

**DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN
ELEVADOR DE CARGA PARA EL
FRIGORIFICO METROPOLITANO**

HANS BARTELS SÁNCHEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN ELEVADOR DE CARGA PARA EL FRIGORIFICO METROPOLITANO

HANS BARTELS SÁNCHEZ

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

**ROMULO NIÑO DELGADO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2005

DEDICATORIA

A mi padre y mi madre por su paciencia e incansable apoyo durante mi estancia en la UIS.

A mi abuelo Urbano Sánchez por ser un ejemplo de hacer patria.

AGRADECIMIENTOS

A Rómulo Niño Delgado, ingeniero mecánico, director del proyecto, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A Antonio Gutiérrez Cortes, ingeniero mecánico, por su gran aporte ingenieril y amistad.

A Reinaldo Herrera Serrano, gerente Frigorífico Metropolitano por su respaldo y colaboración.

A mis padres y hermanos.

A todos mis amigos.

Hans Bartels Sánchez

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES DEL PROYECTO.	20
2 DEFINICION, GENERALIDADES Y EVOLUCION DE LOS ELEVADORES	20
2.1. HISTORIA	20
2.1.2 ASCENSORES MECÁNICOS	21
2.1.3 ASCENSORES ELECTROMECHANICOS	22
3 GENERALIDADES Y PARAMETROS DE DISEÑO DE ELEVADORES	26
3.1 ASCENSOR.	26
3.2 CABINA.	26
3.3 CABLES O GUAYAS.	28
3.3.1 Tipos de cables.	29
3.3.2 Tipos de alma en los cables convencionales	31
3.4 CONTRAPESO.	32
3.5 CUARTO DE MÁQUINAS.	33
3.6 COLUMNAS.	34
3.7 ESTIBA.	35
3.8 SISTEMAS DE SEGURIDAD.	36
3.8.1 Sistemas mecánicos.	36
Paracaídas.	36

Paracaídas de accionamiento o acuñaamiento instantáneos.	36
Paracaídas de deslizamiento o de frenado progresivo.	37
Amortiguadores.	38
3.8.2 Seguridades Eléctricas.	38
Interruptores de Final de Carrera.	38
Limitador de Velocidad.	39
3.9 Foso.	39
3.10 Guías.	40
3.11 Hueco.	40
3.12 Sistema de Tracción.	41
3.12 SISTEMA DE TRACCIÓN.	41
3.13 PARAMENTROS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS PARA ELEVADORES DE CARGA	44
3.13.1 Motores eléctricos.	44
Motores de corriente continua	45
Motor en serie.	45
Motor shunt o paralelo.	45
Motores trifásicos.	46
3.13.2 Control Eléctrico.	47
4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS	48
4.1 Condiciones de trabajo.	48
4.2 TIPO DE MAQUINA.	48
4.3 CUARTO DE MAQUINAS.	49
4.4 ESTRUCTURA DEL ELEVADOR	49
4.5 CABINA	50
4.5.1 Peso de cabina y contrapeso.	50
4.5.2 Dimensiones de la cabina.	51

4.5.3 Acceso a la cabina	52
4.6 SELECCIÓN DE CABLES.	52
4.6.1 Tipo de cable	52
4.6.2 Cálculo del diámetro de los cables	53
4.7 DIAMETRO DE LA POLEA DE ADHERENCIA	54
4.8 DISEÑO DE POLEAS.	55
4.8.1 Polea de tracción	55
Presión de aplastamiento	55
Cálculo del momento y velocidad de la polea motriz	56
Análisis CAE	58
4.8.2 Polea de desvió	59
4.9 ETAPAS DE REDUCCION.	59
4.9.1 Selección de cadena.	59
4.9.2 Selección de piñones	61
4.10 DISEÑO DE EJES.	63
4.10.1 EJE DE LA POLEA MOTRIZ	63
Cálculo de Fuerzas	63
Diagramas de carga, corte y momento	64
Cálculo del diámetro del eje	65
Cálculo de las cuñas.	66
Análisis CAE	67
4.10.2 EJE INTERMEDIO DE REDUCCION	68
Cálculo de Fuerzas	68
Diagramas de carga, corte y momento	69
Cálculo del diámetro del eje	70
Cálculo de las cuñas	70
Análisis CAE	70

