

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Diseño de elevador de vehículos electro-hidráulico”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Rubén Isaac Iturralde Hungría

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre y a mi padre quienes ofrecieron su apoyo y estuvieron presentes en todo momento.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Rubén Isaac Iturralde Hungría.

Jorge Medardo Marcial Hernández.

y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



Rubén Isaac Iturralde H.



Jorge Medardo Marcial H.

RESUMEN

Este proyecto se basa en el diseño de un elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas para las tareas de mantenimiento y reparación que requieran acceder a la parte inferior del vehículo. Como objetivos se plantean diseñar el elevador utilizando materiales que se encuentren disponibles en el mercado local.

El diseño se basó en recomendaciones de la norma BS EN1493:2010. Tales como: distribución de carga del vehículo, factores de seguridad, etc. Además, se utilizaron otras normas para el diseño del sistema de elevación como la norma ISO 4308 para el diseño de los cables de acero y la norma ISO 4347 para la selección de la cadena y el dimensionamiento de la polea para la cadena.

El diseño del elevador permite elevar vehículos de hasta 3500 kg y hasta una altura de elevación de 1.9 metros, la cual es una altura cómoda para cualquier persona que quiera realizar trabajos de mantenimiento debajo del vehículo.

El elevador de dos columnas tiene mejor relación precio/características en comparación con otros tipos de elevadores. La utilización de materiales disponibles en el mercado local para construir este elevador permite fortalecer a la matriz productiva del país.

Palabras Clave: Elevador de vehículos de dos columnas, BS EN 1493:2010, Sistema hidráulico, sistema de elevación.

ABSTRACT

This project is based on the design of a vehicle lift electro-hydraulic two columns for maintenance and repair requiring access to the underside of the vehicle. Objectives are plated design the elevator using materials that are available on the local market.

The design was based on recommendations of the standard BS EN1493:2010. Such as: distribution of vehicle load, safety factors, etc. Furthermore, other rules for the design of the lifting system as the ISO 4308 standard for the design of the wire ropes and the ISO 4347 standard for chain selection and sizing of the chain sheaves.

The design of the elevator allows lifting vehicles up to 3500 kg and up to a lifting height of 1.9 meters, which is a comfortable height for anyone who wants to perform maintenance work under the vehicle.

The two-post lift has best price/features compared with other types of elevators. The use of materials available in the local market to build this lift allows strengthen the country's productive matrix.

Keywords: *Vehicle lift electro-hydraulic two columns, BS EN 1493:2010, hydraulic system, lifting system.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Marco teórico	1
1.3.1 Principio de funcionamiento.....	1
1.3.2 Circuito hidráulico básico.....	2
1.3.3 Clasificación de bombas.....	3
1.3.3.1 Bomba de engranajes.....	4
1.3.4 Cilindros hidráulicos.....	5
1.3.4.1 Cilindros de simple efecto.....	5
1.3.5 Elevadores de vehículos.....	5
1.3.5.1 Elevadores sobre piso	6
1.3.6 Elevador electro-hidráulico de dos columnas	6
1.3.7 Centro de gravedad de vehículos	7

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	9
2.1 Norma a utilizar	10
2.1.1 Normas de referencia	10
2.2 Alternativas de diseño de elevadores de vehículos	10
2.2.1 Alternativa 1: Elevador de dos columnas.....	11
2.2.2 Alternativa 2: Elevador de cuatro columnas	11

2.2.3	Alternativa 3: Elevador tipo tijera	12
2.2.4	Selección de alternativas	12
2.2.4.1	Criterios de selección	12
2.2.4.2	Matriz de selección	13
2.3	Alternativas de diseño en sistema de elevación	14
2.3.1	Alternativa 1: Cadena sobre polea	14
2.3.2	Alternativa 2: Cilindro hidráulico de transmisión directa	15
2.3.3	Selección de alternativas	17
2.3.3.1	Criterios de selección	17
2.3.3.2	Matriz de selección	17
2.4	Parámetros de diseño	18
2.4.1	Velocidad de elevación y descenso	18
2.4.2	Distribución de carga	18
2.5	Diseño de brazos telescópicos	20
2.5.1	Cargas en plato de soporte	21
2.5.2	Longitud de las etapas de los brazos telescópicos	22
2.5.2.1	Brazo telescópico largo	22
2.5.2.2	Brazo telescópico corto	23
2.5.3	Cálculo de espesores de brazos telescópicos	24
2.6	Diseño de soldaduras	24
2.7	Diseño del sistema de cables para sincronización	26
2.7.1	Cálculo del diámetro mínimo del cable	26
2.7.2	Cálculo del diámetro de la polea	28
2.7.3	Cálculo de la carga de rotura mínima	28
2.8	Selección de cadena, diseño de polea para cadena y horquilla	28
2.8.1	Selección de cadena	28
2.8.2	Diseño de la polea para cadena	29
2.8.3	Cálculo del rodamiento en la polea para cadena	30
2.8.4	Diseño de horquilla y rodillo	31
2.9	Diseño del carro de elevación	32
2.9.1	Fuerzas de fricción	33
2.9.2	Bloqueo del carro de elevación	33
2.10	Diseño de columnas	33

2.11	Diseño del sistema hidráulico	36
2.11.1	Cilindro hidráulico	36
2.11.2	Caudal del sistema	36
2.11.3	Selección de mangueras hidráulicas	36
2.11.4	Presión del sistema	37
2.11.5	Fluido hidráulico.....	38
2.11.6	Capacidad del tanque para fluido	38
2.12	Resumen de cargas consideradas.....	39
CAPÍTULO 3		
3.	RESULTADOS.....	40
3.1	Brazos telescópicos	40
3.2	Sistema de cables para sincronización	43
3.2.1	Cables de acero	43
3.2.2	Poleas.....	43
3.3	Cadena y polea.....	44
3.3.1	Cadena	44
3.3.2	Polea para cadena	44
3.4	Carro de elevación.....	45
3.5	Columnas.....	46
3.6	Sistema hidráulico.....	47
3.6.1	Circuito hidráulico	48
3.7	Costos del elevador de vehículos	50
CAPÍTULO 4		
4.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	52
4.1	Conclusiones	55
4.2	Recomendaciones	55
BIBLIOGRAFÍA.....		57
Apéndice A – Diseño de brazos telescópicos.....		58
Apéndice B – Selección de cables para sincronización.....		64
Apéndice C – Selección de cadena y accesorios		68
Apéndice D – Diseño de carro de elevación.....		72

Apéndice E – Diseño de columnas.....	76
Apéndice F – Cálculo de soldaduras.....	78
Apéndice G – Diseño de sistema hidráulico.....	86
PLANOS ESQUEMÁTICOS.....	93

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
BS	British Standard
EN	European Standard
ISO	International Organization for Standardization
AWS	American Welding Society
SAE	Society of Automotive Engineers
DCL	Diagrama de Cuerpo Libre

SIMBOLOGÍA

kg	Kilogramo
mt	Metro
mm	Milímetro
s	Segundos
N	Newton
Lbf	Libra fuerza
Pulg	Pulgada
S	Máxima carga en cable para sincronización
F _c	Carga en cadena
Pr	Carga en rodamiento y en cilindro hidráulico
F _f	Fricción entre carro de elevación y columna
P ₁	Carga en brazo telescópico corto
P ₂	Carga en brazo telescópico largo
W	Peso de brazos telescópicos + 1 carro de elevación
D	Diámetro
M	Momento
E	Módulo de Young
V	Fuerza cortante
σ _f	Esfuerzo de flexión
M _v	Masa máxima de vehículo
Q	Caudal
A	Área
L	Longitud
t	Tiempo
Ec	Ecuación

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Transmisión de la presión del fluido	2
Figura 1.2 Circuito hidráulico básico.....	3
Figura 1.3 Bomba de engranajes	4
Figura 1.4 Elevadores sobre piso: a) Dos columnas; b) Cuatro columnas; c) Tipo tijera	6
Figura 1.5 Elevador electro-hidráulico de dos columnas	7
Figura 1.6 Modo de elevar un vehículo: a) Tracción delantera; b) Tracción trasera o doble tracción	8
Figura 2.1 Metodología de diseño	9
Figura 2.2 Sistema cadena sobre polea: a) Sistema; b) Esquema.....	14
Figura 2.3 Cilindro hidráulico de transmisión directa	16
Figura 2.4 Distribución de carga.....	19
Figura 2.5 Diseño de forma de brazo telescópico: a) Brazo largo; b) Brazo corto.....	21
Figura 2.6 Cargas en plato de soporte	21
Figura 2.7 Relación de longitudes de brazo telescópico largo.....	22
Figura 2.8 Longitud de las partes del brazo telescópico largo.....	22
Figura 2.9 Relación de longitudes de brazo telescópico corto.....	23
Figura 2.10 Longitud de las partes del brazo telescópico corto.....	23
Figura 2.11 Soldadura tipo filete.....	24
Figura 2.12 Sistema de cables para sincronización	26
Figura 2.13 Cadena: a) Cadena tipo <i>Leaf Chain</i> ; b) Esquema de aplicación	29
Figura 2.14 Dimensiones: a) Cadena; b) Polea.....	30
Figura 2.15 DCL de las cargas en la polea para la cadena	31
Figura 2.16 Dimensiones: a) Horquilla; b) Rodillo	32
Figura 2.17 Partes del carro de elevación	32
Figura 2.18 Sección transversal de la columna	33
Figura 2.19 DCL de columna: a) Real; b) Estáticamente equivalente	34
Figura 3.1 Resultado para brazo telescópico largo	40
Figura 3.2 Resultado para brazo telescópico corto	41
Figura 3.3 Elementos de brazos para conexión con carro de elevación	42
Figura 3.4 Poleas inferiores y superiores	43
Figura 3.5 Resultado de carro de elevación	45

Figura 3.6 Resultado de base de columna	46
Figura 3.7 Unidad de potencia hidráulica	48
Figura 3.8 Circuito hidráulico	48
Figura 3.9 Funcionamiento de circuito hidráulico	49
Figura 4.1 Función de las platinas soldadas en las etapas	52
Figura 4.2 Sección transversal ideal de columna	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Escalas	13
Tabla 2.2 Evaluación de alternativas	13
Tabla 2.3 Resultados.....	13
Tabla 2.4 Evaluación de alternativas	17
Tabla 2.5 Resultados.....	18
Tabla 2.6 Parámetros de diseño.....	20
Tabla 2.7 Parámetros generales para brazos telescópicos	20
Tabla 2.8 Ancho de las etapas para brazo telescópico	20
Tabla 2.9 Tamaños mínimos de soldadura en filetes	25
Tabla 2.10 Valores de C y Z_p (Para $R_o=1770$ N/mm ² y $K'=0.356$).....	27
Tabla 2.11 Factor de selección h_2	28
Tabla 2.12 Propiedades del fluido hidráulico	38
Tabla 2.13 Cargas consideradas para diseño	39
Tabla 3.1 Resultados de tubería cuadrada para brazo largo.....	40
Tabla 3.2 Resultados de tubería cuadrada para brazo corto.....	41
Tabla 3.3 Resultados para el cable de acero	43
Tabla 3.4 Resultados para ejes para poleas	44
Tabla 3.5 Resultados para la cadena	44
Tabla 3.6 Resultados de polea para cadena	44
Tabla 3.7 Resultados de eje	46
Tabla 3.8 Resultados de columna	46
Tabla 3.9 Resultados de cilindro hidráulico	47
Tabla 3.10 Resultados de manguera hidráulica	47
Tabla 3.11 Resultados de unidad de potencia.....	47
Tabla 3.12 Costos de elementos estructurales.....	50
Tabla 3.13 Costos de sistema de elevación e hidráulico	51
Tabla 3.14 Costo de mano de obra	51
Tabla 3.15 Costo total del elevador de vehículos de dos columnas.....	51

ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Brazo telescópico largo
- PLANO 2 Etapa 1 de brazo largo
- PLANO 3 Etapa 2 de brazo largo
- PLANO 4 Brazo telescópico corto
- PLANO 5 Etapa 1 de brazo corto
- PLANO 6 Etapa 2 de brazo corto
- PLANO 7 Etapa 3 de brazo corto
- PLANO 8 Soporte de poleas inferiores y eje
- PLANO 9 Soportes de polea superior y eje
- PLANO 10 Carro de elevación
- PLANO 11 Parte 1 de carro de elevación
- PLANO 12 Parte 2 y eje de carro de elevación
- PLANO 13 Parte 3 de carro de elevación
- PLANO 14 Parte 4, 5 y 6 de carro de elevación
- PLANO 15 Columna
- PLANO 16 Traba de carro de elevación
- PLANO 17 Mecanismo de bloqueo

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Acceder a la parte inferior del vehículo permite realizar servicios de mantenimiento tales como: lubricación, montaje y cambio de llantas, reparación de suspensión, tubos de escape, frenos y otros como caja y transmisión.

Estos servicios de mantenimiento pueden ser realizados mediante fosas para mantenimiento de vehículos o por diferentes dispositivos móviles como las gatas hidráulicas. Estos medios o dispositivos no cubren todos los servicios mencionados en el párrafo anterior. Además, la ejecución del mantenimiento mediante estos medios y/o dispositivos conlleva al uso de esfuerzo físico por parte de los obreros, representa una pérdida de tiempo y el espacio de trabajo es limitado.

1.2 Objetivos

- Diseñar un elevador electro-hidráulico para vehículos de hasta 3500 kg a una altura de elevación de 1.9 mt.
- Utilizar en lo posible materiales que se encuentren en el mercado nacional.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Principio de funcionamiento

La igualdad de presiones a iguales elevaciones a lo largo de un sistema es importante para la operación de gatas hidráulicas, elevadores, prensas y otros tipos de maquinaria pesada. El principio de funcionamiento de tales dispositivos y sistemas es demostrado en la figura 1.1. Un pistón situado en un extremo de un sistema cerrado lleno de un líquido, como aceite, se puede utilizar para cambiar la presión en todo el sistema, y por lo tanto transmitir una fuerza aplicada F_1 a un segundo pistón donde la fuerza resultante es F_2 . Debido a que la presión P , que actúa en ambas caras del pistón, es la misma, se cumple que:

$$F_2 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right) F_1 \quad (Ec\ 1.1)$$

El área A_2 del pistón puede ser mucho más grande que A_1 y por lo tanto una gran ventaja mecánica puede ser desarrollada; es decir, una pequeña fuerza aplicada en el pistón pequeño puede ser usada para desarrollar una fuerza mayor en el pistón más grande. La fuerza aplicada puede ser desarrollada manualmente a través de algún tipo de dispositivo mecánico, como una gata hidráulica, o a través de una bomba, como se hace en elevadores electro-hidráulicos.

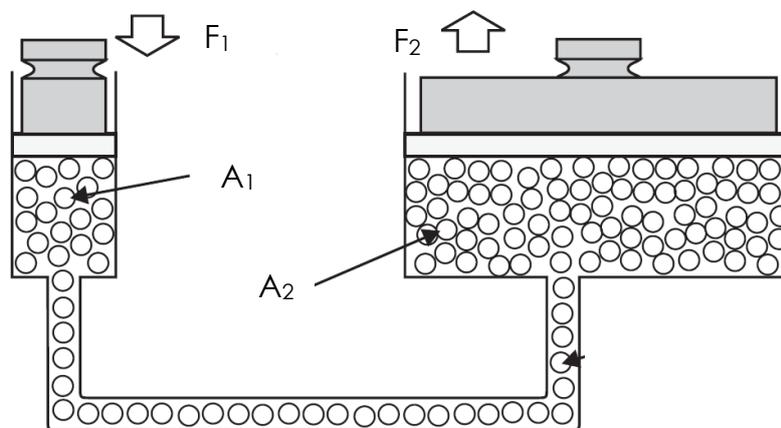


Figura 1.1 Transmisión de la presión del fluido

Fuente: Mobile Cylinders Catalog, Parker

1.3.2 Circuito hidráulico básico

Un circuito hidráulico es una línea para que el aceite fluya por medio de mangueras y componentes. La figura 1.2 muestra un circuito hidráulico básico el cual funciona así:

- El depósito contiene el aceite.
- La bomba “impulsa” el aceite, intentando hacerla fluir a través del circuito.
- La válvula direccional accionada por palanca permite al operador controlar manualmente el flujo de aceite hacia el cilindro.
- El cilindro convierte la energía del fluido en potencia mecánica lineal.
- La válvula de alivio limita la presión del sistema a un nivel seguro, permitiendo el aceite fluir directamente desde la bomba hacia el depósito, cuando la presión de salida de la bomba alcanza cierto nivel.

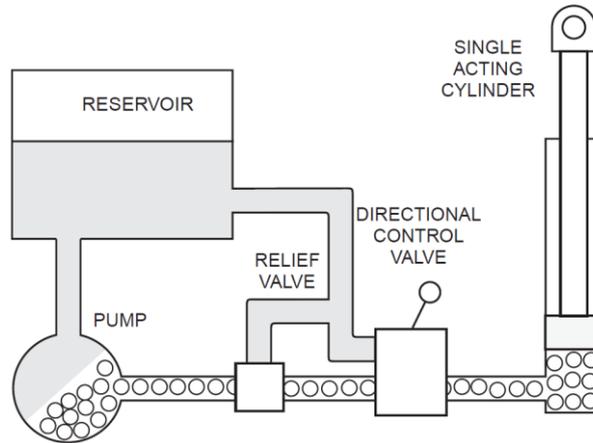


Figura 1.2 Circuito hidráulico básico

Fuente: Mobile Cylinders Catalog, Parker

1.3.3 Clasificación de bombas

Hay dos tipos básicos de bombas: las rotodinámicas y las de desplazamiento positivo.

Las bombas rotodinámicas entregan energía al fluido por medio de un cambio de momento creado por el movimiento relativo entre el fluido y las partes internas de la bomba. Pueden ser clasificadas en:

- A. Rotatoria
 - Centrifuga o radial
 - Axial
 - Mixta
- B. Diseños especiales

En las bombas de desplazamiento positivo el flujo es forzado por el cambio de volumen. Estas bombas son apropiadas para manejar bajos caudales, altas presiones y fluidos con viscosidades altas. Lo contrario es cierto para las bombas rotodinámicas. Pueden ser clasificadas en:

- A. Reciprocantes
 - Pistón
 - Diafragma

B. Rotativa

- De un rotor
 - i. Paleta deslizante
 - ii. Tubo flexible
 - iii. Peristáltica
 - iv. Tornillo
- Varios rotores
 - i. Engranajes
 - ii. Lóbulo
 - iii. Tornillo
 - iv. Pistón circunferencial

1.3.3.1 Bomba de engranajes

Una bomba de engranajes, figura 1.3, es un tipo de bomba hidráulica, de desplazamiento positivo, que consta de dos engranajes encerrados en un alojamiento muy ceñido. Transforma la energía cinética en forma de par motor, generada por un motor, en energía hidráulica a través del caudal de aceite generado por la bomba.

Al accionarse la bomba, el aceite entra por el orificio de entrada (aspiración) de la bomba debido a la depresión creada al separarse los dientes de uno respecto a los del otro engranaje. El aceite es transportado a través de los flancos de los dientes del engranaje hasta llegar al orificio de salida de la bomba, donde, al juntarse los dientes del eje conductor con los del conducido, el aceite es impulsado hacia el orificio de salida (presión).



Figura 1.3 Bomba de engranajes

Fuente: http://www.cbs.grundfos.com/BGE_Spain/lexica/LIT_Gear_pumps.html#-

El uso de las bombas de engranajes externos en el mercado es muy común debido a que es un producto compacto, potente, robusto y competitivo a nivel de coste.

1.3.4 Cilindros hidráulicos

Un cilindro hidráulico compuesto por un pistón deslizante dentro de una camisa es un aparato capaz de transformar la energía mecánica, según un movimiento rectilíneo. Los tipos de cilindros son:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto

1.3.4.1 Cilindros de simple efecto

Al cilindro de simple efecto se le aplica presión solo por un extremo, con lo cual solo realiza trabajo en un sentido. El retorno a la posición de reposo se efectúa por el peso de la carga o bien por otro medio externo. Para evitar que el émbolo se salga del cilindro, lleva una pestaña para hacer tope en el final de carrera.

1.3.5 Elevadores de vehículos

Los elevadores de vehículos están concebidos para realizar tareas de mantenimiento y reparación. A través de sistemas hidráulicos, mecánicos y eléctricos permiten alzar y bajar los vehículos.

Están diseñados con una estructura ligera que a la vez permite cargar con grandes pesos y desplazarlos fácilmente permitiendo proporcionar una flexibilidad de elevación adaptada a todo tipo de vehículos.

Los diferentes tipos de elevadores de vehículos existentes ofrecen una alta seguridad y fiabilidad y permiten adaptarse a las necesidades de cada trabajo.

Existen varias maneras de elevar un vehículo para acceder a la parte inferior. En general se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Fosos de servicio
- Elevadores empotrados bajo piso
- Elevadores sobre piso

1.3.5.1 Elevadores sobre piso

Los elevadores sobre piso, figura 1.4, se clasifican en:

- Elevadores de dos columnas
- Elevadores de cuatro columnas
- Elevadores tipo tijera

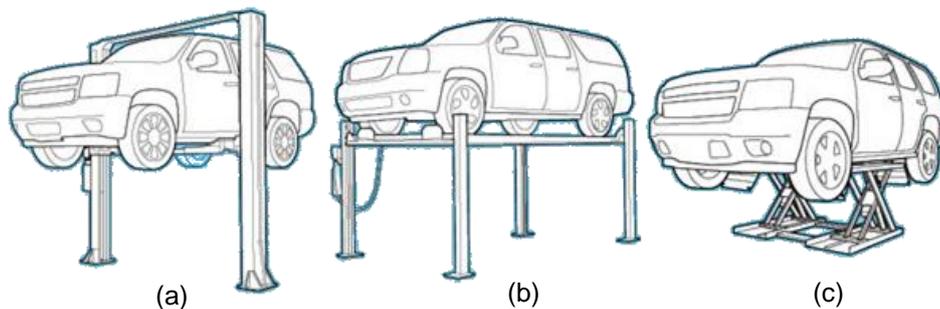


Figura 1.4 Elevadores sobre piso: a) Dos columnas; b) Cuatro columnas; c) Tipo tijera

Fuente: <http://www.popularmechanics.com/cars/how-to/g939/how-to-install-an-automotive-lift/?slide=6>

1.3.6 Elevador electro-hidráulico de dos columnas

El elevador electro-hidráulico de dos columnas, figura 1.5, consiste de dos columnas verticales opuestas localizadas a una distancia adecuada que permite el paso de un vehículo para ser elevado. Cada columna tiene dos brazos telescópicos, situados en el carro de elevación, que pueden extenderse y girar alrededor del eje vertical, lo que permite colocar correctamente los platos de soportes debajo del vehículo que se va a levantar.

El carro de elevación se encuentra conectado directa o indirectamente a un cilindro hidráulico, quien ofrece la energía mecánica lineal para levantar el vehículo. Cada columna tiene los mismos elementos mencionados y el movimiento está sincronizado para que los carros de elevación suban de manera uniforme mediante un sistema de cables de acero y poleas conectados a ellos.



Figura 1.5 Elevador electro-hidráulico de dos columnas

Fuente: <http://www.forwardlift.com/Car-Lifts/2-Post-Lifts/BP9-Two-Post-Lift/>

Este tipo de elevador es comúnmente usado para hacer cualquier tipo de trabajo debajo del vehículo. Dado a que los brazos levantan el chasis y no las ruedas, es ideal para rotación de los neumáticos, inspecciones de frenos y trabajos de suspensión. Adicionalmente, es comúnmente usado para trabajos en el tren de rodaje y cambios de aceite. Por el momento, el elevador electro-hidráulico de dos columnas es el más popular tipo de elevadores de vehículos.

1.3.7 Centro de gravedad de vehículos

Cuando un vehículo es posicionado en un elevador de dos columnas su centro de gravedad tiene que estar dentro del rectángulo que forman los brazos del elevador, si no es así el vehículo no estará estable. Por tal razón es importante conocer la distribución del peso del vehículo antes de colocarlo en un elevador.

Los vehículos con tracción delantera (figura 1.6a) tienen el centro de gravedad delante del centro del vehículo mientras que en los vehículos con tracción trasera (figura 1.6b), tales como furgonetas, camionetas y 4x4, el centro de gravedad está aproximadamente en el centro del vehículo. La mayoría de los vehículos actuales tienen tracción delantera (INEC, 2013).

Para que un elevador tenga la capacidad de elevar toda clase de vehículos ya sea con tracción delantera o tracción trasera o doble tracción, debe de tener la configuración que se muestra en la figura 1.6. Es decir con brazos que le permitan ser simétricos o asimétricos para que el centro de gravedad del vehículo este dentro del rectángulo que forman los brazos.

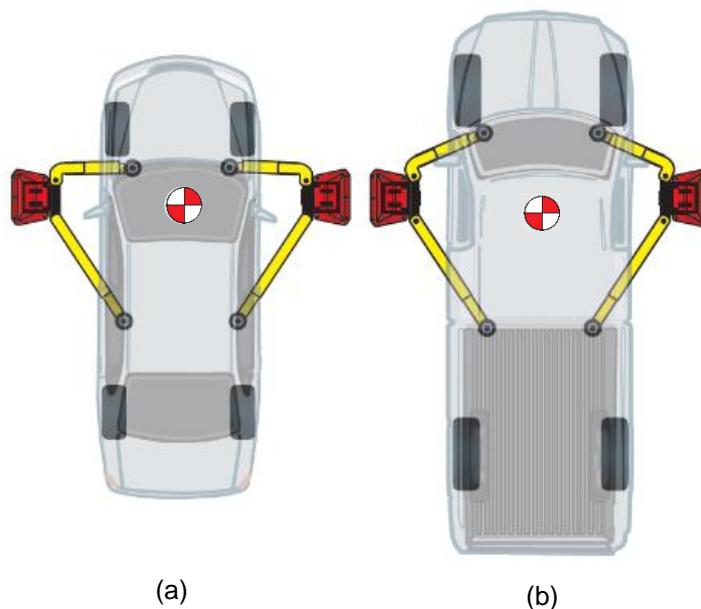


Figura 1.6 Modo de elevar un vehículo: a) Tracción delantera; b) Tracción trasera o doble tracción

Fuente: http://www.challengerlifts.com/versymmetric_productivity.shtml

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

En la figura 2.1 se muestra la metodología de diseño a seguir para el diseño del elevador de vehículos electro-hidráulico.

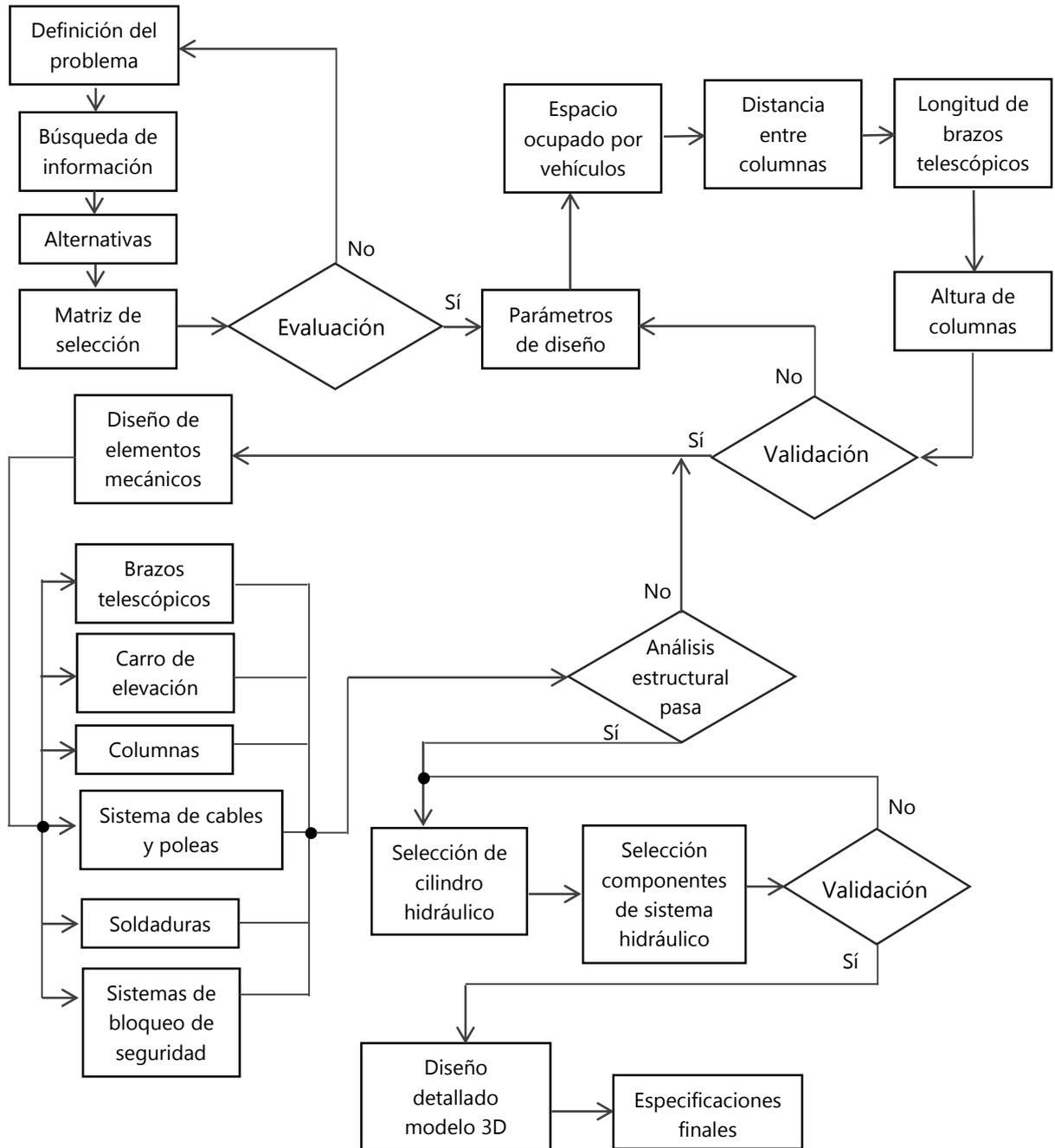


Figura 2.1 Metodología de diseño

Fuente: Elaboración propia

2.1 Norma a utilizar

El diseño del elevador de vehículos de este proyecto se basa en la norma:

- British Standard BS EN1493:2010, Vehicle lifts

Esta norma europea que aplica a los elevadores de vehículos fijos, móviles y desplazables. Abarca el diseño, funcionamiento y capacidad de elevación de los elevadores que se utilizan en los talleres para los trabajos de verificación, de mantenimiento y de reparación sobre o bajo el vehículo cuando está en posición elevada. El elevador de vehículos puede consistir en una o varias unidades de elevación.

2.1.1 Normas de referencia

- ISO 4308-1:2003, Cranes and lifting appliances - Selection of wire ropes - Part 1: General
- ISO 4347:1992, Leaf chains, clevises and sheaves
- AWS D1.1:2002, Structural Welding Code Steel

2.2 Alternativas de diseño de elevadores de vehículos

En esta sección se analizan las alternativas para elevar vehículos y la justificación de la elección de la mejor alternativa.

Como se mencionaba en secciones anteriores hay varias maneras de elevar vehículos. Se consideran 3 alternativas muy comunes en elevadores (figura 1.4), a continuación se revisan sus ventajas y desventajas.

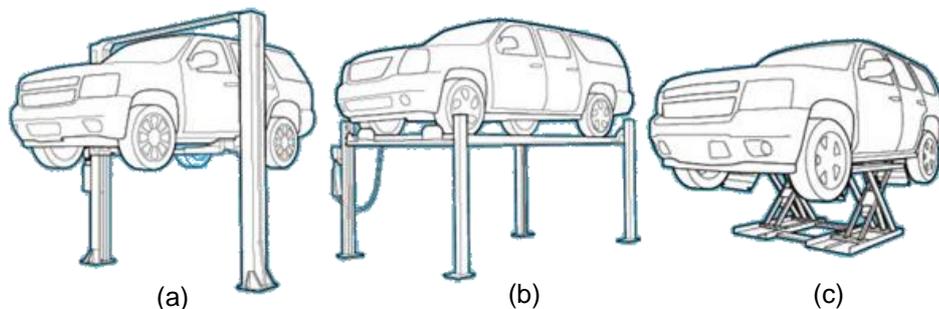


Figura. 1.4 (repetida). Elevadores sobre piso: a) Dos columnas; b) Cuatro columnas; c) Tipo tijera

Fuente: <http://www.popularmechanics.com/cars/how-to/g939/how-to-install-an-automotive-lift/?slide=6>

2.2.1 Alternativa 1: Elevador de dos columnas

Mostrado en la figura 1.4a.

