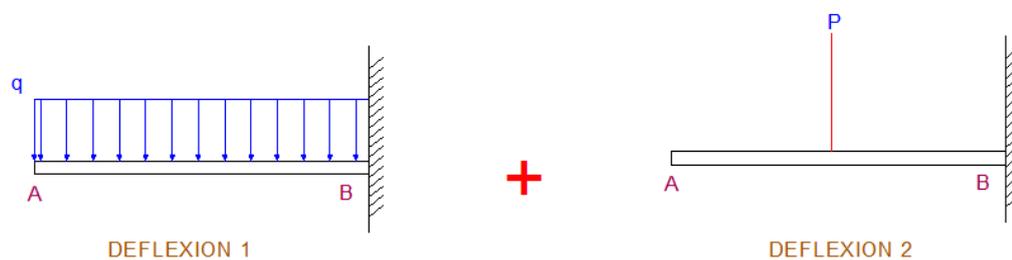


Figura 3.7 Diagrama de los dos tramos para el cálculo de la deflexión máxima

Fuente: Autores

$$\text{Deflexión A} = \delta_A = \delta_{A1} + \delta_{A2} \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

$$\delta_{A1} = \frac{q \cdot L^4}{8EI} = \frac{2451,6 \text{ N} \cdot (1,3\text{m})^4}{8 \cdot (200 \times 10^9) \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2,94 \times 10^{-7} \text{ m}^4} = 0,01488 \text{ m}$$

$$\delta_{A2} = \frac{P \cdot a^2}{6EI} (3L - a) = \frac{1225,8 \text{ N} \cdot 0,65\text{m}^2}{6 \cdot (200 \times 10^9) \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2,94 \times 10^{-7} \text{ m}^4} (3,9 - 0,65) = 4,77 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_A = 0,01488 + 4,77 \times 10^{-3} = 0,0196 \text{ m} = 19,6 \text{ mm}$$

Factor de Seguridad:

$$FS = \frac{\text{Esfuerzo Ultimo}}{\text{Esfuerzo Permisible}} = \frac{509,41 \times 10^6}{148,8 \times 10^6} = 3,42 \quad (\text{Ecuación 3.9})$$

Simulación:

Se realiza la simulación de desplazamiento y se obtiene 15,83mm. (ver figura 3.8)

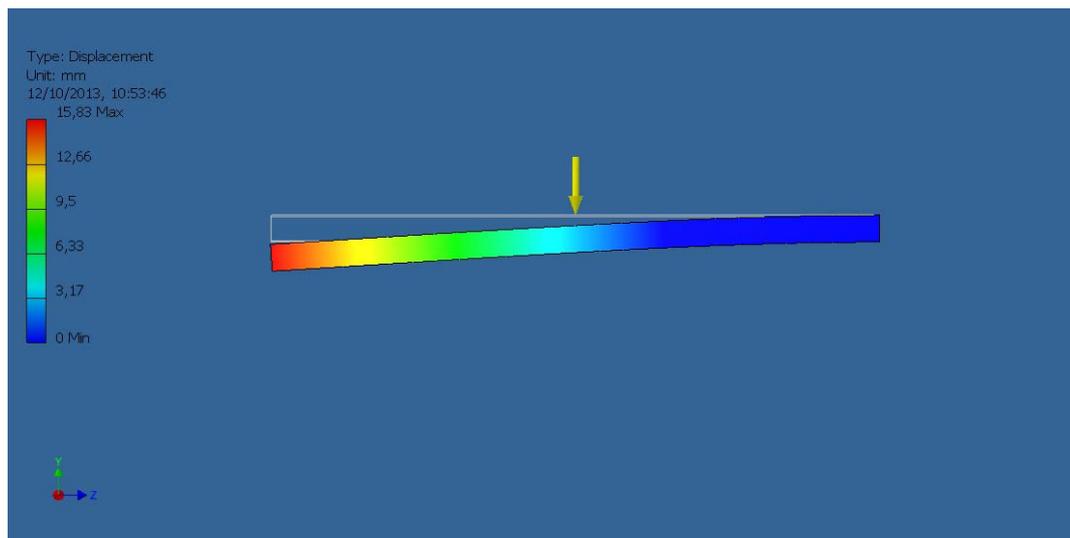


Figura 3.8 Simulación para el cálculo de la deflexión máxima

Fuente: Autores

Análisis 2:

En el elemento BC, se considera los siguientes parámetros:

Longitud del tubo:

$$L = 1300\text{mm} = 1,3\text{m}$$

$$M_c = 1593,54 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_b = 2868,37 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Viga Vertical "L" Análisis 2

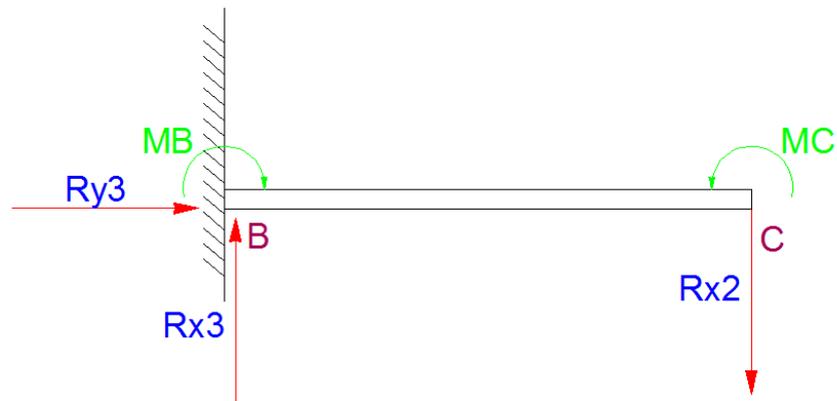


Figura 3.9 Viga análisis 2
Fuente: Autores

Cálculo de Reacciones:

$$\sum f_x = 0$$

$$\mathbf{Ry3} = 4413 \text{ N} \quad (\text{Ecuación 3.10})$$

$$\sum f_y = 0$$

$$Rx3 - Rx2 = 0$$

$$\mathbf{Rx2} = Rx3 \quad (\text{Ecuación 3.11})$$

$$\sum MB = 0$$

$$MB - MC + (Rx2 \times 1,3) \text{ Nm} = 0$$

$$4413 \text{ N} - 1593,54 \text{ N} + (Rx2 \times 1,3) \text{ Nm} = 0$$

$$\mathbf{Rx2} = 2168,8 \text{ N} \quad (\text{Ecuación 3.12})$$

Cálculo de Momento Máximo:

Se considera el software MD SOLID 35 para identificar el Momento máximo,

Max = 1593,54 N-m

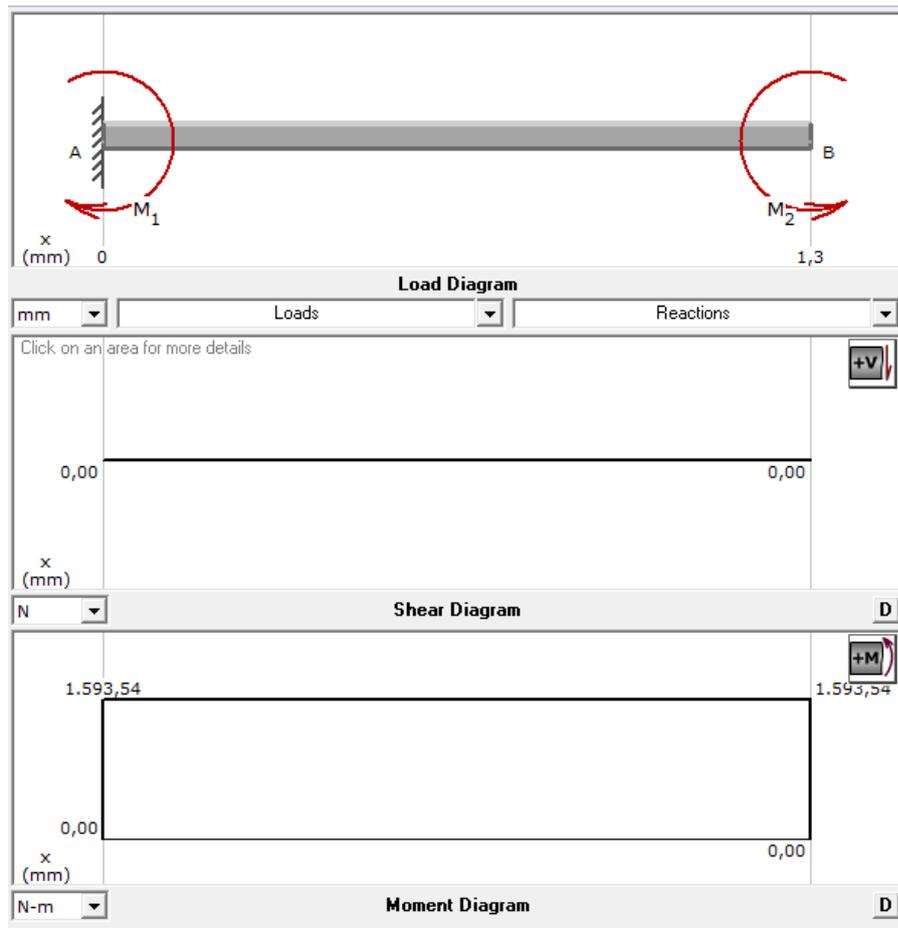


Figura 3.10 Diagrama de momento máximo, análisis 2 (MD Solid 3.5)
Fuente: Autores

Cálculo de esfuerzos:

Selección del tipo de perfil:

Se selecciona un acero estructural ASTM A-36 y se calcula el esfuerzo admisible.

$$S_y = 36000 \text{ psi} \sim S_y = 248 \text{ MPa}$$

Por lo tanto:

$$0,60 S_y \leq \sigma_{perm} \leq 0,75 S_y$$

$$\sigma_{perm} = 0,6 (248 \text{ M Pa})$$

$$\sigma_{perm} = 148,8 \text{ M Pa}$$

$$\sigma = \frac{M}{S} \text{ se despeja } S$$

Por lo tanto

$$S = \frac{M}{\sigma} \quad (\text{Ecuación 3.13})$$

$$S = \frac{1593,54 \text{ N-m}}{148,8 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S = 1,07 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

Con la ayuda del Excel se puede determinar qué tipo de tubo estructural se va a utilizar en la viga vertical “L” (ver tabla 3.6).

TABLA DE TUBOS espesor 2mm				
b(mm)	b(m)	h(mm)	h (m)	s (m3)
40	0,04	30	0,03	0,000006
40	0,04	40	0,04	1,0667E-05
40	0,04	50	0,05	1,6667E-05
50	0,05	30	0,03	0,0000075
50	0,05	40	0,04	1,3333E-05
50	0,05	50	0,05	2,0833E-05
55	0,055	55	0,055	2,7729E-05
60	0,06	60	0,06	0,000036

Tabla 3.6 Tabla de Tubos en espesor 2mm

Fuente: Autores

El tubo seleccionado no es comercial, por lo tanto escogemos de 50x50x2.

Cálculo de esfuerzos:

Existen esfuerzos combinados en la estructura por lo tanto se debe utilizar la siguiente ecuación 3.5:

Compresión – Flexión

$$\sigma = -\frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I}$$

Según tablas el tubo de 50 x 40 x 2 pero comercialmente y por ergonomía se va a colocar una tubo igual de 50 x 50 x 2.

$$I = 14,13 \text{ cm}^4 = 1,41 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$A = 2,94 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Remplazando en la ecuación 3.5

Esfuerzo a compresión:

$$\sigma_{sup} = - \frac{0}{2,94 \times 10^{-3}} - \frac{(1593,54)25 \times 10^{-3}}{1,41 \times 10^{-7}}$$

$$\sigma_{sup} = - 282,54 \times 10^6 \text{ Pa} \quad (\text{Ecuación 3.14})$$

Esfuerzo a flexión:

$$\sigma_{inf} = - \frac{0}{2,94 \times 10^{-3}} + \frac{(1593,54)25 \times 10^{-3}}{1,41 \times 10^{-7}}$$

$$\sigma_{inf} = + 282,54 \times 10^6 \text{ Pa} \quad (\text{Ecuación 3.15})$$

Cálculo de la deflexión:



Figura 3.11 Diagrama de los dos tramos para el cálculo de la deflexión máxima

Fuente: Autores

$$\text{Deflexión C} = \delta_C \quad (\text{Ecuación 3.16})$$

$$\delta_C = \frac{Mc \cdot L^2}{2EI} = \frac{1593,54 \text{ N} \cdot (1,3 \text{ mm})^2}{2 \cdot (200 \times 10^9) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,41 \times 10^{-7} \text{ mm}^4} = 0,0477 \text{ mm}$$

$$\delta_A = 0,0477$$

Factor de Seguridad:

$$FS = \frac{\text{Esfuerzo Ultimo}}{\text{Esfuerzo Permisible}} = \frac{282,54 \times 10^6}{148,8 \times 10^6} = 1,89 \quad (\text{Ecuación 3.17})$$

Simulación:

Se realiza la simulación de desplazamiento y se obtiene 15,83mm. (ver figura 3.12)