4.10.3 EJE DE LA POLEA DE DESVIO	71
4.10.3.1 Cálculo de Fuerzas	71
4.10.3.2 Diagramas de carga, corte y momento	72
4.10.3.3 Cálculo del diámetro del eje	72
4.11 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS	72
4.12 SELECCION DE MOTORREDUCTOR	76
8.12.1 FRENO DEL MOTOR	80
4.13 CHEQUEO DE ELEMENTOS	82
4.13.1 Adherencia entre cables y polea de tracción	82
4.13.2 Chequeo de la fatiga de cables.	84
4.13.3 Chequeo esfuerzo flexionante de cables	84
4.13.4 Chequeo estructural de la cabina	86
4.13.5 Chequeo estructural de Columnas y estiba	87
5 DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO.	88
5.1 CONDICIONES DE TRABAJO	88
5.2 SELECCION DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS.	89
5.2.1 TOTALIZADOR.	90
5.2.2 FUSIBLES DE PROTECCION	90
5.2.3 RELE PROGRAMABLE LOGO	91
5.2.4 VARIADOR DE VELOCIDAD.	92
5.2.5 RELE ELECTROMAGNETICO	95
5.2.6 SENSORES DE POSICION.	96
6 MONTAJE DEL ELEVADOR.	96
7 PUESTA EN MARCHA Y AFINACION	98
7.1 PRUEBA DE CARGA	98
7.2 EFICIENCIA MECANICA DEL ELEVADOR	99
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES	100

BIBLIOGRAFÍA	101
ANEXOS	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Elevador hidráulico	21
Figura 2. Elevador electromecánico.	22
Figura 3. Extremos de los cables.	29
Figura 4. Componentes de los cables.	30
Figura 5. Disposición general de los cables de acero	30
Figura 6. Tipos de cables.	31
Figura 7. Contrapeso.	33
Figura 8. Estiba	35
Figura 9. Paracaídas de acción instantánea.	37
Figura 10. Paracaídas de frenado progresivo	38
Figura 11. Foso	40
Figura 12. Hueco	40
Figura 13. Accionamiento por arrastre	41
Figura 14. Tipos de garganta para poleas de adherencia.	42
Figura 15. Columnas en Acero ASTM A-36 HR	50
Figura 16. Tensión de cables	51
Figura 17. Dimensiones definitivas de la cabina	52
Figura 18 Diámetros equivalentes de poleas	54
Figura 19 Polea de tracción	55
Figura 20. Carga de poleas	57
Figura 21 Análisis CAE de polea de adherencia	58
Figura 22. Tipo de reducción seleccionado	59
Figura 23. Dimensiones de piñones	60
Figura 24 Etapas de reducción	62
Figura 25. Segunda etapa de reducción	62

Figura. 26. Esquema de fuerzas en el eje de adherencia	63
Figura. 27 Análisis CAE del eje 1	67
Figura. 28. Esquema de fuerzas en el eje de reducción	68
Figura. 29 Análisis CAE del eje motriz	71
Figura. 30. Esquema de fuerzas en el eje de desvío	71
Figura. 31 Dimensiones de soporte de 2 ½"	75
Figura. 32 Dimensiones de soporte de 2"	76
Figura 33. Motorreductor con freno	76
Figura 34 Diagrama de factor de servicio por trabajo	77
Figura 35. Diagrama de factor de servicio por temperatura	78
Figura 36. Diagrama de factor de servicio por trabajo corto par motorreductores Sinfín Corona.	78
Figura 37 Ficha técnica del motorreductor seleccionado	79
Figura 38. Trabajo máximo permisible del freno.	80
Figura 39. Freno del motorreductor BMG	81
Figura 40. Tipos de surcos para poleas de tracción	83
Figura 41 Análisis cae de esfuerzo máximo.	86
Figura 42 Análisis cae de esfuerzo máximo.	87
Figura 43 Diagrama del montaje eléctrico de control y de potencia	89
Figura 44. Totalizador y Fusibles	90
Figura 45. Estructura del logo	91
Figura 46 Terminales de control y potencia	94

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Superficie máxima de la cabina para elevadores de carga.	27
Tabla 2 Presiones de aplastamiento para varios materiales de poleas y tipos de cables.	56
Tabla 3. Dimensiones de piñones	60
Tabla 4. Medidas de cadenas	61
Tabla 5. Soportes de pie	75
Tabla 6. Características del variador	92
Tabla 7. Terminales de control y potencia del altivar 66	94

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. SECUENCIA DE OPERACIÓN DEL ELEVADOR	103
ANEXO B. MANTENIMIENTO	105
ANEXO C. PRESUPUESTO	110
ANEXO D. TABLA DE LUBRICACION DE CADENAS	111
ANEXO E. CARTA	112
ANEXO F. PLANOS	