Ventajas

- Precio
- Ocupa poco espacio
- Acceso total y sin obstáculos en las ruedas
- Mayor área de trabajo debajo del vehículo
- Altura de elevación cómoda para el trabajador

Desventajas

- Requiere de mucha atención a los puntos de elevación del vehículo
- Columnas pueden dañar las puertas del vehículo.
- No recomendable para trabajos con excesiva carga lateral

2.2.2 Alternativa 2: Elevador de cuatro columnas

Mostrado en la figura 1.4b.

Ventajas

- Mayor estabilidad y soporte
- Mayor capacidad de carga
- No necesita de anclajes especiales en el suelo

Desventajas

- Precio
- Ocupa mayor espacio
- Para realizar trabajos en la ruedas del vehículo se necesitan accesorios
- Columnas y plataforma limita el área de trabajo

2.2.3 Alternativa 3: Elevador tipo tijera

Mostrado en la figura 1.4c.

Ventajas

- Vehículo se puede soportar mediante las ruedas o mediante su carrocería
- Cuando no está en uso, se retrae

Desventajas

- En cuanto mayor es su capacidad de carga, mayor es su tamaño
- Limitada área de trabajo debajo del vehículo.
- Precio

2.2.4 Selección de alternativas

2.2.4.1 Criterios de selección

Se consideran los siguientes criterios de selección.

Seguridad

El elevador debe ser seguro cuando el vehículo se está elevando y cuando está elevado.

Mantenimiento

El elevador debe requerir poco mantenimiento.

Desempeño

El elevador debe tener un área de trabajo óptima debajo del vehículo.

Costo

El costo del elevador debe ser bajo.

Espacio ocupado

El elevador debe ocupar poco espacio en el taller.

2.2.4.2 Matriz de selección

Para seleccionar la mejor alternativa se elige el método de la matriz de selección. En la tabla 2.1 se muestran las escalas a usar y en la tabla 2.2 se evalúan a las alternativas.

Tabla 2.1 Escalas

Criterio	Puntaje
No conveniente	1
Poco conveniente	2
Medianamente conveniente	3
Conveniente	4
Altamente conveniente	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.2 Evaluación de alternativas

Importancia del criterio (1-10)	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
10	Seguridad	4	5	4
5	Mantenimiento	4	3	4
8	Desempeño	5	4	1
7	Costo	5	2	2
6	Espacio	5	3	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.3 Resultados

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Seguridad	40	50	40
Mantenimiento	20	15	20
Desempeño	40	32	8
Costo	35	14	14
Espacio	30	18	24
Sumatoria	165	129	106
Porcentaje respecto a valor máximo de resultado (180) %	91.7	71.7	58.9
Porcentaje respecto a sumatoria máxima %	100	78.2	64.2

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 2.3 la alternativa 1, elevador de dos columnas, representa la mejor opción al tener un puntaje de 165, mayor a las demás alternativas.

2.3 Alternativas de diseño en sistema de elevación

El sistema de elevación, para elevadores de dos columnas, se refiere a la manera en que el cilindro hidráulico va conectado al carro de elevación. Existen dos maneras:

2.3.1 Alternativa 1: Cadena sobre polea

El cilindro hidráulico va conectado al carro de elevación indirectamente, es decir mediante una cadena que está conectada de un lado con el carro de elevación y del otro lado esta fija en la parte inferior de la columna. Una polea conectado en la parte superior del vástago (ver figura 2.2a) ejerce presión en la cadena y ésta eleva al carro de elevación cuando el fluido hidráulico fluye dentro del cilindro. En la figura 2.2b se muestra el esquema del funcionamiento de este sistema. Cuando la polea sube una distancia, el carro de elevación sube el doble de esa distancia. De esta manera se consigue un cilindro corto para elevar el sistema.

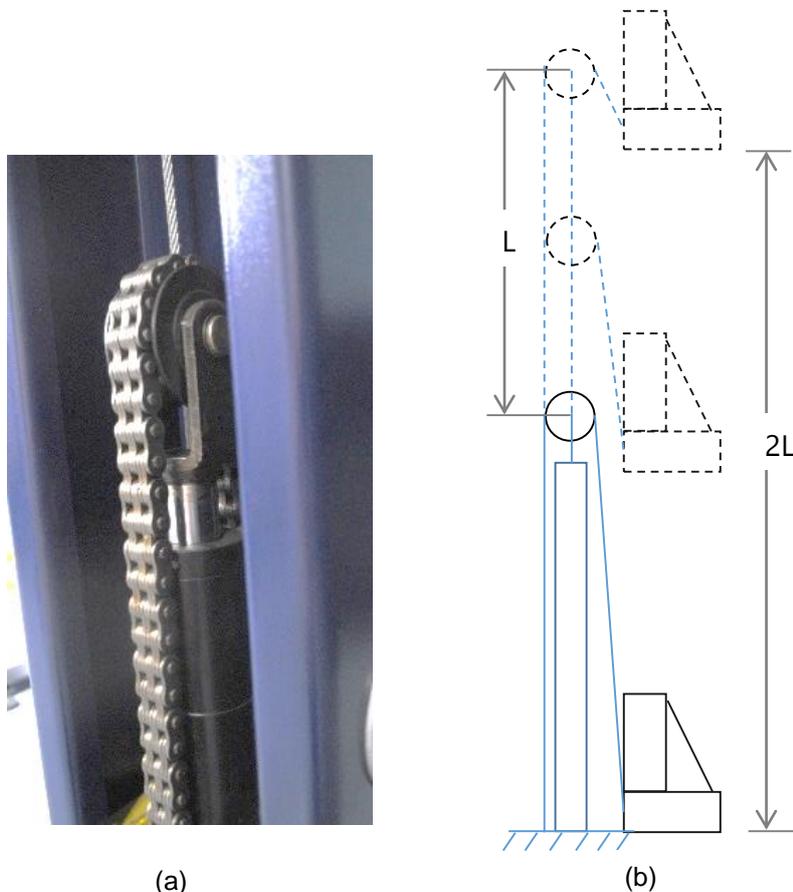


Figura 2.2 Sistema cadena sobre polea: a) Sistema; b) Esquema

Fuente: a) <https://www.eagleequip.com/blog/2014/06/02/lift-direct-drive-2-post-lifts-vs-chain-driven-2-post-lifts>

b) Elaboración propia

Ventajas

- El cilindro hidráulico es corto
- Costo bajo de cilindro hidráulico
- Baja altura total del elevador de vehículos

Desventajas

- Contiene más partes móviles
- Requiere de mayor mantenimiento debido a la cadena y el rodillo

2.3.2 Alternativa 2: Cilindro hidráulico de transmisión directa

El cilindro hidráulico va conectado al carro de elevación directamente mediante una brida, esta configuración se muestra en la figura 2.3.

Ventajas

- Requiere de menor mantenimiento
- Contiene menos partes móviles

Desventajas

- El cilindro hidráulico es largo
- Mayor altura total del elevador de vehículos
- Alto costo de cilindro hidráulico

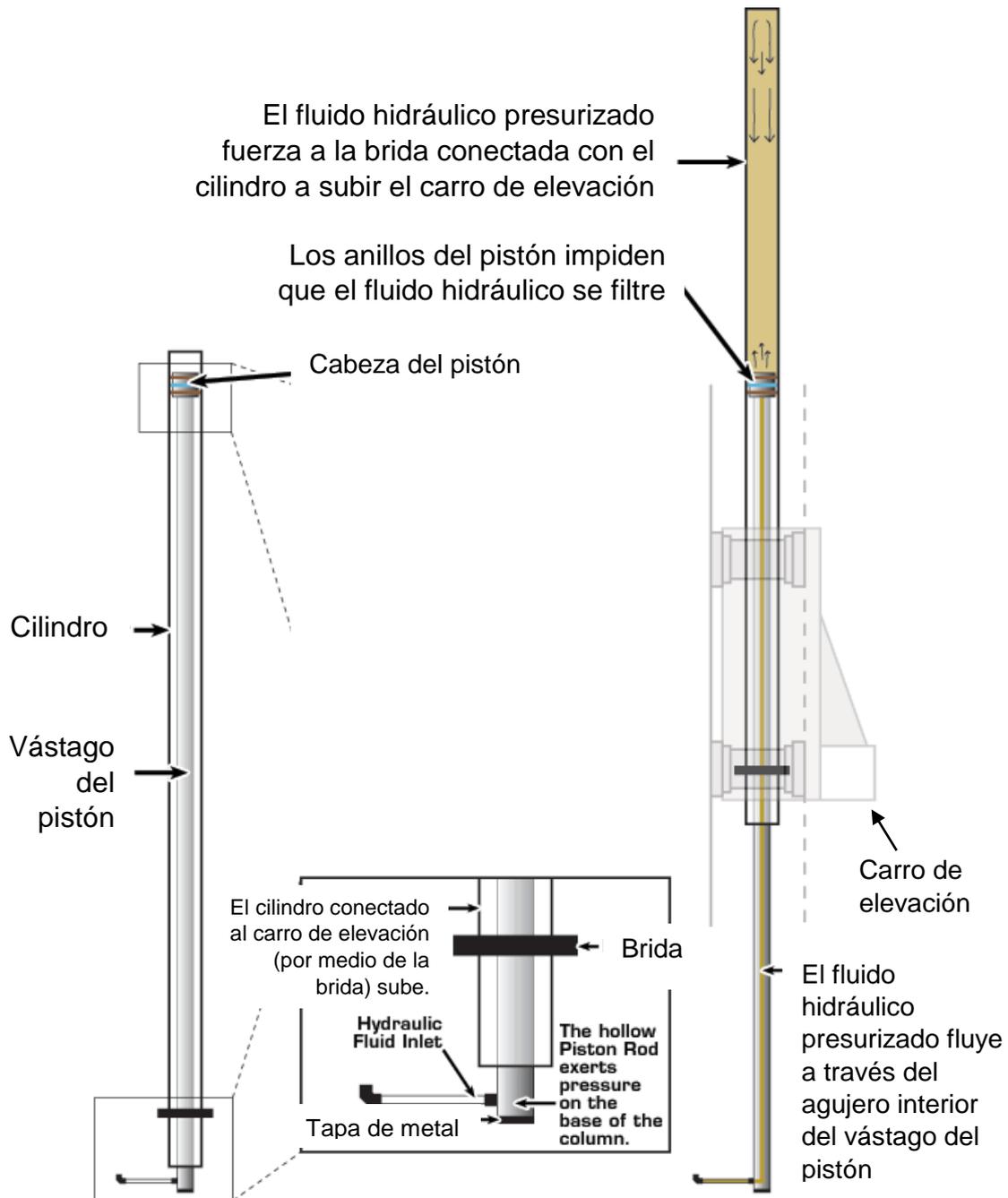


Figura 2.3 Cilindro hidráulico de transmisión directa

Fuente: <http://www.gregsmithequipment.com/2-Post-Lifts-Hydraulic-Cylinder-Systems>

2.3.3 Selección de alternativas

2.3.3.1 Criterios de selección

Se consideran los siguientes criterios de selección.

Seguridad

El sistema debe ser seguro cuando el vehículo se está elevando y cuando esta elevado.

Mantenimiento

El sistema debe requerir poco mantenimiento.

Tamaño del cilindro

El sistema debe tener un cilindro hidráulico de menor tamaño para permitir diseñar un elevador de baja altura.

Costo

El costo del sistema debe de ser bajo.

2.3.3.2 Matriz de selección

De nuevo, se elige el método de la matriz de selección. En la tabla 2.4 se evalúan a las alternativas con los mismos puntajes de la tabla 2.1.

Tabla 2.4 Evaluación de alternativas

Importancia del criterio (1-10)	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
10	Seguridad	5	5
6	Mantenimiento	3	4
8	Tamaño del cilindro	5	2
7	Costo	4	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.5 Resultados

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Seguridad	50	50
Mantenimiento	18	24
Tamaño del cilindro	40	16
Costo	28	14
Sumatoria	136	104
Porcentaje respecto a valor máximo de resultado (155) %	87.7	67.1
Porcentaje respecto a sumatoria máxima %	100	76.5

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 2.5 la alternativa 1, cadena sobre polea, representa la mejor opción al tener un puntaje de 136, mayor que la otra alternativa.

2.4 Parámetros de diseño

2.4.1 Velocidad de elevación y descenso

Para el diseño del elevador se considera un tiempo de subida de 60 segundos y una altura de elevación máxima de 1.9 metros. Por lo tanto, la velocidad de elevación es:

$$v_e = \frac{L}{t} = \frac{1.9}{60} = 0.032 \text{ m/s}$$

Según la norma BS EN1493:2010 la velocidad de elevación y descenso no debe ser superior a 0.15 m/s.

2.4.2 Distribución de carga

De acuerdo con la norma BS EN1493:2010 las relaciones de carga frontal y posterior del vehículo son (en ambas direcciones): 3:2 y 2:3. Las cargas se distribuyen en las 4 esquinas de un rectángulo de 1 m de ancho, como se muestra en la figura 2.4, con los brazos totalmente extendidos.

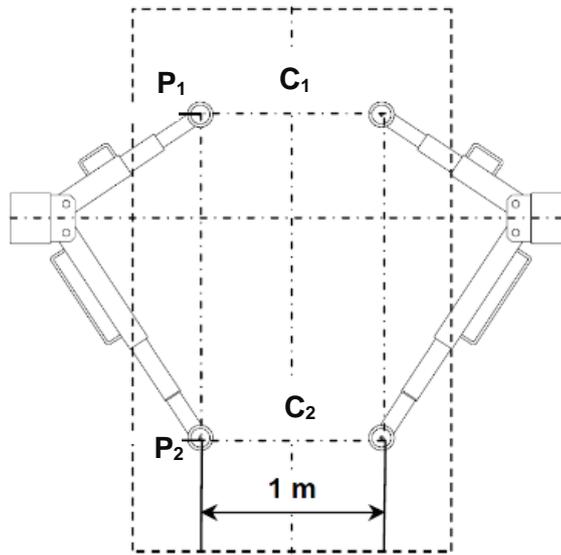


Figura 2.4 Distribución de carga

Fuente: Elaboración propia

C₁: Carga frontal del vehículo

C₂: Carga posterior del vehículo

M_v=3500 Kg

P₁: Carga máxima en brazo corto

P₂: Carga máxima en brazo largo

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{3}{2}$$

$$C_1 + C_2 = M_V$$

$$C_1 = \frac{3}{5}M_V \quad C_2 = \frac{2}{5}M_V$$

Por lo tanto, la carga máxima en cada brazo es:

$$P_1 = \frac{C_1}{2} \times 9.81 = \frac{3M_V}{10} \times 9.81 = \frac{3 \times 3500}{10} \times 9.81 = 10301 \text{ N}$$

$$P_2 = \frac{C_2}{2} \times 9.81 = \frac{2M_V}{10} \times 9.81 = \frac{2 \times 3500}{10} \times 9.81 = 6867 \text{ N}$$

En la tabla 2.6 se muestran los parámetros básicos que se tendrán en cuenta para el diseño del elevador de vehículos.

Tabla 2.6 Parámetros de diseño

Sistema de elevación	Electro-hidráulico
Capacidad de carga máxima	3500 kg
Velocidad de elevación y descenso	0.032 m/s
Altura máxima de elevación	1.9 mt
Distancia entre columnas	2800 mm
Número de columnas	2

Fuente: Elaboración propia

2.5 Diseño de brazos telescópicos

Para el diseño de los brazos telescópicos se consideran los parámetros generales de la tabla 2.7. El factor de seguridad igual a 1.5 es de acuerdo con la norma BS EN1493:2010.

Tabla 2.7 Parámetros generales para brazos telescópicos

Parámetro	Valor
Sección transversal	Tubería cuadrada
Factor de seguridad de diseño (η)	1.5
Material	ASTM A500 grado C
Carga	10301 N

Fuente: Elaboración propia

Los brazos telescópicos tienen varias etapas que le permiten variar su longitud para que el plato de apoyo se acomode en el chasis del vehículo. El ancho de la sección transversal considerado para cada etapa se muestra en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Ancho de las etapas para brazo telescópico

Etapa	Ancho (mm)
1	125
2	100
3	75

Fuente: Elaboración propia

El brazo largo tiene 2 etapas mientras que el brazo corto tiene 3 etapas, como se muestra en el diseño de forma de los brazos telescópicos de la figura 2.5.

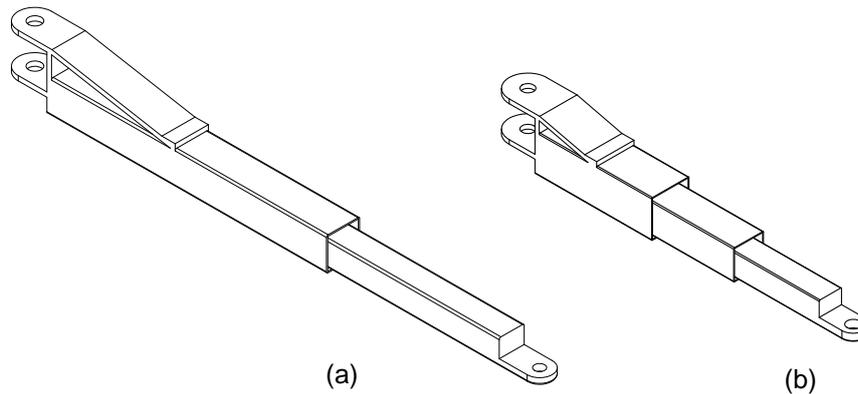


Figura 2.5 Diseño de forma de brazo telescópico: a) Brazo largo; b) Brazo corto

Fuente: Elaboración propia

2.5.1 Cargas en plato de soporte

En la figura 2.6 se muestran las cargas que se presentan en el plato de soporte. Las cargas son aplicadas en la posición más desfavorable. De acuerdo con la norma BS EN1493:2010 la fuerza de 1000 N es producida por los operadores y la fuerza P se aplicada con 50% de excentricidad con el plato de soporte en su máxima altura.

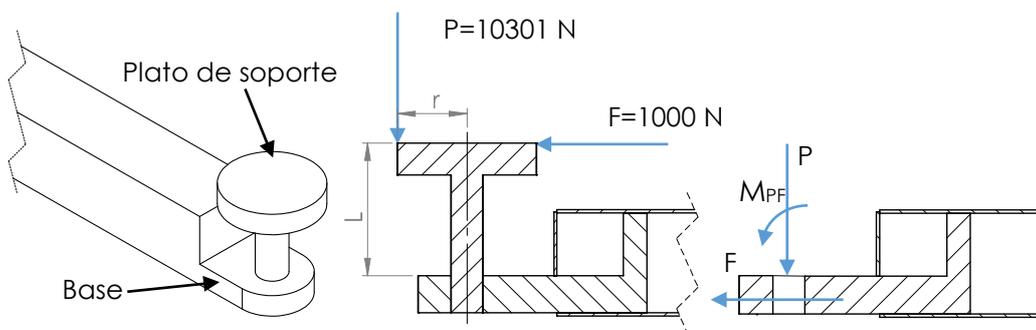


Figura 2.6 Cargas en plato de soporte

Fuente: Elaboración propia

Se considera la altura máxima y el diámetro del plato de apoyo igual a 130 mm, respectivamente. El momento equivalente M_{PF} en la base es:

$$T_P = P \cdot r = 10301 \times \frac{130}{2} = 669565 \text{ Nmm}$$

$$T_F = F \cdot L = 1000 \times 130 = 130000 \text{ Nmm}$$

$$M_{PF} = T_P + T_F = 8 \times 10^5 \text{ Nmm}$$

2.5.2 Longitud de las etapas de los brazos telescópicos

2.5.2.1 Brazo telescópico largo

Las longitudes de las etapas están relacionadas como se ve en la figura 2.7. Se considera que el 40% de la longitud del brazo 2 no puede salir.

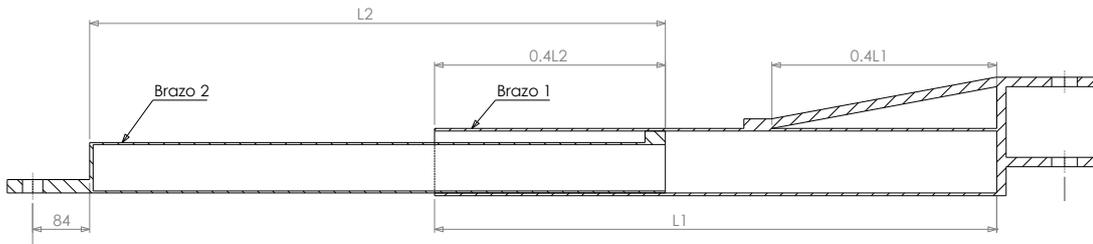


Figura 2.7 Relación de longitudes de brazo telescópico largo

Fuente: Elaboración propia. Medidas en milímetros

La longitud del brazo 2 se la considera como:

$$L_2 = L_1 + 20$$

De la figura 2.7 se construye la ecuación:

$$L_1 + L_2 - (L_2)(0.4) + 84 = 1420$$

Por lo tanto, las medidas de los brazos quedan:

$$L_1 = 828 \text{ mm}$$

$$L_2 = 848 \text{ mm}$$

En la figura 2.8 se muestran las medidas longitudes del brazo telescópico largo.

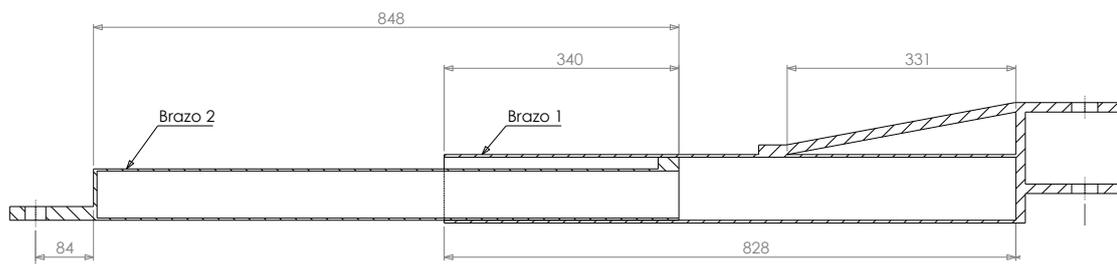


Figura 2.8 Longitud de las partes del brazo telescópico largo

Fuente: Elaboración propia. Medidas en milímetros

2.5.2.2 Brazo telescópico corto

El brazo telescópico corto tiene tres etapas cuyas medidas están relacionadas como se ve en la figura 2.9. El 40% de la longitud del brazo 3 y 2 no puede salir.

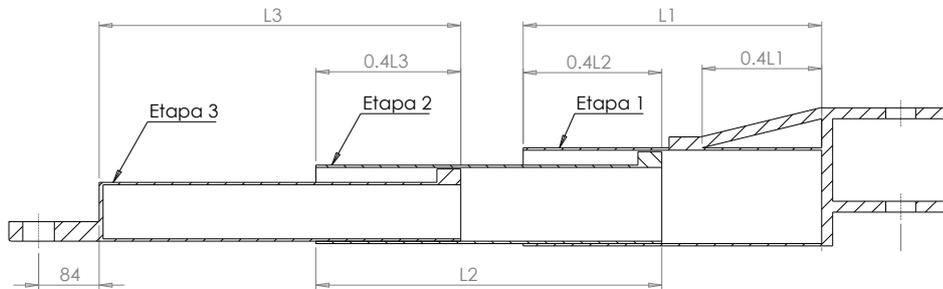


Figura 2.9 Relación de longitudes de brazo telescópico corto

Fuente: Elaboración propia. Medidas en milímetros

La longitud del brazo 2 y 3 se considera como:

$$L_2 = L_1 + 60$$

$$L_3 = L_2 + 20$$

De la figura 2.9 se construye la ecuación:

$$L_1 + L_2 - (L_2)(0.4) + L_3 - (L_3)(0.4) + 84 = 997$$

Por lo tanto, las medidas de los brazos quedan:

$$L_1 = 377 \text{ mm}$$

$$L_2 = 437 \text{ mm}$$

$$L_3 = 457 \text{ mm}$$

En la figura 2.10 se muestran las medidas longitudes del brazo telescópico corto.

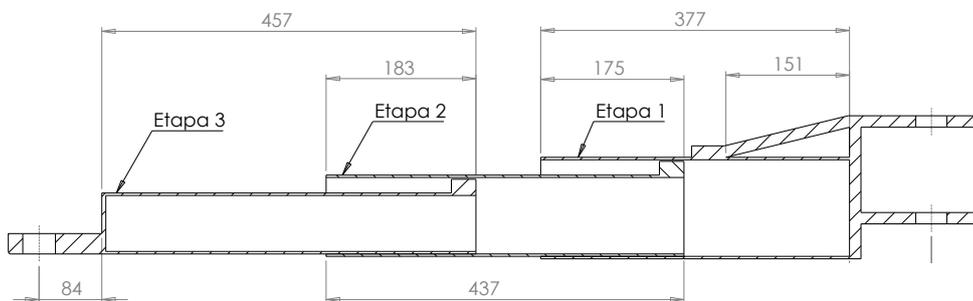


Figura 2.10 Longitud de las partes del brazo telescópico corto

Fuente: Elaboración propia. Medidas en milímetros

2.5.3 Cálculo de espesores de brazos telescópicos

Para el cálculo de espesores se utiliza la siguiente ecuación:

$$e = \frac{1}{2} \left[b - \left[b^4 - \frac{6\eta M_{max} b}{S_y} \right]^{1/4} \right] \quad (Ec 2.1)$$

Donde:

b: ancho de brazos

M_{max} : Momento máximo

S_y : Esfuerzo de fluencia

La ecuación anterior considera esfuerzos de flexión en una sección transversal cuadrada hueca.

2.6 Diseño de soldaduras

En la figura 2.11 se muestran las partes y nomenclaturas de una soldadura tipo filete.

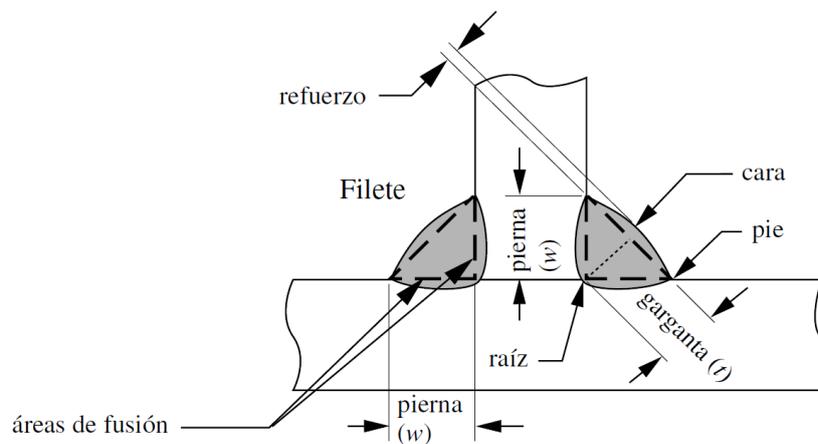


Figura 2.11 Soldadura tipo filete

Para el diseño de soldaduras se utiliza el método de considerar a la soldadura como una línea (Norton, 2011) y recomendaciones de la norma AWS D1.1:2002

Con este método las ecuaciones de esfuerzo se convierten en carga por unidad de longitud t de la garganta de la soldadura:

$$f_n = \frac{P}{A_w} \text{ tensión o compresión directa} \quad (Ec 2.2)$$

$$f_s = \frac{V}{A_w} \text{ cortante directo (Ec 2.3)}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w} \text{ flexión (Ec 2.4)}$$

$$f_t = \frac{T \cdot c}{J_w} \text{ Torsión (Ec 2.5)}$$

Para soldaduras con combinaciones de carga por unidad se localiza el punto crítico y se calcula la carga resultante con la ecuación:

$$F_T = \sqrt{\left(\sum f_x\right)^2 + \left(\sum f_y\right)^2 + \left(\sum f_z\right)^2} \text{ (Ec 2.6)}$$

El tamaño de la garganta t se lo calcula con la ecuación:

$$t = \frac{F_T}{\tau_{perm}} \text{ (Ec 2.7)}$$

Donde el esfuerzo permisible de la soldadura se lo define con la resistencia a la fluencia del electrodo considerado (E7018) y un factor de seguridad:

$$\tau_{perm} = 0.3E_{xx} = 0.3 \times 70 = 21.0 \text{ kpsi}$$

Las soldaduras de filete se especifican por la dimensión de su pierna w :

$$w = \frac{t}{0.707} \text{ (Ec 2.8)}$$

Además, debe de satisfacer el tamaño mínimo especificado en la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Tamaños mínimos de soldadura en filetes

Espesor del metal base (T) (pulg)	Tamaño mínimo de pierna (pulg)
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16

Fuente: Norma AWS D1.1:2002

2.7 Diseño del sistema de cables para sincronización

Para asegurar que los carros de elevación suban la carga equitativamente el elevador de dos columnas tiene un sistema de cables de acero para sincronizar el movimiento vertical de los carros de elevación.

En la figura 2.12 se muestra la distribución de los cables. Un cable de acero conectado a un carro de elevación hala al otro carro de elevación para nivelarlo y viceversa. Es decir, el cable no es diseñado para elevar toda la carga que soporta el carro de elevación. Se considera que la carga máxima que soporta el cable es el 25% de la carga que soporta el carro de elevación.

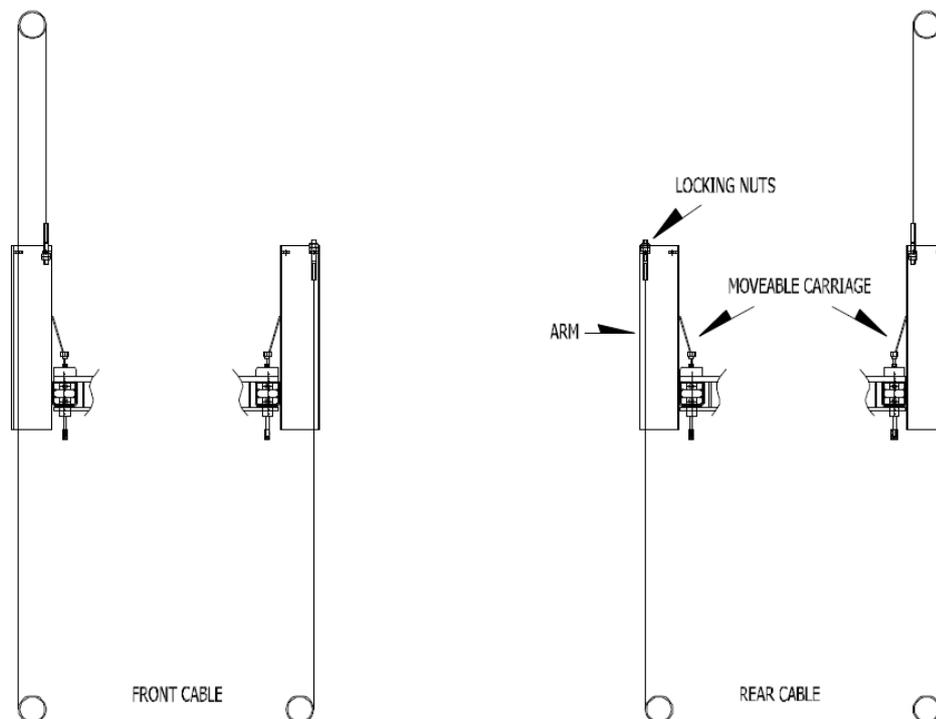


Figura 2.12 Sistema de cables para sincronización

Fuente: Elaboración propia

2.7.1 Cálculo del diámetro mínimo del cable

La norma BS EN1493:2010 recomienda usar la norma ISO 4308-1:2003 para el cálculo del diámetro del cable de acero y las poleas.

El diámetro mínimo del cable se lo obtiene de la siguiente ecuación:

$$d_{min} = C\sqrt{S} \quad (Ec\ 2.9)$$

Donde:

C: Factor de selección del cable;

S: Tensión máxima del cable, en N.

El valor C se lo obtiene de la tabla 2.10.

Donde:

R₀: Resistencia mínima a la tracción de un alambre utilizado en el cable, en N/mm²;

K': Factor empírico para la carga mínima de rotura de un cable de disposición constructiva dada;

Z_p: Coeficiente mínimo de utilización práctica.

Tabla 2.10 Valores de C y Z_p (Para R₀=1770 N/mm² y K'=0.356)

Clasificación del mecanismo	Valor de Z _p	Valor de C
M1	3.15	0.071
M2	3.35	0.073
M3	3.55	0.075
M4	4.0	0.080
M5	4.5	0.085
M6	5.6	0.094
M7	7.1	0.106
M8	9.0	0.120

Fuente: Norma ISO 4308-1:2003

La clasificación del mecanismo para cables de sincronización debe ser M3 o más alto¹. Adicionalmente, según la norma BS EN1493:2010, Los cables de acero deben estar constituidos por un mínimo de 114 alambres y el valor de R₀ debe ser de al menos 1570 N/mm² pero no debe de exceder de 1960 N/mm².