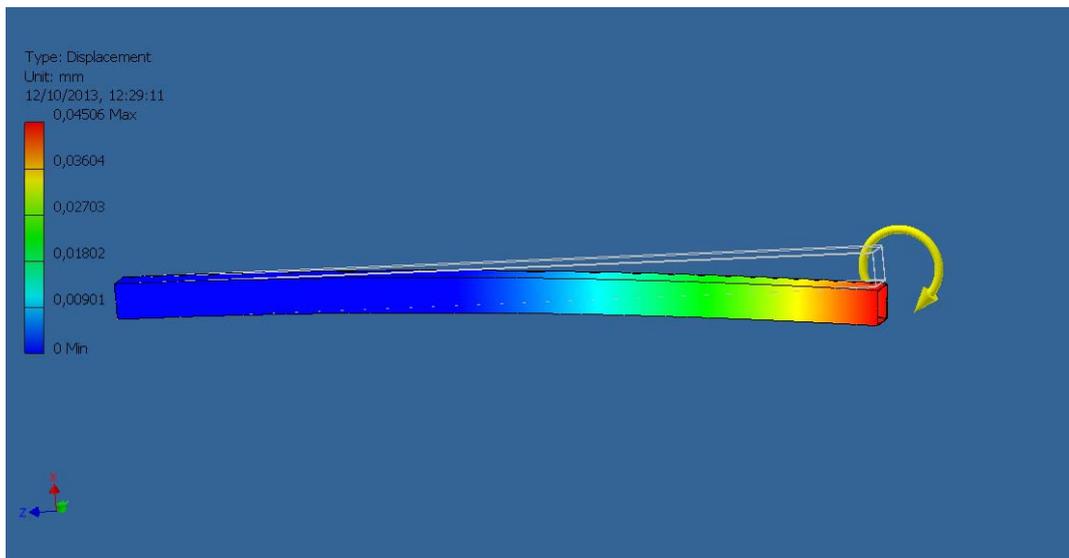


Figura 3.12 Simulación para el cálculo de la deflexión máxima

Fuente: Autores

Análisis de los travesaños (nervios):



Figura 3.13 Plataforma Hiperestática vista frontal

Fuente: Autores

Cálculo de Reacciones:

$$\sum f_y = 0$$

$$R_A + R_B = 2451,8 \text{ N}$$

$$R_A = 2451,8 - R_B$$

$$\sum M_a = 0$$

$$(1225,8 \times 0,35) + (1225,8 \times 0,95) - (R_B \times 1,3) = 0$$

$$(R_B \times 1,3) = 1593,54$$

$$R_B = 1225,8 \text{ N}$$

Remplazando ecuación 3.6 en la ecuación 3.5

$$R_A = 1225,8 \text{ N}$$

Cálculo de Momento Máximo (ver figura 3.14):

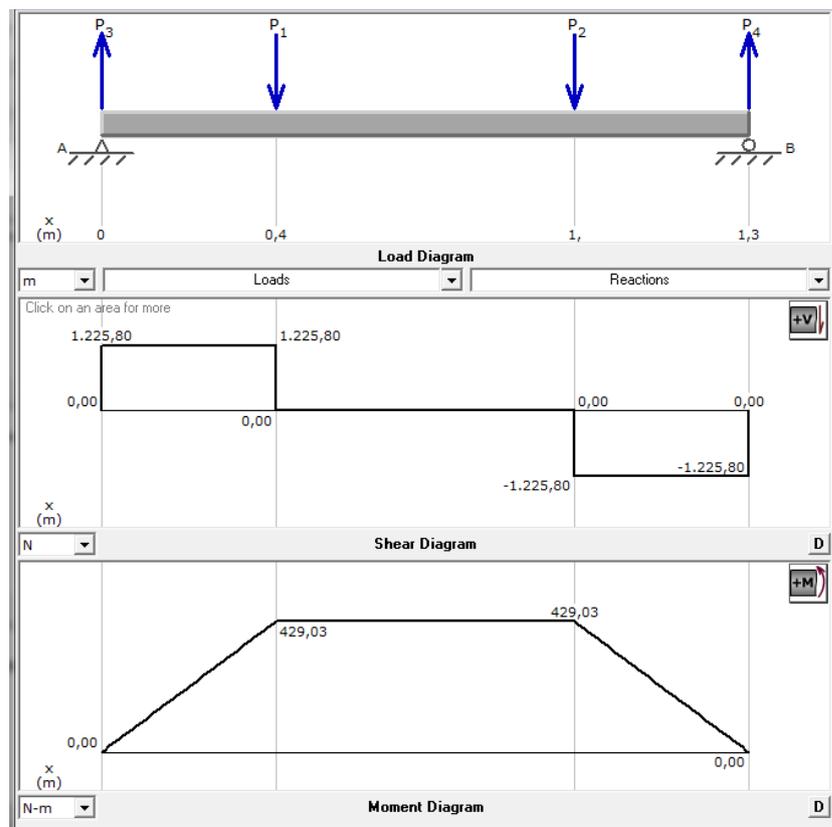


Figura 3.14 Diagrama de reacción y momento flector máximo (MD Solid 3.5)

Fuente: Autores

$$M_{\text{Max}} = 429,03 \text{ N-m}$$

Selección del tipo de perfil:

$$\sigma = \frac{M}{S} \text{ se despeja } S$$

$$\text{Por lo tanto } S = \frac{M}{\sigma}$$

$$S = \frac{429,03 \text{ N-m}}{148,8 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S = 2,88 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$S = \frac{bh^2}{6}$$

Con ayuda del Excel (ver tabla 3.7) se determina qué tipo de tubo estructural se debe utilizar en la base frontal, teniendo en cuenta que en estas vigas actúan las llantas de la silla de ruedas.

b(mm)	b(m)	h(mm)	h (m)	s (m3)
10	0,01	30	0,03	0,0000015
10	0,01	40	0,04	2,6667E-06
10	0,01	50	0,05	4,1667E-06
20	0,02	30	0,03	0,000003
20	0,02	40	0,04	5,3333E-06
20	0,02	50	0,05	8,3333E-06
30	0,03	30	0,03	0,0000045
30	0,03	40	0,04	0,000008
30	0,03	50	0,05	0,0000125
40	0,04	30	0,03	0,000006
40	0,04	40	0,04	1,0667E-05
40	0,04	50	0,05	1,6667E-05
50	0,05	30	0,03	0,0000075
50	0,05	40	0,04	1,3333E-05
50	0,05	50	0,05	2,0833E-05

Tabla 3.7 Tabla de Tubos en espesor 2mm

Fuente: Autores

Cálculo de deflexión:

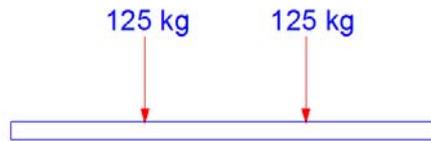


Figura 3.15 Diagrama de los dos tramos para el cálculo de la deflexión máxima

Fuente: Autores

$$\text{Deflexión max} = \delta_{max}^{10} \quad (\text{Ecuación 3.18})$$

$$\delta_{max} = \frac{Pa}{24EI} = \frac{1225,8 \text{ N} * 0,43 \text{ m}}{24 * (200 \times 10^9) \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * 1,41 \times 10^{-7} \text{ mm}^4} = 7,78 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\delta_A = 7,78 \text{ mm}$$

Por lo tanto se elige que la estructura tendrá para esta sección un tubo de 10x50x2mm.

Conclusión

Por ergonomía de la estructura se toma en cuenta que la base va a ser uniforme y se toma como referencia el Tubo estructural de 50x50x2 mm. Ver Anexo III de materiales.

¹⁰ Según apéndice G Pag 895 Timoshenko

3.6.1.1 Simulación de desplazamientos y esfuerzos en la cabina (ver figuras 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24)