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE UN ELEVADOR DE CARGA PARA EL FRIGORÍFICO METROPOLITANO*

AUTOR:

Hans Bartels Sánchez

PALABRAS CLAVES:

Elevador, Cabina, Contrapeso, ReleLOGO,

DESCRIPCIÓN:

En este proyecto de grado se diseñó, construyó y realizó el montaje de un elevador de carga con capacidad de 800 Kg. Este ascensor cumple con las necesidades de desplazamiento de productos en el Frigorífico Metropolitano entre el primero y segundo nivel; agilizando los procesos de enfriamiento y evitando esfuerzos innecesarios o posibles lesiones del personal de planta.

En el diseño del elevador fueron utilizados modelos matemáticos de ingeniería y herramientas CAD SolidEdge V14 y CAE ANSYS Workbench V8.1. En la construcción y montaje se realizó un estricto seguimiento de los procesos de corte, soldadura, mecanizado y montaje tanto eléctrico como mecánico. El ascensor fue fabricado en su mayoría con componentes (estructura, cabina y contrapeso) en acero estructural ASTM A36, accionado por un motor eléctrico, el control de desplazamiento y paradas de emergencia fue ejecutado por un ReleLogo y el sentido, velocidad y aceleración por un variador de frecuencia. El tipo de accionamiento seleccionado para el elevador es por cables y una polea en V, de adherencia con doble etapa de reducción por cadena.

Finalmente el elevador obtenido es un equipo acorde a las necesidades del Frigorífico Metropolitano: suave, silencioso, de fácil operación y con una eficiencia aproximada del 54%

* Trabajo de Grado

SUMMARY

TITLE:

DESIGN, BUILD AND ASSEMBLY OF AN LOAD ELEVATOR FOR THE FRIGORIFICO METROPOLITANO *

AUTHORS:

Hans Bartels Sánchez.

KEY WORDS:

Elevator, Car, Counterweights, ReleLOGO

DESCRIPTION:

This degree work consist in the design, build and done of a load elevator of 800 Kg, This elevator fulfills the necessities of displacement of products in the Frigorifico Metropolitano between the first one and second level; speeding up the cooling processes and avoiding the plant personnel's efforts unnecessary or possible lesions.

The design of the elevator were used several mathematic and engineering models, also tools like CAD, Solid Edge V14 and CAE ANSYS Workbench V8.1 , in the construction and assembly it has been made a strict pursuit in the cut, welding, automated and assembly processes. The majority of the parts of the elevator were manufactured in structural steel ASTM A36 and works with an electric motor.

Finally an in agreement elevator was obtained to the necessities: soft, silent, of easy operation and with an approximate efficiency of 54%,

* Degree Work.

INTRODUCCIÓN

Los elevadores de carga o ascensores son dispositivos para el transporte vertical de cargas o pasajeros a diferentes plantas o niveles, por ejemplo un edificio, una mina o una fábrica.

Los elevadores consisten de una plataforma o una cabina que se desplaza dentro de un foso y/o en guías verticales, con mecanismos de subida y bajada y una fuente de energía.

Con este proyecto se busca diseñar, construir y realizar el montaje de un elevador de carga que cumpla con las necesidades de ascenso y descenso de productos entre el primero y segundo nivel del frigorífico en tiempos mínimos, para agilizar los procesos de enfriamiento. Evitando esfuerzos innecesarios o posibles lesiones del personal de planta con el fin de aprovechar mejor el recurso humano.

De acuerdo con la misión de la Universidad Industrial de Santander, de atender las necesidades técnicas de las empresas colombianas, se busca con este trabajo de grado que la construcción del ascensor agilice todos los desplazamientos de carga entre el primer y segundo nivel; con el objetivo optimizar gastos de operación que eviten un desplazamiento humano en el transporte de los productos.

1. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un proyecto de ingeniería de acuerdo con las necesidades del entorno regional y nacional que solucionen deficiencias en los procesos de desplazamiento al interior de la empresa, prestando asesoría para evitar esfuerzos innecesarios y posibles lesiones del personal de planta, aprovechando mejor el recurso humano, al tiempo procurar un aprovechamiento máximo de la energía en los procesos de refrigeración.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

✓ Diseñar con soporte CAD (Solid edge), CAE (ANSYS Workbench) un elevador de carga, sencillo de fabricar y a bajo costo, con un mantenimiento básico de acuerdo a las siguientes características:

- Ascensor apto para transporte de alimentos contenidos en cestillos
- Carga máxima de 800 Kg.
- Elevación de 5.5 mts.
- Ciclos máximos de 200 diarios.
- Velocidad de 0.4mts./seg
- Aceleración y desaceleración de 0.5mts./seg².