¹ De acuerdo con el párrafo 5.7.5.2 de la norma BS EN1493:2010

2.7.2 Cálculo del diámetro de la polea

El diámetro de la polea se lo calcula con la siguiente ecuación:

$$D_2 \geq h_2 d_{min} \quad (Ec \ 2.10)$$

Donde:

D_2 : Diámetro primitivo de la polea

h_2 : Factor de selección para las poleas, ver tabla 2.11.

Tabla 2.11 Factor de selección h_2

Clasificación del mecanismo	h_2
M1	12.5
M2	14.0
M3	16.0
M4	18.0
M5	20.0
M6	22.4
M7	25.0
M8	28.0

Fuente: Norma ISO 4308-1:2003

2.7.3 Cálculo de la carga de rotura mínima

La carga de rotura mínima, en newton, del cable está dada por la fórmula:

$$F_0 = SZ_p \quad (Ec \ 2.11)$$

2.8 Selección de cadena, diseño de polea para cadena y horquilla

2.8.1 Selección de cadena

La cadena en el elevador de dos columnas es el medio por el cual el cilindro hidráulico eleva al carro de elevación.

La cadena a utilizar se conoce en inglés como *Leaf Chain* (ver figura 2.13a). Este tipo de cadena es comúnmente usado en montacargas y en aplicaciones de elevación.

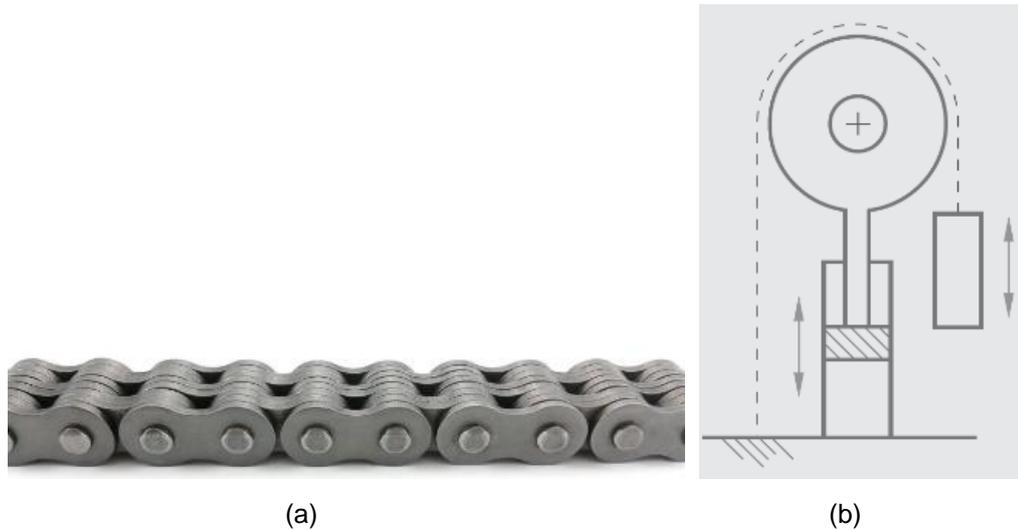


Figura 2.13 Cadena: a) Cadena tipo *Leaf Chain*; b) Esquema de aplicación

Fuente: a) <http://www.usarollerchain.com/BL1244-Leaf-Chain-p/gdp-bl1244-10ft.htm> b) Renold Roller Chain Catalogue

Estas cadenas no se pueden utilizar con ruedas dentadas, en su lugar se usan poleas para cadenas (*Sheaves* en inglés) y deben estar ancladas en sus extremos mediante horquillas (*Clevises* en inglés).

La carga de rotura mínima de la cadena será de al menos cuatro veces la máxima carga posible¹. Esto es cuando el carro de elevación mediante el cable de acero hala al otro carro de elevación para nivelarse.

La selección de la cadena, las dimensiones de la polea para la cadena y la horquilla están basados en la norma ISO 4347:1992.

2.8.2 Diseño de la polea para cadena

Para el diseño de la polea se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$D_{1 \min} = 3 \times A \quad (\text{Ec 2.12})$$

$$b_{13 \min} = 1.05 \times E \quad (\text{Ec 2.13})$$

$$D_{2 \min} = D_1 + C + D \quad (\text{Ec 2.14})$$

Donde:

D_1 : Mínimo diámetro de la polea

¹ De acuerdo con el párrafo 5.7.5.3 de la norma BS EN1493:2010

- b_{13} : Ancho mínimo entre flancos
- D_2 : Mínimo diámetro de flancos
- A: Paso nominal
- C: Profundidad de placa
- D: Diámetro del rodillo

La norma ISO 4347:1992 recomienda que la ecuación 2.12 sea 5 veces el paso nominal, sin embargo los fabricantes recomiendan como mínimo 3 veces el paso nominal y como máximo 5 veces el paso nominal (Rexnord, 2005). La elección de la ecuación 2.12 es para evitar sobredimensionamiento.

En la figura 2.14 se muestran las dimensiones de las ecuaciones mencionadas.

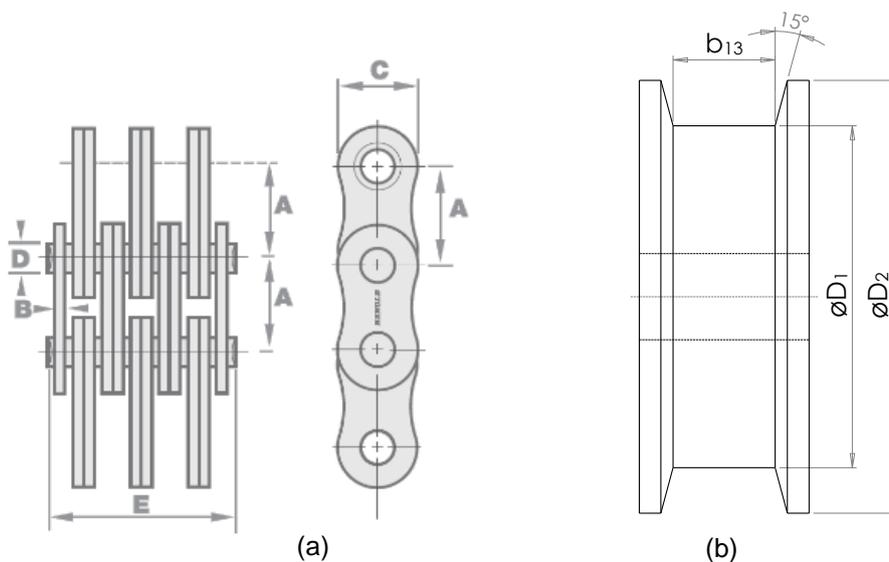


Figura 2.14 Dimensiones: a) Cadena; b) Polea

Fuente: a) Renold Roller Chain Catalog b) Elaboración propia¹

2.8.3 Cálculo del rodamiento en la polea para cadena

La polea para cadena tiene un rodamiento de rodillos. Para seleccionar este elemento se debe conocer el valor de la capacidad básica de carga dinámica que se obtiene de la siguiente ecuación.

$$C_r = \left[\frac{60nL_{10h}}{10^6} \right]^{3/10} \cdot P_r \quad (Ec 2.15)$$

¹ Basado en la norma ISO 4347:1992

Donde:

C_r : Capacidad básica de carga dinámica para rodamientos radiales, en N

P_r : Carga dinámica equivalente para rodamientos radiales, en N

n : Velocidad de rotación, en r.p.m.

L_{10h} : Vida nominal básica con 90% de confiabilidad, en horas

$$P_r = 2 \times F_c \quad (Ec\ 2.16)$$

La ecuación 2.16 se obtiene del DCL de la figura 2.15.

La velocidad de rotación en la polea para cadena es igual a:

$$n = \frac{60v}{\pi D_1} \quad (Ec\ 2.17)$$

Donde:

v : Velocidad de ascenso y descenso de la cadena, en mt/s

D_1 : Mínimo diámetro de la polea para cadena, en mt

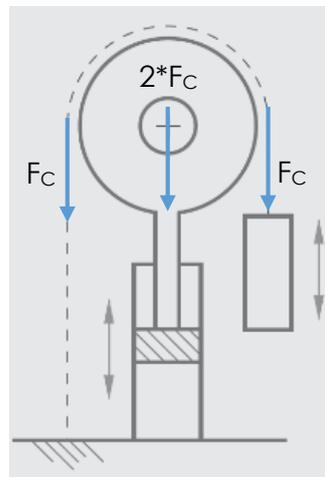


Figura 2.15 DCL de las cargas en la polea para la cadena

Fuente: Elaboración propia

2.8.4 Diseño de horquilla y rodillo

Este elemento sirve para anclar la cadena en sus extremos. La norma ISO 4347 ofrece las dimensiones que debe de tener este elemento. En la figura 2.16 se muestran las dimensiones de la horquilla y del rodillo.

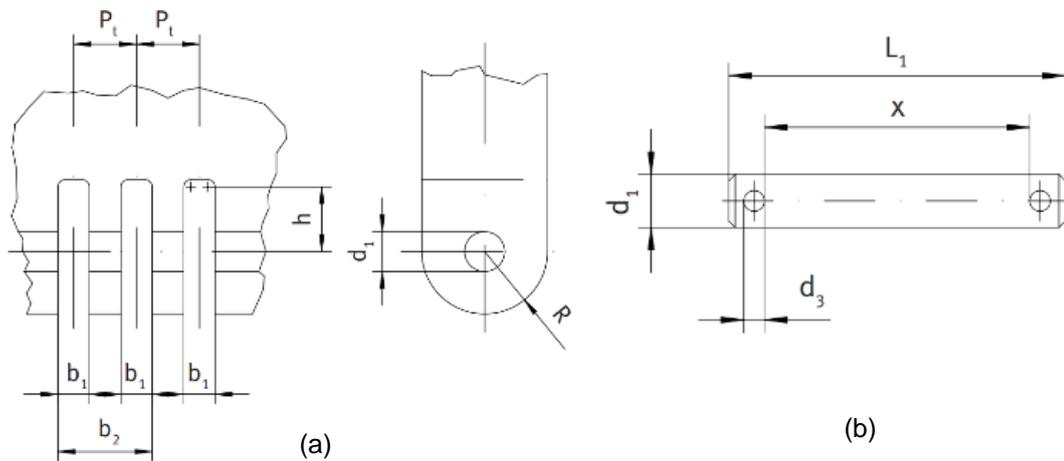


Figura 2.16 Dimensiones: a) Horquilla; b) Rodillo

Fuente: Leaf Chains for Forklifts Elite

2.9 Diseño del carro de elevación

El carro de elevación es el medio en el cual están conectados los brazos telescópicos, los cables de sincronización y la cadena.

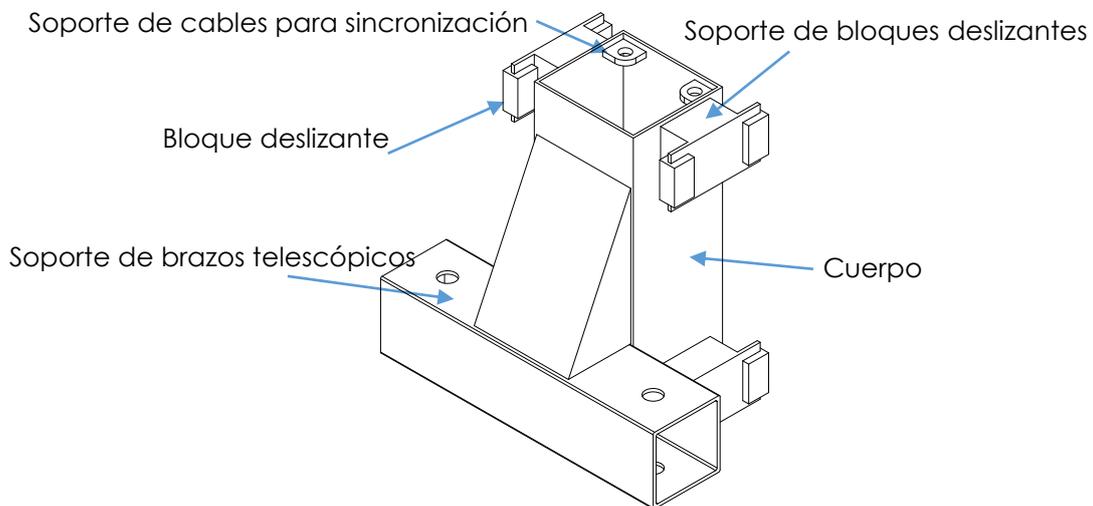


Figura 2.17 Partes del carro de elevación

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2.17 se muestran las partes del carro de elevación. Las dimensiones del cuerpo dependen del espacio que ocupa la cadena con la polea y de las dimensiones de la polea con el cable para sincronización.

2.9.1 Fuerzas de fricción

El carro de elevación desliza en la columna por medio de bloques deslizantes lo que genera fricción. El material de este elemento es Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMW, por sus siglas en ingles). El coeficiente de fricción dinámico con acero y lubricante es 0.05. Para calcular la fuerza de fricción se usa la siguiente ecuación:

$$F_f = 0.05 \sum R \quad (Ec\ 2.18)$$

Donde:

$\sum R$: Sumatoria de fuerzas de contacto de los bloques con la columna

2.9.2 Bloqueo del carro de elevación

La norma BS EN1493:2010 establece en su párrafo 5.13.1 que el carro de elevación debe ser diseñado para prevenir que no baje más de 100 mm en caso de ruptura de la cadena, por ejemplo. Este mecanismo de bloqueo debe funcionar después de un desplazamiento vertical del carro de elevación de 500 mm, así como durante los ciclos de subida y bajada.

2.10 Diseño de columnas

La columna es el medio en el cual el carro de elevación desliza en el interior. En la parte superior de la columna se encuentra una polea, la cual soporta el cable para sincronización, que transmite fuerzas de compresión a la columna.

En la figura 2.18 se muestra la sección transversal de la columna la cual está compuesta por 3 partes: 2 secciones en C y una plancha.

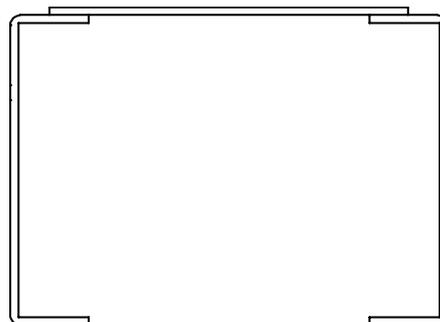


Figura 2.18 Sección transversal de la columna

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 2.19a la columna está sometida a compresión debido a la carga axial F_{col} que produce la polea que se encuentra en la parte superior de la columna. Existe también un momento producido por el peso del vehículo. En la figura 2.19b se muestra el DCL estáticamente equivalente considerando solo la carga axial y una excentricidad equivalente.

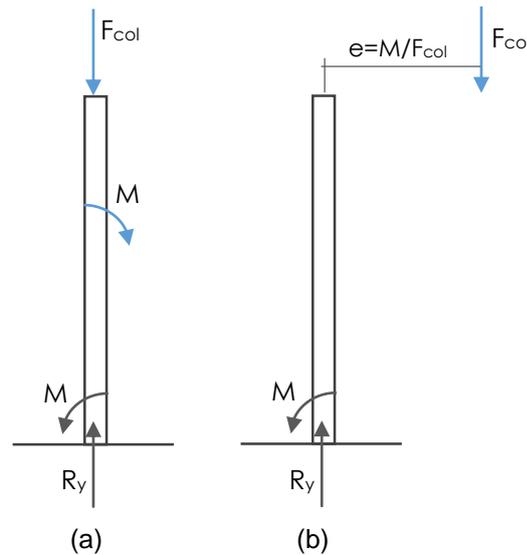


Figura 2.19 DCL de columna: a) Real; b) Estáticamente equivalente

Fuente: Elaboración propia

La carga crítica P_{cr} , para las columnas excéntricas, se la analiza con la ecuación de la secante. Sin embargo, si la columna se encuentra en el rango de Johnson y la razón de excentricidad E_r es menor que 0.1, se debe aplicar la fórmula de Johnson para columnas concéntricas (Norton, 2011).

Para conocer si la columna es Johnson o Euler se compara la razón de esbeltez (S_r) con el valor del límite de Euler (S_{rD}), si la razón de esbeltez es menor que el límite de Euler se calcula la carga crítica con la fórmula de Johnson, si es mayor se la calcula con la fórmula de Euler.

$$P_{cr} = A \left[S_{yc} - \frac{1}{E} \left(\frac{S_{yc} S_r}{2\pi} \right)^2 \right] \quad \text{Fórmula de Johnson } S_r < S_{rD} \quad (\text{Ec 2.19})$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{S_r^2} \quad \text{Fórmula de Euler } S_r > S_{rD} \quad (\text{Ec 2.20})$$

Donde:

A: Área de la sección transversal

E: Módulo de Young

S_{yc} : Esfuerzo de fluencia a la compresión

La razón de esbeltez de la columna se define como:

$$S_r = l_{ef} \sqrt{\frac{A}{I}} \quad (Ec 2.21)$$

Donde:

l_{ef} : Longitud efectiva

I: Inercia de la columna

La condición de extremo para la columna es empotrada-libre, por lo tanto la longitud efectiva es:

$$l_{ef} = 2.1l \quad (Ec 2.22)$$

Donde:

l: Longitud de la columna

El valor de S_{rD} es:

$$S_{rD} = \pi \sqrt{\frac{2E}{S_{yc}}} \quad (Ec 2.23)$$

La razón de excentricidad se define como:

$$E_r = \frac{e \cdot c}{(I/A)^2} \quad (Ec 2.24)$$

Donde:

c: Distancia máxima desde el eje centroidal hasta la fibra externa de la sección transversal

Finalmente la carga permisible se define como:

$$P_{permisible} = \frac{P_{cr}}{1.5} \quad (Ec 2.25)$$

Adicionalmente, se deben de calcular los esfuerzos en el punto crítico de la columna, es decir en el empotramiento de la parte inferior.

2.11 Diseño del sistema hidráulico

2.11.1 Cilindro hidráulico

La carga P_r que debe levantar el cilindro se muestra en el DCL de la figura 2.15. La presión en el cilindro se la calcula con la siguiente ecuación:

$$P_c = \frac{4P_r}{\pi d_B^2} \quad (Ec 2.26)$$

Donde:

d_B : Diámetro interior del cilindro

2.11.2 Caudal del sistema

Para un cilindro hidráulico el volumen de la carrera es:

$$V = \frac{\pi d_B^2 \cdot L_s}{4} \quad (Ec 2.27)$$

Donde:

L_s : Carrera del pistón

El caudal Q necesario para realizar una carrera se lo obtiene de la ecuación:

$$Q = \frac{V}{\eta t} \quad (Ec 2.28)$$

El rendimiento volumétrico η del cilindro tiene en cuenta las fugas, como general se toma 0.95.

Debido a que se utilizan dos cilindros hidráulicos conectados a una misma bomba, el caudal total es:

$$Q_T = 2Q \quad (Ec 2.29)$$

2.11.3 Selección de mangueras hidráulicas

El diámetro interior de la manguera se la calcula con la ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_t}} \quad (Ec 2.30)$$

Donde:

v_t : Velocidad del fluido en la manguera

Se recomiendan los siguientes valores estándar de velocidad en las mangueras:

Tuberías de impulsión:

- Hasta 50 bar de presión de trabajo: 4,0 m/s;
- Hasta 100 bar de presión de trabajo: 4,5 m/s;
- Hasta 150 bar de presión de trabajo: 5,0 m/s;
- Hasta 200 bar de presión de trabajo: 5,5 m/s;
- Hasta 300 bar de presión de trabajo: 6,0 m/s.

Luego de seleccionar el diámetro de la manguera en función del diámetro calculado y la presión del fluido se recalcula la velocidad del fluido.

2.11.4 Presión del sistema

Para conocer la presión total del sistema se debe de calcular las pérdidas de presión en las mangueras (ΔP). Para el efecto, se debe calcular el número de Reynolds (Re) para conocer si el fluido se comporta de manera laminar o turbulenta.

$$Re = \frac{v_t \cdot D}{\nu} \quad (Ec\ 2.31)$$

Donde:

ν : Viscosidad cinemática del fluido hidráulico, en mt^2/s

D: Diámetro interior de la manguera

Las pérdidas por cabezal se las calcula con la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \cdot \frac{L_t}{D} \cdot \frac{v_t^2}{2g} \quad (Ec\ 2.32)$$

Donde:

f: Coeficiente de fricción

L_t : Longitud de manguera

Si el fluido es laminar, el coeficiente de fricción se calcula con la ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (Ec 2.33)$$

Finalmente, se calcula las pérdidas de presión en la manguera con la ecuación:

$$\Delta P = h_f \cdot \rho \cdot g \quad (Ec 2.34)$$

Donde:

ρ : Densidad del fluido hidráulico

La presión total del sistema se calcula con la ecuación:

$$P_T = P_c + \sum \Delta P \quad (Ec 2.35)$$

2.11.5 Fluido hidráulico

Las propiedades del fluido hidráulico a utilizar se muestran en la tabla 2.12.

Tabla 2.12 Propiedades del fluido hidráulico

Nombre	AW ISO 32
Viscosidad cinemática @ 40°	32.0 cSt
Gravedad API	32.0
Punto de inflamación	210 °C

Fuente: A.W. Hydraulic Oil, Valvoline

2.11.6 Capacidad del tanque para fluido

De acuerdo con la norma BS EN1493:2010, el volumen del tanque debe exceder al menos 10% del volumen de los cilindros. Por lo tanto, se obtiene la ecuación 2.36.

$$V_t = 1.1 \times 2V \quad (Ec 2.36)$$

2.12 Resumen de cargas consideradas

En la tabla 2.13 se muestran las cargas en los elementos más importantes del elevador de dos columnas.

Tabla 2.13 Cargas consideradas para diseño

Carga	Descripción	Valor (N)
W	Peso de brazos telescópicos + 1 carro de elevación	748
P_1	Carga en brazo telescópico corto	10301
P_2	Carga en brazo telescópico largo	6867
F_f	Fricción entre carro de elevación y columna	2876
S	Carga en cable para sincronización	$\frac{1}{4}(W + P_1 + P_2 + F_f) = 5198$
F_C	Carga en cadena	$W + P_1 + P_2 + F_f + S = 25990$
P_r	Carga en rodamiento y en cilindro hidráulico	$2F_C = 51980$

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

En esta sección se muestran los resultados obtenidos después de la ejecución de la metodología del diseño presentada en el capítulo 2. El detalle de los cálculos realizados se muestra en los apéndices.

3.1 Brazos telescópicos

En la figura 3.1 se muestra el resultado para el brazo largo.

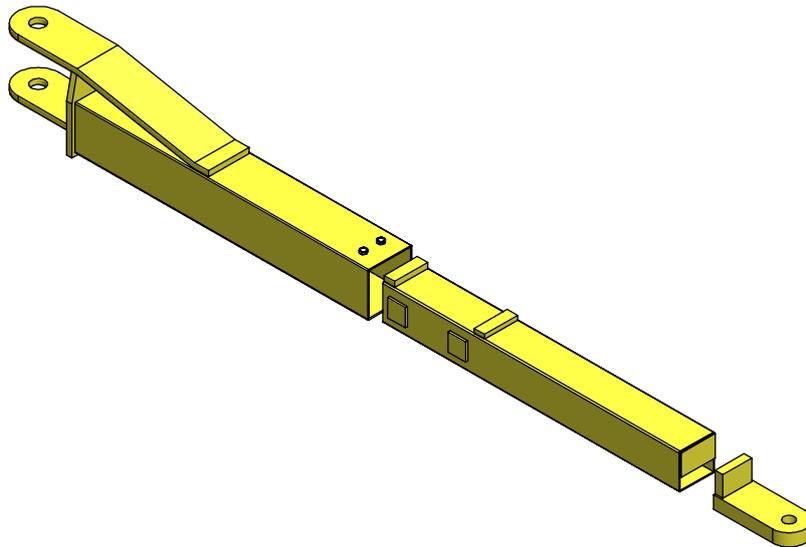


Figura 3.1 Resultado para brazo telescópico largo

Fuente: Elaboración propia

Para las tuberías cuadradas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.1 Resultados de tubería cuadrada para brazo largo

Etapa	Sección transversal	Espesor (mm)	Longitud (mm)	F.S. estático	Material
1	125x125	4	828	1.7	ASTM A500 Grado C
2	100x100	3	848	1.9	

Fuente: Elaboración propia

Las platinas necesarias son:

- Platina 94x30x15 mm
- Platina 94x30x12 mm
- 4 platinas de 50x50x6 mm

En la figura 3.2 se muestra el resultado para el brazo largo.

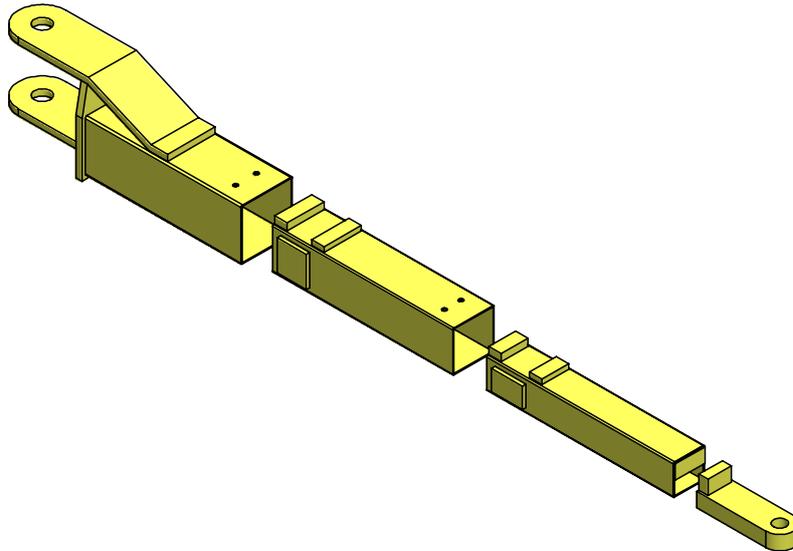


Figura 3.2 Resultado para brazo telescópico corto

Fuente: Elaboración propia

Para las tuberías cuadradas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3.2 Resultados de tubería cuadrada para brazo corto

Etapa	Sección transversal	Espesor (mm)	Longitud (mm)	F.S. estático	Material
1	125x125	3	377	1.8	ASTM A500 Grado C
2	100x100	3	437	1.8	
3	75x75	3	457	1.6	

Fuente: Elaboración propia

Como en el brazo telescópico largo, el brazo corto también tiene platinas en los laterales y en la parte superior. Las platinas necesarias son:

- 2 Platinas 75x70x8
- 1 platinas 90x30x17 mm
- 1 platinas 90x30x12 mm
- 2 platinas 50x75x9 mm
- 1 Platina 65x30x17 mm
- 1 Platina 65x30x12 mm

Los siguientes elementos de la figura 3.3 son iguales para ambos brazos excepto el elemento 4.

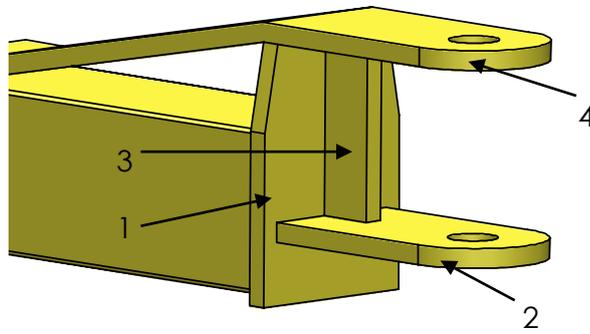


Figura 3.3 Elementos de brazos para conexión con carro de elevación

Fuente: Elaboración propia

1. 2 platinas de 141x200x15 mm
2. 2 platinas de 115x210x15 mm
3. 2 platinas de 136x45x15 mm
4. Platina de 115x603.3x15 mm (Brazo largo); Platina de 115x432.6x15 mm (Brazo corto)

3.2 Sistema de cables para sincronización

3.2.1 Cables de acero

Tabla 3.3 Resultados para el cable de acero

Diámetro (mm)	Masa (kg/m)	F.S. estático	Carga de rotura mínima (kN)	Resistencia mínima a la tracción de un alambre (N/mm ²)	Construcción	Longitud total requerida (mt)
8.0	0.218	6.39	33.2	1770	8x19	18.015

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Poleas

Para que distribuir los cables se necesitan:

- 6 poleas \varnothing_{ext} 4 pulg

De las cuales 4 poleas están en la parte inferior y 2 en la parte superior (1 por cada columna), como se ve en la figura 3.4.

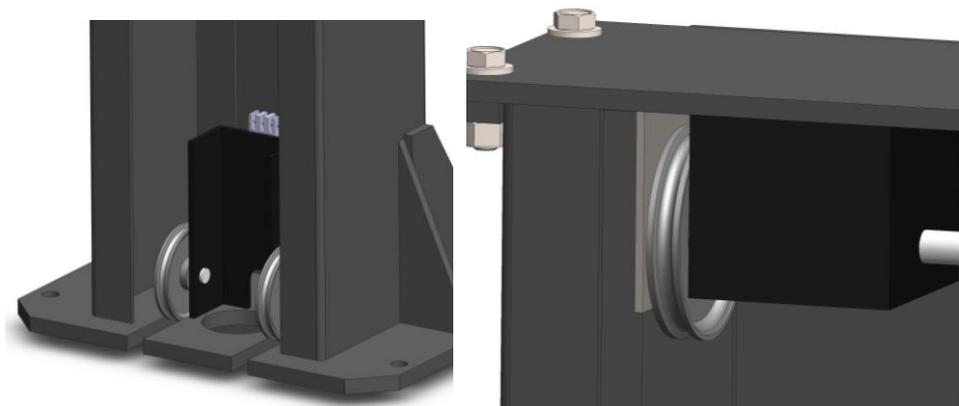


Figura 3.4 Poleas inferiores y superiores

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.4 se muestran los resultados del análisis de los ejes que soportan las poleas.

Tabla 3.4 Resultados para ejes para poleas

Ubicación	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	F.S. estático	Material
Inferior	15.875	38.0	1.1	AISI 1018
Superior		58.0	1.9	

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se necesitan los siguientes elementos conectados a los ejes:

- 14 arandelas DE=66.0 mm; DI=38.92 mm; e=5.6 mm
- 6 Anillos de retención DI=25.1 mm; e=0.9 mm

3.3 Cadena y polea

3.3.1 Cadena

Tabla 3.5 Resultados para la cadena

Referencia ISO	Referencia ANSI	F.S. estático	Combinación de placas	Masa (kg/m)	Carga de rotura mínima (N)	Longitud total requerida (mm)
LH1066	BL566	4.6	6x6	2.67	120000	4166

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Polea para cadena

La polea para cadena tiene un rodamiento de rodillo, en la tabla 3.6 se muestran los resultados.

Tabla 3.6 Resultados de polea para cadena

Diámetro exterior (mm)	Vida de rodamiento (horas)	Capacidad de carga dinámica (lbf)
108.15	17570	21100

Fuente: Elaboración propia

3.4 Carro de elevación

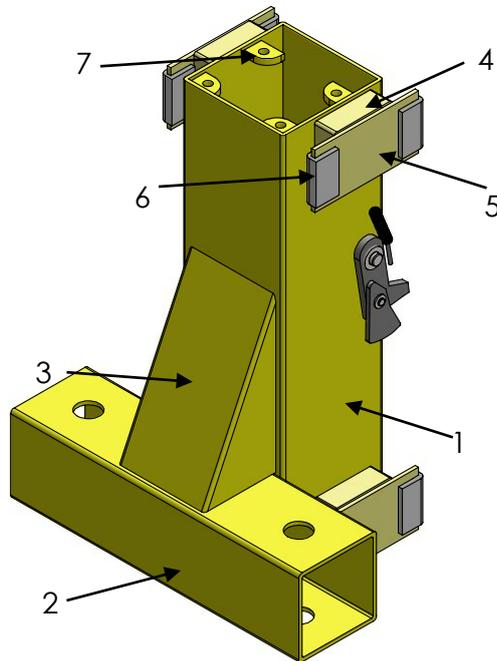


Figura 3.5 Resultado de carro de elevación

Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.6 se listan los elementos del carro de elevación:

1. Tubería estructural cuadrada 200x200x5.5 mm, longitud 700 mm, acero ASTM A500 grado C
2. Tubería estructural cuadrada 135x135x6 mm, longitud 500 mm, acero ASTM A500 grado C
3. Elemento cortado, proviene de tubería estructural cuadrada 150x150x8 mm, longitud 300 mm, acero ASTM A500 grado C
4. 4 tubería estructural cuadrada 100x100x4 mm, longitud 34.5 mm, acero ASTM A500 grado C
5. 4 platinas 180x94x6 mm, acero ASTM A36
6. 4 Bloques deslizantes 70x40x20 mm, polietileno UHMW
7. 4 platinas 40x30x10 mm, acero ASTM A36

En la tabla 3.7 se muestran los resultados para el eje que se ubica en el elemento 2.