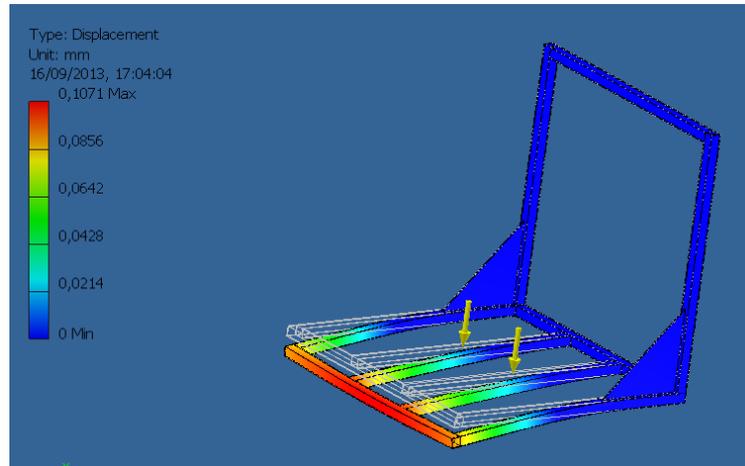


Figura 3.16 Desplazamiento Total
Fuente: Autores

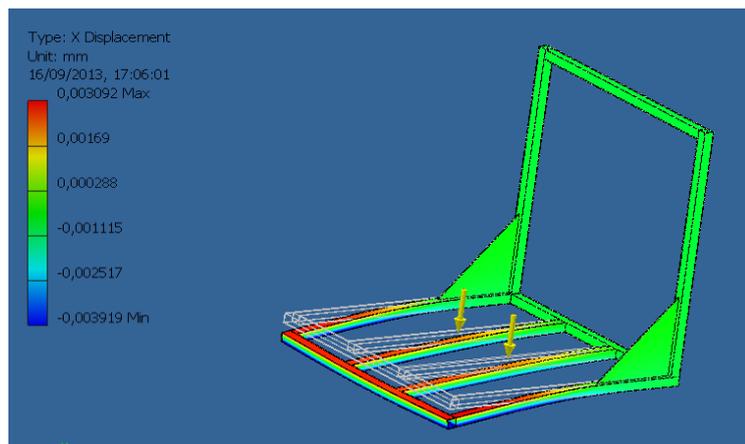


Figura 3.17 Desplazamiento en el eje "X"
Fuente: Autores

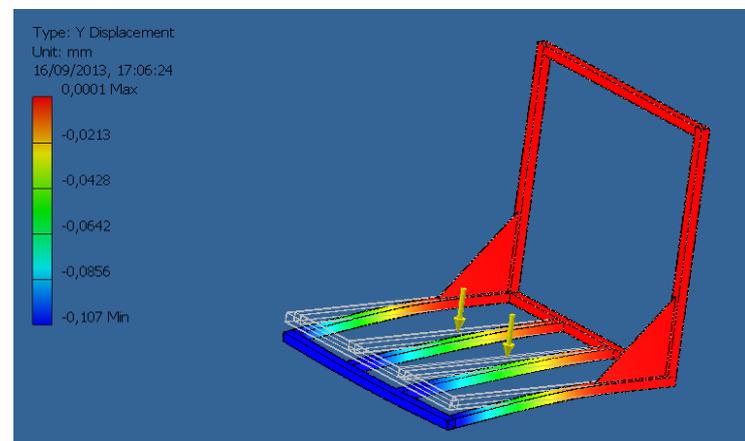


Figura 3.18 Desplazamiento en el eje "Y"
Fuente: Autores

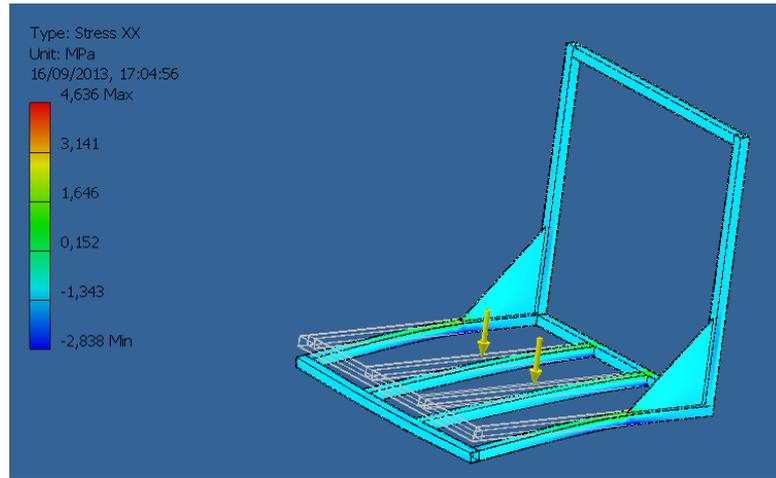


Figura 3.19 Esfuerzo “XX”
Fuente: Autores

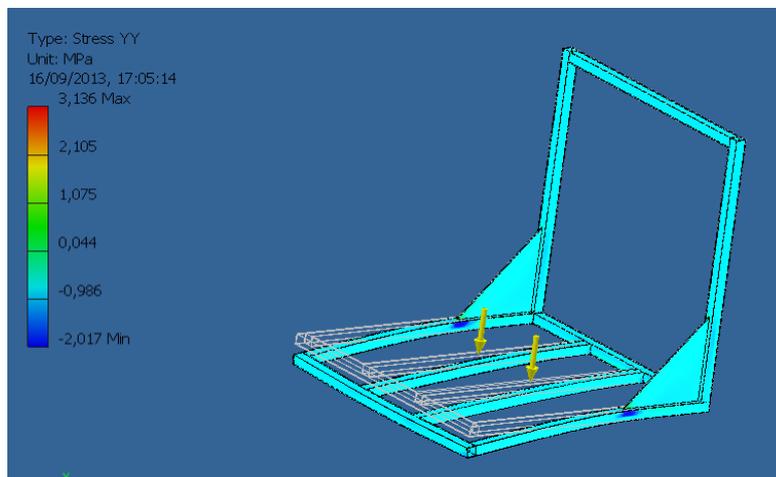


Figura 3.20 Esfuerzo “YY”
Fuente: Autores

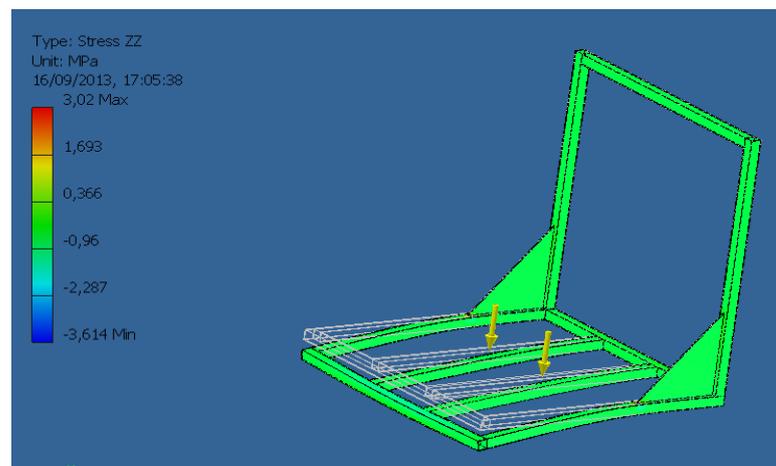
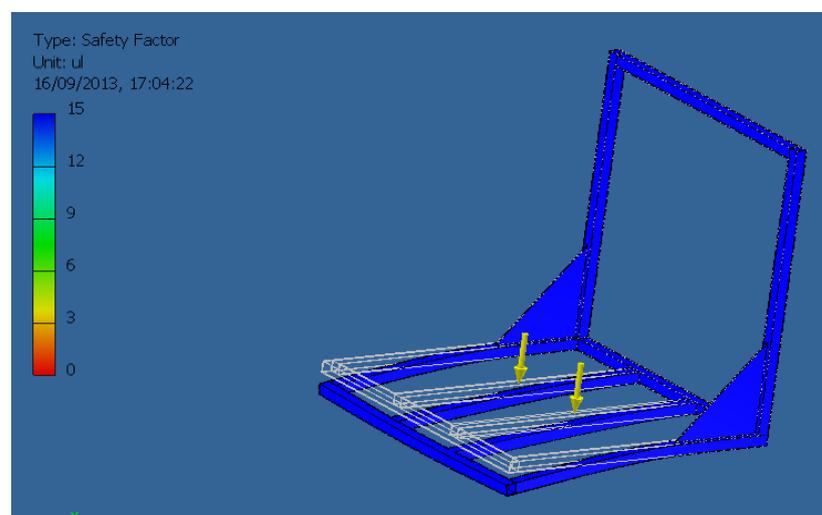
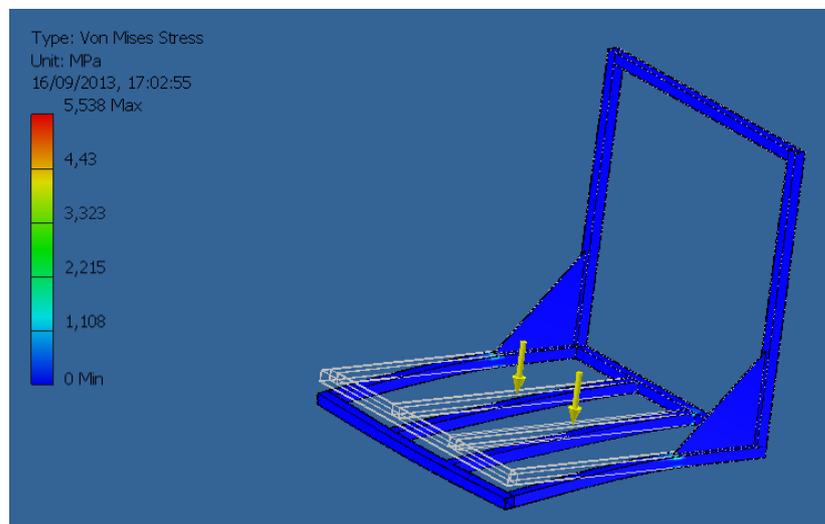
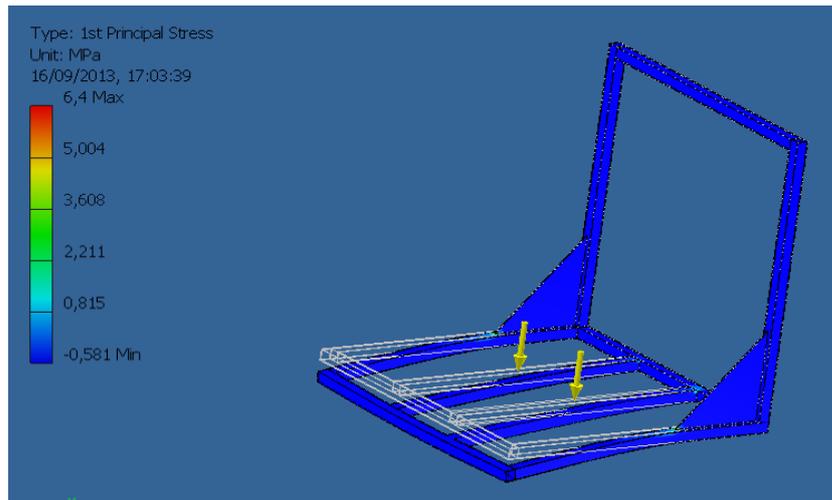


Figura 3.21 Esfuerzo “ZZ”
Fuente: Autores



3.6.2 Cálculo de las columnas

Para diseñar las columnas es necesario determinar el esfuerzo de compresión al que están sometidos para lo cual se debe conocer el área transversal del perfil y la fuerza de compresión.

Para ello se debe seleccionar un tipo de perfil y determinar si es el apropiado para la carga que va a elevar. Realizar el diagrama de cuerpo libre y determinar las reacciones. (Ver figura 3.25)

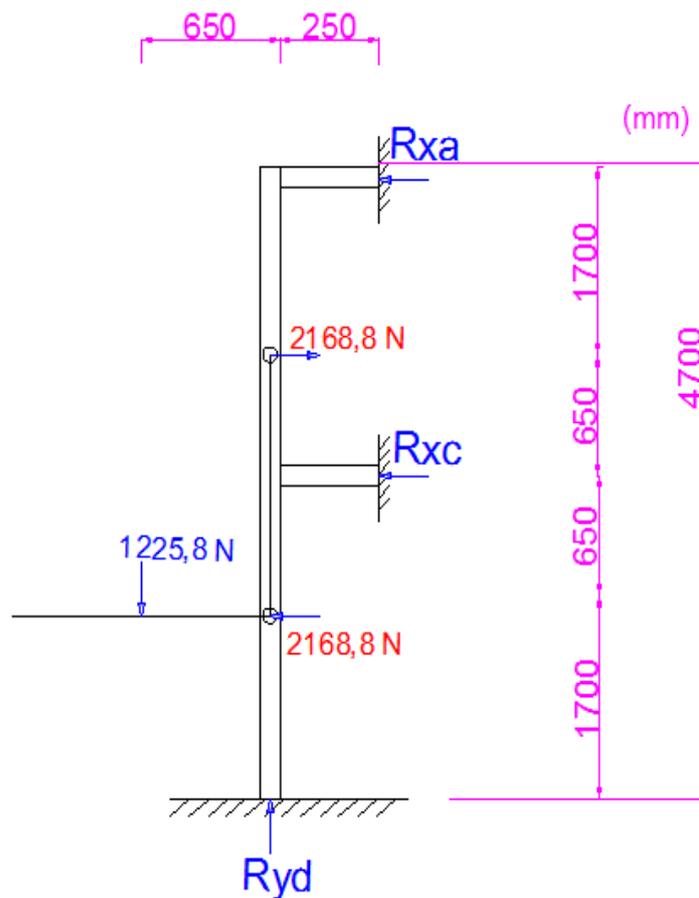
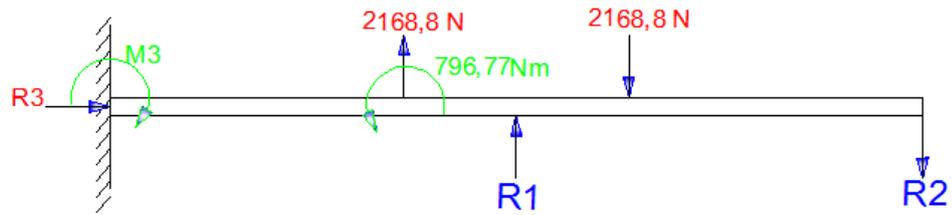


Figura 3.25 Diagrama Columna Vertical

Fuente: Autores

Se considera como una viga hiperestática



Cálculo de Reacciones:

$$\sum f_y = 0$$

$$R_1 - R_2 = 0$$

$$\mathbf{R_1 = R_2} \quad (\text{Ecuación 3.19})$$

$$\sum f_x = 0$$

$$R_3 = 0$$

$$(\text{Ecuación 3.20})$$

$$\sum M_3 = 0$$

$$M_3 - 796,77 \text{ Nm} - (2168,8 \text{ N} \times 1,7\text{m}) + (2168,8 \text{ N} \times 3\text{m}) - (R_1 \times 2,35)\text{m} + (R_2 \times 4,7)\text{m} = 0$$

$$2,35R_{xc} = 215,91$$

$$R_{xc} = 91,87 \text{ kg} \sim R_{xc} = 900,9 \text{ N} \quad (\text{Ecuación 3.21})$$

Remplazando ecuación 3.9 en la ecuación 3.8

$$\mathbf{R_{xa} = 91,87 \text{ kg} \sim R_{xc} = 900,9 \text{ N}} \quad (\text{Ecuación 3.22})$$

Selección de Perfil:

Según el catálogo de DIPAC seleccionamos el perfil TIPO "C" 100x50x6

Selección de Fuerza crítica (Carga crítica):

Según los cálculos la fuerza crítica que actúa axialmente en la columna es:

$$\mathbf{R_{yd} = 250 \text{ Kg} \sim R_{yd} = 2451 \text{ N} \sim R_{yd} = 551,2 \text{ lb}}$$

Esfuerzo de compresión de la columna (Esfuerzo crítico):

$$\sigma_{cm} = \frac{FC}{A} \quad (\text{Ecuación 3.23})$$

$$FC = 551,2 \text{ lb}$$

$$A = 10,82 \text{ cm}^2 \sim 0,16 \text{ plg}^2$$

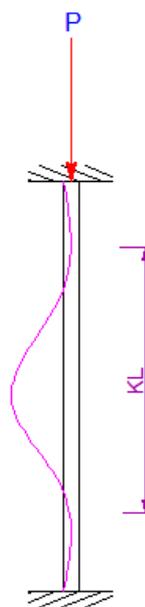
$$\sigma_{cm} = \frac{551,2 \text{ lb}}{0,16 \text{ plg}^2}$$

$$\sigma_{cm} = 3445 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} = 3,45 \text{ kpsi} \quad (\text{Ecuación 3.24})$$

Determinamos el factor k de la columna:

KT = teórico

KP = Practico



Se condiera para este caso, la columna empotrada libre

Para este caso es:

Empotrado – Empernado

$$K = 0,8$$

Según el manual AISC.

Radio de Giro

$$r \text{ min} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r \text{ min} = \sqrt{\frac{155,56}{10,82}}$$

$$r \text{ min} = 14,37 \text{ cm} = 5,65 \text{ plg} \quad (\text{Ecuación 3.25})$$

Longitud efectiva:

Para este caso se considera que la columna esta empotrada en el piso y libre en la parte superior por ende:

$$L_e = 2L$$

$$L_e = 2(4700) = 9400\text{mm}$$

$$L_e = 9,4 \text{ m} = 370,07 \text{ plg} \quad (\text{Ecuación 3.26})$$

Esbeltez:

$$\lambda = \frac{KL}{r_{min}} \quad (\text{Ecuación 3.27})$$

$$\lambda = \frac{(0,8)(370,07)}{5,65}$$

$$\lambda = 52,39 \quad (\text{Ecuación 3.28})$$

Por lo tanto la esbeltez está dentro de los límites $\lambda < 200$.

$$P_{cr} = F_a * A_g \quad (\text{Ecuación 3.29})$$

P_{cr} = Carga Crítica

F_a = Esfuerzo crítico¹¹

A_g = área de la sección transversal de la columna.

$$P_{cr} = (18,08 \text{ ksi} * 0,16 \text{ plg}^2)$$

$$P_{cr} = 2,89 \text{ klb} = 10577 \text{ N} \quad (\text{Ecuación 3.30})$$

Conclusión

Se utilizará dos columnas de canal estructural tipo “C” 100x50x6 que tienen que soportar la carga neta del elevador.