✓ Construir el elevador que en su parte estructural y motriz cumplan con las siguientes indicaciones:

SECCION ESTRUCTURAL

SECCION	MATERIAL	PROCESO
Columnas	Acero ASTM A-36 HR	Soldadura de electrodo revestido AWS E-6010 (5/32"), t = 5mm.
Estribos	Acero ASTM A-36 HR	Soldadura de electrodo revestido AWS E-7018, AWS E-6010 (1/8"), t = 4mm.
Cabina	Acero ASTM A-36 HR	Soldadura de electrodo revestido AWS E-6010 (1/8"), t = 4mm.
Contrapeso	Acero ASTM A-36 HR	Soldadura de electrodo revestido AWS E-6010 (1/8"), t = 4mm.

MAQUINA

SECCION	MATERIAL	PROCESO
Ejes	AISI 1045	Torneado, Fresado
Poleas	Hierro colado	Torneado, Fresado
Piñones	AISI 5115	Torneado, Fresado

- ✓ Realizar el montaje de todo el sistema para el correcto funcionamiento del ascensor y realizar las respectivas pruebas que cumplan con las características de carga, aceleración y velocidad expuestas anteriormente.
- ✓ Realizar formatos de Hoja de vida del ascensor y plan de mantenimiento.
- ✓ Elaborar planos impresos de fabricación ensamble y montaje; así como material didáctico (videos, cálculos, planos) soporte de la asignatura Diseño III.

1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES DEL PROYECTO.

Con este trabajo de grado, se busca satisfacer las necesidades de elevación y descenso de carga en la planta del frigorífico, disminuir costos de adquisición de un elevador y asegurar la reducción de gastos de mantenimiento mediante sencillos mecanismos en la construcción.

2. DEFINICION, GENERALIDADES Y EVOLUCION DE LOS ELEVADORES

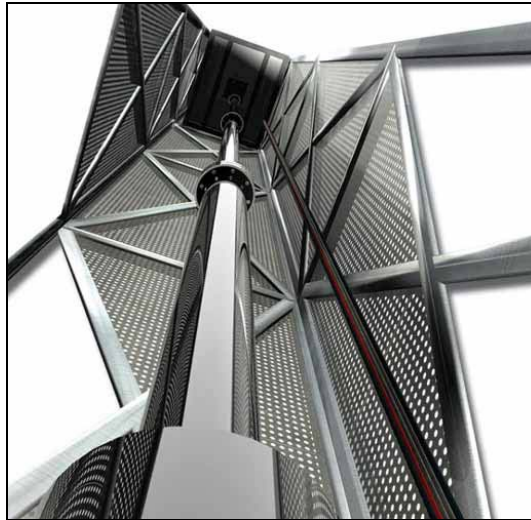
2.1 HISTORIA

Los ascensores primitivos, accionados con energía humana y animal o con norias de agua, estaban en uso ya en el siglo III a.C., sin embargo el desarrollo del ascensor moderno es en gran parte un producto del siglo XIX. La mayoría de los elevadores del siglo XIX eran accionados por una máquina de vapor, ya fuera directamente o a través de algún tipo de tracción hidráulica.

A principios del siglo XIX los ascensores de pistón hidráulico ya se usaban en algunas fábricas europeas. En este modelo la cabina estaba montada sobre un émbolo de acero hueco que caía en una perforación cilíndrica en el suelo. El agua forzada a presión dentro del cilindro subía el émbolo y la cabina, que caían debido a la gravedad cuando el agua se liberaba de dicha presión. En las primeras instalaciones, la válvula principal para controlar la corriente de agua se manejaba de forma manual mediante sistemas de cuerdas que funcionaban verticalmente a través de la cabina. El control de palanca y las

válvulas piloto que regulaban la aceleración y la deceleración fueron mejoras posteriores.

Figura 1. Elevador hidráulico



Fuente: Fotografía elevador hidráulico. Disponible en <[www.elevators.com \ magazine](http://www.elevators.com/magazine)>

En el precursor del ascensor de tracción moderno, las cuerdas de elevación pasaban a través de una polea, para hacer contrapeso en las guías. La fuerza descendente que ejercen los dos pesos mantenía la cuerda estirada contra su polea, creando la suficiente fricción adhesiva o tracción entre las dos como para que la polea siguiera tirando de la cuerda.