Tabla 3.7 Resultados de eje

Diámetro exterior (mm)	Longitud (mm)	F.S. estático	Material
38.1	220	3.1	AISI 1018

Fuente: Elaboración propia

3.5 Columnas

Cada columna consiste de:

- 2 perfiles C 200x50x5 mm, ASTM A36
- Plancha 3000x230x5 mm, ASTM A36

En la tabla 3.8 se muestran los resultados del análisis de la carga crítica y del factor de seguridad correspondiente a los esfuerzos en el empotramiento.

Tabla 3.8 Resultados de columna

Longitud (mt)	Carga crítica (N)	F.S. estático	Material
3.0	536017	2.7	ASTM A36

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.6 se muestra la base de la columna. La cual esta reforzada con rigidizadores a los lados.

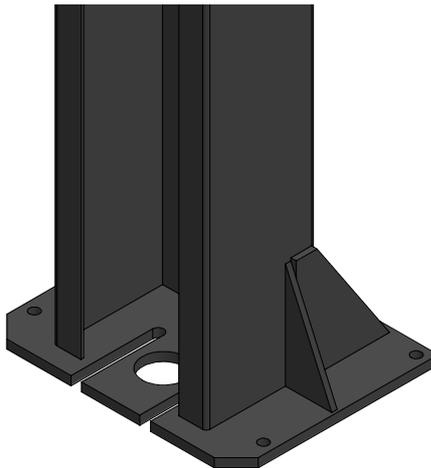


Figura 3.6 Resultado de base de columna

Fuente: Elaboración propia

De la figura 3.6 se adicionan los siguientes elementos para cada columna:

- Plancha 460x370x16 mm, ASTM A36
- 2 platinas 200x171x10 mm, ASTM A36
- 2 platinas 195x85x10 mm, ASTM A36

3.6 Sistema hidráulico

Tabla 3.9 Resultados de cilindro hidráulico

Carrera (mm)	Diámetro exterior (pulg)	Diámetro de vástago (pulg)
917	3.0	1.75

Fuente: Elaboración propia

Las mangueras hidráulicas seleccionadas tienen el mismo diámetro, las dimensiones se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3.10 Resultados de manguera hidráulica

Diámetro interior (mm)	Diámetro exterior (mm)	Longitud (mt)	Referencia
5.0	13.0	4.8	SAE 100 R5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3.7 se muestra la unidad de potencia seleccionada y en la tabla 3.11 se muestran las características.

Tabla 3.11 Resultados de unidad de potencia

Potencia (HP)	Caudal (GPM)	Capacidad de tanque (gal)
3.0	1.5	2.5

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.7 Unidad de potencia hidráulica

Fuente: 550 Series Hydraulic Power Units, Parker

3.6.1 Circuito hidráulico

El circuito hidráulico con el que funciona el sistema se muestra en la figura 3.8.

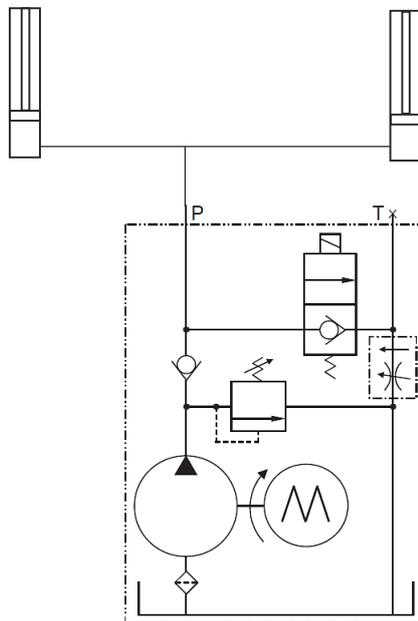


Figura 3.8 Circuito hidráulico

Fuente: Elaboración propia

Cuando se está elevando al vehículo el circuito hidráulico funciona como se muestra en la figura 3.9a. El fluido sigue la trayectoria naranja, sale desde el tanque y pasa a través del filtro, luego de pasar por la bomba el fluido puede pasar

la válvula anti-retorno y se dirige hacia los cilindros hidráulicos. Si la presión del sistema aumenta por encima del 10 %, la válvula reguladora de presión se activa y retorna el fluido hacia el tanque, como se muestra en la trayectoria roja de la figura 3.9a.

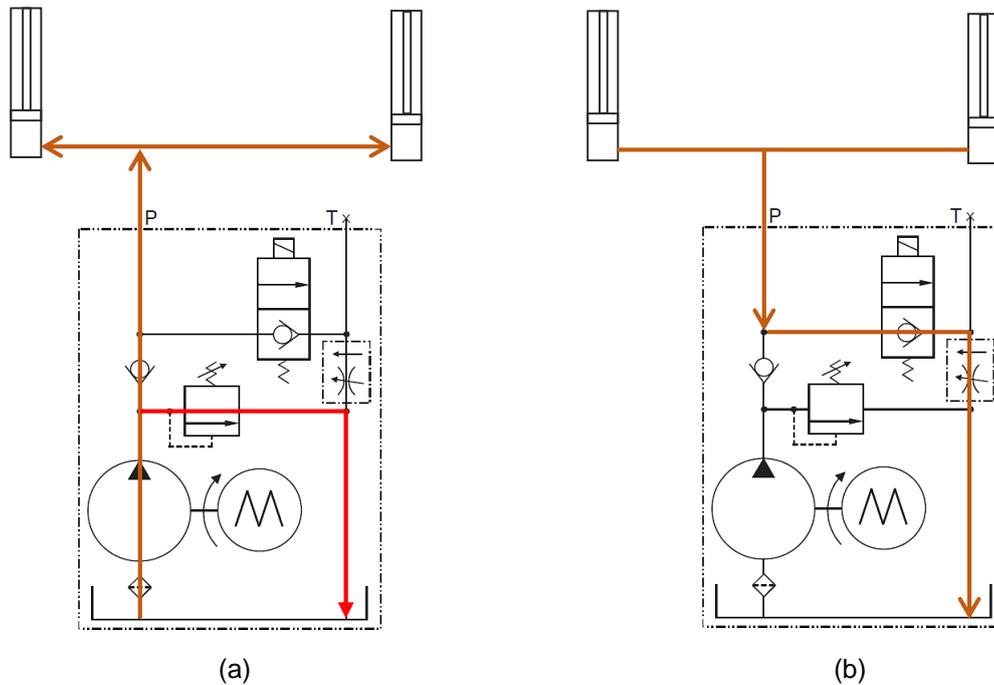


Figura 3.9 Funcionamiento de circuito hidráulico

Fuente: Elaboración propia

Cuando el vehículo desciende, el fluido sigue la trayectoria de la imagen 3.9b. El fluido no puede regresar a la bomba debido a la válvula anti-retorno, la cual desvía el fluido por las válvulas reguladoras de caudal que retornan el fluido al tanque.

3.7 Costos del elevador de vehículos

Tabla 3.12 Costos de elementos estructurales

Elemento general	Medidas (mm)	Longitud (mt)	Material	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Tubería estructural cuadrada	125x125x4	1.7	ASTM A500 grado C	1	37.9	37.9
	100x100x3	2.6		1	34.9	34.9
	125x125x3	1.0		1	26.5	26.5
	75x75x3	1.0		1	9.9	9.9
	100x100x4	0.5		1	15.3	15.3
	135x135x6	1.0		1	35.4	35.4
	175x175x5.5	1.4		1	33.2	33.2
Platinas	50x6	0.5	ASTM A36	1	1.7	1.7
	30x12	0.5		1	2.1	2.1
	30x15	0.2		1	0.9	0.9
	75x8	0.3		1	3.2	3.2
	30x17	0.5		1	2.2	2.2
	30x12	0.2		1	0.8	0.8
	50x9	0.3		1	1.6	1.6
	150x15	3.1		1	35.0	35
	120x15	0.5		1	9.6	9.6
	100x6	1.7		1	12.0	12
130x10	0.5	1	6.0	6		
Perfil estructural canal U	200x50x5	6.0	ASTM A36	2	98.2	196.4
	100x60x6	0.5		1	5.3	5.3
Ángulo L doblado	100x100x4	0.2	ASTM A36	1	0.8	0.8
Plancha antideslizante	2700x300x5	-	ASTM A36	1	102.3	102.3
Plancha	1500x6000x5	-	ASTM A36	1	180.32	180.32
Ejes	Ø 1.5 pulg	1.0	AISI 1018	1	39.5	39.5
	Ø 3/4 pulg	0.6		1	22.3	22.3
Pernos	M13	-	-	8	0.5	4
Tuercas	M13	-	-	8	0.15	1.2
	M12	-	-	8	0.12	0.96
Anillo de retención	Ø 15.1 mm	-	-	6	0.3	1.8
TOTAL	--	--	--	--	--	823.1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.13 se muestran los costos del sistema de elevación y del sistema hidráulico.

Tabla 3.13 Costos de sistema de elevación e hidráulico

Elemento	Cantidad	Precio unitario	Costo total (\$)
Cadena BL566	4.166 mt	23.5 \$/mt	97.9
Polea para cadena #V75608	2	381.13 \$	762.26
Accesorio para polea para cadena #1332860000	2	136.0 \$	272.0
Pasador de accesorio #0683710000	2	34.82 \$	69.64
Cable de acero 8x19	18.015 mt	5.0 \$/mt	90.1
Polea para cables #905140	6	64.95 \$	389.7
Cilindro hidráulico	2	2950 \$	5900
Unidad de potencia hidráulica	1	455.0 \$	455.0
Manguera hidráulica #206-4	5.0 mt	2.5 \$/mt	12.5
Fluido hidráulico AW32	5 galones	119.90 \$	119.90
Total	--	--	8169.0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.14 se muestran los costos de mano de obra necesarios para construir el elevador y en la tabla 3.15 se muestra el costo total de elevador.

Tabla 3.14 Costo de mano de obra

Operación	Costo por hora (\$/h)	Total de horas (h)	Costo total (\$)
Soldadura	12	15	180
Torneado	5	4	20
Taladrado	5	6	30
Fresado	8	8	64
Cizallamiento	5	7	35
Tronzado	3	2	6
Total	--	--	335

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.15 Costo total del elevador de vehículos de dos columnas

	Costo (\$)
Elementos estructurales	823.1
Sistema de elevación e hidráulico	8169.0
Mano de obra	335.0
Total	9327.1

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El elevador de vehículos de dos columnas fue diseñado acorde a la distribución de carga que recomienda la norma BS EN1493:2010. La cual reconoce que el peso de los vehículos no está uniformemente distribuido, siendo en la parte frontal más pesado que en la parte posterior. Una relación de carga de 3:2 para vehículos de hasta 3500 kg fue considerada. Debido a esto el brazo corto tuvo mayor carga (10301 N) que el brazo largo (6867 N). Sin embargo, para el diseño de los brazos telescópicos se consideró la máxima carga de 10301 N, porque la norma considera la relación de carga en ambas direcciones (3:2 y 2:3).

Las etapas de los brazos telescópicos consistieron de tuberías estructurales cuadradas de material: ASTM A500 grado C. Se eligieron las medidas de ancho/alto, disponibles en el mercado local, que ofrezcan los espesores adecuados para que resistan los esfuerzos. Las medidas de ancho/alto de las etapas provocan excesiva holgura en su acople. Para disminuir la holgura se soldaron platinas tanto en la parte superior como en los laterales de las etapas. Las etapas de los brazos telescópicos no pueden salir completamente ya que esto no es seguro. Una de las platinas, soldada en la parte superior de una etapa, choca con los tornillos de la otra etapa evitando esa acción, como se ve en la figura 4.1.

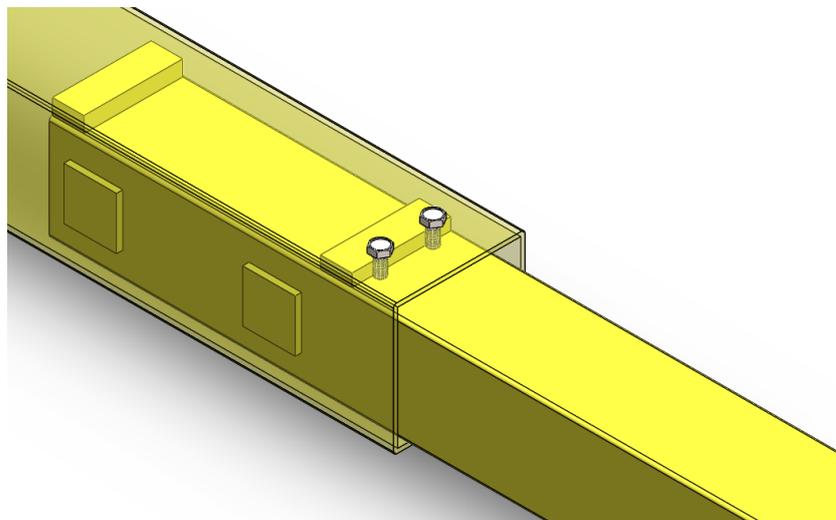


Figura 4.1 Función de las platinas soldadas en las etapas

Los brazos telescópicos son acoplados en el carro de elevación mediante un eje. El soporte de los brazos es una tubería estructural cuadrada del mismo material de las etapas de los brazos telescópicos. Cuando las cargas están aplicadas, el eje recibe gran parte del esfuerzo. Para el diseño del eje se consideró que el eje soporta toda la carga del brazo. Los esfuerzos en el eje fueron de cortante simple y en el soporte de los brazos se generaron esfuerzos de aplastamientos. Debido a que el máximo espesor que se encuentra en el mercado local es 6 mm para la tubería estructural del soporte de los brazos, se calculó el diámetro del eje para que el soporte de los brazos resista el esfuerzo de aplastamiento. Con lo cual se obtuvo un diámetro de 38.1 mm.

El carro de elevación desliza en la columna mediante bloques deslizantes. Este elemento es de polietileno UHMW. El deslizamiento con el acero y lubricante da un bajo coeficiente de fricción de 0.05, con lo cual se obtuvo fuerzas de fricción totales de 2876 N. En efecto, esta carga debe ser vencida por los cilindros hidráulicos.

El sistema de elevación elegido se lo conoce como cadena sobre polea. Este sistema consiste de una cadena (*Leaf Chain*) anclada en sus extremos y elevada mediante un cilindro hidráulico, el cual en la parte superior tiene una polea en donde reposa la cadena. Con este sistema se obtiene una relación de subida de 2:1, es decir que cuando el cilindro sube una distancia, el carro de elevación sube el doble de esa distancia. Con este sistema se obtuvo un cilindro hidráulico de menor carrera que si se hubiera seleccionado el otro sistema de elevación. La cadena se seleccionó considerando la máxima carga posible por un factor de seguridad de 4 recomendado por la norma BS EN1493:2010. Después de la selección el factor de seguridad ascendió a 4.6. La polea para la cadena tiene un rodamiento de rodillos, el cual soporta mayor carga que un rodamiento de bolas. La capacidad básica de carga dinámica calculada fue de 20122 lbf y la polea seleccionada soporta hasta 21000 lbf, con lo que se obtuvo una vida del rodamiento de 17570 horas.

El sistema de elevación incluye cables de acero. Estos cables sirven para sincronización, su función es nivelar los carros de elevación cuando se están elevando, ya que no es seguro un desnivel que podría provocar la caída del

vehículo. Debido a su función los cables no fueron diseñados considerando que “elevan” toda la carga. Para su diseño se consideró que soportan el 25 % de la máxima carga que soporta el carro de elevación. El diámetro del cable fue calculado utilizando ecuaciones de la norma ISO 4308. El cable seleccionado fue de 8 mm y tiene un factor de seguridad de 6.39.

La columna de este elevador consiste de 3 partes: 2 secciones C y una plancha soldada. Lo ideal es que la sección transversal de la columna sea de una sola pieza (figura 4.2), pero este tipo de perfil especial no se encuentra disponible en el mercado local y tampoco es un perfil normalizado que se pueda encontrar en el mercado exterior. Es un perfil que se hace bajo pedido.

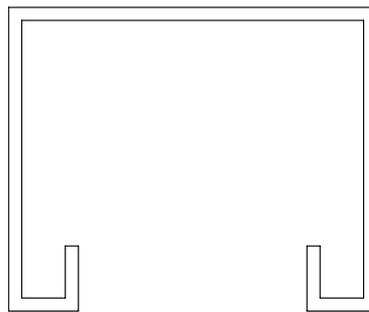


Figura 4.2 Sección transversal ideal de columna

Los resultados obtenidos de la columna son favorables, con una carga crítica al pandeo de 536017 N, muy lejos de la carga aplicada de 10396 N. Los esfuerzos críticos debido a la flexión se encuentran en la base y se obtuvo un factor de seguridad de 2.7.

El cilindro hidráulico es de simple efecto, al levantar la máxima carga la presión en los cilindros es 2463 psi. Estos cilindros soportan hasta 3000 psi. La carrera del pistón es de 917 mm. Para evitar fallas como pandeo el fabricante recomienda diferentes diámetros del vástago del pistón. Se seleccionó un diámetro de 1.75 pulg. El fluido hidráulico es AW ISO 32, el cual es un fluido recomendado por los fabricantes de elevadores de vehículos. La energía es entregada a través de una unidad de potencia hidráulica. Este dispositivo combina un motor, bomba de engranajes, válvulas y el tanque del fluido. Lo que permite tener un equipo más

compacto y económico. La unidad de potencia seleccionada entrega 1.5 GPM a una presión de 2500 psi.

4.1 Conclusiones

Se diseñó un elevador de vehículos de dos columnas que permite elevar vehículos de hasta 3500 kg hasta una altura de elevación de 1.9 mt para tareas de mantenimiento y reparación que necesiten acceder a la parte inferior del vehículo.

Se verificó que el elevador de dos columnas tiene mejor relación precio/características si se requiere un elevador para tareas de mantenimiento.

Se realizó el diseño considerando parámetros como factores de seguridad, distribución de carga, uso de otras normas, etc. Los cuales fueron recomendados por la norma BS EN1493:2010.

El sistema de elevación fue diseñado conforme a diferentes normas, como la norma ISO 4308 para la determinación del diámetro del cable, el uso de un factor de seguridad para su selección y el cálculo de las medidas de la polea. Así como también, la norma ISO 4347 para la selección de la cadena tipo *Leaf Chain* y el cálculo de las medidas de la polea para la cadena.

La utilización de materiales disponible en el mercado local influyó en el diseño de este elevador. La mayoría de los materiales necesarios para construir este elevador se encuentran en el mercado local, lo que beneficia a la matriz productiva del país.

4.2 Recomendaciones

Para el uso de este elevador es muy importante conocer la distribución de carga del vehículo, tanto como para diseñar el elevador o como para colocar el vehículo en este tipo de elevadores.

El diámetro exterior del cilindro no debe de ser tan grande ya que aumentaría las dimensiones interiores del carro de elevación y la de la columna. Tampoco debe de

ser tan pequeño ya que aumentaría la presión del cilindro a valores por encima de los 3000 psi, la cual es una presión de trabajo no recomendable.

El uso de las normas para el diseño es de mucha importancia ya que asumir valores para los factores de seguridad por ejemplo, puede llevar a sobredimensionar el elevador y se obtendría mayor peso y costo.

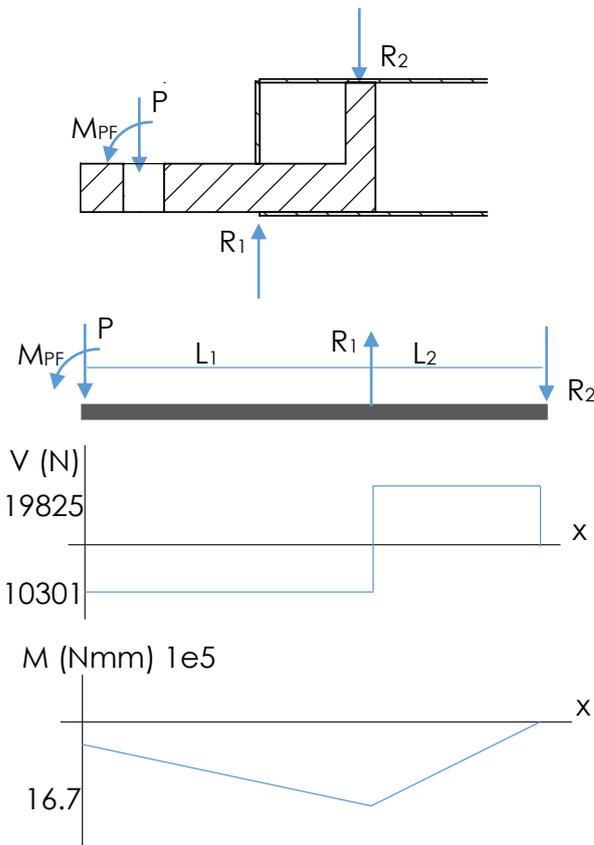
BIBLIOGRAFÍA

- BSI (British Standards Institution). (2010). *BS EN 1493:2010: Vehicle lifts*. London: BSI.
- Gray, M. E. (2003). *Auto Upkeep: Basic Car Care*. Maryland, USA: Rolling Hills Publishing.
- HSE (Health and Safety Executive). (2010). *Risk of vehicles falling off two-post vehicle lifts in motor vehicle repair (MVR)*. Obtenido de http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/sims/manuf/3_10_02.htm
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2013). *Anuario de Estadísticas de Transporte*. Quito, Ecuador: INEC.
- Munson, B. R., Young, D. F., Okiishi, T. H., & Huebsch, W. W. (2009). *Fundamentals of Fluid Mechanics* (6 ed.). NY: J. Wiley & Sons.
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de máquinas un enfoque integrado* (Cuarta ed.). (A. E. Brito, Trad.) México: Pearson Educación.
- Quirion, P. (2000). *Fundamentos de hidráulica: Manual de estudiante*. Quebec, Canada: Lab-Volt.
- Rexnord. (2005). *Leaf Chain Technology*. Betzdorf, Alemania: Rexnord.
- White, F. M. (1999). *Fluid Mechanics* (4 ed.). NY: McGraw-Hill.

APÉNDICES

APÉNDICE A – DISEÑO DE BRAZOS TELESCÓPICOS

Diseño de base plato de soporte



$$\begin{aligned} \sum M_{R_1} &= 0 \\ PL_1 - R_2L_2 + M_{PF} &= 0 \\ R_2 &= \frac{PL_1 + M_{PF}}{L_2} \\ R_2 &= \frac{10301 \times 84 + 8 \times 10^5}{84} \\ &= \mathbf{19825 \text{ N}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F &= 0 \\ R_1 &= P + R_2 \\ R_1 &= 10301 + 19825 = \mathbf{30126 \text{ N}} \end{aligned}$$

En la figura de arriba se muestra el DCL de este elemento. El punto crítico se encuentra en el punto de R_1 , en el cual los esfuerzos son de flexión y el momento es máximo. No se considera el esfuerzo axial producido por la fuerza F debido a que es muy pequeño en comparación a los esfuerzos de flexión.

Considerando el esfuerzo de flexión y una sección transversal rectangular de ancho b , el espesor t se lo obtiene de la siguiente ecuación:

$$t = \sqrt{\frac{6M_{max} \cdot \eta}{b \cdot S_y}}$$

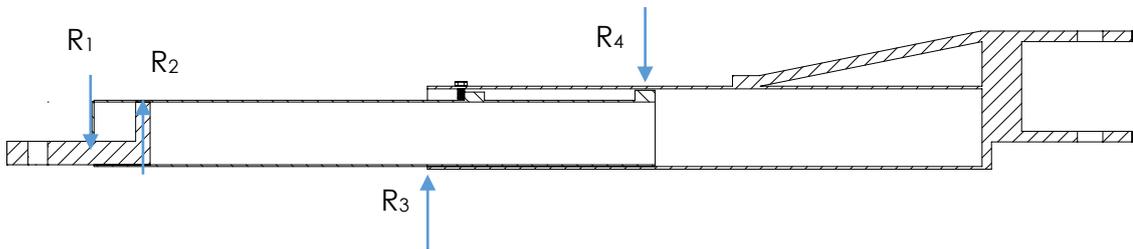
$b=67$ mm (En brazo telescópico corto); $b=92$ mm (En brazo telescópico largo);

$$M_{max} = 16.7 \times 10^5 \text{ Nmm}; S_y = 250 \text{ MPa}; \eta = 1.5$$

Reemplazando los datos se obtiene para cada valor de b :

$t=30$ mm (brazo corto); $t=26$ mm (brazo largo).

Espesor de etapa 2 de brazo largo



Se considera una sección transversal cuadrada de ancho/alto $b=100$ mm.

$$\sum M_{R_3} = 0$$

$$R_1(L_2 + L_3) - R_2L_3 - R_4L_4 = 0$$

$$R_4 = \frac{R_1(L_2 + L_3) - R_2L_3}{L_4}$$

$$R_4 = \frac{30126(84 + 414) - (19825)(414)}{340}$$

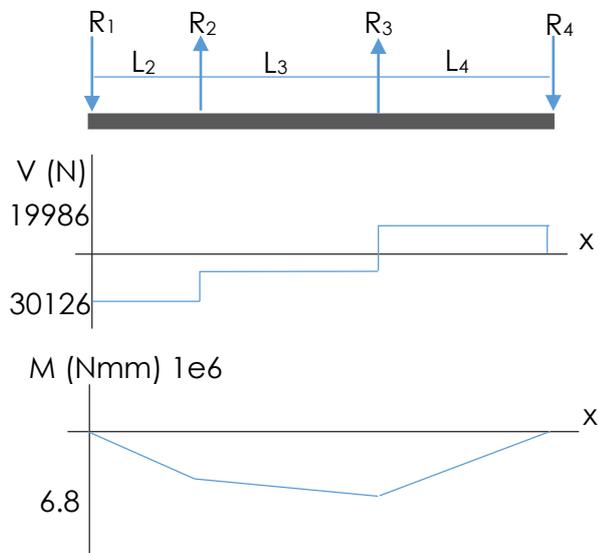
$$R_4 = 19986 \text{ N}$$

$$\sum F = 0$$

$$R_3 = R_4 + R_1 - R_2$$

$$R_3 = 19986 + 30126 - 19825$$

$$R_3 = 30287 \text{ N}$$



El punto crítico se encuentra en donde el momento es máximo. De acuerdo con la figura de arriba $M_{max} = 6.8 \times 10^6 \text{ Nmm}$.

Para calcular el espesor de la sección transversal se utiliza la siguiente ecuación:

$$e = \frac{1}{2} \left[b - \left[b^4 - \frac{6\eta M_{max} b}{S_y} \right]^{1/4} \right]$$

$$S_y = 345 \text{ N/mm}^2; \eta = 1.5$$

Reemplazando los datos en la ecuación se obtiene:

$$e = 2.38 \rightarrow 3 \text{ mm}$$

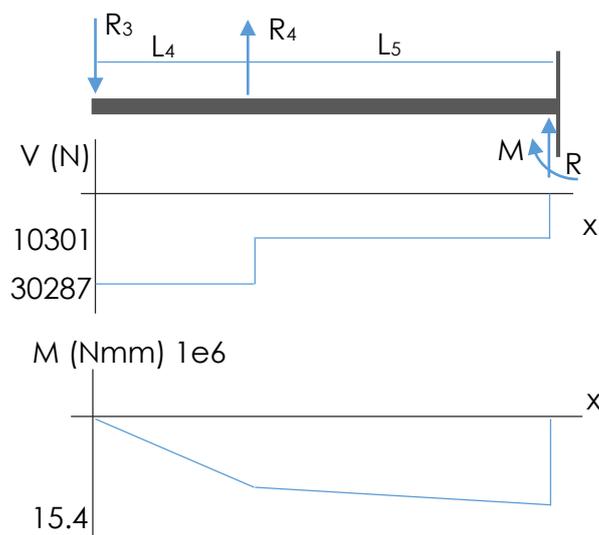
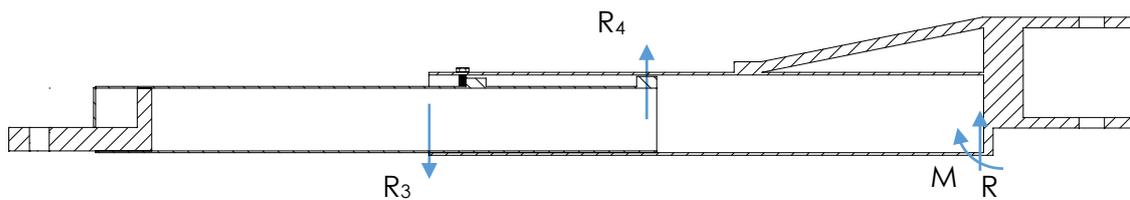
Se calcula el nuevo factor de seguridad:

$$\eta = \frac{S_y [b^4 - (b - 2e)^4]}{6M_{max} \cdot b}$$

$$\eta = 1.9$$

Espesor de etapa 1 de brazo largo

Se considera una sección transversal de $b=125 \text{ mm}$.



Para simplificar los cálculos en el DCL no se considera la fuerza ejercida por el elemento que está conectado con el brazo. No afecta a los cálculos ya que este

elemento ejerce una fuerza hacia arriba que, de hecho, reduce el momento en el punto crítico.

De acuerdo con la figura de arriba $M_{max} = 15.4 \times 10^6 \text{ Nmm}$. Utilizando la ecuación para calcular el espesor se obtiene:

$$e = 3.50 \rightarrow 4 \text{ mm}$$

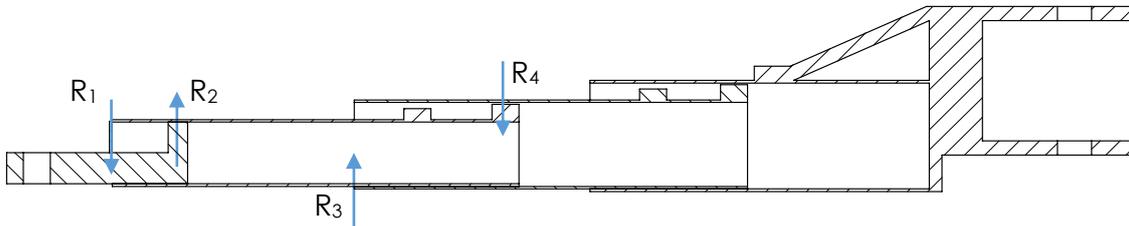
Se calcula el nuevo factor de seguridad:

$$\eta = 1.7$$

Espesor de etapa 3 de brazo corto

Se considera una sección transversal de $b=75 \text{ mm}$.