3.6.3 Cálculo del sistema elevación y tracción

3.6.3.1 Diámetro del Cable

Para iniciar el cálculo del cable que va a soportar, se debe tomar en cuenta que el sistema va a tener doble enrollamiento de cable, el cual permite tener un mayor rendimiento y seguridad como se muestra en la figura 3.26

¹¹ Manual AISC Pag 3-16 Tabla C-36

Rodillo de doble cable

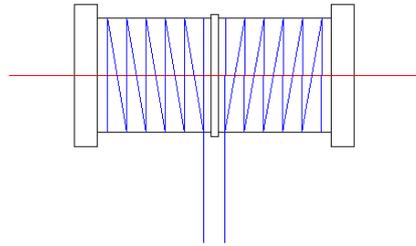


Figura 3.26 Rodillo enrollador de cable
Fuente: Autores

Cálculo del diámetro del cable:

$$d = k.T \quad (\text{Ecuación 3.31})$$

En donde:

d = Diámetro del cable

k = Coeficiente que se dispone de acuerdo a la utilización del cable

T = Carga total que está sometido el cable.

$$T = \frac{\text{Carga neta}}{n} \quad (\text{Ecuación 3.32})$$

n = Es el rendimiento global, para este caso se tomará en cuenta 1 por lo que va a elevar contingente de grado 1 (Personas).

k = El cable que se utiliza para elevadores de personas tiene un $k = 0,45$ a $0,60$

$$d = 0,6 \frac{125}{1} = 7,5 \text{ mm}$$

3.6.3.2 Cálculo del diámetro mínimo de la polea de tracción

$$D = s * \xi \quad (\text{Ecuación 3.33})^{12}$$

¹² A Miravete, Emilio Larrodé, Elevadores: principios e innovaciones.

D = Diámetro mínimo de la polea

S = Coeficiente del cable según la clasificación y uso en el elevador.¹³

ξ = Carga total ha la que va a ser sometido el elemento.

Para elevadores de carga (personas) donde la altura no sobrepasa de los 4 pisos se considera en el grupo E. (Ascensores Domésticos)¹⁴

Por lo tanto el coeficiente de *s*: 10 – 15

ξ = Carga total / rendimiento

El rendimiento de un ascensor domestico se lo considera como un 0,8 – 1, se asume un rendimiento promedio de 0,9.

$$D = 12,7 * \frac{250}{0,9}$$

$$D = 186,87 \text{ mm}$$

Por lo tanto se selecciona una polea que existe en el mercado de 200 mm.

3.6.3.3 Cálculo de potencia del motor

Para la selección del Motoreductor se va a utilizar el catálogo de algún fabricante (Catalogo SIEMENS), según el Anexo IV.

3.6.3.4 Cálculo de la Potencia del Motor-reductor

Trabajo a desarrollarse es de:

$$T = F * d * \cos \phi \quad (\text{Ecuación 3.34})$$

F = Fuerza a elevar

d = es la distancia a elevar

$\cos \emptyset$ = se considera nulo ya que va estar la fuerza sobre el desplazamiento de la polea.

¹³ A Miravete, Emilio Larrodé, Elevadores: principios e innovaciones.

¹⁴ A Miravete, Emilio Larrodé, Elevadores: principios e innovaciones.

Por lo tanto:

$$T = 250\text{kgf} * 4,7 \text{ m}$$

$$T = 1175 \text{ kgf-m} \quad (\text{Ecuación 3.35})$$

Potencia del Motor es:

$$P = \frac{T}{t} \quad (\text{Ecuación 3.36})$$

$$P = \frac{1175 \text{ kgf-m}}{4,54 \text{ seg}}$$

Donde t es el tiempo que se tarda en subir la distancia de un metro; se calculó 4,54 por que la velocidad está referida en la norma o reglamento CPE INEN 18-2000, velocidades en ascensores.

$$V = 0,22 \text{ m/s} \rightarrow t = 4,54 \text{ seg} \approx (\text{cada metro})$$

$$P = 258,81 \text{ kgf-m/seg}^3$$

$$P = 258,81 \text{ watt} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ watt}}$$

$$P = 0,34 \text{ HP}$$

Según la norma se selecciona un factor de seguridad de 2 por lo tanto la Potencia del Motoreductor es:

$$P_{\text{real}} = P * \eta \quad (\text{Ecuación 3.37})$$

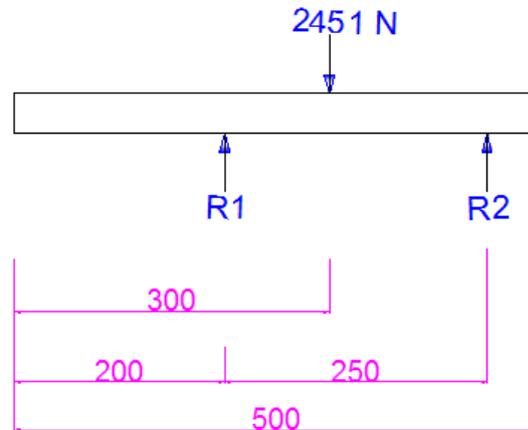
$$P_{\text{real}} = 0,34 * 2$$

$$P_{\text{real}} = 0,69 \text{ HP} \sim 1 \text{ HP}$$

3.6.3.5 Diseño del eje motriz (Motorreductor)

El eje está dimensionado en base a la distribución de las cargas y su facilidad de construcción.

Cargas aplicadas en el eje



Cálculo de Reacciones:

Cargas:

$$250 \text{ kg} = 2451,6 \text{ N}$$

$$\sum f_x = 0 \quad (\text{Ecuación 3.38})$$

$$\sum f_y = 0$$

$$R1 + R2 = 2451 \text{ N}$$

$$R1 = 2451 \text{ N} - R2 \quad (\text{Ecuación 3.39})$$

$$\sum M_{\text{punto 1}} = 0$$

$$(2451 \text{ N} * 0,1) - (R2 * 0,25) = 0$$

$$R2 = 245,1 / 250$$

$$R2 = 980 \text{ N} \quad (\text{Ecuación 3.40})$$

$$R1 = 1470,6 \text{ N}$$

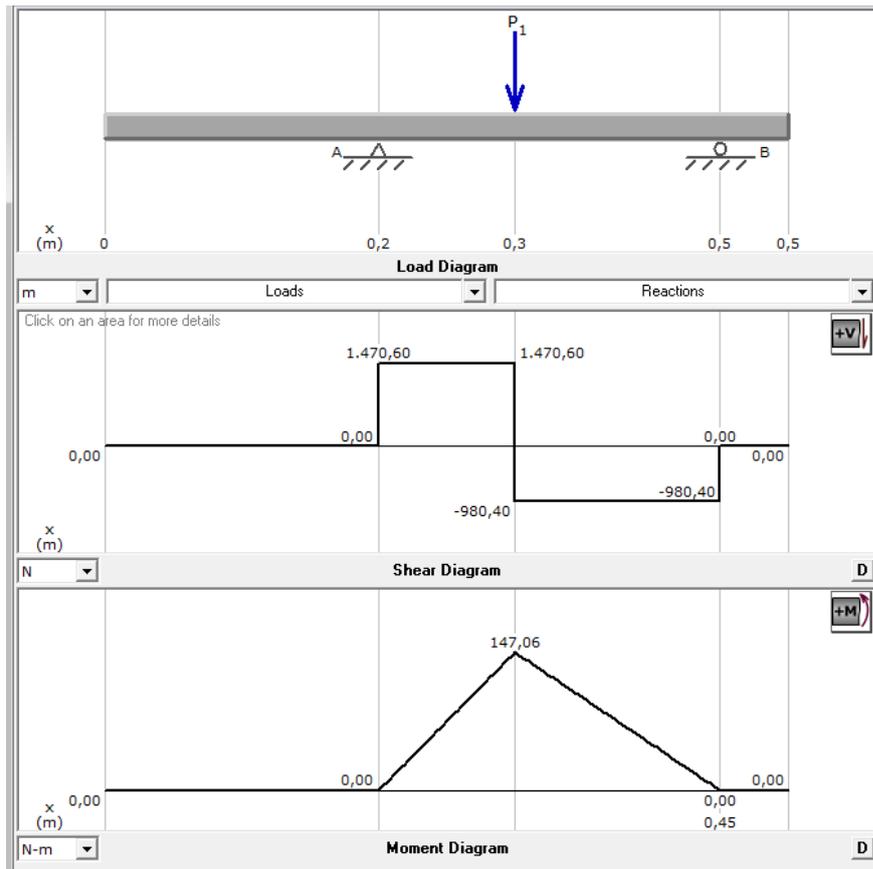


Figura 3.27 Diagrama de reacción y momento flector máximo (MD Solid 3.5)
Fuente: Autores

Momento Máximo = 147,06 Nm

Momento Torsor

$$T = \frac{2}{3} \mu * F * rp \quad (\text{Ecuación 3.41})$$

Rp = Radio de la Polea

$$T = \frac{2}{3} * 0,1 * 2451 \text{ N} * 0,1\text{m}$$

$$T = \frac{2}{3} * 0,1 * 2451 \text{ N} * 0,1\text{m}$$

$$T = 16,34 \text{ Nm.}$$

Esfuerzos del diagrama de momentos

Como se puede observar en los diagramas la sección crítica se encuentra en el punto B.

$$\sigma = \frac{Mxc}{I} \quad (\text{Ecuación 3.42})^{15}$$

Donde:

σ = Esfuerzo de flexión.

M = Momento máximo del eje.

c = Distancia desde el eje neutro hasta el punto donde se producen los máximos esfuerzos.

I = Inercia de la sección.

$$\sigma = \frac{2451 \text{ Nm} * \frac{d}{2}}{\frac{\pi * d^4}{64}}$$

$$\sigma = \frac{1225,5 \text{ Nm} * \frac{d}{2}}{\frac{\pi * d^4}{64}}$$

$$\sigma = \frac{12482,84 \text{ Nm}}{d^3 \text{ m}^3}$$

Esfuerzo torsor:

$$\tau = \frac{Txc}{J} \quad (\text{Ecuación 3.43})^{16}$$

Donde:

τ = Esfuerzo de torsión.

J = Momento polar de inercia.

T = Momento torsor.

¹⁵SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 337

¹⁶SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 353

$$\tau = \frac{16,34 Nm * \frac{d}{2}}{\frac{\pi x d^4}{32}}$$

$$\tau = \frac{83,22}{d^3} (N m^2)$$

Entonces se puede decir que si:

$$\tau \leq 0.5\sigma$$

Tenemos:

$$de = \left(\frac{32 Mn}{\pi x Se}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ecuación 3.44})^{17}$$

Donde:

M= Momento máximo en el eje.

n= Factor de seguridad.

de= Diámetro del eje.

Diseño a fatiga para el eje del material

Si se considera un acero AISI 1018 para ejes de transmisión con las siguientes características:

$$Sy = 240 N/mm^2 = 24.49 Kg / mm^2$$

$$Sut = 410 N/mm^2 = 41.84 Kg / mm^2$$

$$\text{Dureza} = 126 \text{ HB}$$

Según Catalogo de BOHLER e IBCA, se asume un factor de seguridad (n=5) porque va a trabajar, sometido a cargas.

¹⁷SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 732

La ecuación para el límite a fatiga está dada por:

$$Se = Se' \times ka \times kb \times kc \times kd \times ke \times kf \quad (\text{Ecuación 3.45})^{18}$$

Donde:

Se = Límite de resistencia a la fatiga.

Se' = Límite aproximado de fluencia a la fatiga.

ka = Factor de superficie.

kb = Factor de tamaño.

kc = Factor de confiabilidad.

kd = Factor de temperatura.

ke = Factor de modificación por concentración de esfuerzos.

kf = Factor de efectos diversos.

Sut = Esfuerzo máximo

$$Se' = 0.5 Sut \quad (\text{Ecuación 3.46})^{19}$$

$$Se' = 0.5 \times 410 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$Se' = 205 \text{ N/mm}^2$$

El ka se encuentra con el acabado superficial y el Sut . Según SHIGLEY Diseño en Ingeniería Mecánica. Figura 7.10 (Ver Anexo V)

Con $Sut = 410 \text{ MPa} = 0.41 \text{ GPa}$ y maquinado se obtiene:

$$ka = 0.78$$

Para un eje que se encuentre a flexión y torsión se utiliza la siguiente ecuación:

$$kb = 0.869 d^{-0.097} \quad (\text{Ecuación 3.47})^{20}$$

¹⁸SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 307

¹⁹SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 294

²⁰SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 313

Esta ecuación está dada para cuando el diámetro del eje se encuentra en un rango entre:

$$0.3 \text{ pulg} < d \leq 10 \text{ pulg}$$

$$k_b = 0.869 \times 1.25^{(-0.097)}$$

$$k_b = 0.85$$

Según SHIGLEY Diseño en Ingeniería Mecánica.