2.1.2 ASCENSORES MECÁNICOS

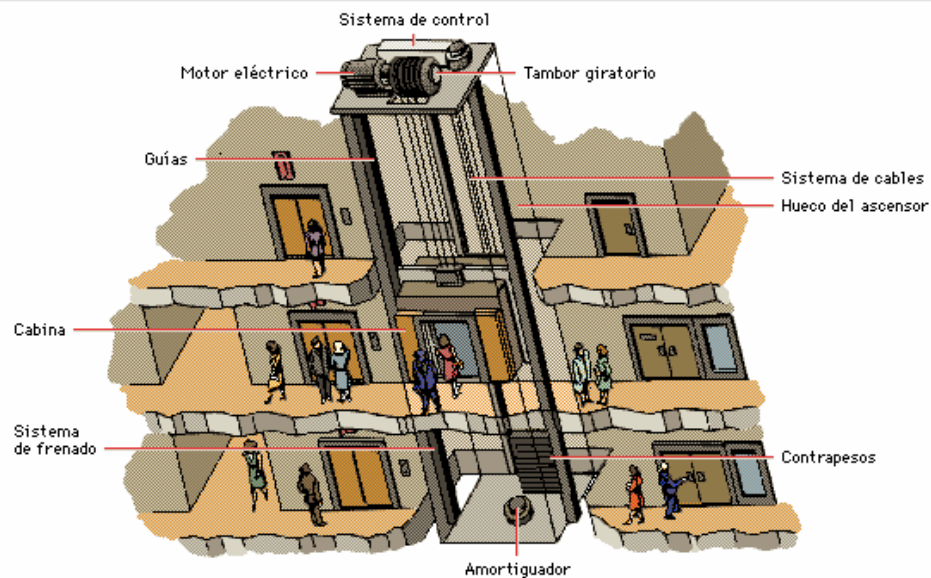
En 1853 el inventor y fabricante estadounidense Elisha G. Otis exhibió un ascensor equipado con un dispositivo (llamado seguro) para parar la caída de la cabina si el cable se rompía. En ese caso, un resorte haría funcionar dos trinquetes sobre la cabina, forzándolos a engancharse a los soportes de los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

construcción de ascensores. El primer ascensor o elevador de pasajeros se instaló en Estados Unidos, en un comercio de Nueva York.

En estos primeros ascensores, una máquina de vapor se conectaba mediante una correa y unos engranajes a un tambor giratorio en el que se enrollaba el cable. En la década de 1870 se introdujo el ascensor hidráulico de engranajes. El émbolo se reemplazó en este modelo por un pistón corto que se movía en un cilindro instalado horizontal o verticalmente dentro del edificio. La longitud efectiva de la abertura del pistón se multiplicaba con un sistema de cuerdas y poleas. Debido a su funcionamiento más suave y a su mayor rendimiento, el ascensor hidráulico reemplazó de forma general al modelo de un cable enrollado en un tambor giratorio.

2.1.3 ASCENSORES ELECTROMECAÑICOS

Figura 2. Elevador electromecánico.



Fuente: Figura elevador electromecánico. Disponible en Webstern's Concise Encyclopedia

En 1880 el inventor alemán Werner von Siemens introdujo el motor eléctrico en la construcción de elevadores. En su invento, la cabina, que sostenía el motor debajo, subía por el hueco mediante engranajes de piñones giratorios que accionaban los soportes en los lados del hueco. En 1887 se construyó un ascensor eléctrico, que funcionaba con un motor eléctrico que hacía girar un tambor giratorio en el que se enrollaban los cables. En los siguientes doce años empezaron a ser de uso general los elevadores eléctricos con engranaje de tornillo sin fin, que conectaba el motor con el tambor, excepto en el caso de edificios altos. En el elevador de tambor, la longitud de las guayas, y por lo tanto la altura a la que la cabina podía subir, estaba limitada por el tamaño del tambor. Las limitaciones de espacio y las dificultades de fabricación impidieron que se utilizara el mecanismo de tambor en los rascacielos. Sin embargo, las ventajas del ascensor eléctrico (rendimiento, costos de instalación relativamente bajos, y la velocidad casi constante sin reparar en la carga) animó los inventores a buscar una manera de usar la fuerza motriz eléctrica en estos edificios. Los contrapesos que creaban tracción sobre las poleas dirigidas eléctricamente solucionaron el problema.