Las fuerzas de reacción R_1 y R_2 son las mismas que las calculadas para el brazo telescópico largo. Se calcula las reacciones R_3 y R_4 debido a que las dimensiones son diferentes.



$$\sum M_{R_3} = 0$$

$$R_4 = \frac{R_1(L_2 + L_3) - R_2L_3}{L_4}$$

$$R_4 = \frac{30126(84 + 185) - (19825)(185)}{183}$$

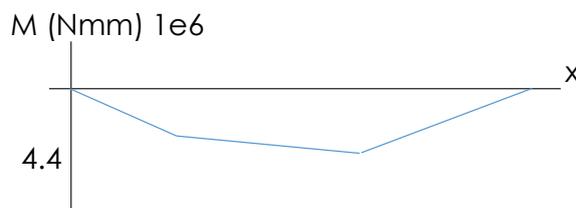
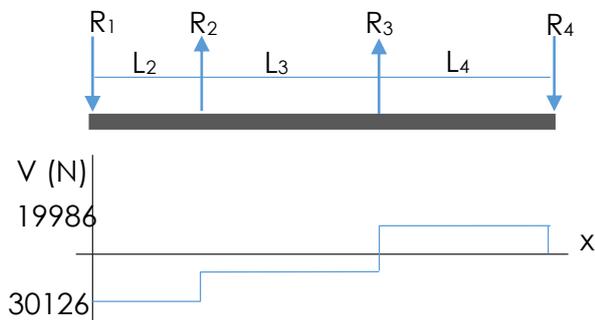
$$R_4 = 24242 \text{ N}$$

$$\sum F = 0$$

$$R_3 = R_4 + R_1 - R_2$$

$$R_3 = 24242 + 30126 - 19825$$

$$R_3 = 34543 \text{ N}$$



De acuerdo con la figura de arriba $M_{max} = 4.4 \times 10^6 \text{ Nmm}$. Utilizando la ecuación para el espesor se obtiene:

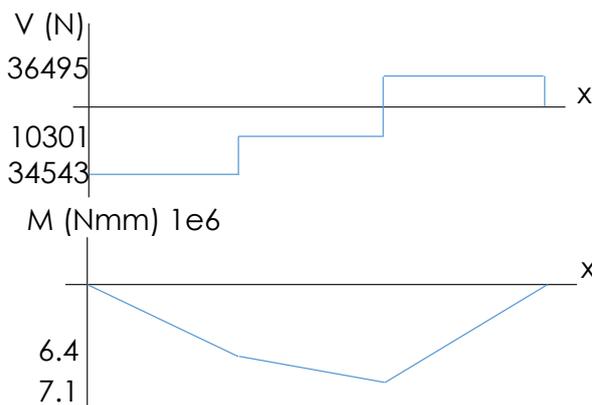
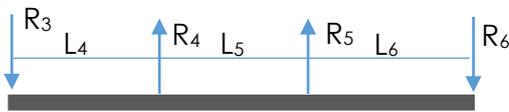
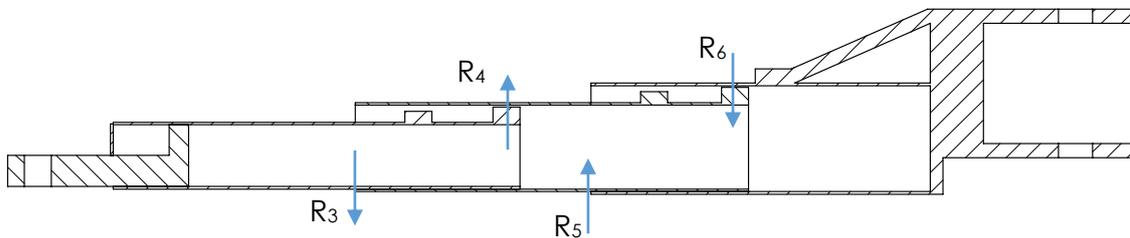
$$e = 2.86 \rightarrow 3 \text{ mm}$$

Se calcula el nuevo factor de seguridad:

$$\eta = 1.6$$

Espesor de etapa 2 de brazo corto

Se considera una sección transversal de $b=100 \text{ mm}$.



$$\sum M_{R_5} = 0$$

$$R_6 = \frac{R_3(L_4 + L_5) - R_4L_5}{L_6}$$

$$R_6 = \frac{34543(183 + 79) - (24242)(79)}{175}$$

$$R_6 = 40772 \text{ N}$$

$$\sum F = 0$$

$$R_5 = R_3 + R_6 - R_4$$

$$R_5 = 34543 + 40772 - 24242$$

$$R_5 = 51073 \text{ N}$$

De acuerdo con la figura de arriba $M_{max} = 7.1 \times 10^6 \text{ Nmm}$. Utilizando la ecuación para el espesor se obtiene:

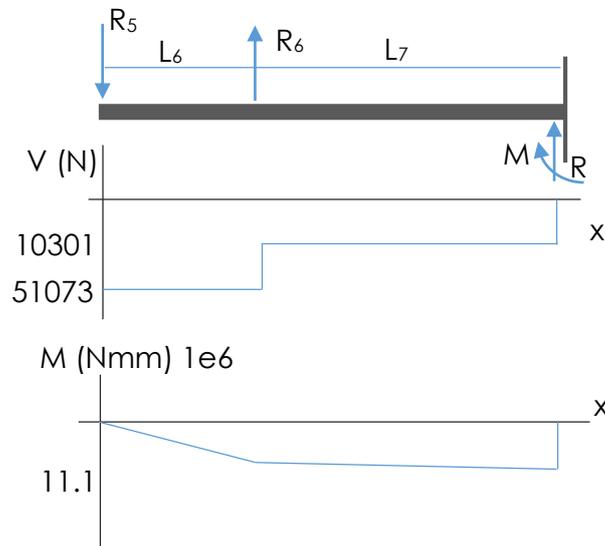
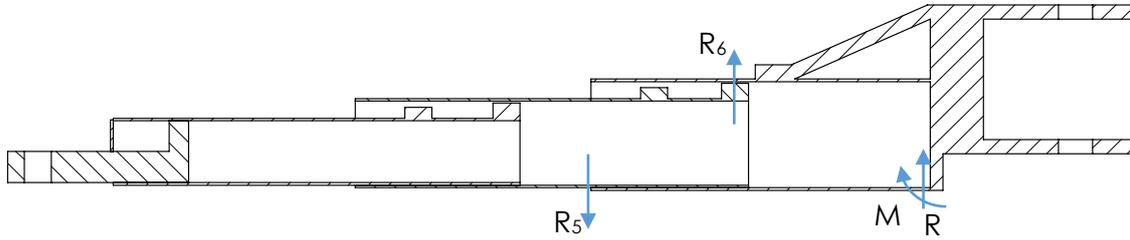
$$e = 2.50 \rightarrow 3 \text{ mm}$$

Se calcula el nuevo factor de seguridad:

$$\eta = 1.8$$

Espesor de etapa 1 brazo telescópico corto

Se considera una sección transversal de $b=125$ mm.



De acuerdo con la figura de arriba $M_{max} = 11.1 \times 10^6$ Nmm. De nuevo, no se considera la fuerza ejercida por el elemento que está conectado con el brazo. Utilizando la ecuación para el espesor se obtiene:

$$e = 2.46 \rightarrow 3 \text{ mm}$$

Se calcula el nuevo factor de seguridad:

$$\eta = 1.8$$

APÉNDICE B – SELECCIÓN DE CABLES PARA SINCRONIZACIÓN

Cálculo del diámetro mínimo del cable

$$d_{min} = C\sqrt{S}$$

$C = 0.075$, obtenido de la tabla 2.5

$S = 5198 \text{ N}$, obtenido de la tabla 2.5

$$d_{min} = 0.075\sqrt{5198} = 5.4 \text{ mm}$$

Cálculo de carga de rotura mínima

$$F_0 = SZ_p$$

$Z_p = 3.55$, obtenido de la tabla 2.5

$$F_0 = 5198 \times 3.55 = 18453 \text{ N} = 18.5 \text{ kN}$$

Diameter		Weight factor		Minimum breaking load			
				1370 1770 N/mm ²		1770 N/mm ²	
[mm]	[inch]	[kg/m]	[lb/ft]	[kN]	[lb]	[kN]	[lb]
8,00	5/16	0,218	0,146	29,4	6600	33,2	7500
9,50	3/8	0,307	0,206	41,5	9300	46,8	10500
10,00	-	0,340	0,228	46,0	10300	51,9	11700
11,00	7/16	0,411	0,276	55,7	12500	62,8	14100
12,00	-	0,490	0,329	66,2	14900	74,7	16800
13,00	1/2	0,575	0,386	77,7	17500	87,6	19700
16,00	5/8	0,870	0,585	118	26500	133	29900
17,50	11/16	1,040	0,699	141	31700	159	35700
19,00	3/4	1,230	0,827	166	37300	187	42000

De la figura de arriba se selecciona el cable de acero que tiene una carga de rotura mínima de 33.2 kN y un diámetro de 8 mm (5/16 pulg). El cable de acero seleccionado se denomina IPH 819E, tiene una construcción de clase 8x19, es decir 152 alambres, y un resistencia mínima a la tracción de 1770 N/mm².

Cálculo del diámetro de la polea

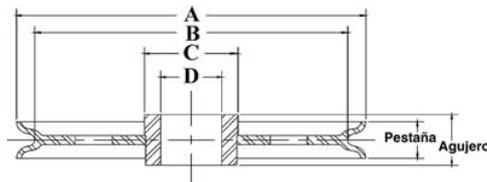
$$D_2 \geq h_2 d$$

$h_2 = 16$, obtenido de la tabla 2.5

$$D_2 \geq 16 \times 5.4 = 86.4 \text{ mm (3.4 pulg)}$$

Selección de polea

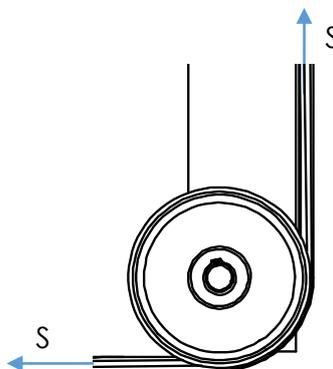
De la figura de abajo se elige la polea 905426. Esta polea es de barreno sencillo, es decir que simplemente hay un agujero taladrado en el centro de la polea. Además, están maquinadas para un ajuste corredizo con un eje.



"A" Diámetro nominal exterior (plg)	No. de parte	Número del modelo	Diám. cable (plg)	Diám. "D" (plg)	Ancho del muñón (plg)	Ancho de la pestaña (plg)	"C" Diám. nominal del muñón (plg)	"B" Diám. nominal pista polea (plg)	Material	Peso Aprox. (lbs.)
4	905113	1161	3/16	1/2	3/4	5/8	1-3/8	3-1/2	P.M.	1.00
4	905131	1161	3/16	5/8	3/4	5/8	1-3/8	3-1/2	P.M.	1.00
4	905122	1161	5/16	1/2	3/4	5/8	1-3/8	3-1/2	P.M.	1.00
4	905140	1161	5/16	5/8	3/4	5/8	1-3/8	3-1/2	P.M.	1.00
4	905168	1161	3/8	1/2	13/16	3/4	1-1/2	3-1/4	P.M.	1.25
4	905186	1161	3/8	5/8	13/16	3/4	1-1/2	3-1/4	P.M.	1.25
4	905202	1161	3/8	3/4	13/16	3/4	1-1/2	3-1/4	P.M.	1.25
4	905220	1161	1/2	1/2	1-1/16	1	1-5/8	3-3/16	P.M.	1.50
4	905248	1161	1/2	5/8	1-1/16	1	1-5/8	3-3/16	P.M.	1.50
4	905266	1161	1/2	3/4	1-1/16	1	1-5/8	3-3/16	P.M.	1.50

Esfuerzos en ejes de poleas

Poleas inferiores



La fuerza resultante es igual a:

$$F = \sqrt{S^2 + S^2} = S\sqrt{2} = 5198\sqrt{2} = 7351 \text{ N}$$

El esfuerzo máximo ocurre en el empotramiento del eje y son esfuerzos de flexión.

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

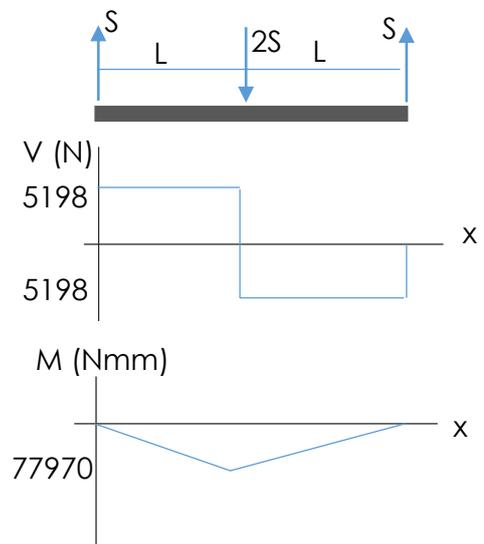
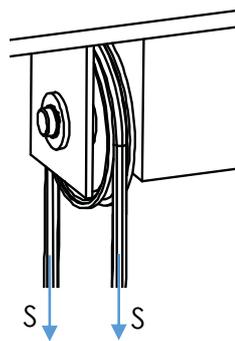
$$M = Fl = 7351 \times 13 = 95563 \text{ Nmm}$$

$$c = \frac{d}{2} \quad I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$\sigma_f = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 95563}{\pi \times 15.875^3} = 344.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_f} = \frac{370}{344.1} = 1.1$$

Poleas superiores



El eje de la polea superior está apoyado en dos soportes, como se ve en la figura de arriba. La fuerza resultante es:

$$F = 2S = 2 \times 5198 = 10396 \text{ N}$$

Se obtiene el esfuerzo de flexión y se calcula el factor de seguridad.

$$M = FL = 7351 \times 15 = 77970 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_f = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 77970}{\pi \times 15.875^3} = 198.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_f} = \frac{370}{198.5} = 1.9$$

APÉNDICE C – SELECCIÓN DE CADENA Y ACCESORIOS

Selección de la cadena

La máxima carga que soporta la cadena es:

$$F_C = 25990 \text{ N}$$

Para la selección de la cadena se considera la carga de rotura mínima como:

$$\text{Carga de rotura mínima} = 4 \times F_C$$

$$\text{Carga de rotura mínima} = 4 \times 25990 = 103960 \text{ N}$$

Chain Ref.		Technical Details (mm)									
ISO Ref.	ANSI Ref.	Pitch (inch)	Pitch (mm)	Plate Combination	Chain Length over 100 pitches ($\pm 0.25\%$)	Plate Width	Plate Depth	Pin Diam.	Width Over Pin	Tensile Strength (Newtons)	Weight
		NOM	NOM			MAX	MAX	MAX	MAX	MIN	kg/m
		A	A			B	C	D	E		
LH0822	BL 422	0.500	12.700	2x2	1270	2.06	12.1	5.08	10.9	27800	0.60
LH0823	BL 423	0.500	12.700	2x3	1270	2.06	12.1	5.08	13.0	27800	0.75
LH0834	BL 434	0.500	12.700	3x4	1270	2.06	12.1	5.08	17.2	42500	1.04
LH0844	BL 444	0.500	12.700	4x4	1270	2.06	12.1	5.08	19.3	58000	1.20
LH0846	BL 446	0.500	12.700	4x6	1270	2.06	12.1	5.08	23.5	58000	1.46
LH0866	BL 466	0.500	12.700	6x6	1270	2.06	12.1	5.08	27.8	90000	1.74
LH0888	BL 488	0.500	12.700	8x8	1270	2.06	12.1	5.08	36.3	110000	2.56
LH1023	BL 523	0.625	15.875	2x3	1587	2.46	15.1	5.95	15.0	40100	1.05
LH1034	BL 534	0.625	15.875	3x4	1587	2.46	15.1	5.95	19.9	60000	1.47
LH1044	BL 544	0.625	15.875	4x4	1587	2.46	15.1	5.95	22.4	78000	1.69
LH1046	BL 546	0.625	15.875	4x6	1587	2.46	15.1	5.95	27.3	78000	2.07
LH1066	BL 566	0.625	15.875	6x6	1587	2.46	15.1	5.95	32.3	120000	2.67

La cadena seleccionada de **norma de referencia ISO 4347** es **LH1066** y de norma de referencia ANSI es **BL566**, con una carga de rotura mínima de 120000N y una combinación de placas de 6x6.

Selección de polea para cadena

De la figura de arriba se obtienen los valores que requieren las ecuaciones:

$$A = 15.875 \text{ mm}$$

$$C = 15.1 \text{ mm}$$

$$D = 5.95 \text{ mm}$$

$$E = 32.3 \text{ mm}$$

Reemplazando los datos se obtiene:

$$D_{1 \text{ min}} = 3 \times A$$

$$D_{1 \text{ min}} = 3 \times 15.875 = 47.625 \text{ mm} = \mathbf{1.875 \text{ pulg}}$$

$$b_{13 \text{ min}} = 1.05 \times E$$

$$b_{13 \min} = 1.05 \times 32.3 = 33.92 \text{ mm} = 1.33 \text{ pulg}$$

$$D_{2 \min} = D_1 + C + D$$

$$D_{2 \min} = 47.625 + 15.1 + 5.95 = 68.68 \text{ mm} = 2.7 \text{ pulg}$$

Lo siguiente es calcular el valor de la capacidad básica de carga dinámica.

$$C_r = \left[\frac{60nL_{10h}}{10^6} \right]^{3/10} \cdot P_r$$

Clasificación del servicio	Aplicaciones en maquinarias y vida requerida (referencia) L_{10h} $\times 10^3$ h				
	~ 4	4 ~ 12	12 ~ 30	30 ~ 60	60 ~
Máquinas usadas por periodos cortos q utilizadas sólo ocasionalmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones domésticas • Herramientas de mano eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria agrícola • Equipos de oficina 			
Utilización durante periodos cortos e intermitentemente, pero con requerimientos de alta confiabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos médicos • Instrumentos de medición 	<ul style="list-style-type: none"> • Motores de acondicionadores de aire residenciales • Equipos de construcc. • Elevadores • Grúas 	<ul style="list-style-type: none"> • Grúas (Poleas) 		
Máquinas que no se usan constantemente, pero se utilizan por periodos largos.	<ul style="list-style-type: none"> • Automóviles • Vehículos de dos ruedas 	<ul style="list-style-type: none"> • Motores pequeños • Buses/camiones • Transmisiones de engranes en general • Máquinas madereras 	<ul style="list-style-type: none"> • Husillos de máquinas • Motores industriales • Trituradores • Cribas vibratorias 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisiones de engranes principales • Máquinas de caucho/plástico • Rodillos de calandrias • Máquinas de impresión 	
Máquinas en constante uso durante las 8 horas del día.		<ul style="list-style-type: none"> • Laminadores • Escaleras eléctricas • Transportadores • Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ejes de vehículos ferroviarios • Acondicionadores de aire • Motores grandes • Centrifugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ejes de locomotoras • Motores de tracción • Elevadores mineros • Volantes a presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas de fabricación de papel • Equipos de propulsión para barcos
24 horas de operación continua, no interrumpible.					<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de abastecimiento de agua • Bombas de drenaje/ventiladores para minería • Equipos para generación de potencia

La velocidad de rotación es igual a:

$$n = \frac{60v}{\pi D_1}$$

$$v = 0.032 \text{ m/s}$$

De la figura de abajo se preselecciona la polea para cadena número V75608 con diámetro igual a:

$$D_1 = 3.5492 \text{ pulg (0.090 mt)}$$

$$n = \frac{60 \times 0.032}{\pi \times 0.090} = 6.8 \text{ rpm}$$

$L_{10h} = 15000$ h, de la figura de arriba.

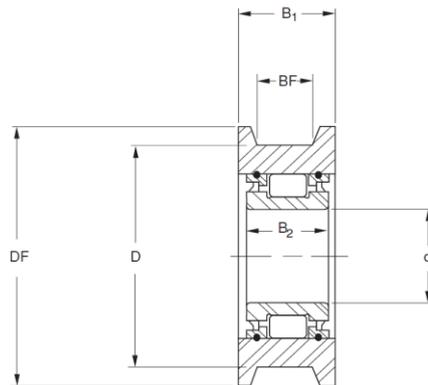
La carga en el rodamiento es: $P_r = 51980$ N

Reemplazando los datos se obtiene:

$$C_r = \left[\frac{60 \times 6.8 \times 15000}{10^6} \right]^{3/10} \times 51980$$

$$C_r = 89508 \text{ N} = 20122 \text{ lbf}$$

El valor de la capacidad básica de carga dinámica calculado es inferior al de la polea seleccionada de la figura de abajo.



PART NUMBER	d Inside Diameter		D Outside Diameter Nom.	DF Flange Diameter Nom.	B ₂ Inner Ring Width Nom.	BF Width between Flanges Nom.	B ₁ Outer Ring Width Nom.	Dynamic Capacity C [lbf]	Static Capacity C _O [lbf]
	Min.	Max.							
V75582	0.4996	0.5002	1.8930	2.4840	1.1180	0.7200	1.1200	7,800	10,000
V75605	0.7496	0.7505	3.0000	3.3961	1.5669	1.1713	1.5201	13,200	26,400
74393-1	0.7498	0.7503	2.3000	2.6250	1.3700	1.0890	1.3120	11,400	14,300
V75204	0.7500	0.7570	2.2500	2.6250	1.8800	1.4450	1.8150	15,900	33,500
V75204-10	0.7500	0.7570	3.7500	4.1250	1.8800	1.4450	1.8150	17,100	40,300
V75024	0.7870	0.7874	2.2430	3.0030	1.6870	1.1000	1.5670	15,900	21,400
V75606	0.9837	0.9844	3.1555	3.8642	1.9291	1.2854	1.8701	27,200	36,100
V74929-10	0.9839	0.9843	3.3850	3.8850	1.0000	0.9160	1.2080	12,800	14,000
V75431	1.1453	1.1811	3.1614	3.5551	0.7480	1.0945	1.4291	11,900	12,300
V75608	1.3774	1.3780	3.5492	4.2579	1.9291	1.2854	1.8701	21,100	26,800
V75652	1.5743	1.5748	3.7600	4.2500	0.9055	1.0710	1.3520	15,400	18,400
V74899	1.5743	1.5748	3.7600	4.2500	0.9060	1.0000	1.3120	13,600	15,600
V74899-11	1.5743	1.5748	3.5100	4.0000	0.9060	0.8750	1.1250	13,600	15,600
74759	1.7495	1.7500	5.5050	6.1350	1.7600	1.3750	1.7600	44,400	57,800

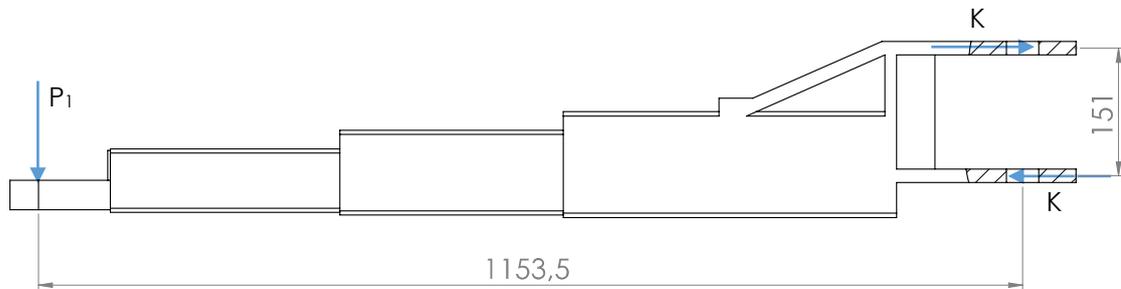
Selección de medidas de horquilla y pasador

Las medidas de la horquilla y del rodillo para cada número cadena están normalizadas. En la figura de abajo se muestran medidas para estos elementos en la norma ANSI. El número de cadena seleccionada fue BL566.

Chain no.	Clevis Block Dimensions						Clevis Pin			
	b1	b2	Pt	d1	h min.	R max.	d1	d3	L1 max.	x min.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
BL 422	4,20			5,12	6,50	6,35	5,08	1,60	14,82	8,82
423	6,52								17,00	11,00
434	4,20	10,40	6,35						21,36	15,36
444	4,20	12,40	8,48						23,54	17,54
446	6,60	17,20	10,62						29,90	21,90
466	4,20	12,40	8,48						32,26	26,26
BL 522	5,05			5,98	7,50	7,92	5,97	2,00	17,71	10,51
523	7,65								20,30	13,10
534	5,05	12,50	7,44						25,50	18,28
544	5,05	15,18	9,91						28,00	20,87
546	7,65	20,04	12,40						33,25	26,05
566	5,05	15,18	9,01						38,50	31,23

APÉNDICE D – DISEÑO DE CARRO DE ELEVACIÓN

En la figura de abajo se muestra el DCL del brazo telescópico considerando que el 100% de las reacciones se aplican en el eje.



Se calcula la fuerza de reacción K:

$$\sum M_k = 0$$

$$P_1 \times 1153.5 = K \times 151$$

$$K = \frac{P_1 L_1}{L_2} = \frac{(10301)(1153.5)}{151} = 78690 \text{ N}$$

Cálculo del diámetro del eje

El eje soporta esfuerzos de cortante simple. Se calcula el diámetro del eje:

$$D = \sqrt{\frac{4\eta \cdot K}{0.577S_y \cdot \pi}}$$

$$K = 78690 \text{ N}; S_y = 370 \text{ MPa (AISI 1018)}; \eta = 1.5$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1.5 \times 78690}{0.577S_y \cdot \pi}} = 26.53 \text{ mm}$$

El agujero del soporte de los brazos está sometido a esfuerzos de aplastamiento. Este elemento es una tubería estructural cuadrada y en el mercado local se encuentran hasta 6 mm de espesor. Para que el agujero resista los esfuerzos por aplastamiento el diámetro debe de ser:

$$D = \frac{\eta \cdot K}{e \cdot S_y}$$

$$S_y = 345 \text{ MPa (ASTM A500)}; \eta = 1; D = 17 \text{ mm}$$

$$D = \frac{1 \times 78690}{6 \times 345} = 38.0 \text{ mm} \rightarrow 38.1 \text{ mm (1.5 pulg)}$$

Por lo tanto, el eje debe de tener un diámetro de 38.1 mm.

Espesor de elemento de brazo

Considerando el esfuerzo por aplastamiento, el espesor de este elemento debe tener:

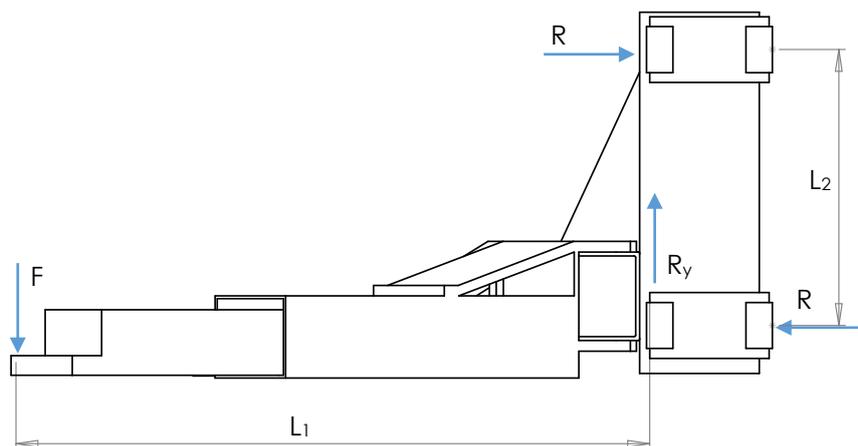
$$t = \frac{\eta \cdot K}{D \cdot S_y}$$

$$S_y = 250 \text{ MPa (ASTM A36)}; \eta = 1.5; D = 38.1 \text{ mm}$$

$$t = \frac{1.5 \cdot 78690}{38.1 \cdot 250} = 12.39 \text{ mm} \rightarrow 14 \text{ mm}$$

Fuerzas en los bloques deslizantes

En la figura de abajo se muestra el DCL del carro de elevación con las reacciones en los bloques deslizantes debido al contacto con la columna. R_y es producido por la cadena. La fuerza F es la suma de las cargas en los brazos telescópicos.



Haciendo sumatoria de momento en el punto de R_y .

$$\sum M_{R_y} = 0$$

$$FL_1 = RL_2$$

$$R = \frac{FL_1}{L_2} = \frac{(10301 + 6867)(955)}{570} = 28764 \text{ N}$$

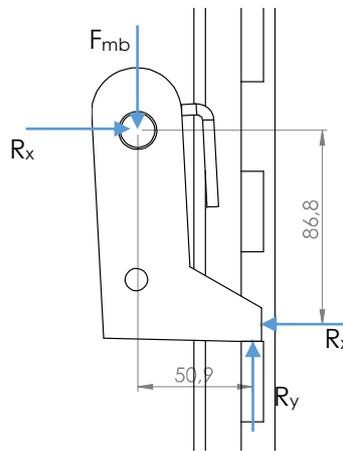
La fuerza en cada bloque es la mitad de la fuerza R.

La fuerza de fricción en los bloques producida por el movimiento es:

$$F_f = 0.05 \sum R$$

$$F_f = 0.05(28764 \times 2) = 2876 \text{ N}$$

Diseño de mecanismo de bloqueo



En la figura de arriba se muestra el DCL del elemento. Cuando está estacionado las cargas que soporta son:

$$F_{mb} = P_1 + P_2 + W = 10301 + 6867 + 748 = 17916 \text{ N}$$

$$\sum M_{Ry} = 0$$

$$F_{mb} \times 50.9 = R_x \times 86.8$$

$$R_x = \frac{F_{mb} \times 50.9}{86.8} = \frac{(17916)(50.9)}{86.8} = 10506 \text{ N}$$

$$V = \sqrt{F_{mb}^2 + R_x^2} = \sqrt{17916^2 + 10506^2} = 20769 \text{ N}$$

El eje conectado al elemento experimenta esfuerzos de cortante simple. Por lo tanto, el diámetro del eje se lo calcula con la ecuación:

$$D = \sqrt{\frac{4\eta \cdot V}{0.577S_y \cdot \pi}}$$

$$V = 20769 \text{ N}; S_y = 370 \text{ MPa (AISI 1018)}; \eta = 1.5$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 1.5 \times 20769}{0.577 \times 370 \times \pi}} = 13.6 \text{ mm}$$

Sin embargo, el espesor del carro de elevación es de 5.5 mm, el cual debe de resistir el esfuerzo de aplastamiento. Por lo cual, se calcula el diámetro necesario para resistir este esfuerzo:

$$D = \frac{\eta \cdot V}{t \cdot S_y}$$

$$S_y = 345 \text{ MPa (A 500)}; \eta = 1.5$$

$$D = \frac{1.5 \times 20769}{5.5 \times 345} = 16.4 \text{ mm} \rightarrow 17 \text{ mm}$$

El elemento de bloqueo también experimenta el esfuerzo de aplastamiento. El espesor que debe tener es:

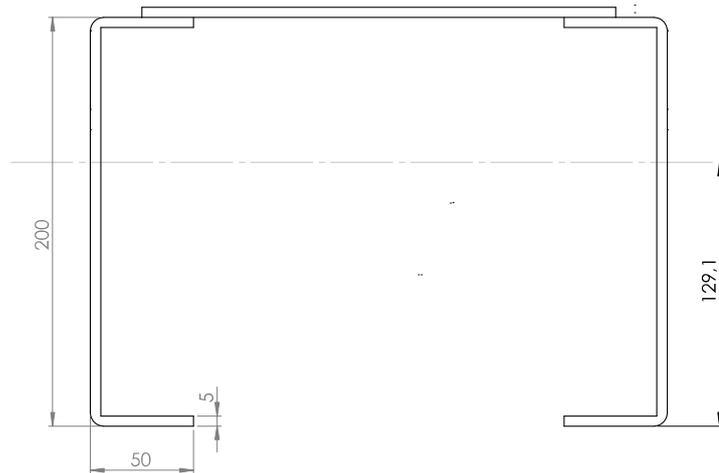
$$t = \frac{\eta \cdot F}{D \cdot S_y}$$

$$F = 20769 \text{ N}; S_y = 250 \text{ MPa (ASTM A36)}; \eta = 1.5; D = 17 \text{ mm}$$

$$t = \frac{1.5 \times 20769}{17 \times 250} = 7.3 \text{ mm} \rightarrow 10 \text{ mm}$$

APÉNDICE E – DISEÑO DE COLUMNAS

En la figura de abajo se muestran las medidas de la sección transversal de la columna.



Las propiedades de la sección trasversal son:

$$I_x = 2.39 \times 10^7 \text{ mm}^4 \quad A = 4.05 \times 10^3 \text{ mm}^2 \quad c = 129.1 \text{ mm}$$

Carga crítica para pandeo

La carga vertical en la columna es:

$$F_{col} = 2S = 2 \times 5198 = 10396 \text{ N}$$

El momento en la columna considerando el par que realizan las reacciones en los bloques deslizantes:

$$M = R \cdot L_2 = 28764 \times 570 = 16.4 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

La excentricidad equivalente es:

$$e = \frac{M}{F_{col}} = \frac{16.4 \times 10^6}{10396} = 1576 \text{ mm}$$

Con los datos de la sección transversal se calcula la razón de excentricidad:

$$E_r = \frac{e \cdot c}{\left(\frac{I}{A}\right)^2} = \frac{1576 \times 129.1}{\left(\frac{2.39 \times 10^7}{4.05 \times 10^3}\right)^2} = 7.5 \times 10^{-3} < 0.1$$

$$S_r = l_{ef} \sqrt{\frac{A}{I}} = 2.1l \sqrt{\frac{A}{I}} = 2.1 \times 3000 \sqrt{\frac{4.05 \times 10^3}{2.39 \times 10^7}} = 82.0$$

$$(S_r)_D = \pi \sqrt{\frac{2E}{S_{yc}}} = \pi \sqrt{\frac{2 \times 206.8 \times 10^3}{250}} = 127.8 > S_r \rightarrow \text{Columna Johnson}$$

Debido a que la razón de excentricidad es menor que 0.1 y la columna es Johnson, se calcula la carga crítica P_{cr} con la ecuación de Johnson:

$$P_{cr} = A \left[S_{yc} - \frac{1}{E} \left(\frac{S_{yc} S_r}{2\pi} \right)^2 \right]$$

$$P_{cr} = 4.05 \times 10^3 \left[250 - \frac{1}{206.8 \times 10^3} \left(\frac{250 \times 82.0}{2\pi} \right)^2 \right] = 804026 \text{ N}$$

$$P_{permissible} = \frac{P_{cr}}{1.5} = \frac{804026}{1.5} = 536017 \text{ N} > F_{col}$$

La carga permisible es mayor que la carga F_{col} , por lo tanto la columna no falla por pandeo.