Factores de Confiabilidad k_c correspondientes a una desviación estándar del 8% del límite de fatiga.		
Confiabilidad R	Variable Estandarizada Z_c	Factor de Confiabilidad k_c
0.50	0	1.000
0.90	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.091	0.753
0.9999	3.719	0.702
0.99999	4.265	0.659
0.999999	4.753	0.620
0.9999999	5.199	0.584
0.99999999	5.612	0.551
0.999999999	5.997	0.520

$$k_c = 0.897$$

En el libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de SHIGLEY determina que para hallar (k_d) se utiliza una de las siguientes expresiones según el uso del eje:

$$k_d = \begin{cases} 1.0 & T \leq 450 \text{ }^\circ\text{C} \\ 1 - 5.8(10)^{-3}(T - 450) & 450 \text{ }^\circ\text{C} < T \leq 550 \text{ }^\circ\text{C} \\ 1 - 3.2(10)^{-3}(T - 840) & 840 \text{ }^\circ\text{F} < T \leq 1020 \text{ }^\circ\text{F} \end{cases}$$

Como la temperatura a la que trabaja el eje tiene una variación de temperatura despreciable:

$$k_d = 1.0$$

Para calcular el Factor de modificación por concentración de esfuerzos se utiliza la siguiente ecuación:

Para estimar el factor K_e se supone un radio de entalladura de $r = 2\text{mm}$

$$k_e = \frac{1}{k_f} \quad (\text{Ecuación 3.48})^{21}$$

$$q = \frac{k_f - 1}{k_t - 1} \quad (\text{Ecuación 3.49})^{22}$$

Donde:

K_f = Factor de reducción de resistencia para fatiga.

q = Sensibilidad a las ranuras o muescas.

K_t = Factor de concentración de esfuerzos, teórico o geométrico.

Según SHIGLEY Diseño en Ingeniería Mecánica. (Tabla A26-7, A26-8, A26-9)
Encontramos K_t ingresando con los valores de (D/d) y (r/d) . Entonces se asumen los siguientes datos:

$$D = 31.75 \text{ mm}$$

$$d = 25.4 \text{ mm}$$

$$r = 2 \text{ mm}$$

Entonces:

$$D/d = 1.25$$

$$r/d = 0.0787$$

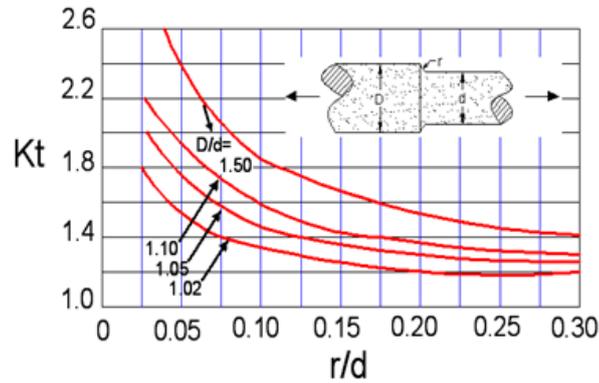
Sección circular a tracción $K_t = 1.8$

Sección circular a torsión $K_t = 1.5$

Sección circular a flexión $K_t = 1.7$

²¹SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 322

²²Idem. p.322



$$k_e = \frac{1}{K_t \times K_{t'} \times K_{t''}} \quad (\text{Ecuación 3.50})$$

$$k_e = \frac{1}{1.8 \times 1.5 \times 1.7} = 0.22$$

Entonces si $K_t = K_f$

$$K_t = K_t' \times K_t'' \times K_t'''$$

$$K_t = 4.59$$

$$K_f = 4.59$$

Por lo tanto el valor de S_e :

$$S_e = 205 \times 0.78 \times 0.85 \times 0.897 \times 1 \times 0.22 \times 4.59 \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

$$S_e = 123,11 \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

Debido a que la torsión y la flexión intervienen en los cálculos es necesario calcular la resistencia de fluencia al cortante del eje, mediante la Teoría de la Energía de distorsión, donde:

$$S_{sy} = 0.577 S_y \quad (\text{Ecuación 3.51})^{23}$$

²³SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 352

Donde:

S_{sy} = Resistencia de fluencia al cortante.

S_y = Resistencia de fluencia.

$$S_{sy} = 0.577 \times 240 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$S_{sy} = 138,48 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

Limite de fatiga a la cortadura corregida:

$$S_{se} = 0.577 S_e \quad (\text{Ecuación 3.52})^{24}$$

Donde:

S_{se} = Limite de fatiga a la cortadura corregida.

S_e = Limite de resistencia a la fatiga.

$$S_{se} = 0.577 \times 123,11 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$S_{se} = 71,03 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

Diámetro

El diámetro va a estar calculado según el criterio de SINES donde:

$$d_e = \left(\frac{32 M_n}{\pi \times S_e} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_e = \left(\frac{32 \times 245,1 \text{ N} - \text{mm} \times 5}{\pi \times 123,11 \text{ N/mm}^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$d_e = 33,79 \text{ mm}$$

²⁴SHINGLEY, Joseph Edward, Op. Cit. p. 352

Conclusión

Se asume un diámetro $d = 38,1$ mm por facilidad de construcción y montaje, además de que se encuentra en el mercado.

3.6.3.6 Cálculo del Tambor

Para poder subir y bajar cómodamente la carga colgada de la extremidad del órgano de tracción, se emplea un tambor, sobre el cual el órgano de tracción se arrolla en forma de hélice, se realiza en dos partes soldables dando como resultado un cilindro hueco de fundición como se muestra en la figura 3.28



Figura 3.28 Cilindro hueco para el tambor de arrollamiento del cable

Fuente: Autores

Suponiendo que el eje del motoreductor gira a 60 rev/min y la velocidad de arrollamiento es de 0,22 cm/s entonces el diámetro del tambor debe ser de 7cm. para de esta forma alcanzar la velocidad deseada.

El espesor de las paredes, en función del diámetro, se fija mediante la relación observada en la ecuación 3.53.

$$s = (0.03 \text{ a } 0.04)R + 10 \quad (\text{Ecuación 3.53})^{25}$$

²⁵ La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 559

Donde S es el espesor y R el radio del tambor

Se obtiene $S = 12 \text{ mm}$.

El ancho de éste, está dado por las vueltas que deba girar el órgano de tracción sobre el tambor para completar la altura necesaria, esto se observa en la ecuación 3.54.

$$\eta = \frac{H}{2R\pi} \quad (\text{Ecuación 3.54})^{26}$$

Donde la longitud útil, L, del tambor depende de la altura, H, de elevación de la carga, para un tambor de radio R, la longitud útil de este se deducirá por la relación de la ecuación 3.55.

$$L = \eta * e \quad (\text{Ecuación 3.55})^{27}$$

De modo que (e), es el paso de la hélice que describe el cable sobre el tambor. Y por último, la altura de los bordes del tambor se fija arbitrariamente.²⁸

Envolvente de cable = 4,7 m

D rodillo = 200 mm;

Radio r = 100mm

Vueltas de cable en rodillo de 200mm

$$\# \text{vueltas de cable} = \pi * d$$

$$\# \text{vueltas de cable} = \pi * 0,2 \text{ m}$$

$$\# \text{vueltas de cable} = 0,62 \text{ m}$$

Se necesita un rodillo de 6,2 cm de longitud interna; por seguridad y diseño se establece que sea un carrete-rodillo doble.

²⁶ La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 559

²⁷ La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 559

²⁸ La Escuela del Técnico Mecánico, Weitzel. K, 3ra edición, Pág. 559

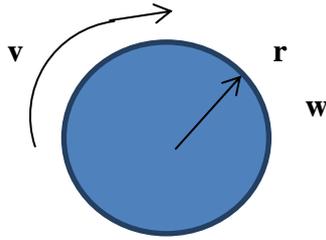


Figura 3.29 Diámetro del Tambor
Fuente: Autores

$$W = \frac{v}{r} = \frac{2,2 \frac{m}{s}}{0,1 m} = 22 \text{ rev/seg} \quad (\text{Ecuación 3.56})$$

Por lo tanto el diámetro del tambor puede ser de 130mm.

3.6.3.7 Cálculo de la Chaveta

Las chavetas son utilizadas por lo general para fijar elementos que transmiten un momento torsor e impedir un movimiento axial relativo entre las partes como se aprecia en la figura 3.30.

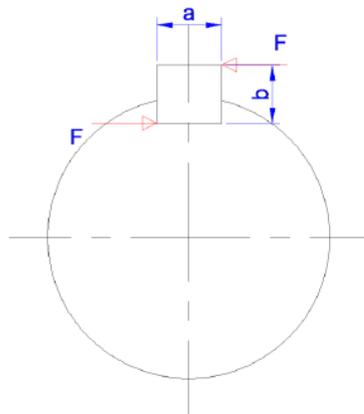


Figura 3.30 Esquema de la chaveta eje moto reductor
Fuente: Autores

En la práctica se considera una chaveta cuyo tamaño está basado en el cuarto del diámetro del eje, se ajustan las demás dimensiones y la resistencia necesaria. Las chavetas por lo regular fallan por aplastamiento o por corte, para el presente diseño el estudio se basa solo en la falla por corte ya que carece de fuerzas para realizar un

análisis por aplastamiento, se aprecia el cálculo del torque del moto reductor en la ecuación 3.57 que es:

$$T = \frac{H*63000}{W} \quad (\text{Ecuación 3.57})$$

Donde:

H = la potencia del moto-reductor.

W = la velocidad a la que gira el eje.

$$T = \frac{1 \text{ HP} * 63000}{60}$$

$$T = 1050 \text{ lb.plg}$$

$$d = 20\text{mm} = 0,787 \text{ plg}$$

Se escoge una chaveta cuadrada de 5mm x 6mm. Usando como material acero UNS G10200 estirado en frio cuya resistencia a la fatiga es de:

$$S_y = 448.8 \text{ Mpa} = 65076 \text{ lb/plg}^2.$$

Según la ecuación 3.58 y con un factor de seguridad igual dos, se calcula la longitud necesaria para que la chaveta soporte el esfuerzo de corte.

$$L \geq \frac{2*T*n}{d*w_c*0.40*65076} \quad (\text{Ecuación 3.58})$$

$$L \geq (2 * 1050 * 2) / (0,787 * 0,236 * 0,40 * 65076)$$

$$L \geq 0,86 \text{ plg}$$

$$L \geq 22,06 \text{ mm}$$

Al ser el tambor una estructura soldable y hueca, se colocan dos chavetas, una en cada parte del tambor, estas deberán ser de una longitud de 12mm cada una.

CAPÍTULO IV

COSTOS DEL PROYECTO

El presente capítulo tiene como objetivo determinar los recursos que se emplearán para la construcción del proyecto, para lo cual interesa describir los costos parciales y el costo total del elevador (ascensor) de 250 kg, para personas con capacidades especiales o personas adultas mayores.

4.1 Costos

Los rubros a tomar en cuenta dentro de los costos son:

- Materiales
- Insumos
- Costo de Maquinado
- Costo de mano de obra (fabricación y montaje)
- Costo de sistema eléctrico y de control
- Costo de Diseño

4.1.1 Costo de materiales

Es la materia prima que se emplea para construir los elementos que constituyen el elevador de 250 kg.

Se detallan los materiales utilizados como el costo y la cantidad de cada uno de ellos como podemos apreciar en la tabla 4.1., los que fueron obtenidos en el mercado local y de la lista de precios de la Cámara de Construcción de Quito año 2012. Ver en Anexo VI.

COSTO DE MATERIALES								
ITEM	MATERIAL	UBICACIÓN	DIMENSION (mm)	CANT. (m)	PESO UNITARIO (kg)	PESO TOTAL	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Perfil laminado tipo "C" ASTM A 36	Columnas	C 100x50x6	9,4	8,66	81,40	1,39	113,15
2	Perfil laminado tipo tubo cuadrado ASTM A 36	Cabina	50x50x3	4	26,88	107,52	1,39	149,45
3	Plancha lisa ASTM A 36	Forro de cabina	1.3x1.3x2	2	26,53	53,06	1,20	63,67
4	Plancha lisa ASTM A 36	Forro de cabina	1.300x650x2	2	13,26	26,52	1,20	31,82
5	Perfil laminado tipo "C" ASTM A 36	Durmientes	C 80x50x2	2,4	3,54	8,50	1,39	11,81
6	Perfil laminado tipo "C" ASTM A 36	Cartelas	250x250x3	2	0,18	0,36	1,20	0,43
7	Perfil laminado tipo "C" ASTM A 36	Placas base-piso	300x300x6	2	8,48	16,96	1,20	20,35
8	Perfil laminado tipo "C" ASTM A 36	Placas base-pared	250x250x6	4	2,94	11,76	1,20	14,11
9	Perfil laminado tipo "C" ASTM A 36	Refuerzos columnas	C 100x50x6	1	8,66	8,66	1,39	12,04
10	Perfil laminado tipo tubo cuadrado ASTM A 36	Puerta	40x40x2	1	14,46	14,46	1,90	27,47
11	Plancha lisa ASTM A 36	Forro puertas	650x650x2	2	6,64	13,28	1,20	15,94
12	Eje de acero ANSI 1018	Eje del tambor	ϕ 30x650	1	3,7	3,70	1,48	5,48
13	Eje de acero ANSI 1018	Tambor	ϕ 200x300	1	4,02	4,02	1,48	5,95
14	Eje de acero ANSI 1018	Bocín de poleas	ϕ 2"	2	2,5	5,00	1,48	7,40
15	Acero ASTM A 36	Polea	ϕ 4"	1	5,8	5,80	2,66	15,43
16	Eje de acero ANSI 1018	Anclaje polea	ϕ 1"	1	8	8,00	2,66	21,28
17	Eje de acero ANSI 1018	Anclaje de rodamientos-guías		4	1,5	6,00	1,30	7,80
18	Eje de acero ANSI 1018	Chavetas	M8x8x150	4			2,40	9,60
SUBTOTAL 1								533,18

Tabla 4.1 Costo de materiales

Fuente: Autores

4.1.2 Costos de insumos

Son aquellos elementos que se encuentran disponibles en el mercado para su comercialización y sin alteración alguna para su uso.