Esfuerzos en la columna

Los esfuerzos que producen son de flexión y de compresión.

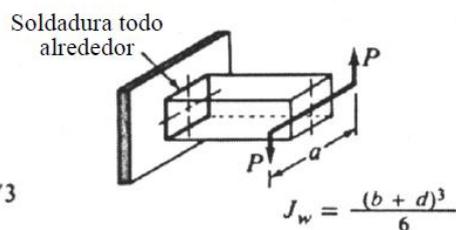
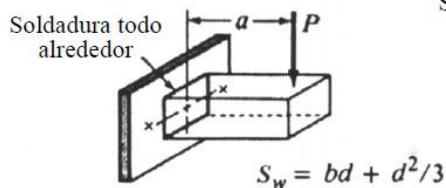
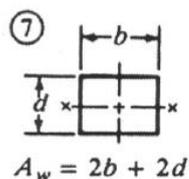
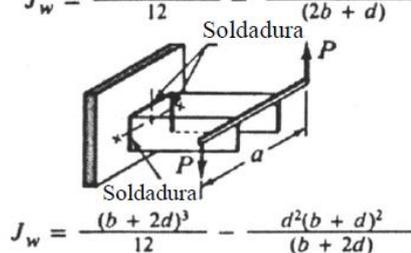
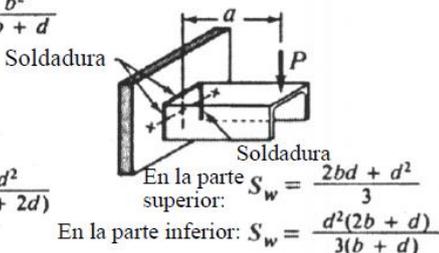
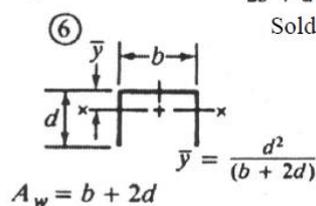
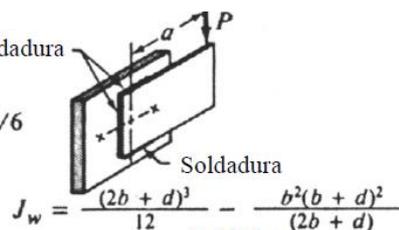
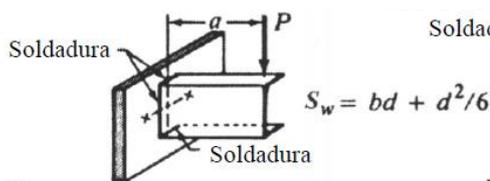
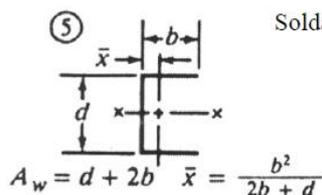
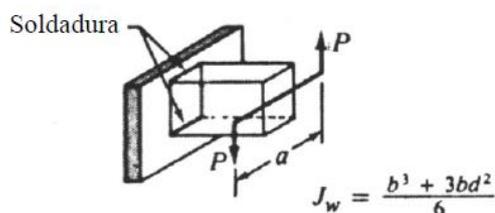
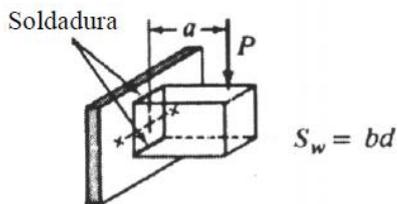
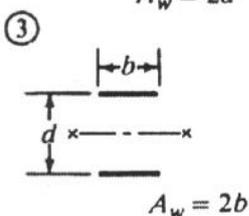
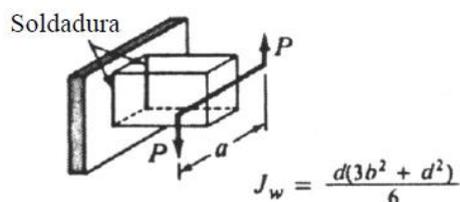
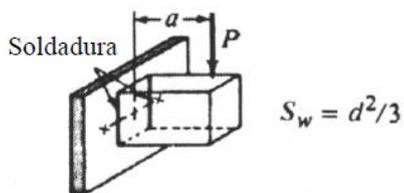
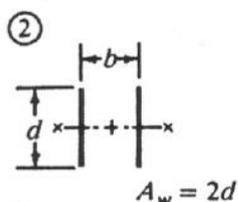
$$\sigma_f = \frac{Mc}{I} = \frac{(16.4 \times 10^6) \times 129.1}{2.39 \times 10^7} = 88.56 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_a = \frac{F_{col}}{A} = \frac{10396}{4.05 \times 10^3} = 2.57 \text{ N/mm}^2$$

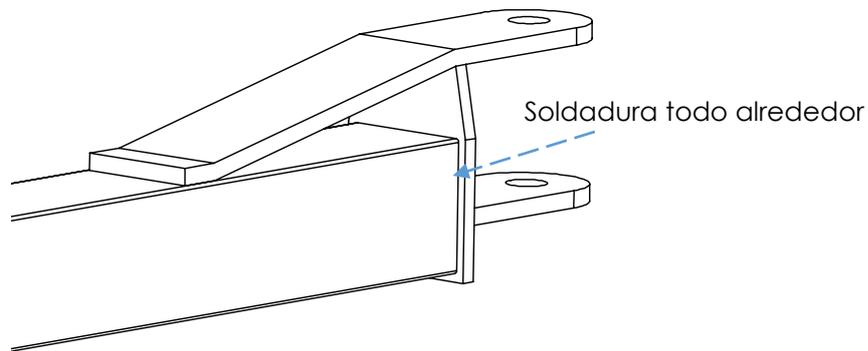
$$\eta = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{250}{88.56 + 2.57} = 2.7$$

APÉNDICE F – CÁLCULO DE SOLDADURAS

Al considerar la soldadura como línea se deben de usar los siguientes factores geométricos según el caso a analizar.



Soldadura de brazo telescópico largo



La soldadura se aplica todo alrededor de la tubería cuadrada.

En el apéndice A se obtuvo el momento y la fuerza cortante en el empotramiento de este elemento:

$$V = 10301 \text{ N} \rightarrow 2316 \text{ lbf}$$

$$M = 15.4 \times 10^6 \text{ Nmm} \rightarrow 13.6 \times 10^4 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Por lo tanto, la soldadura esfuerzos cortante y flexión.

$$f_s = \frac{V}{A_w}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w}$$

Los factores geométricos corresponden al caso 7:

$$A_w = 2b + 2d = 4b = 4 \times 125 = 500 \text{ mm} \rightarrow 19.7 \text{ in}$$

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3} = \frac{4b^2}{3} = \frac{4 \times 125^2}{3} = 20833.3 \text{ mm}^2 \rightarrow 32.3 \text{ in}^2$$

Reemplazando los parámetros se obtiene:

$$f_s = \frac{2316}{19.7} = 117.6 \text{ lbf/in}$$

$$f_b = \frac{13.6 \times 10^4}{32.3} = 4210.5 \text{ lbf/in}$$

$$F_T = \sqrt{f_b^2 + f_s^2} = \sqrt{4210.5^2 + 117.6^2} = 4212 \text{ lbf/in}$$

El tamaño de la garganta y de la pierna es igual a:

$$t = \frac{F_T}{\tau_{perm}} = \frac{4212}{21000} = 0.2 \text{ in}$$

$$w = \frac{t}{0.707} = \frac{0.2}{0.707} = 0.282 \text{ in} \rightarrow \frac{5}{16} \text{ in}$$

Este valor obtenido de la pierna satisface el tamaño mínimo especificado en la tabla 2.9. Por lo tanto, el nuevo valor de la garganta es:

$$t = 0.707w = 0.707 \times \frac{5}{16} = 0.22 \text{ in}$$

Soldadura de etapa 1 de brazo telescópico corto

Este cálculo es similar al anterior. El único valor que cambia es el momento en el empotramiento:

$$M = 11.1 \times 10^6 \text{ Nmm} \rightarrow 9.8 \times 10^4 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w} = \frac{9.8 \times 10^4}{32.3} = 3034 \text{ lbf/in}$$

$$F_T = \sqrt{f_b^2 + f_s^2} = \sqrt{3034^2 + 117.6^2} = 3036.3 \text{ lbf/in}$$

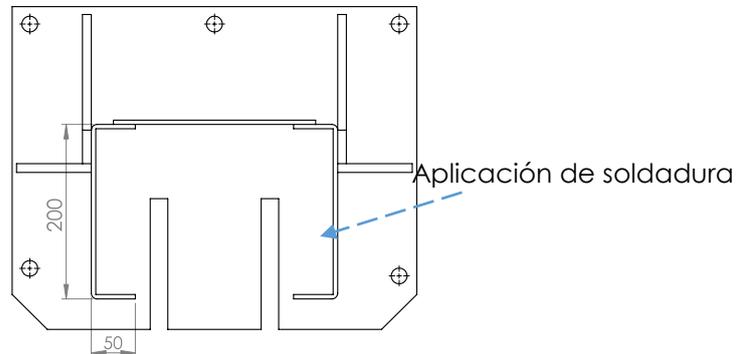
$$t = \frac{F_T}{\tau_{perm}} = \frac{3036.3}{21000} = 0.145 \text{ in}$$

$$w = \frac{t}{0.707} = \frac{0.145}{0.707} = 0.205 \text{ in} \rightarrow \frac{1}{4} \text{ in}$$

Este valor obtenido de la pierna satisface el tamaño mínimo especificado en la tabla 2.9. Por lo tanto, el nuevo valor de la garganta es:

$$t = 0.707w = 0.707 \times \frac{1}{4} = 0.18 \text{ in}$$

Soldaduras en base de columna



La soldadura se aplica alrededor del perímetro exterior de las dos secciones en C y la de la plancha.

El esfuerzo en la base de la columna es de flexión:

$$f_b = \frac{M}{S_w}$$

En el apéndice E se obtuvo el momento en la base de la columna:

$$M = 16.4 \times 10^6 \text{ Nmm} \rightarrow 14.5 \times 10^4 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Los factores geométricos corresponden al caso 5, considerando el doble de S_w :

$$S_w = 2 \times \left(bd + \frac{d^2}{3} \right) = 2 \times \left(50 \times 200 + \frac{200^2}{3} \right) = 46666.7 \text{ mm}^2 \rightarrow 72.3 \text{ in}^2$$

Reemplazando los parámetros se obtiene:

$$f_b = \frac{14.5 \times 10^4}{72.3} = 2005.5 \text{ lbf/in}$$

El tamaño de la garganta y de la pierna es igual a:

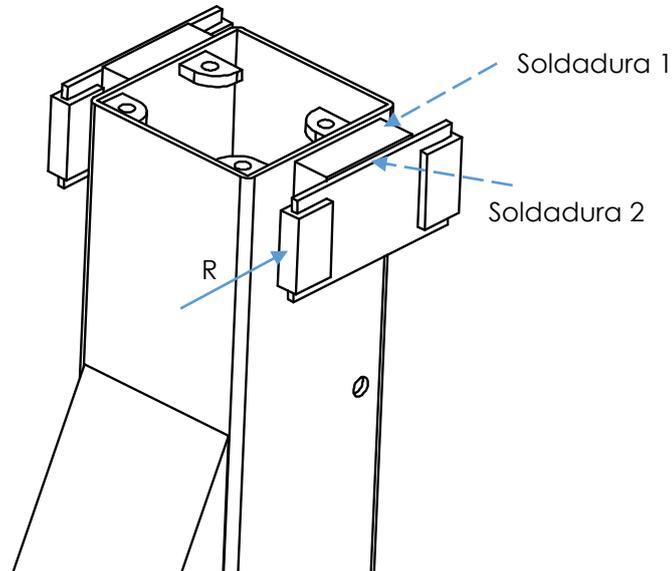
$$t = \frac{F_T}{\tau_{perm}} = \frac{f_b}{\tau_{perm}} = \frac{2005.5}{21000} = 0.096 \text{ in}$$

$$w = \frac{t}{0.707} = \frac{0.096}{0.707} = 0.135 \text{ in} \rightarrow \frac{3}{16} \text{ in}$$

Este valor obtenido de la pierna satisface el tamaño mínimo especificado en la tabla 2.9. Por lo tanto, el nuevo valor de la garganta es:

$$t = 0.707w = 0.707 \times \frac{3}{16} = 0.13 \text{ in}$$

Soporte de bloques deslizantes



-La soldadura 1 se aplica todo alrededor, en el apéndice D se calculó el valor de la reacción R sobre el bloque deslizante. Se calcula la fuerza cortante V y el momento en la soldadura:

$$R = V = 28764 \text{ N} \rightarrow 6466.4 \text{ lbf}$$

$$M = (34.5 + 3)(28764) = 1.1 \times 10^6 \text{ Nmm} \rightarrow 9.7 \times 10^3 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$f_s = \frac{V}{A_w}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w}$$

Los factores geométricos corresponden al caso 7:

$$A_w = 2b + 2d = 4b = 4 \times 100 = 400 \text{ mm} \rightarrow 15.7 \text{ in}$$

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3} = \frac{4b^2}{3} = \frac{4 \times 100^2}{3} = 13333.3 \text{ mm}^2 \rightarrow 20.7 \text{ in}^2$$

Reemplazando los parámetros se obtiene:

$$f_s = \frac{6466.4}{15.7} = 411.9 \text{ lbf/in}$$

$$f_b = \frac{9.7 \times 10^3}{20.7} = 468.6 \text{ lbf/in}$$

$$F_T = \sqrt{f_b^2 + f_s^2} = \sqrt{468.6^2 + 411.9^2} = 623.9 \text{ lbf/in}$$

El tamaño de la garganta y de la pierna es igual a:

$$t = \frac{F_T}{\tau_{perm}} = \frac{623.9}{21000} = 0.03 \text{ in}$$

$$w = \frac{t}{0.707} = \frac{0.03}{0.707} = 0.0424 \text{ in} \rightarrow \frac{1}{8} \text{ in}$$

Este valor obtenido de la pierna satisface el tamaño mínimo especificado en la tabla 2.9. Por lo tanto, el nuevo valor de la garganta es:

$$t = 0.707w = 0.707 \times \frac{1}{8} = 0.088 \text{ in}$$

-Para la soldadura 2 se considera el caso 3. La cual, solo experimenta esfuerzos cortantes:

$$A_w = 2b = 2 \times 100 = 200 \text{ mm} = 7.9 \text{ in}$$

$$f_s = \frac{V}{A_w} = \frac{6466.4}{7.9} = 818.5 \text{ lbf/in}$$

El tamaño de la garganta y de la pierna es igual a:

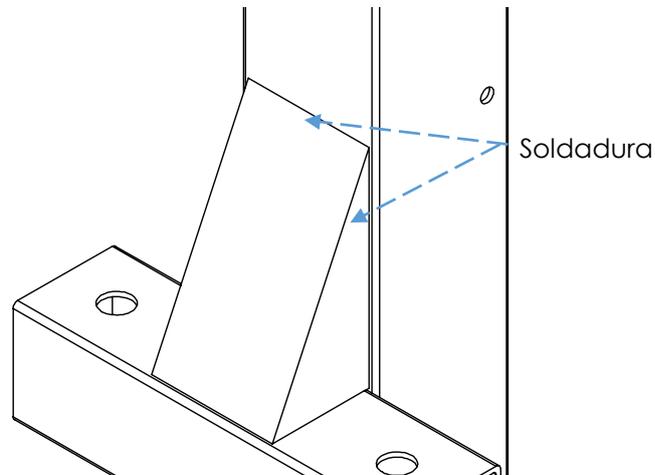
$$t = \frac{F_T}{\tau_{perm}} = \frac{f_s}{21000} = \frac{818.5}{21000} = 0.04 \text{ in}$$

$$w = \frac{t}{0.707} = \frac{0.04}{0.707} = 0.0566 \text{ in} \rightarrow \frac{1}{8} \text{ in}$$

Este valor obtenido de la pierna satisface el tamaño mínimo especificado en la tabla 2.9. Por lo tanto, el nuevo valor de la garganta es:

$$t = 0.707w = 0.707 \times \frac{1}{8} = 0.088 \text{ in}$$

Soldadura en carro de elevación



La soldadura mostrada en la figura de arriba soporta los esfuerzos cortantes producidos por la carga en los brazos y el momento flector. Los cuales fueron calculados en el apéndice A:

$$V = 10301 + 6867 = 17168 \text{ N} \rightarrow 3860 \text{ lbf}$$

$$M = (15.4 + 11.1) \times 10^6 = 26.5 \times 10^6 \text{ Nmm} \rightarrow 23.5 \times 10^4 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$f_s = \frac{V}{A_w}$$

$$f_b = \frac{M}{S_w}$$

Los factores geométricos corresponden al caso 6:

$$A_w = b + 2d = 157 + 2 \times 272 = 701 \text{ mm} \rightarrow 27.6 \text{ in}$$

$$S_w = \frac{2bd + d^2}{3} = \frac{2 \times 157 \times 272 + 272^2}{3} = 53131 \text{ mm}^2 \rightarrow 82.4 \text{ in}^2$$

$$S_w = \frac{d^2(2b + d)}{3(b + d)} = \frac{272^2(2 \times 157 + 272)}{3(157 + 272)} = 33687 \text{ mm}^2 \rightarrow 52.2 \text{ in}^2$$

Reemplazando los parámetros se obtiene:

$$f_s = \frac{3860}{27.6} = 139.9 \text{ lbf/in}$$

$$f_b = \frac{23.5 \times 10^4}{52.2} = 4502 \text{ lbf/in}$$

$$F_T = \sqrt{f_b^2 + f_s^2} = \sqrt{4502^2 + 139.9^2} = 4504 \text{ lbf/in}$$

El tamaño de la garganta y de la pierna es igual a:

$$t = \frac{F_T}{\tau_{perm}} = \frac{4504}{21000} = 0.214 \text{ in}$$

$$w = \frac{t}{0.707} = \frac{0.214}{0.707} = 0.303 \text{ in} \rightarrow \frac{5}{16} \text{ in}$$

Este valor obtenido de la pierna satisface el tamaño mínimo especificado en la tabla 2.9. Por lo tanto, el nuevo valor de la garganta es:

$$t = 0.707w = 0.707 \times \frac{5}{16} = 0.22 \text{ in}$$

APÉNDICE G – DISEÑO DE SISTEMA HIDRÁULICO

La fuerza de empuje necesaria para elevar la carga es:

$$P_r = 51980 \text{ N} = 11686 \text{ lbf}$$

En la figura F1 se muestra el diámetro interior del cilindro disponible a la presión y la fuerza de empuje necesaria.

Push Force and Displacement

Cyl. Bore Size (Inches)	Piston Area (Sq. In.)	Cylinder Push Stroke Force In Pounds At Various Pressures							
		250	500	750	1000	1500	2000	2500	3000
2.00	3.14	785	1570	2355	3140	4710	6280	7850	9420
2.50	4.91	1228	2455	3683	4910	7365	9820	12275	14730
3.00	7.07	1768	3535	5303	7070	10605	14140	17675	21210
3.25	8.30	2075	4150	6225	8300	12450	16600	20750	24900
3.50	9.62	2405	4810	7215	9620	14430	19240	24050	28860
4.00	12.57	3143	6285	9428	12570	18855	25140	31425	37710

Por lo tanto, la presión en el cilindro es:

$$P_c = \frac{P_r}{A} = \frac{4P_r}{\pi d_b^2} = \frac{4 \times 11686}{\pi \times 2.5^2} = 2381 \text{ psi} = 16.42 \text{ MPa}$$

Para evitar fallas como pandeo del vástago del cilindro, el fabricante recomienda valores mínimos para el diámetro del vástago, los cuales se muestran en la figura de abajo. Se considera que la longitud expuesta del vástago es aproximadamente 40 pulg (1 mt).

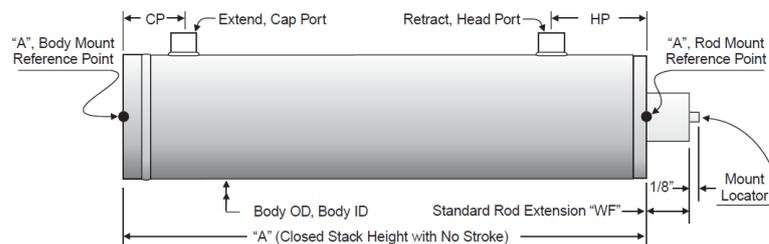
MINIMUM PISTON ROD DIAMETER

Figures in body of chart are suggested minimum rod diameters, in inches.

Load, Pounds	Exposed Length of Piston Rod, Inches / Rod Diameter, Inches							
	10"	20"	40"	60"	70"	80"	100"	120"
1,000			3/4	1				
1,500			13/16	1-1/16				
2,000		5/8	7/8	1-1/8	1-1/4	1-3/8		
3,000		11/16	15/16	1-3/16	1-3/8	1-1/2		
4,000		3/4	1	1-1/4	1-7/16	1-9/16	1-7/8	
6,000	13/16	7/8	1-1/8	1-3/8	1-9/16	1-5/8	1-7/8	
8,000	15/16	1	1-3/16	1-1/2	1-5/8	1-3/4	2	2-1/4
10,000	1	1-1/8	1-5/16	1-9/16	1-3/4	1-7/8	2-1/8	2-3/8
15,000	1-3/16	1-1/4	1-7/16	1-3/4	1-3/4	2	2-1/4	2-1/2
20,000	1-3/8	1-7/16	1-5/8	1-7/8	2	2-1/8	2-7/16	2-3/4
30,000	1-11/16	1-3/4	1-7/8	2-1/8	2-1/4	2-3/8	2-11/16	3

Dimensiones del cilindro hidráulico

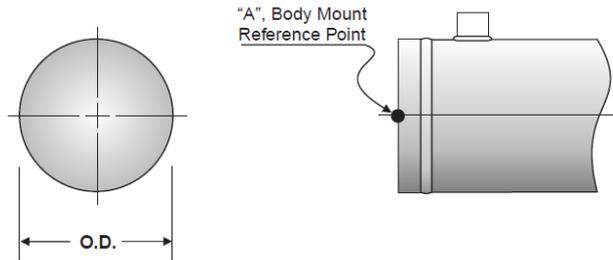
Con el diámetro interior del cilindro se obtienen las medidas del cuerpo del cilindro hidráulico utilizando el catálogo del fabricante:



Bore Code	Body Bore and O.D. Diameter	Rod Diameter	Rod Code	WMD Series				
				A	Std. WF	Ports		
						Size	CP	HP
20	2.00" ID x 2.50" OD	1.00"	10	4.75"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.25"
		1.125"	11	4.75"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.25"
		1.25"	12	4.75"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.25"
		1.125"	11	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
		1.25"	12	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
25	2.50" ID x 3.00" OD	1.00"	10	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
		1.125"	11	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
		1.25"	12	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
		1.375"	13	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
		1.50"	15	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
30	3.00" ID x 3.50" OD	1.75"	17	5.12"	0.88"	#6 SAE	1.06"	2.56"
		1.00"	10	5.50"	0.88"	#6 SAE	1.37"	2.56"
		1.125"	11	5.50"	0.88"	#6 SAE	1.37"	2.56"
		1.25"	12	5.50"	0.88"	#6 SAE	1.37"	2.56"
		1.375"	13	5.50"	0.88"	#6 SAE	1.37"	2.56"
		1.50"	15	5.50"	0.88"	#6 SAE	1.37"	2.56"
		1.75"	17	5.50"	0.88"	#6 SAE	1.37"	2.56"
2.00"	20	5.50"	0.88"	#6 SAE	1.37"	2.56"		

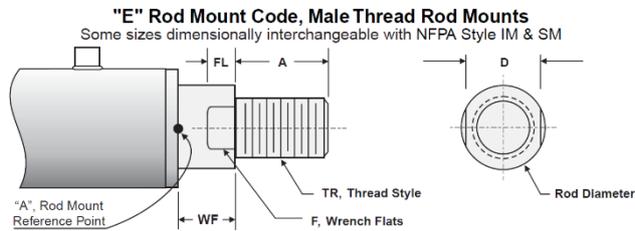
La base del cilindro hidráulico es no montada. De la figura de abajo se obtiene el diámetro exterior del cilindro.

"A" Body Mount Code, No Body Mounts



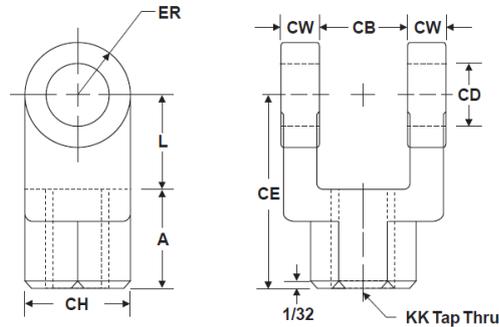
Body Code	Bore	Body Mount Code	Body O.D.
20	2.00" ID	A000000	2.50"
25	2.50" ID	A000000	3.00"
30	3.00" ID	A000000	3.50"
32	3.25" ID	A000000	3.75"

La parte superior del vástago es roscada debido a que se debe montar un accesorio que soporte la polea para la cadena. En la figura de abajo se muestran las medidas de la parte superior para el diámetro del vástago de 1.75 pulg.



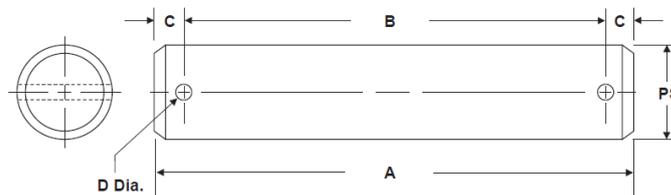
Rod Code	Rod Diameter	Rod Mount Code	Thread Style TR	Length A	Wrench Flats FL	Wrench Flats D	Rod Ext. WF	Max Pull at Yield *	NFPA Style
10	1.00" OD	E121612	3/4"-16	1.12"	0.50"	0.88"	1.00"	16,500#	SM
10	1.00" OD	E141416	7/8"-14	1.62"	0.50"	0.88"	1.00"	16,500#	IM
10	1.00" OD	E161416	1"-14	1.62"	0.62"	0.88"	1.12"	16,500#	
11	1.12" OD	E161416	1"-14	1.62"	0.62"	1.00"	1.12"	16,500#	
11	1.12" OD	E161220	1"-12	2.00"	0.31"	1.00"	0.81"	16,500#	
12	1.25" OD	E201216	1-1/4"-12	1.62"	0.62"	1.12"	1.12"	41,000#	
13	1.38" OD	E161416	1"-14	1.62"	0.62"	1.12"	1.12"	32,000#	SM
13	1.38" OD	E201216	1-1/4"-12	1.62"	0.62"	1.12"	1.12"	41,000#	IM
15	1.50" OD	E161416	1"-14	1.62"	0.62"	1.25"	1.12"	32,000#	
15	1.50" OD	E201216	1-1/4"-12	1.62"	0.62"	1.25"	1.12"	41,000#	
15	1.50" OD	E221212	1-3/8"-12	1.19"	0.43"	1.25"	0.94"	41,000#	
17	1.75" OD	E201220	1-1/4"-12	2.00"	0.75"	1.50"	1.25"	52,000#	SM
17	1.75" OD	E241220	1-1/2"-12	2.00"	0.75"	1.50"	1.25"	71,000#	IM

En la figura de abajo se muestran las medidas del accesorio para soportar la polea para la cadena.



Part No.	CB	CD	CE	CH	CW	L	A	KK	ER
3753035079	0.765	1/2	1-1/2	1	1/2	3/4	3/4	7/16-20	1/2
3753035080	1.265	3/4	2-3/8	1-1/4	5/8	1-1/4	1-1/8	3/4-16	3/4
3753035081	1.515	1	3-1/8	1-1/2	3/4	1-1/2	1-5/8	1-14	1
3753035082	2.032	1-3/8	4-1/8	2	1	2-1/8	2	1-1/4-12	1-3/8
3753035084	2.531	1-3/4	4-1/2	2-3/8	1-1/4	2-1/4	2-1/4	1-1/2-12	1-3/4
3753035085	2.531	2	5-1/2	2-15/16	1-1/4	2-1/2	3	1-7/8-12	2

Adicionalmente, se muestran las medidas del pasador en la figura de abajo.



Part No.	Pin Size	A	B	C	D
3757244002	0.500	2.281	1.938	.172	.106
3757244003	0.750	3.094	2.719	.188	.140
3757244004	1.000	3.594	3.219	.188	.140
3757244005	1.375	4.656	4.250	.203	.173
3757244006	1.750	5.656	5.250	.203	.173
3757244007	2.000	5.719	5.281	.219	.201

Con las dimensiones del cilindro se calcula la carrera del pistón.

A=5.12 pulg, WF=1.25 pulg, CE=4.125 pulg

$$L_s = \frac{1}{2}(L_m - WF - CE - A)$$

$$stroke = \frac{1}{2}(82.7 - 1.25 - 4.125 - 5.12) = 36.103 \text{ in} \rightarrow 917 \text{ mm}$$

Caudal del sistema

El volumen de cada cilindro es:

$$V = \frac{\pi d_B^2 \cdot L_S}{4} = \frac{\pi(63.5)^2(917)}{4} = 2.8 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

El caudal necesario para cada cilindro es:

$$Q = \frac{V}{\eta t} = \frac{2.8 \times 10^6}{0.95 \times 60} = 4.9 \times 10^4 \text{ mm}^3/s$$

Por lo tanto, el caudal total es:

$$Q_T = 2Q = 2 \times 4.9 \times 10^4 = 9.8 \times 10^4 \text{ mm}^3/s = 5.88 \text{ lpm} = 1.55 \text{ gpm}$$

Selección de manguera hidráulica

La manguera para cada cilindro trabaja a una presión cercana a 2500 psi (172 bar o 17.24 MPa), por lo cual la velocidad recomendada para el fluido es 5.2 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_t}} = \sqrt{\frac{4(4.9 \times 10^4)}{\pi(5.2 \times 10^3)}} = 3.5 \text{ mm}$$

Del catálogo se selecciona la manguera 206 con un diámetro interior de 5 mm (módulo -4), y una presión de trabajo de 20.7 MPa. En efecto, La velocidad del fluido debe de ser calculada de nuevo.