Los costos de los elementos normalizados se los encuentra en la tabla 4.2., que se obtienen también en el mercado local.

COSTO DE INSUMOS						
ITEM	MATERIAL	UBICACIÓN	DIMENSION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Perno de anclaje	Columna-piso	3/4"x4"	12	3,48	41,76
2	Perno de anclaje	Columna-pared	5/8"x4"	48	2,50	120,00
3	Chumacera	Sistema de tracción	ϕ 1"	4	5,25	21,00
4	Grilletes	Sistema de tracción	3/16"	6	2,00	12,00
5	Guarda cabos	Sistema de tracción	3/16"	2	0,80	1,60
6	Pernos de sujeción	General	Global	1	30,00	30,00
7	Arandelas planas	General	Global	1	15,00	15,00
8	Bancada de motor	General	Global	1	50,00	50,00
9	Remaches	General	Global	1	6,50	6,50
10	Electrodo E-6011 Kg	General	Global	12 kg	3,60	43,20
11	Lija para hierro	General	Global	5	0,65	3,25
12	Disco para corte	General	Global	4	2,20	8,80
13	Pintura anticorrosiva	General	Global	1 gal	5,00	5,00
14	Thinner	General	Global	1 gal	1,75	1,75
15	Guaípe	General	Global	8	0,30	2,40
16	Varios	General	Global		10,00	10,00
17	Cable de acero Seale Calidad 300 Kg/m ²	Sistema de tracción	8x19x1 mm	10 m	3,85	38,50
18	Moto reductor	Sistema de tracción		1	318,79	318,79
					SUBTOTAL 2	729,55

Tabla 4.2 Costo de Insumos

Fuente: Autores

4.1.3 Costo de maquinado

Para determinar el costo de cada máquina y equipo empleado en la construcción, el costo establecido incluye el costo del operario para la misma, el tiempo que se señala en la tabla 4.3., se detallan los diferentes procedimientos, el tiempo y su costo total, proporcionados por la Cámara de Comercio de Quito.

COSTO DE MAQUINADO						
ITEM	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIEMPO TOTAL (H)	COSTO (USD/H)	COSTO TOTAL	
1	Transporte de material	General	1	20,00	20	
2	Corte de material	General	8	6,25	50	
3	Esmerilado y limado	General	2	5,25	10,5	
4	Soldadura E6011	Estructura cabina	7	11,25	78,75	
5	Soldadura E7018	Estructura cabina	7	11,25	78,75	
6	Soldadura E6011-E7018	Columnas	4	11,25	45	
7	Taladro	Placas de anclaje	1	8,75	8,75	
8	Torneado	Piezas mecanizadas	4	14,75	59	
9	Fresado	Piezas mecanizadas	1	10,00	10	
10	Rectificado	Columnas y piezas	2	6,00	12	
11	Pintura y galvanizado	General	8	19,25	154	
					SUBTOTAL 3	526,75

Tabla 4.3 Costo de Maquinado

Fuente: Autores

4.1.4 Costo de mano de obra (fabricación y montaje)

Estos costos están relacionados con la mano de obra requerida para el armado y ensamblado de cada una de las partes y sistemas del elevador (ascensor). Tomando en cuenta los gastos de movilización de las personas y del transporte de materiales.

Para el montaje se considera el trabajo de 3 personas durante 5 días, por 8 horas diarias de trabajo con un costo de 3 a 1,5 USD/hombre, el costo de la mano de obra se muestra en la tabla 4.4.

COSTO DE MANO DE OBRA (FABRICACION Y MONTAJE)					
ITEM	TIPO DE OPERARIO	DESCRIPCIÓN	TIEMPO TOTAL(H)	COSTO (USD/H)	COSTO TOTAL
1	Supervisor	Montaje	40	2,91	116,40
2	Soldador	Fabricación y Montaje	40	2,08	83,20
3	Ayudante	Fabricación y Montaje	40	1,40	56,00
4	N/A	Movilización			150,00
SUBTOTAL 4					405,60

Tabla 4.4 Costo de Mano de Obra y Montaje
Fuente: Autores

4.1.5 Costo de sistema eléctrico y de control

Dentro del sistema eléctrico y de control se puede tomar como referencia un costo aproximado a los 2000 dólares.

4.1.6 Costo de diseño

Este tipo de costo representa al tiempo y esfuerzo que los ingenieros dedican para el diseño de la máquina elevadora (ascensor), un método para evaluar el costo de diseño se basa en el porcentaje del costo de la máquina una vez construida.

Este porcentaje depende del grado de dificultad tanto del diseño así como de la construcción. Para el presente diseño este porcentaje es el 30%.

4.1.7 Costo total del proyecto

En la tabla 4.5. Se observa el resumen de los costos que se va a utilizar en la fabricación del elevador-ascensor.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
DESCRIPCION	VALOR TOTAL
Costo de Materiales	533,18
Costo de Insumos	729,55
Costo de Maquinado	526,75
Costo de Mano de obra (fabricación y montaje)	405,60
Costo de Sistema Eléctrico y de Control	2000,00
Costo de Diseño	660,00
TOTAL	4855,08

Tabla 4.5 Costo total del proyecto

Fuente: Autores

Conclusión

En comparación al costo de equipos similares en el Ecuador, un elevador de estas características está avaluado desde los 8000 dólares, uno de nuestros objetivos es realizar el diseño a un costo bajo para que las personas que lo necesiten lo puedan adquirir.

CONCLUSIONES

- El presente proyecto cumple con el objetivo inicial de diseñar y simular un ascensor con carga máxima de 250kg., para personas con capacidades especiales.
- De acuerdo a las alternativas mencionadas en el capítulo II, se concluye que las mejores opciones tanto para el sistema de tracción como para el tipo de cabina son sistema de rodillo con doble cable y media cabina respectivamente.
- La simulación es una herramienta de apoyo que comprueba que los cálculos realizados están dentro de un intervalo aceptable de variación. Así también muestran en qué partes de la estructura se puede producir la falla o fatiga.
- El ascensor se puede instalar en cualquier tipo de vivienda de dos pisos que disponga de un espacio físico requerido en el diseño.
- Este tipo de ascensor puede contribuir al traslado de personas con capacidades especiales de una forma fácil y segura, confirmando así la hipótesis planteada en el comienzo del proyecto.
- La construcción de este ascensor representaría aproximadamente el 65% del costo de ascensores que existen en el mercado.

RECOMENDACIONES

- El diseño mecánico debe ir a la mano con el sistema de control eléctrico. Se recomienda realizar los circuitos y componentes eléctricos y electrónicos por parte de ingenieros especialistas en estas áreas.
- Para mayor seguridad se recomienda colocar letreros de información sobre el uso y la carga máxima que puede transportar el ascensor.
- A partir de este estudio, se puede ampliar la investigación con otros tipos de rieles, sistema de izaje ó tipos de cabina que pueden mejorar el funcionamiento.
- La mayoría de viviendas uniformes de dos pisos cuentan con un garaje, jardín o un patio. En uno de estos espacios se puede instalar fácilmente el ascensor.

BIBLIOGRAFIA

- SPIRAMULU VINNAKOTA, “Estructuras de acero Comportamiento y LRFD” Primera edición; Editorial Mc. Graw-Hill; Mexico. 2006
- TIMOSHENKO, G; “Resistencia de materiales”
- MIROLIUBOV, E., “Resistencia de materiales”; Editorial MIR, Moscú 1985
- AISC; (1980); “American Institute of Steel Construction, Inc” Octava edición; Chicago, Illinois.
- NORMA ASCE07-05 (1984); “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures”, tercera edición; Atlanta.
- INEN; Código Ecuatoriano de la construcción; INEN CPE 5:2001
- SHIGLEY JOSEPH EDWARD, CHARLES R. MISCHKE, “Diseño en Ingeniería Mecánica” McGraw-Hill Interamericana de México, 1999
- MIRAVETE ANTONIO, “Elevadores, Principios e innovaciones”, Editorial Reverte, S.A. Barcelona, 2007

BIBLIOGRAFIA WEB

- <http://www.conadis.gob.ec/docs/leydiscapacidades.pdf>
- <https://www.industry.siemens.com/>
- http://www.depáginas.com.ar/fotosde_Cables_de_acero
- http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_mecanica/chavetas/default2.asp
- <http://www.renner.com.gt/catalogos-n/icm/Catalog-2010-LIC022-1-Spanish.pdf>
- <http://www.acermet.cl/aceros-inoxidables-bobinas-y-planchas.htm>
- <http://www.ipac-acero.com/ipac/pfen004.html>
- http://www.elevadores.mx/detalles_Elevador-Discapacitados
- http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=72

ANEXOS

Anexo I

Características Mecánicas de canales²⁹

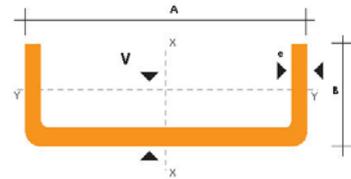
CANALES "U"



PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6mts
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.5mm hasta 12mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm2	I	W	I	I	W	I	x
						cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.66	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54

²⁹ Catalogo acero DIPAC pág. 6

Anexo II

Características Mecánicas de Planchas Inox³⁰

PESOS TEÓRICOS DE BOBINAS Y PLANCHAS DE ACERO INOXIDABLE POR FORMATO							
ESPESOR (mm)	PESO/mt (Kg)	BOBINAS		PLANCHAS			
		1000-Rollo (Kg/mt)	1500-Rollo (Kg/mt)	1000x2000 (Kg)	1000x3000 (Kg)	1500x3000 (Kg)	1500x6000 (Kg)
0.3	2.4						
0.4	3.2	3.2					
0.5	4.0	4.0		8.0	12.0		
0.6	4.8	4.8	9.6	9.6	14.4		
0.8	6.4	6.4	9.6	12.8	19.2	28.8	
1	8.0	8.0	12.0	16.0	24.0	36.0	
1.2	9.6	9.6	14.4	19.2	28.8	43.2	
1.5	12.0	12.0	18.0	24.0	36.0	54.0	
2	16.0	16.0	24.0	32.0	48.0	72.0	
2.5	20.0	20.0	30.0	40.0	60.0	90.0	
3	24.0	24.0	36.0	48.0	72.0(*)	108.0	
4	32.0				96.0	144.0	288.0
5	40.0				120.0	180.0	360.0
6	48.0				144.0	216.0	432.0
8	64.0				192.0	288.0	576.0
10	80.0					360.0	720.0
12	96.0					432.0	864.0
16	128.0					576.0	1152.0
20	160.0					720.0	1440.0
25	200.0					900.0	

³⁰ <http://www.acermet.cl/aceros-inoxidables-bobinas-y-planchas.htm>

Anexo III

Características Tubo estructural cuadrado³¹

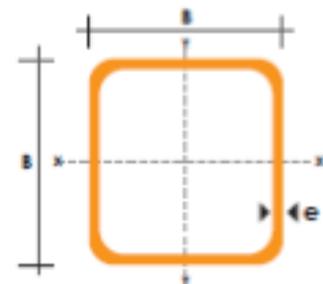
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previo Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Esesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,55
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84



³¹ Catalogo acero DIPAC pág. 31

Anexo IV

Características del reductor³²

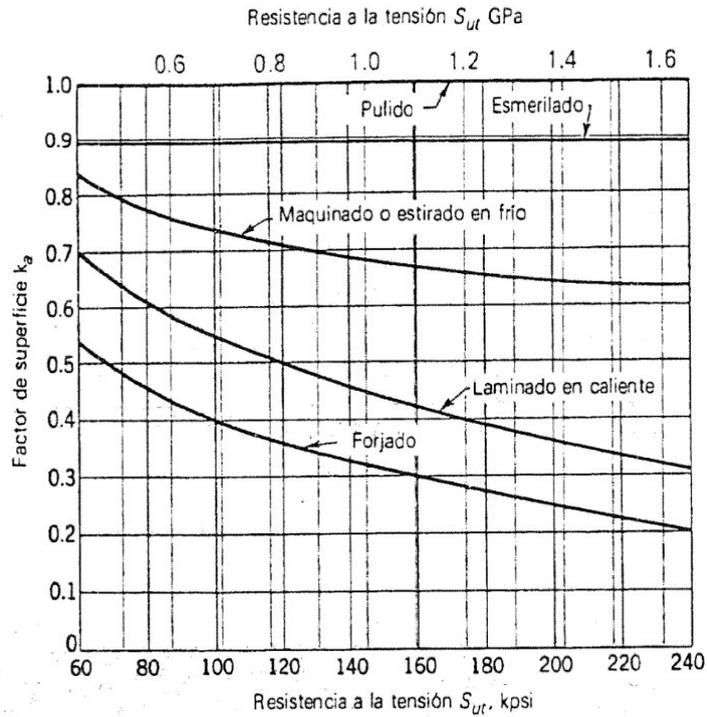
Reductores Sinfin-Serie S / Helicoidal

No. de Depósito	Descripción				
					
	Reductor Sinfin - Serie S		Reductor Sinfin - Helicoidal		
Tipo	Torque Nominal (T2) (Nm)	Referencia Flender	Índice de reducción (i)	Diámetro de salida eje hueco (mm)	
Reductores Sinfin-Serie S					
100208946	2KJ1731-6CA00-OHK1-Z	40	SAZ18-71	10	H20x100
100208947	2KJ1731-6CA00-OHF1-Z	41	SAZ18-71	15	H20x100
100208948	2KJ1731-6CA00-OHH1-Z	41	SAZ18-71	20	H20x100
100208949	2KJ1731-6CA00-OHG1-Z	41	SAZ18-71	25	H20x100
100208970	2KJ1731-6CA00-OHF1-Z	41	SAZ18-71	30	H20x100
100208971	2KJ1731-6CA00-OHE1-Z	43	SAZ18-71	40	H20x100
100208972	2KJ1731-6CA00-OHD1-Z	44	SAZ18-71	50	H20x100
100208973	2KJ1732-5CA00-OHK1-Z	72	SAZ28-71	10	H20 x 121
100208974	2KJ1732-5CA00-OHJ1-Z	72	SAZ28-71	15	H20 x 121
100208975	2KJ1732-5CA00-OHH1-Z	73	SAZ28-71	20	H20 x 121
100208976	2KJ1732-5CA00-OHG1-Z	73	SAZ28-71	25	H20 x 121
100208977	2KJ1732-5CA00-OHF1-Z	73	SAZ28-71	30	H20 x 121
100208978	2KJ1732-5CA00-OHE1-Z	74	SAZ28-71	40	H20 x 121
100208979	2KJ1732-5CA00-OHD1-Z	75	SAZ28-71	50	H20 x 121
100208980	2KJ1732-5DA00-OHK1-Z	72	SAZ28-80	10	H20 x 121
100208981	2KJ1732-5DA00-OHJ1-Z	72	SAZ28-80	15	H20 x 121
100208982	2KJ1732-5DA00-OHH1-Z	73	SAZ28-80	20	H20 x 121
100208983	2KJ1732-5DA00-OHG1-Z	73	SAZ28-80	25	H20 x 121
100208984	2KJ1732-5DA00-OHF1-Z	73	SAZ28-80	30	H20 x 121
Reductores Sinfin- Helicoidal					
100208985	2KJ1601-5EA00-OAB1-Z	168	CA38-K4-90	10.63	H25 x 120
100208986	2KJ1601-5EA00-OAE1-Z	181	CA38-K4-90	15.13	H25 x 120
100208987	2KJ1601-5EA00-OAJ1-Z	200	CA38-K4-90	22.61	H25 x 121
Accesorios					
Brida B14 para motor tamaño 71					
100176124	26000010686	Para acople de motor en reductor Sinfin-Serie S			
Brida B14 para motor tamaño 80					
100160776	26000010687	Para acople de motor en reductor Sinfin-Serie S			

³² Catalogo Siemens - Ecuador pág. 49

Anexo V

Acabado superficial y S_{ut} ³³



FACTORES DE CONFIABILIDAD k_c , CORRESPONDIENTES A UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE 8% DEL LÍMITE DE FATIGA

Confiabilidad R	Variable estandarizada z	Factor de confiabilidad k_c
0.50	0	1.000
0.90	1.288	0.897
0.95	1.645	0.868
0.99	2.326	0.814
0.999	3.091	0.755
0.999 9	3.719	0.702
0.999 99	4.265	0.659
0.999 999	4.753	0.620
0.999 999 9	5.199	0.584
0.999 999 99	5.612	0.551
0.999 999 999	5.997	0.520

³³ SHIGLEY BUDYNAS, Richard G. *Diseño de ingeniería mecánica*, Octava edición, Mc Graw Hill

Anexo VI

Lista de precios Cámara de la Construcción Quito ³⁴

Materiales de Construcción	Precios a Abril	Precios a Marzo
Aceites, lubricantes, hidrául. y afines	352,15	355,04
Acero en barras	313,24	313,24
Acero estructural para puentes	404,44	376,96
Acetileno	323,44	247,57
Aditivos para hormigones asfálticos	292,21	243,11
Alambres y cables para Inst. eléctricas	232,52	222,61
Alambres y cables para Inst. telefónicas		
Alambres de metal	322,25	305,54
Alcantarillas de láminas de metal y Acc.	174,58	174,58
Artículos de soldadura	254,64	302,32
Ascensores	115,06	115,9
Baldosas de vinil	110,68	112,91
Cables de metal fu = 16500 Kg/cm2 sección variable (alambre D7 mm) E2/	276,81	-
Ductos de planchas galvanizadas	266,66	313,83
Hormigón premezclado	196,19	205,14
Instalaciones eléctricas (vivienda)	221,18	221,71
Interruptores y tomacorrientes (tacos)	96,82	96,82
Láminas de acero de espesor mayor a 10 mm	137,23	139,51
Láminas y placas asfálticas	256,29	266,81
Láminas y planchas Galv. Prepintadas moldeadas (cubiertas y recubrimientos)	197,23	188,32
Lámparas, aparatos y Acc. eléctricos		
Para alumbrado público	120,53	120,53
Para interiores	124,52	124,52
Madera aserrada, cepillada y/o escuadrada (preparada)	457,07	487,62
Madera tratada químicamente (postes)	252,64	252,64
Mallas diversas (tumbados)	279,22	262,92
Mallas metálicas (gaviones)	266,39	229,45
Mallas metálicas para cerramiento	296,98	266,07
Medidores y contadores de agua	126,26	128,62
Oxígeno	195,13	178,16
Parquet	439,53	466,9
Perfiles de aluminio	167,22	175,42
Perfiles estructurales de acero	270,85	249,45

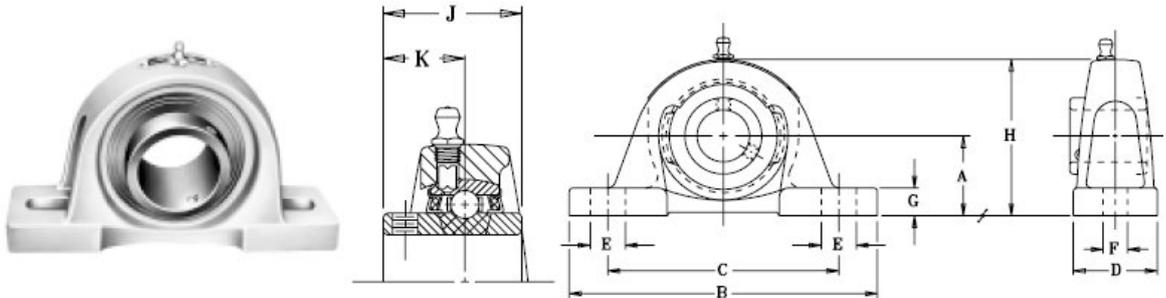
³⁴ <http://www.forosecuador.ec/forum/comunidad/foro-libre/576-lista-de-precios-de-materiales-de-construcción-2013>

Piezas de hierro fundido	301,75	301,75
Pinturas al látex	200,78	215,65
Pinturas anticorrosivas	206,11	217,58
Placas de piedra (cortada a máquina)	143,43	143,43
Placas y adoquines de piedra (cortada manualmente)	490,28	490,28
Placas y piezas complementarias de fibro cemento	230,02	230,02
Postes de hormigón armado	289,86	292,02
Productos aislantes acústicos y térmicos de fibra (vidrio, mineral, etc.) y Acc.	132,42	136,28
Productos diversos de arcilla, gres (para recubrimiento y acabados)	269	277,18
Productos de vidrio (mosaicos)	244,44	244,44
Productos geosintéticos	128,1	128,1
Productos metálicos estructurales electrosoldados	230,39	211,06
Productos para juntas y tapajuntas	301,25	313,8
Productos químicos para hormigón y morteros	226,51	225,33
Repuestos para maquinaria de construcción	132,03	132,6
Revestimiento plástico	174,02	-
Tableros contrachapados	254,05	255,33
Clase A	302,24	302,24
Clase B	255,54	256,53
Clase C	248,61	250,46
Tableros de control, distribución y Acc.	116,95	121,07
Tambores metálicos cerrados	186,66	180
Transformadores de distribución	196,11	219,16
Tubos y Acc.de acero negro y galvanizado sin costura para Cond. Gases y líquidos	433,36	499,32
Tubos y Acc.de hierro o acero galvanizado para instalaciones eléctricas	344,36	417,41
Tubos y Acc. de hierro o acero	202,84	198,85
Tubos y Acc. de cobre para Cond. de gases y líquidos	362,95	330,01
Tubos y postes de hierro o acero negro y galvanizado para cerramiento	383,73	443,08
Para instalaciones eléctricas	159,79	159,79
Válvulas de hierro fundido	179,02	188,76
Vidrio plano	177,22	177,22
Vidrio plano (I)	121,83	124,82

Anexo VII

Propiedades de Chumaceras

DIAMETRO DEL EJE	SKF	SEAL MASTER	FAPNIR	MCGILL	LINKBELT PL3-Y PL3-U	DODGE	LKS
1/2"	SY 1/2 TM	RP-8	YAS 1/2	C-25-1/2	2B08	1/2"	NP-8
5/8"	SY 5/8 TM	RP-10	YAS 5/8 TM	C-25-5/8	210	5/8"	NP-10
3/4"	SY 3/4 TM	RP-12	YAS 3/4 TM	C-25-3/4	212	3/4"	NP-12
7/8"	SY 7/8 TM	RP-14	YAS 7/8 TM	C-25-7/8	214	7/8"	NP-14
15/16"	SY 15/16 TM	RP-15	YAS 15/16 TM	C-25-15/16	215	15/16"	NP-15
1"	SY 1 TM	RP-16	YAS 1 TM	C-25-1	216	1"	NP-16
1.1/16"	SY 1.1/16 TM		YAS 1.1/16 TM	C-25-1.1/16	217	1.1/16"	NP-17
1.1/8"	SY 1.1/8 TM	RP-18	YAS 1.1/8 TM	C-25-1.1/8	218	1.1/8"	NP-18
1.3/16"	SY 1.3/16 TM	RP-19	YAS 1.3/16 TM	C-25-1.3/16	219	1.3/16"	NP-19
1.1/4"	SY 1.1/4 TM	RP-20R	YAS 1.1/4 TM	C-25-1.1/4	2E20		

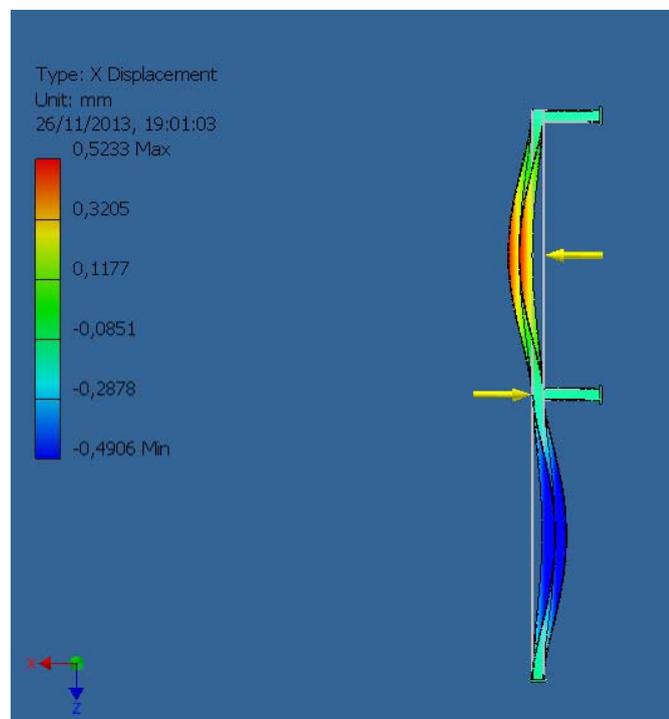
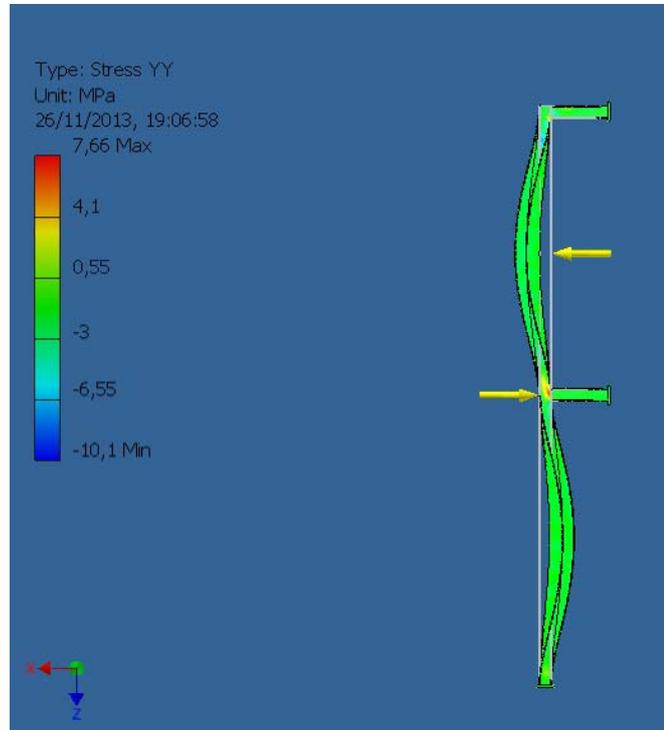