Resumen de mangueras

SAE100R5	Módulo manguera DN	Presión de trabajo MPa (factor de seguridad 4:1)										Rango de temperatura °C	Refuerzo	EN	ISO	SAE	
		-4	-5	-6	-8	-10	-12	-16	-20	-24	-32						
	06	08	10	12	16	20	25	32	40	50							
	05	06	08	10	12	16	22	29	35	46							
Baja presión Mangueras Push-Lok	801	1,7		1,7	1,7	1,7	1,7	1,2						-40/+100	1 malla, fibra		
	804	0,9		0,9	0,9		0,9							-40/+80	1 malla, fibra		
	821FR	2,4		2,0	2,0		1,7							-40/+100	1 malla, fibra		
	830M	1,6		1,6	1,6	1,6	1,6							-20/+60	1 malla, fibra		
	831	2,4		2,0	2,0	2,0	2,0							-40/+100	1 malla, fibra		
	836	1,7		1,7	1,7	1,7								-40/+150	1 malla, fibra		
	837BM	1,6		1,6	1,6	1,6	1,6							-40/+100	1 malla, fibra		
	837PU	1,6		1,6	1,6	1,6	1,6							-40/+100	1 malla, fibra		
	838M	1,6		1,6	1,6	1,6	1,6							-20/+60	1 malla, fibra		
Baja presión Mangueras especiales	201	20,7	20,7	15,5	13,8	12,0	10,3	5,5	4,3	3,5	2,4			-50/+150	1 malla, alambre		SAE 100 R5/SAE J1402 AII
	206	20,7	20,7	15,5	13,8	12,0	10,3	5,5	4,3	3,5	2,4			-50/+150	1 malla, alambre		SAE 100 R5/SAE J1402 AII
	213	13,8	10,3	10,3	8,6	6,9	5,2	2,8	2,1	1,7	1,4			-40/+150	1 malla, alambre		SAE J1402 AI
	221FR		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5						-20/+100	1 malla, alambre		SAE J1527 Typ R3
	285	2,7		2,7	2,7	2,7	2,7							-30/+125	1 malla, alambre		SAE J2064 Typ C
	293	3,5		3,5	3,5	3,1	3,1	3,1						-50/+150	1 malla, fibra		SAE J1402 AI
	601	8,6		7,8	6,9		5,2	3,9						-40/+125	2 mallas, fibra	EN 854-R3	SAE 100 R3
	611HT	2,8		2,8	2,8	2,4	2,1							-40/+150	1 malla, fibra	EN 854-R6	

$$v_t = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 4.9 \times 10^4}{\pi(5)^2} = 2496 \text{ mm/s} = 2.5 \text{ mt/s}$$

Por la manguera que sale de la bomba circula el doble del caudal que circula por las mangueras de cada cilindro y con la misma presión (2500 psi). La velocidad recomendada para el fluido es 5.2 m/s. El diámetro interior de la manguera es:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_T}{\pi v_t}} = \sqrt{\frac{4(9.8 \times 10^4)}{\pi(5.2 \times 10^3)}} = 4.9 \text{ mm}$$

De la figura de arriba se selecciona la manguera 206. La velocidad del fluido se calcula de nuevo.

$$v_t = \frac{4Q_r}{\pi D^2} = \frac{4 \times 9.8 \times 10^4}{\pi(5)^2} = 4991 \text{ mm/s} = 5.0 \text{ mt/s}$$

Presión del sistema

Perdidas en las mangueras:

$$Re = \frac{v_t \cdot D}{\nu} = \frac{(2.5)(5 \times 10^{-3})}{32.0 \times 10^{-6}} = 391 \therefore \text{Fluido laminar}$$

$$Re = \frac{v_t \cdot D}{\nu} = \frac{(5)(5 \times 10^{-3})}{32.0 \times 10^{-6}} = 781 \therefore \text{Fluido laminar}$$

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{391} = 0.164$$

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{781} = 0.082$$

Para calcular las pérdidas por cabezal es necesario conocer las longitudes de las mangueras. Para las mangueras con velocidad de fluido de 2.5 m/s y 5 m/s la longitud total es 3.3 mt y 1.5 mt, respectivamente.

$$h_f = f \cdot \frac{L_t}{D} \cdot \frac{v_t^2}{2g} = 0.164 \cdot \frac{3.3}{5 \times 10^{-3}} \cdot \frac{2.5^2}{2 \times 9.81} = 34.48 \text{ mt}$$

$$h_f = f \cdot \frac{L_t}{D} \cdot \frac{v_t^2}{2g} = 0.082 \cdot \frac{1.5}{5 \times 10^{-3}} \cdot \frac{5.0^2}{2 \times 9.81} = 31.34 \text{ mt}$$

Por lo tanto, las pérdidas por cabezal son:

$$\Delta P = h_f \cdot \rho \cdot g = 34.48 \times 865.4 \times 9.81 = 292421 \text{ Pa} = 0.29 \text{ MPa}$$

$$\Delta P = h_f \cdot \rho \cdot g = 31.34 \times 865.4 \times 9.81 = 266063 \text{ Pa} = 0.27 \text{ MPa}$$

$$P_T = P_c + \sum \Delta P$$

$$P_T = 16.42 + 0.29 + 0.27 = 16.98 \text{ MPa} = 2463 \text{ psi}$$

Selección de unidad de potencia hidráulica

Del catálogo se selecciona la unidad de potencia que ofrece 1.5 GPM a una presión de 2500 psi y un motor de 3.0 HP de potencia.

Motor Horsepower Recommendations at Flow/Pressure

Pump Size	Nominal GPM		Pressure (PSI)					
	@1725	@3450	500	1000	1500	2000	2500	3000
04	¼	½	.50 HP	.50 HP	.50 HP	.50 HP	.50 HP	.50 HP
04			.50 HP	.50 HP	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.0 HP
07	½	1	.50 HP	.50 HP	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.0 HP
07			.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	2.0 HP
10	¾	1½	.50 HP	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP	1.5 HP
10			.50 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	3.0 HP	3.0 HP
14	1	2	.50 HP	.75 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	2.0 HP
14			.75 HP	1.5 HP	2.0 HP	3.0 HP		
17	1¼	2½	.50 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP	2.0 HP	
17			1.0 HP	2.0 HP	3.0 HP			
20	1½	3	.50 HP	1.0 HP	1.5 HP	2.0 HP		
20			1.0 HP	2.0 HP	3.0 HP			

Capacidad del tanque para fluido

El tanque debe de tener de al menos la siguiente capacidad:

$$V_t = 1.1 \times 2V = 1.1 \times 2 \times 2.8 \times 10^6 = 6.2 \times 10^6 \text{ mm}^3 = 1.64 \text{ gal}$$

4

3

2

1

F

F

Etapa 1

Etapa 2

340

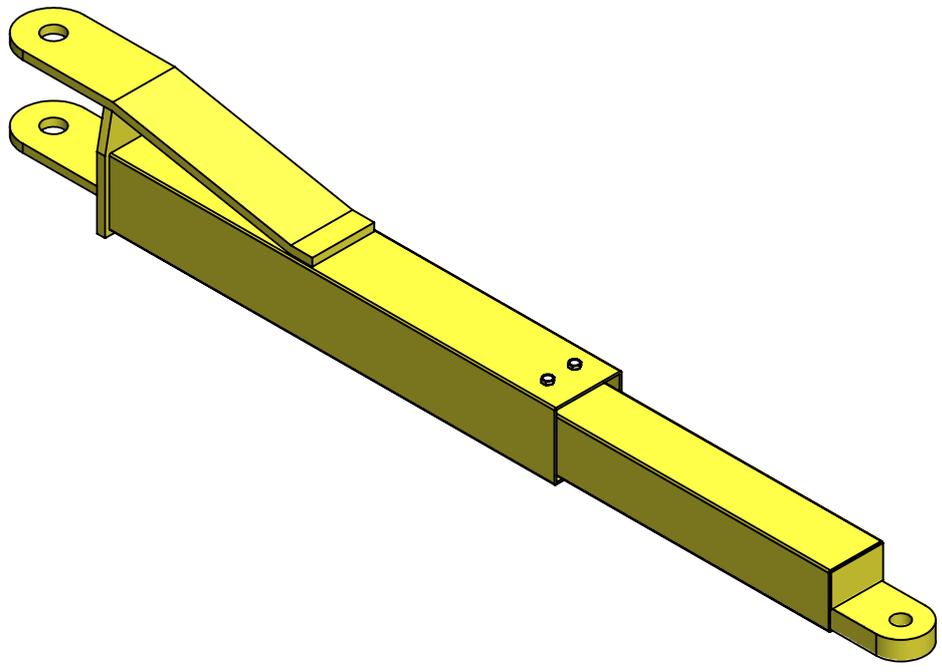
1410

E

E

D

D



C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
**Elevador de vehículos
 electro-hidráulico de dos
 columnas**

N.º DE DIBUJO
Brazo telescópico largo

A4

PESO:

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

4

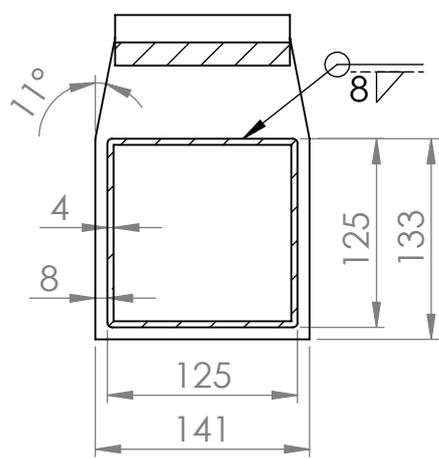
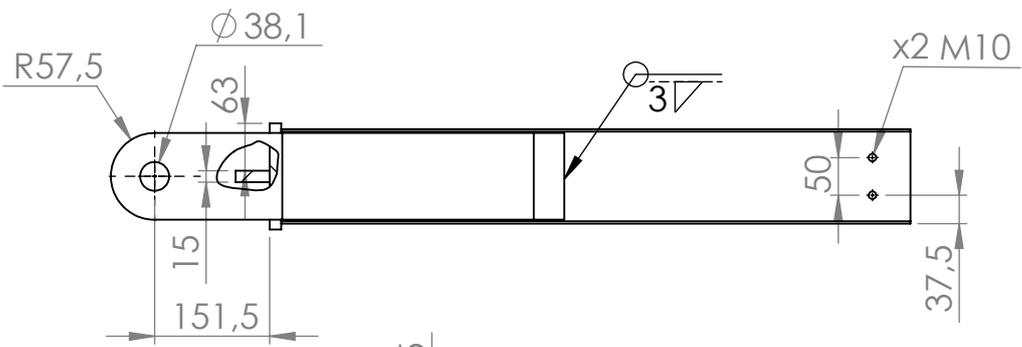
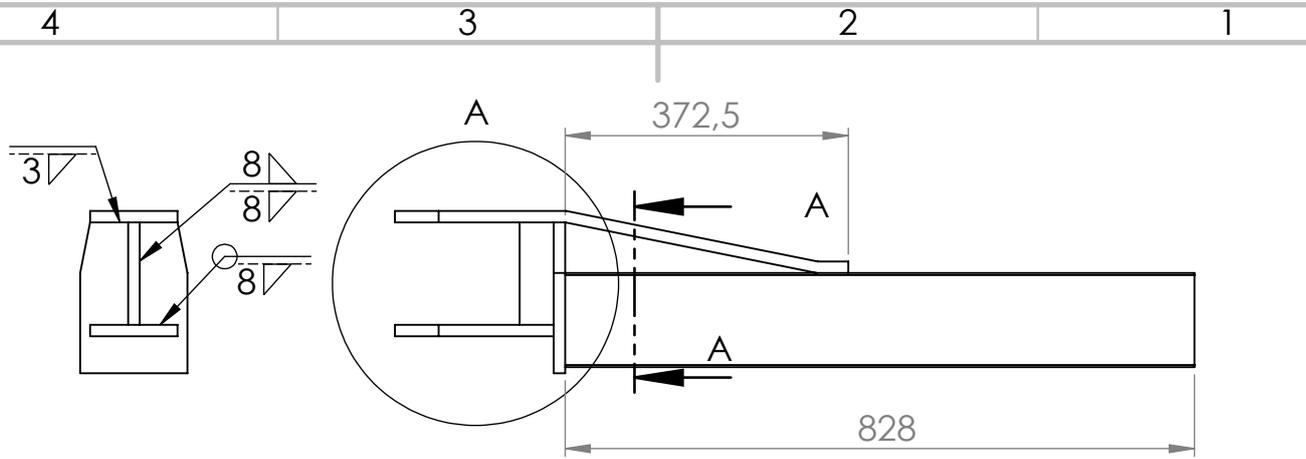
3

2

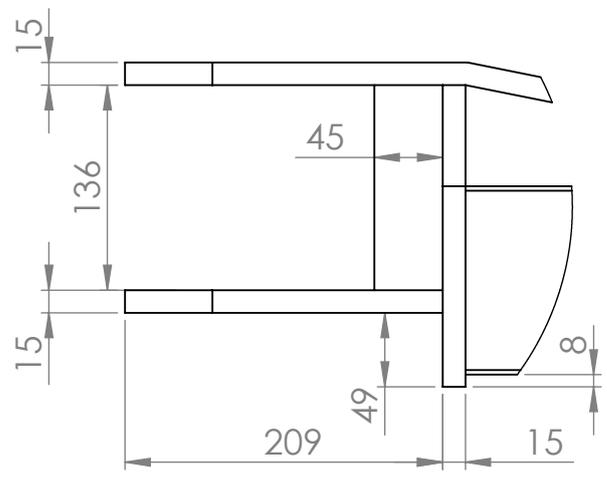
1

A

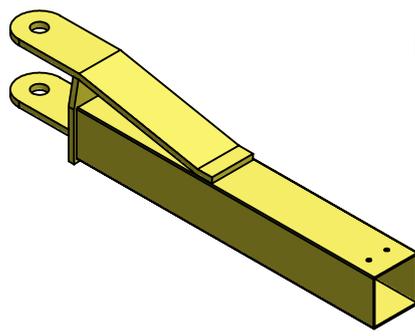
A



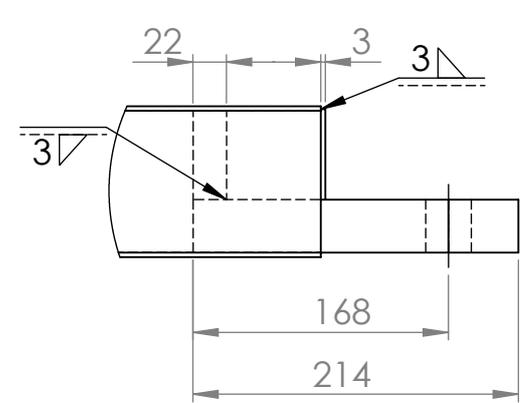
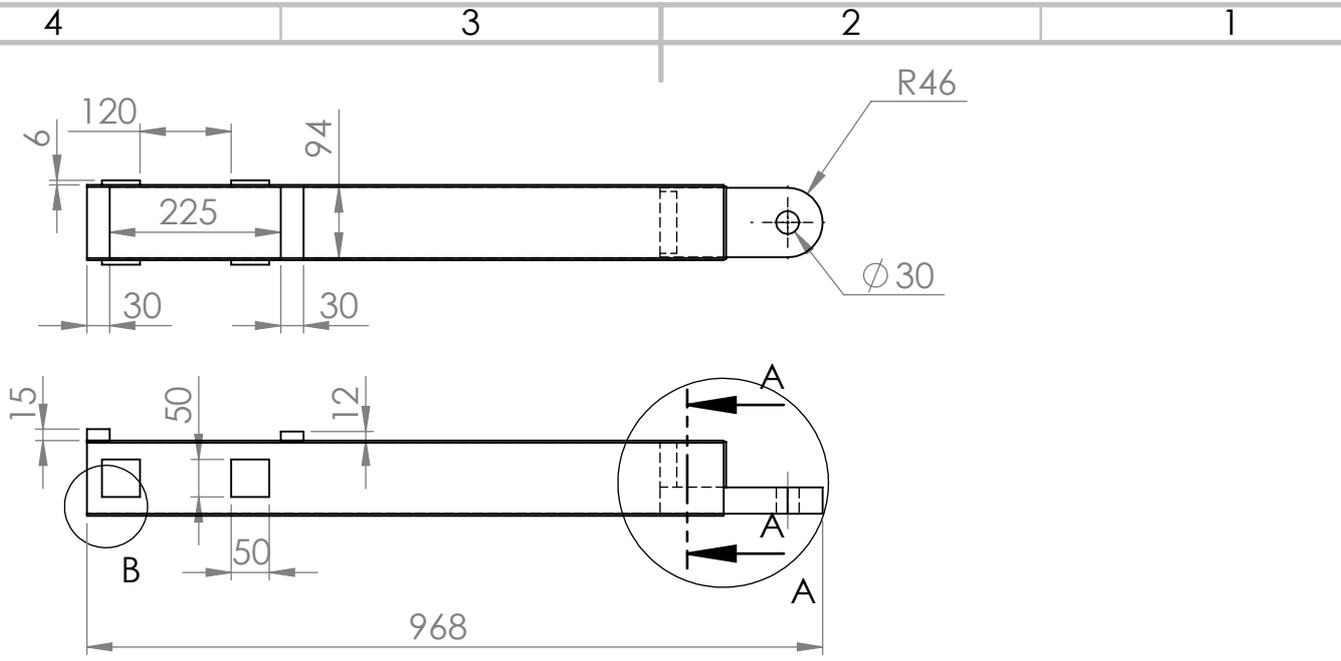
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5



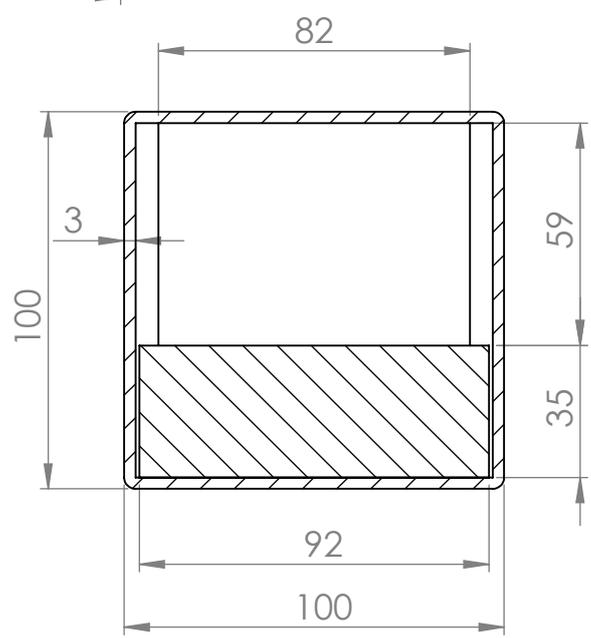
DETALLE A
ESCALA 1 : 5



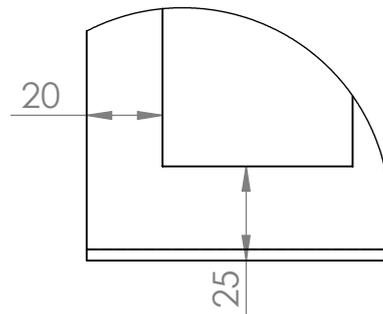
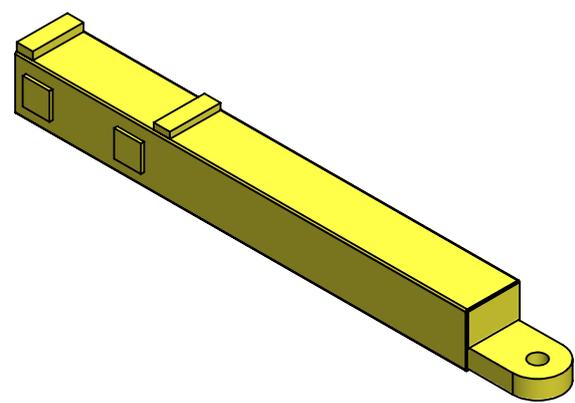
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.		FIRMA	FECHA	TÍTULO: Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas	
VERIF.		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	A4
APROB.		PESO:		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1
FABR.					
CALID.					



DETALLE A
ESCALA 1 : 5



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



DETALLE B
ESCALA 1 : 2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
---	----------	---------------------------------------	---------------------	----------

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

TÍTULO: Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas	N.º DE DIBUJO Etapa 2 de brazo largo	A4
ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1	

4

3

2

1

F

F

Etapa 1

Etapa 2

Etapa 3

175

183

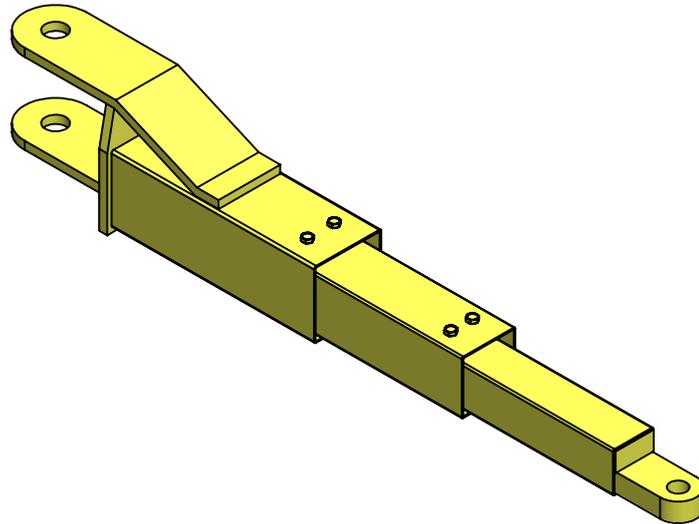
1249,5

E

E

D

D



C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
 ROMPER ARISTAS
 VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:

Elevador de vehículos
 electro-hidráulico de dos
 columnas

N.º DE DIBUJO

Brazo telescópico corto

A4

MATERIAL:

PESO:

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

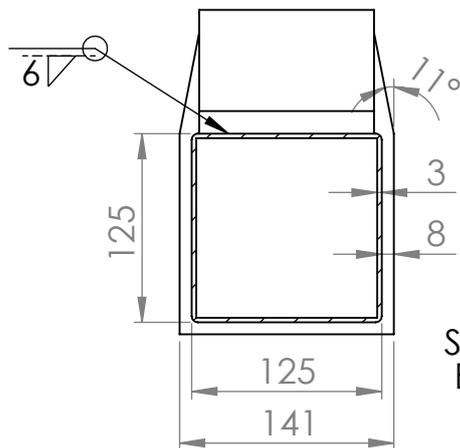
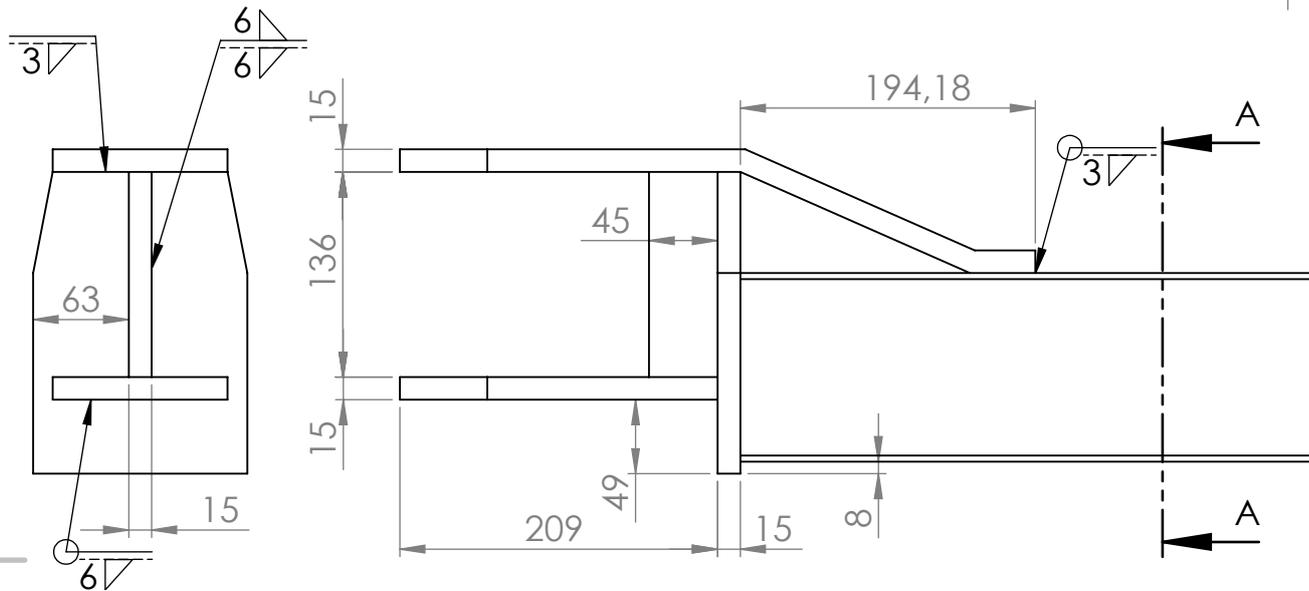
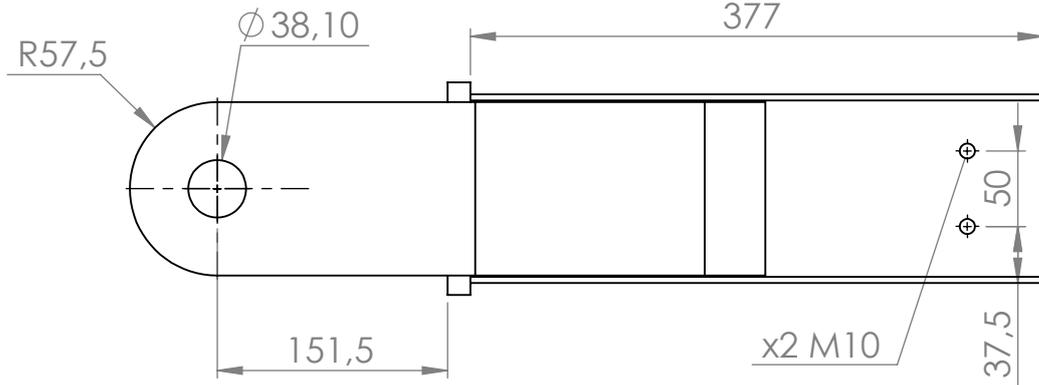
C

B

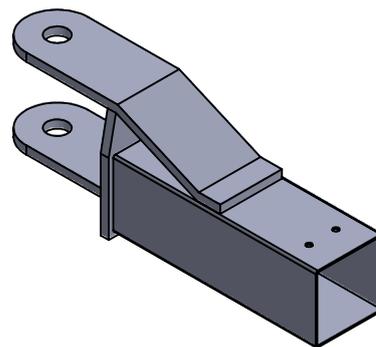
B

A

A



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:

Elevador de vehículos
electro-hidráulico de dos
columnas

N.º DE DIBUJO

Etapa 1 de brazo corto

A4

PESO:

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

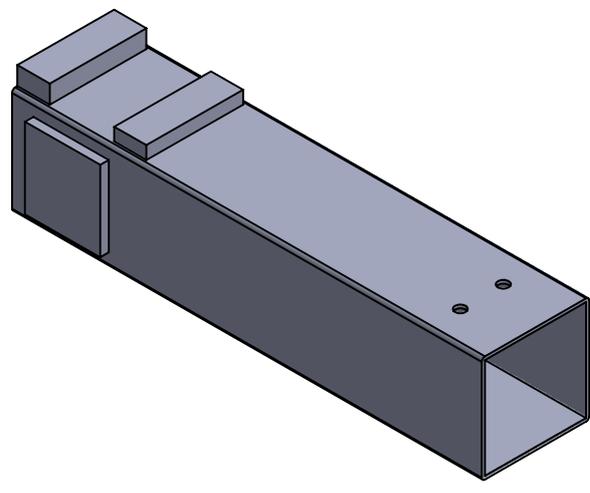
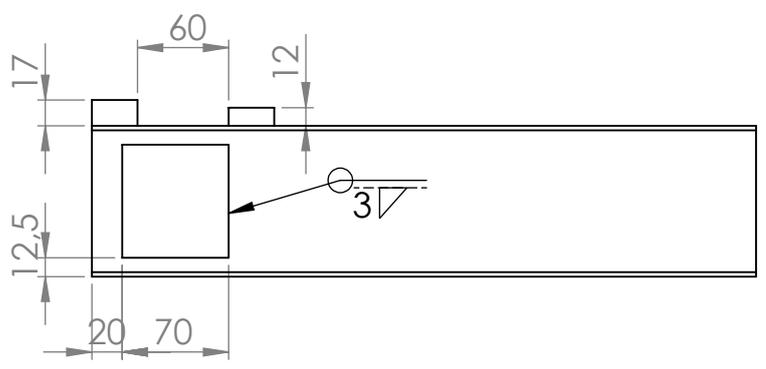
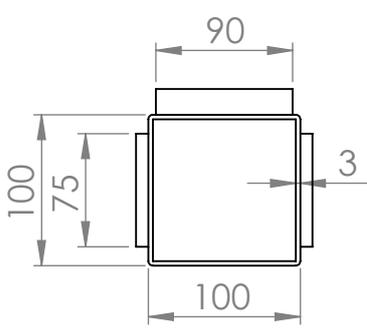
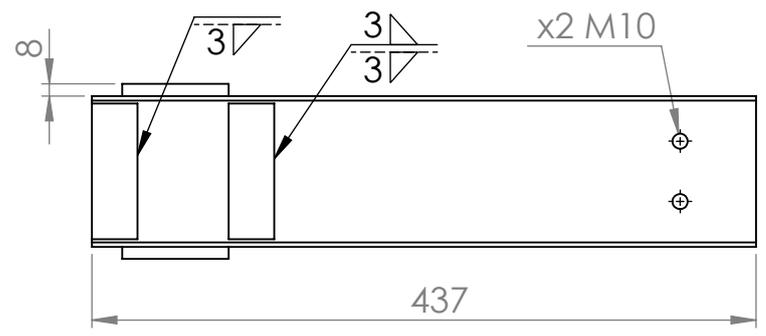
C

B

B

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas
 Etapa 2 de brazo corto

N.º DE DIBUJO: A4

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

4

3

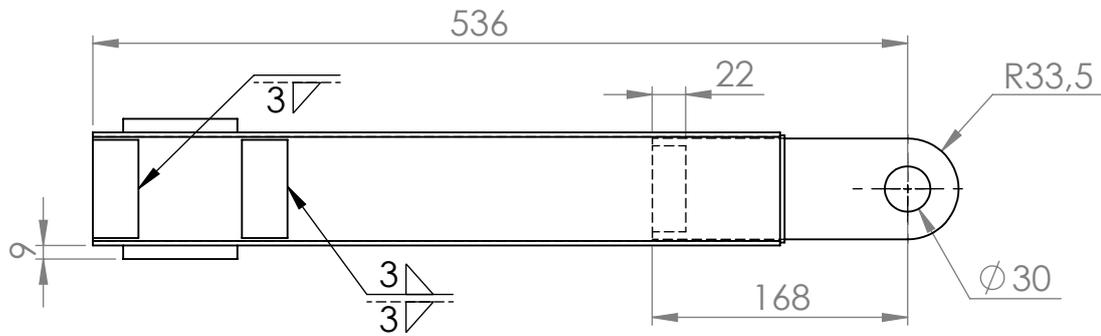
2

1

4 3 2 1

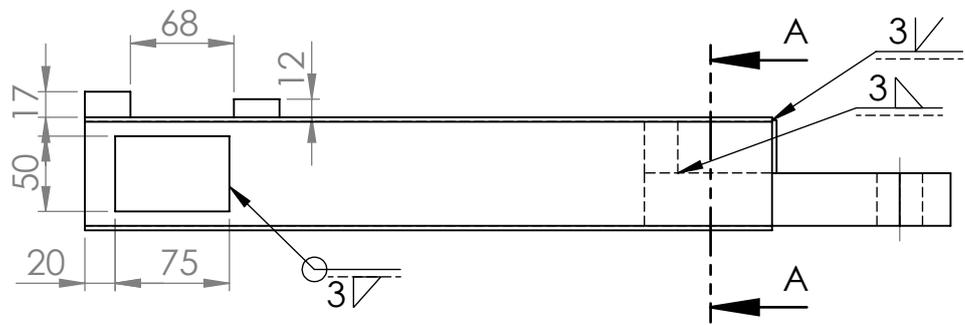
F

F



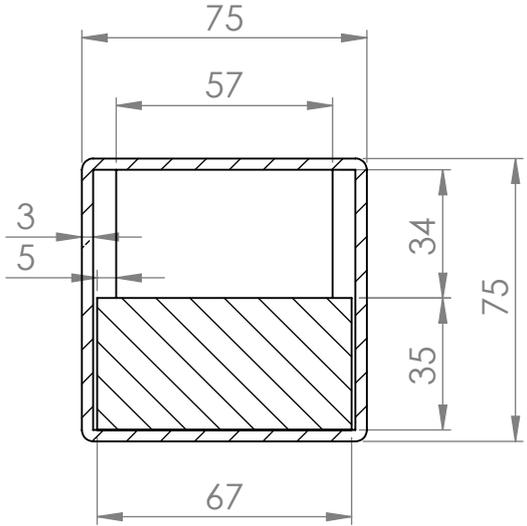
E

E

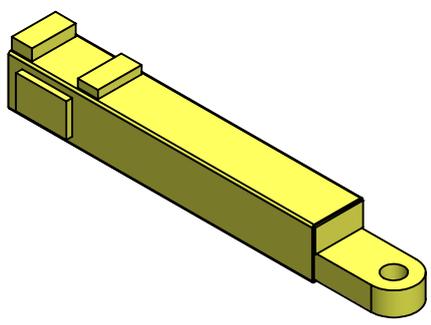


D

D



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 2



C

C

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

TÍTULO:

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas

N.º DE DIBUJO
Etapa 3 de brazo corto

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

4 3 2 1

A

A

A4

4

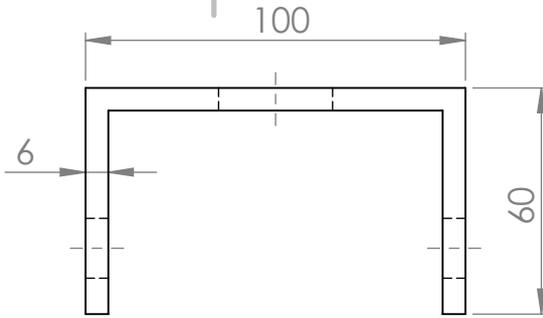
3

2

1

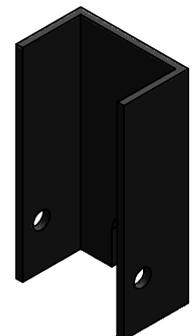
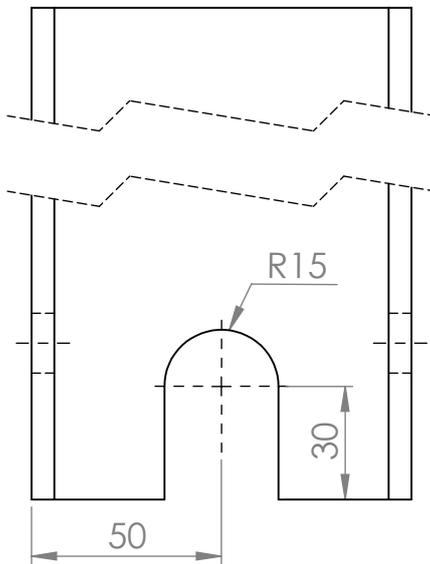
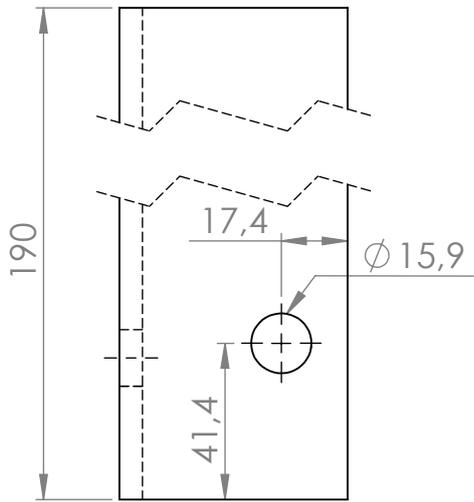
F

F



E

E



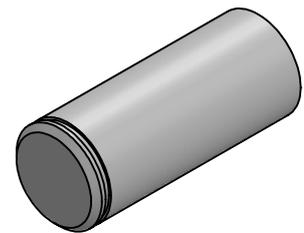
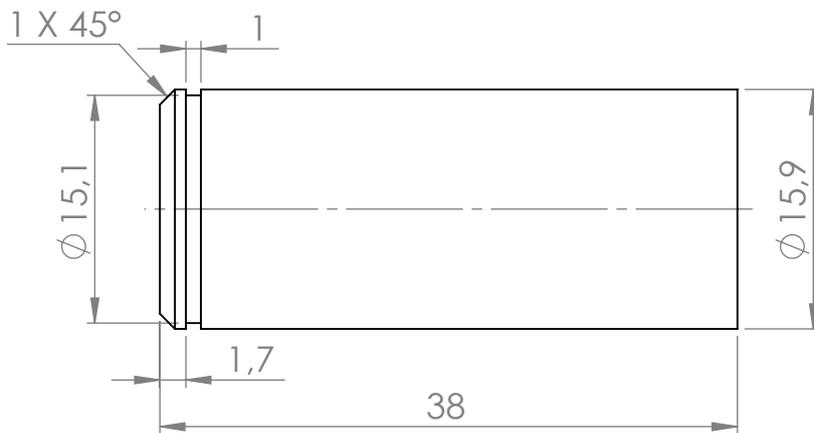
D

D

Escala: 1:2

C

C



B

B

Escala: 2:1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas	
N.º DE DIBUJO Soporte de poleas inferiores y eje	A4
PESO:	ESCALA: INDICADA
HOJA 1 DE 1	

4

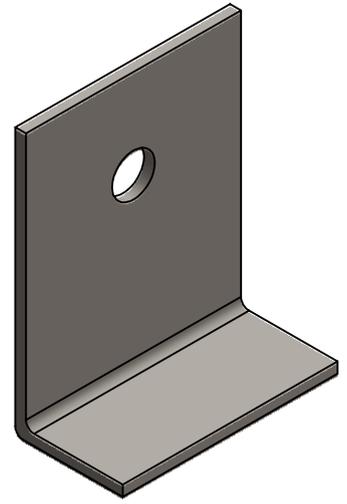
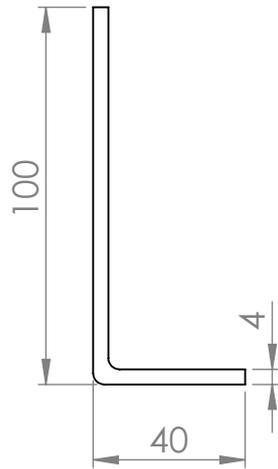
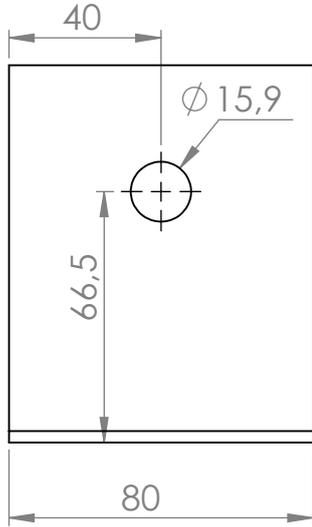
3

2

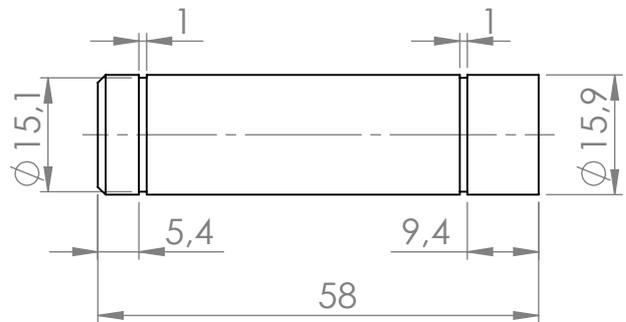
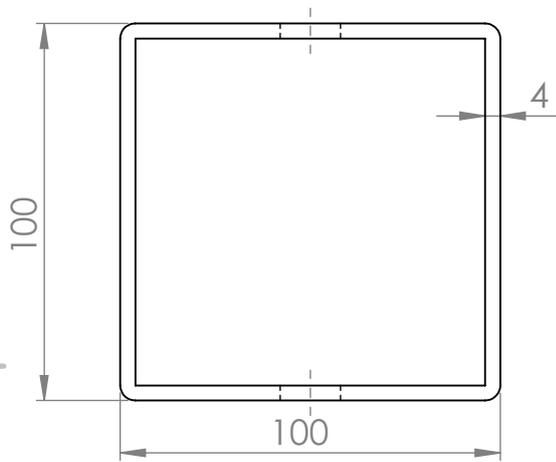
1

A

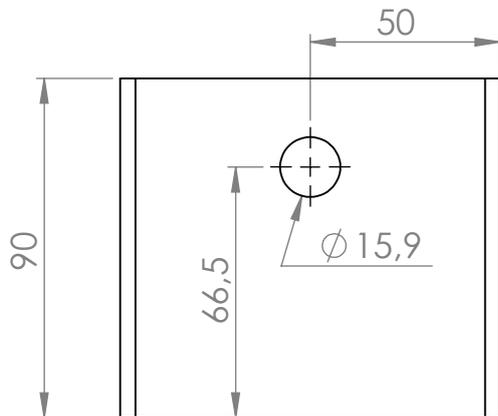
A



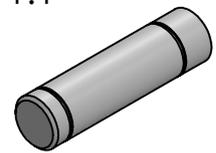
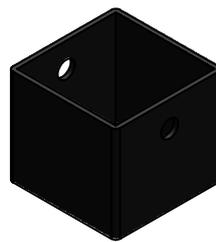
Escala: 1:2



Escala: 1:1



Escala: 1:2



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:

Elevador de vehículos
electro-hidráulico de dos
columnas

N.º DE DIBUJO

Soportes de polea superior
y eje

A4

PESO:

ESCALA: INDICADA

HOJA 1 DE 1

4

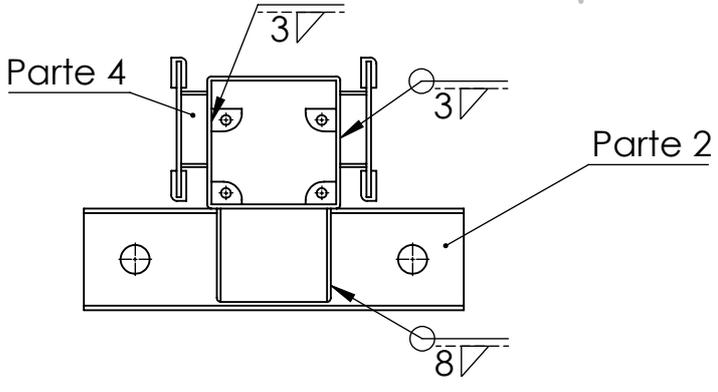
3

2

1

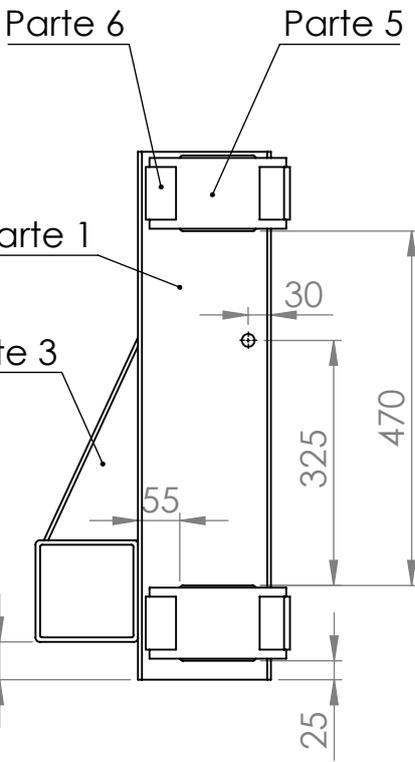
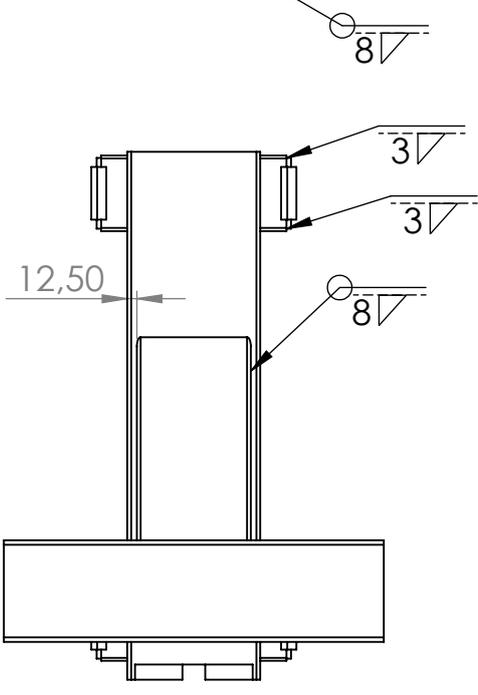
F

F



E

E

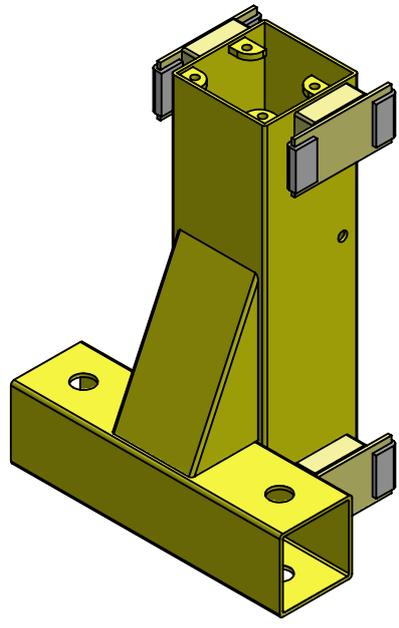


D

D

C

C



B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

 REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

TÍTULO:
 Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas

A

A

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

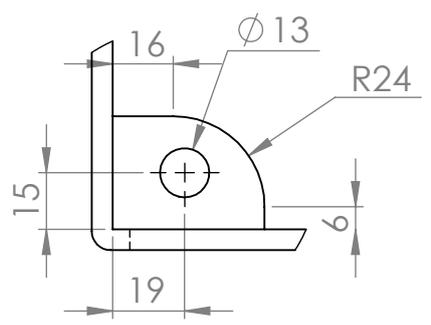
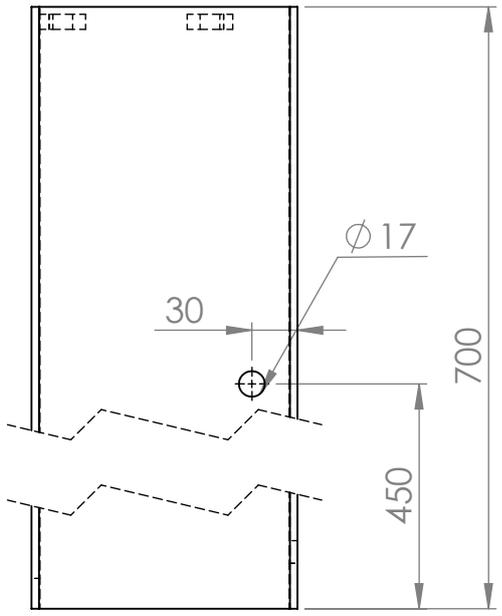
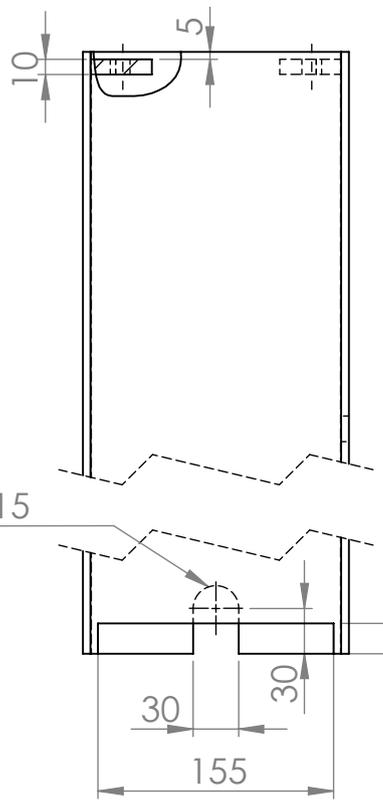
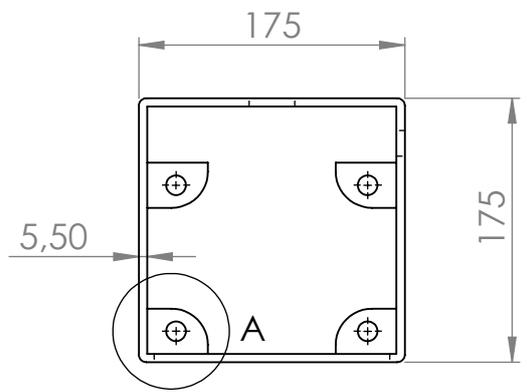
N.º DE DIBUJO	Carro de elevación	A4
ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1	

4

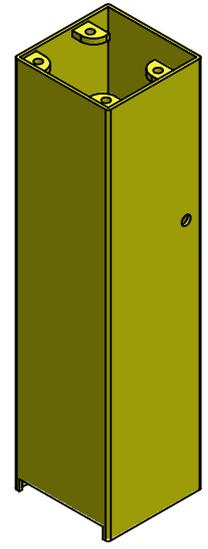
3

2

1



DETALLE A
ESCALA 1:2



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:
Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas

N.º DE DIBUJO
Parte 1 de carro de elevación

MATERIAL:

PESO:

ESCALA: 1:5
HOJA 1 DE 1

A4

4

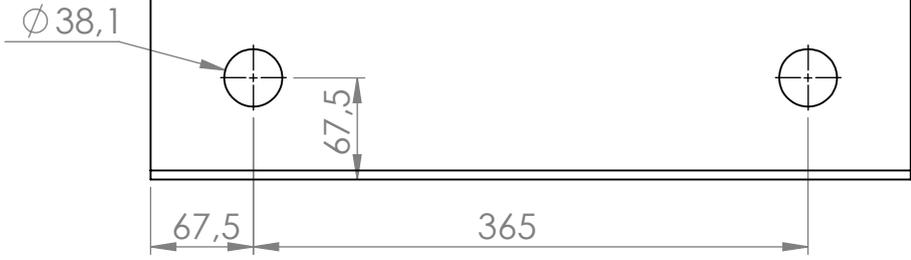
3

2

1

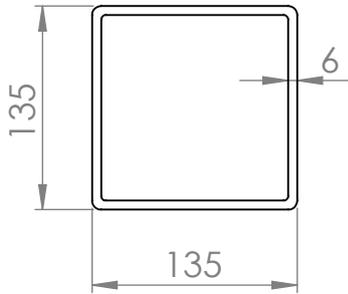
F

F



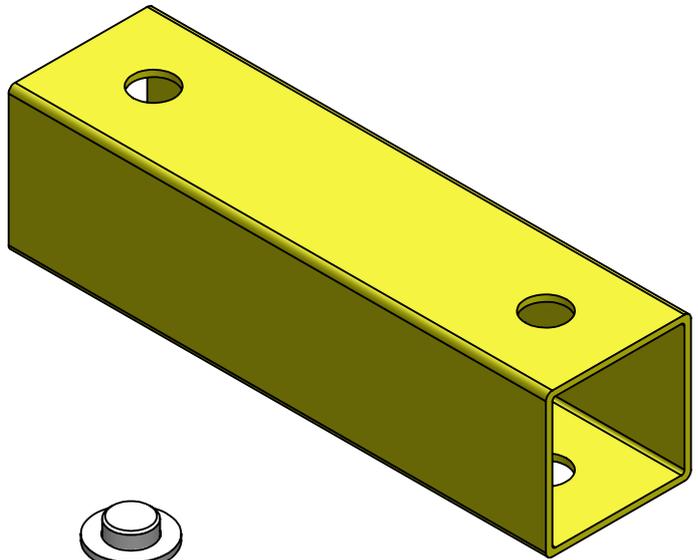
E

E



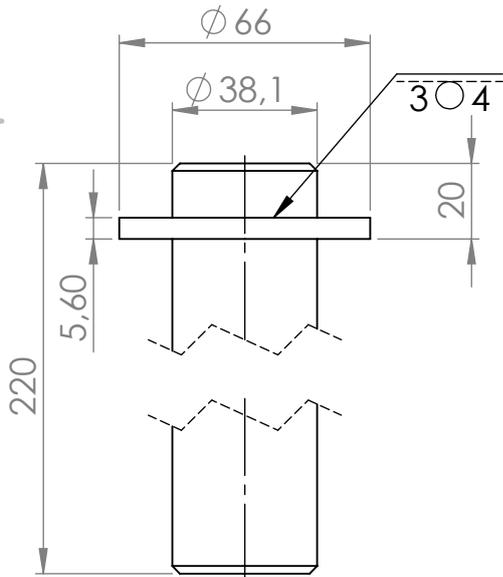
D

D



C

C



Escala 1:2

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:

Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas

N.º DE DIBUJO

Parte 2 y eje de carro de elevación

A4

MATERIAL:

PESO:

ESCALA: 1:5

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

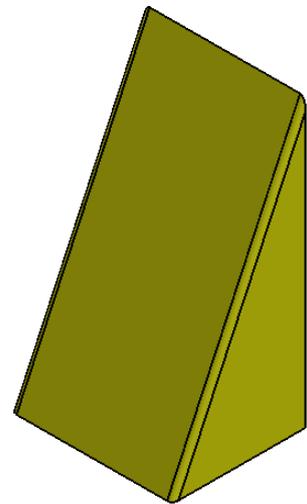
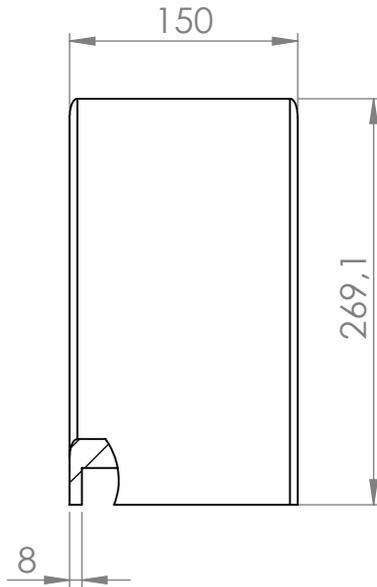
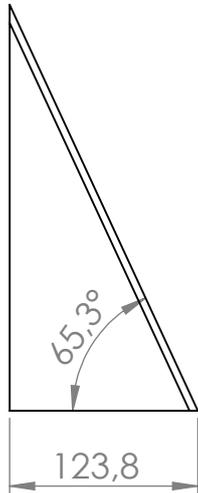
C

B

B

A

A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TOLERANCIAS:
 LINEAL:
 ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA	
DIBUJ.				
VERIF.				
APROB.				
FABR.				
CALID.				

TÍTULO:

Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas

N.º DE DIBUJO

Parte 3 de carro de elevación

A4

MATERIAL:

PESO:

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1

4

3

2

1

4

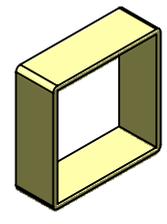
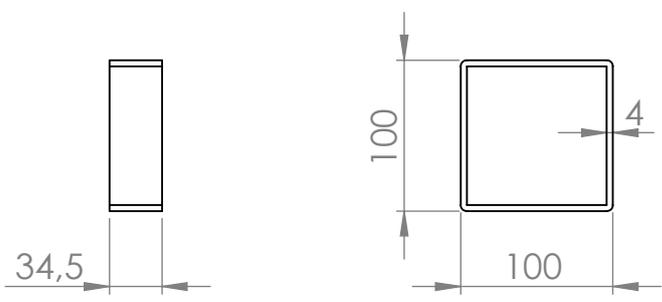
3

2

1

F

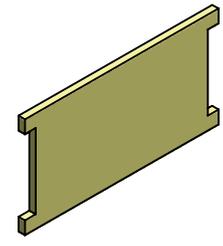
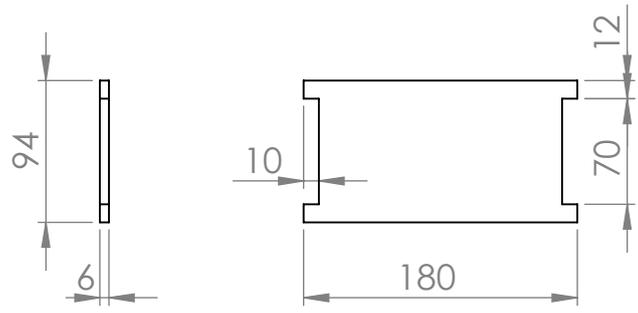
F



Escala 1:5

E

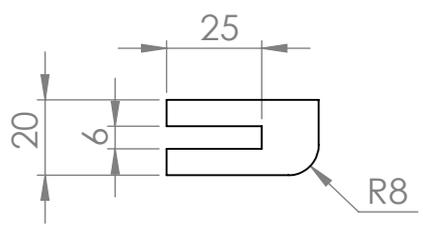
E



Escala 1:5

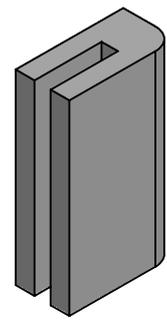
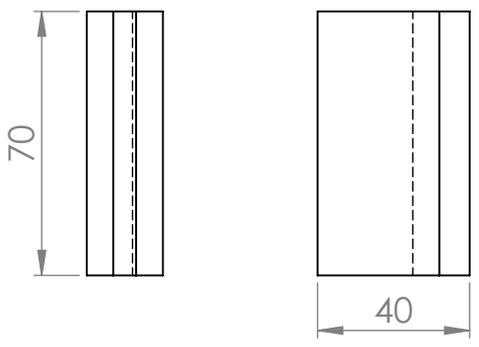
D

D



C

C



Escala 1:2

B

B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO:	Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas
N.º DE DIBUJO	
Parte 4, 5 y 6 de carro de elevación	A4
PESO:	ESCALA: INDICADA
	HOJA 1 DE 1

A

A

4

3

2

1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

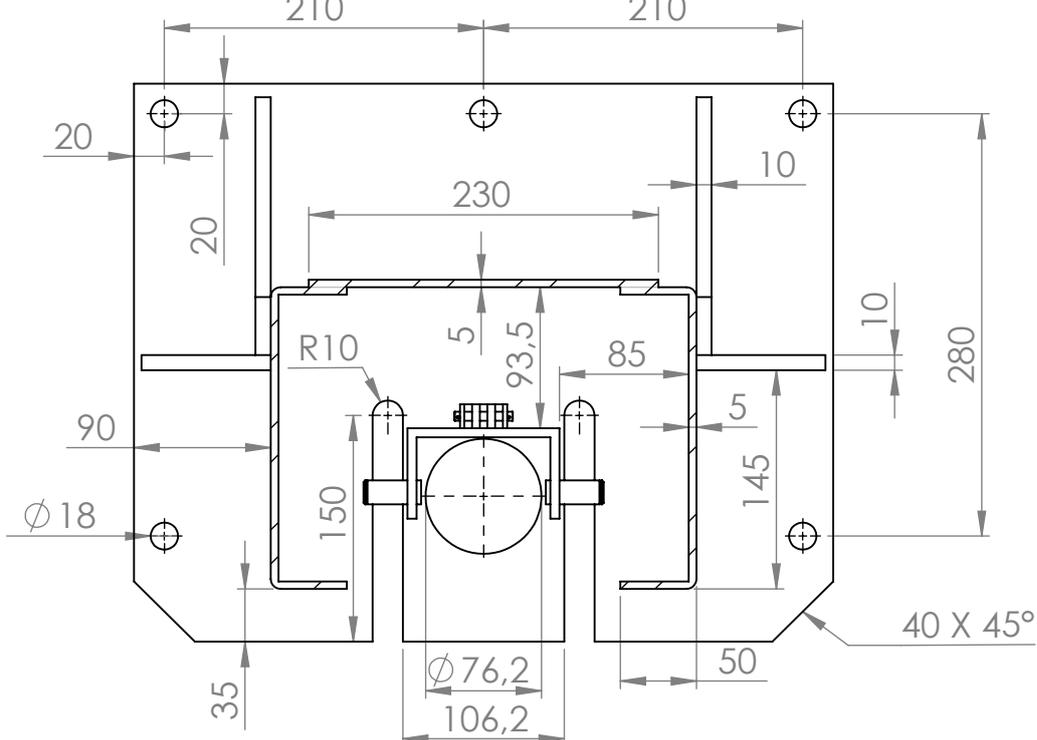
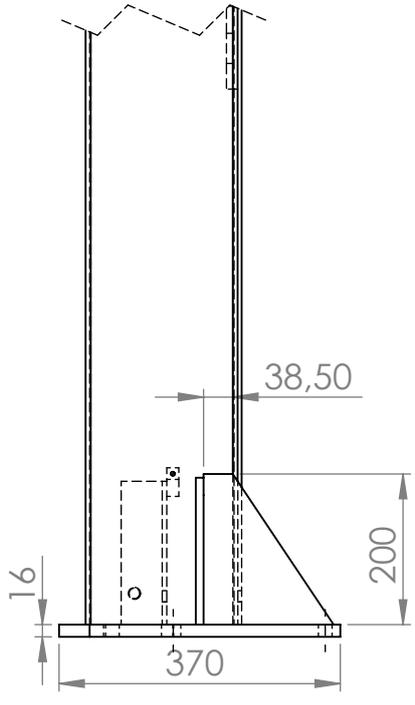
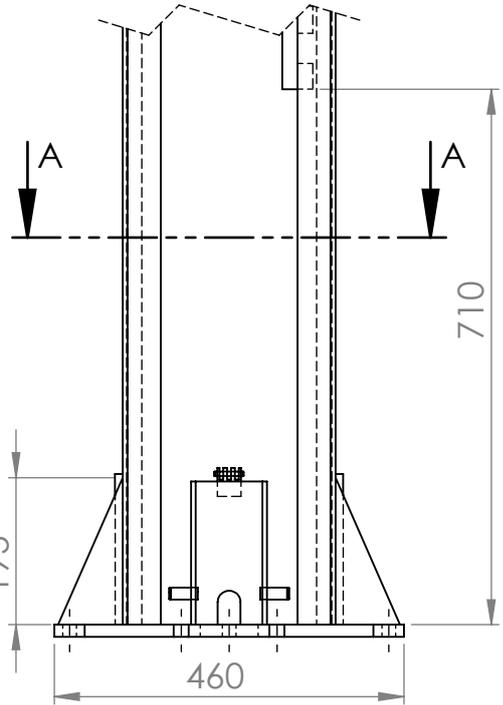
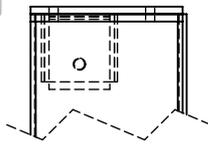
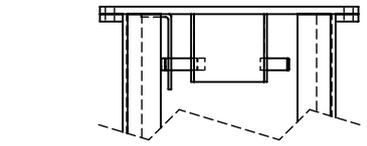
D

C

C

B

B



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 5

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

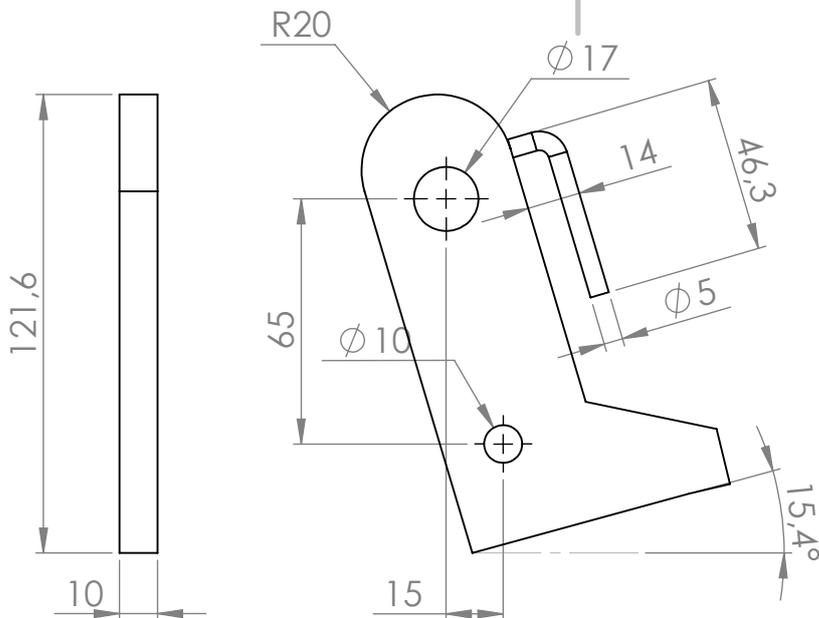
TÍTULO:
Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas
Columna

N.º DE DIBUJO: **A4**

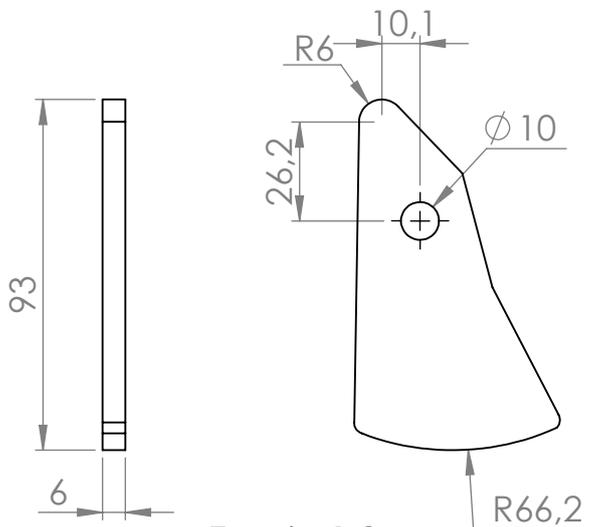
ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1

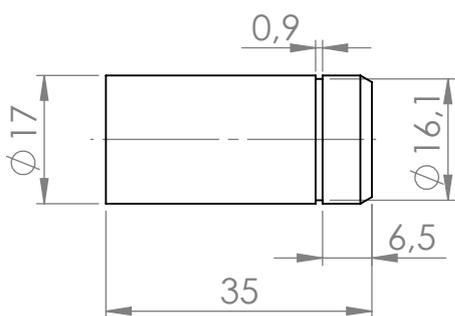
4 3 2 1



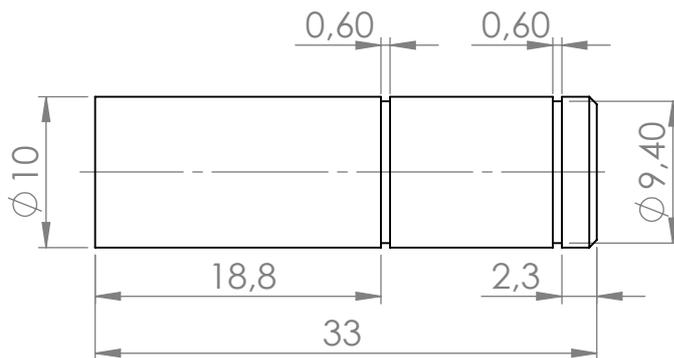
Escala 1:2



Escala 1:2



Escala 1:1



Escala 2:1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

ACABADO:

REBARBAR Y
ROMPER ARISTAS
VIVAS

NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DIBUJ.			
VERIF.			
APROB.			
FABR.			
CALID.			

TÍTULO: Elevador de vehículos electro-hidráulico de dos columnas	
N.º DE DIBUJO Mecanismo de bloqueo	A4
PESO:	ESCALA: INDICADA
	HOJA 1 DE 1