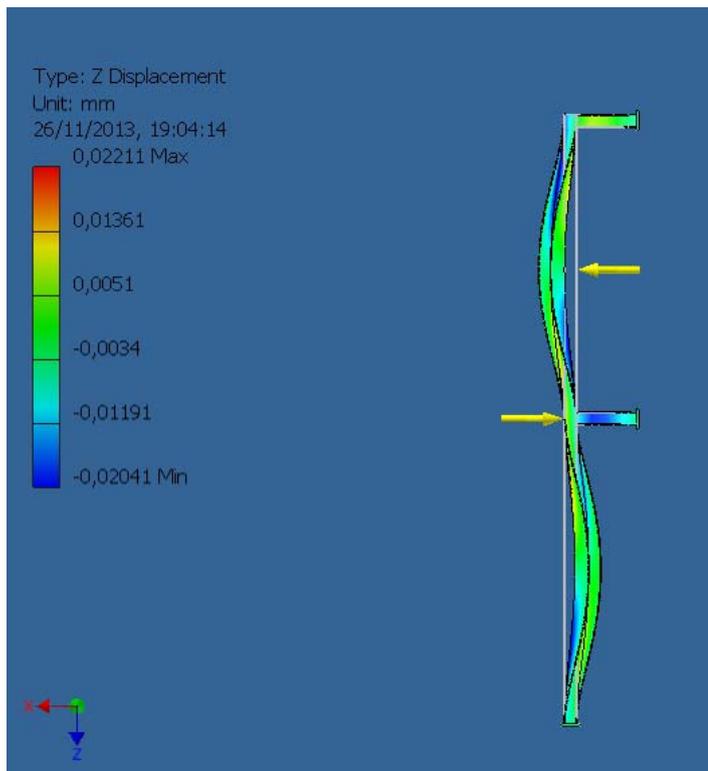
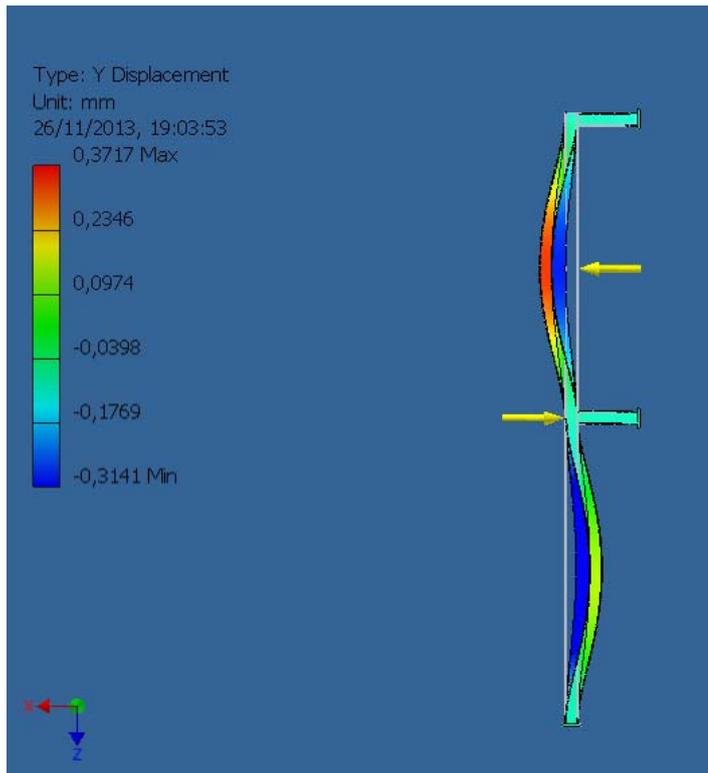
NP Series Standard Duty Pillow Blocks...Setscrew Locking

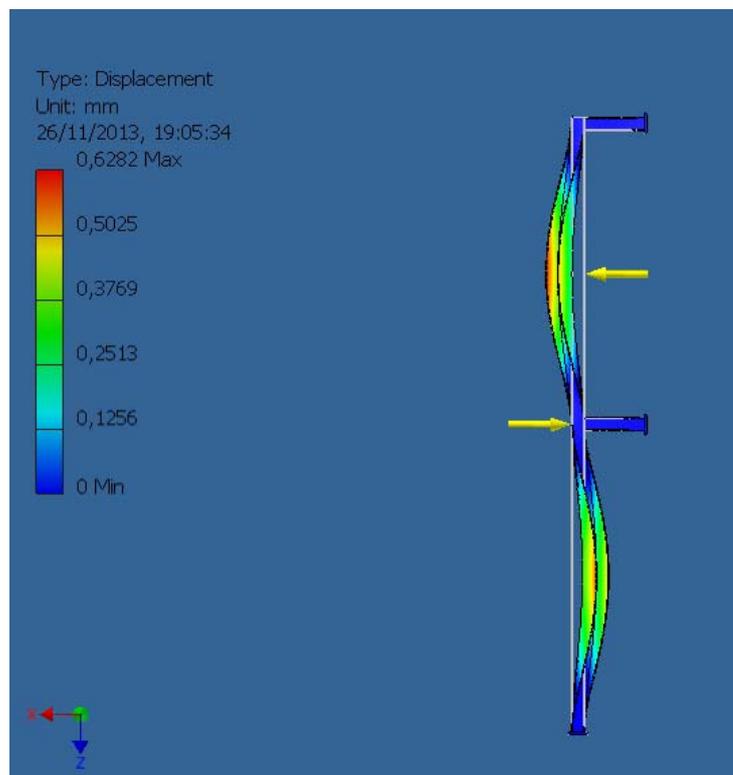
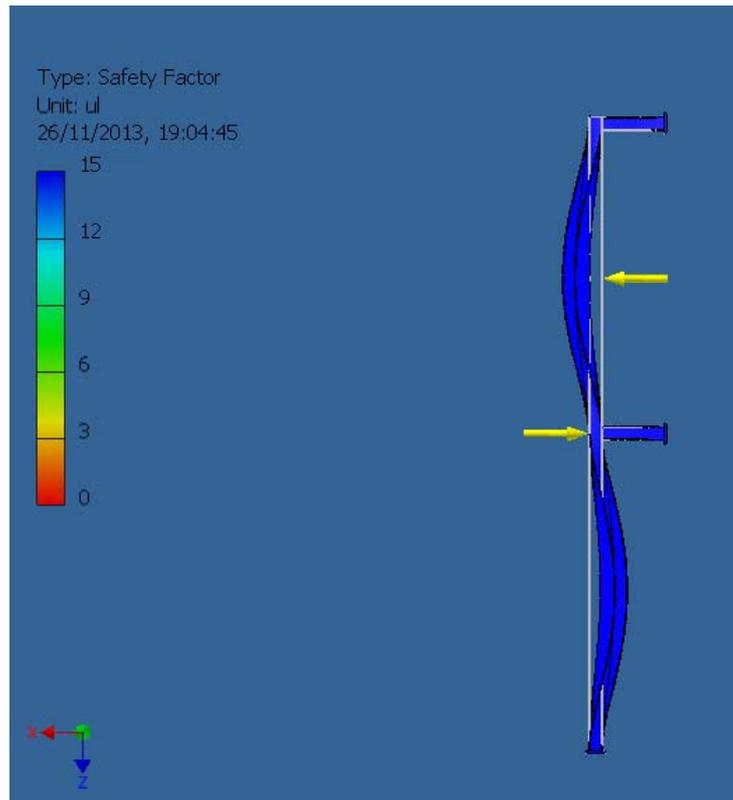
SHAFT DIAM.		PART NO.	BRG. NO.	Dimensions in Inches											BOLT SIZE IN.	UNIT WT.		
IN	MM			A	B	C		D	E	F	G	H	J	K				
						MIN.	MAX.											
1/2	12.7	NP-8	2-08	1 3/16	5	3 3/8	4 1/8	1 1/2	3/4	7/16	1/2	2 7/16	1 7/32	23/32	3/8	1.7		
9/16	14.3	NP-9	2-09															
5/8	15.9	NP-10	2-010															
11/16	17.5	NP-11	2-011															
3/4	19.1	NP-12	2-012	1 5/16	5	3 3/8	4 1/8	1 1/2	3/4	7/16	1/2	2 9/16	1 7/32	23/32	3/8	1.9		
	20	NP-204	5204															
13/16	20.7	NP-13	2-013	1 7/16	5 1/2	3 7/8	4 3/8	1 1/2	5/8	7/16	1/2	2 13/16	1 3/8	13/16	3/8	2.2		
7/8	22.2	NP-14	2-014															
15/16	23.8	NP-15	2-015															
1	25.4	NP-16	2-1															
	25	NP-205	5205															
1 1/16	26.0	NP-17	2-11															
1 1/8	27.1	NP-18	2-12															
1 3/16	28.6	NP-19	2-13	1 11/16	6 1/2	4 7/16	5 1/16	1 7/8	13/16	9/16	9/16	3 3/8	1 1/2	7/8	1/2	3.6		
1 1/4	30.2	NP-20R	1-14															
	30	NP-206	5206															
1 1/4	31.8	NP-20	2-14															
1 5/16	33.3	NP-21	2-15															
1 3/8	34.9	NP-22	2-16	1 7/8	6 9/16	4 11/16	5 5/16	1 7/8	13/16	9/16	5/8	3 3/4	1 11/16	1	1/2	4.5		
1 7/16	36.5	NP-23	2-17															
	35	NP-207	5207															

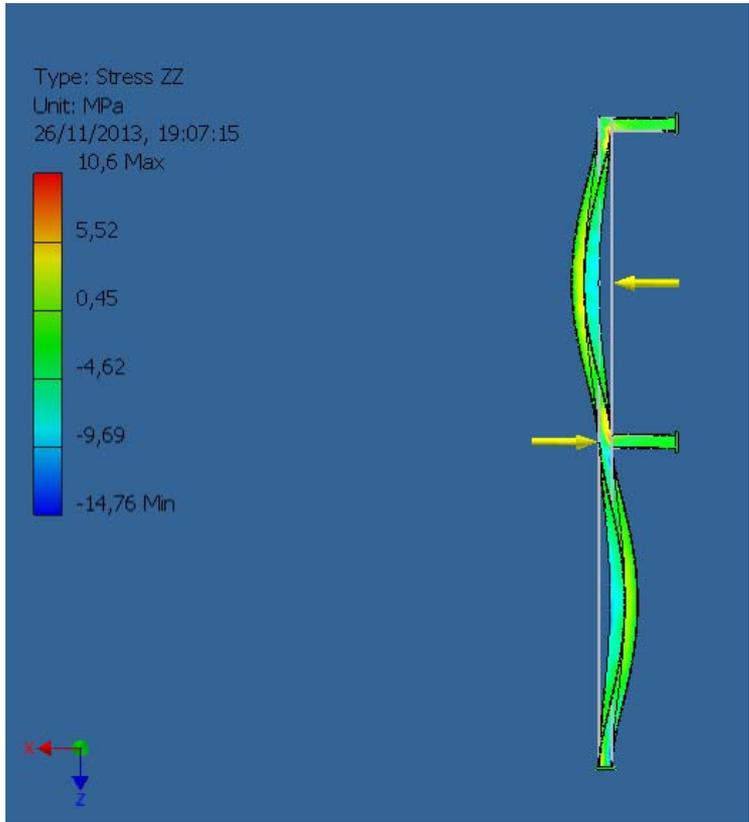
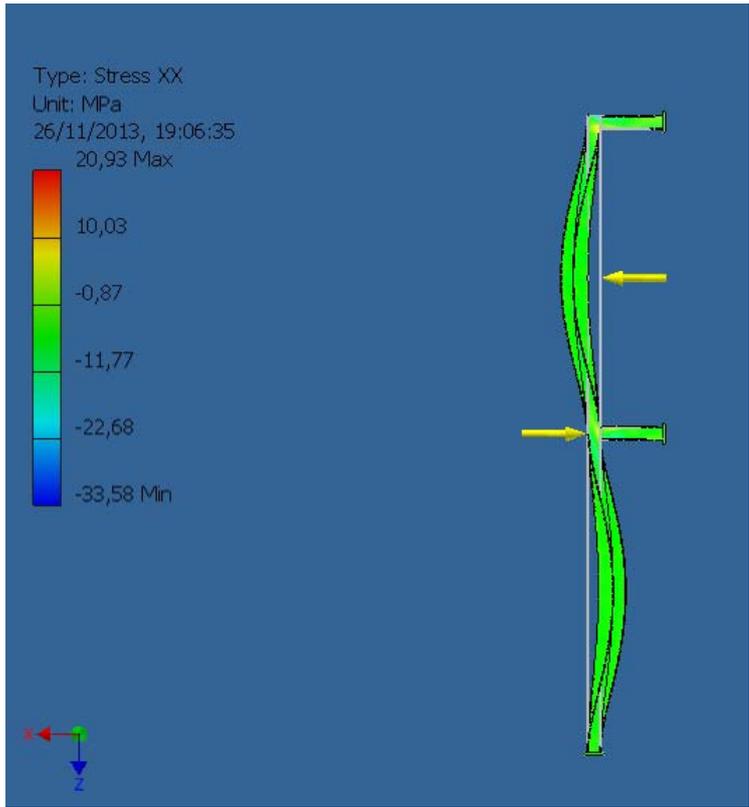
Anexo VIII

Simulación esfuerzos y desplazamientos en la columna









ANEXO PLANOS