Desde la introducción de la fuerza motriz eléctrica en los ascensores se realizaron varias mejoras en los motores y en los métodos de control. Al principio, los motores de una sola velocidad eran los únicos que se utilizaban. Ya que se necesitaba una segunda velocidad más baja para facilitar el nivelado de la cabina respecto a las plataformas, se introdujeron los motores auxiliares de baja velocidad, pero más tarde se inventaron sistemas para modificar la velocidad mediante la variación del voltaje que se suministraba al motor de elevación. En los últimos años se han empleado con frecuencia dispositivos automáticos para nivelar las cabinas con las plataformas.

En un principio, el encendido del motor y los frenos se hacían funcionar de forma mecánica, desde la cabina, mediante cuerdas de mano. Los electroimanes, que se controlaban con los interruptores de funcionamiento de la cabina, se introdujeron para conectar el motor y liberar un freno de resorte. El control por botones fue un descubrimiento temprano, que se complementó más tarde con un sistema elaborado de señales.

Los dispositivos de seguridad se habían desarrollado mucho. En 1878 se presentó un mecanismo que, conectado a un regulador de velocidad, recurría al sistema de seguridad si la cabina se movía a una velocidad peligrosa, se rompiera o no la cuerda. En los sistemas de seguridad posteriores se utilizaban pinzas que se aferraban a las guías y detenían la cabina de forma gradual. Hoy, los llamados reguladores controlan una serie de dispositivos para reducir la velocidad de la cabina si ésta aumenta aunque sea ligeramente, para apagar el motor y emplear un freno electromagnético si la cabina continúa acelerándose, y para recurrir a un dispositivo de seguridad mecánico si la velocidad llega a ser peligrosa. Los conmutadores terminales son independientes de otros mecanismos de control y paran la cabina en los límites superior e inferior del trayecto. En las cabinas de baja velocidad se colocan parachoques de palanca en la parte inferior de la vía del hueco. Las cabinas de alta velocidad se amortiguan mediante la colocación de pistones dentro de cilindros aisladores. Los circuitos eléctricos, completados con puntos de contacto en las distintas plantas en las puertas de la vía desplazamiento y en las puertas de la cabina, permiten el funcionamiento sólo cuando las puertas están cerradas.

Los grandes avances en los sistemas electrónicos que se realizaron durante la II Guerra Mundial dieron como resultado muchos cambios en el diseño e

instalación de ascensores. En 1948 se instalaron ordenadores o computadoras para analizar automáticamente la información, lo que mejoró en gran medida el rendimiento operativo de los elevadores en los grandes edificios.

El uso de equipamiento de programación automática eliminó por fin la necesidad de motores de arranque en la planta baja de los grandes edificios comerciales, y de este modo, el funcionamiento de los ascensores se hizo completamente automático. Los ascensores eléctricos se usan hoy en todo tipo de edificios. La torre Sears en Chicago, de 110 pisos, tiene 109 ascensores que alcanzan velocidades de hasta 549 m/min.

3. GENERALIDADES Y PARAMETROS DE DISEÑO DE ELEVADORES

Las normas y publicaciones afines a los elevadores de carga tienden a estandarizar velocidades, dimensiones, materiales y elementos básicos de construcción de acuerdo a las necesidades de trabajo.

Existen gran cantidad de elevadores de carga, el desarrollo de ascensores se ha enfocado hacia los accionados Electromecánicamente, dejando de lado los de tipo hidráulico por su mayor cantidad de elementos y costo.

3.1 ASCENSOR

Se le llama ascensor a un aparato elevador instalado permanentemente, con paradas en niveles definidos que utiliza una cabina, en la que las dimensiones y constitución pueden permitir el acceso de personas, desplazándose al menos parcialmente a lo largo de guías verticales o cuya inclinación sobre la vertical es inferior a 15° .

3.2 CABINA

La cabina es el elemento del ascensor destinado a recibir las personas y/o la carga a transportar. En el diseño de la cabina se debe tener en cuenta el tipo de mercancía que se va a transportar y la forma de introducir la carga ya sea por carretilla o manualmente, de esto depende el tipo de piso y paredes que debe tener el recinto.

En la superficie de la cabina la relación entre la carga nominal y la superficie útil máxima está determinada en la tabla 1

Tabla 1. Superficie máxima de la cabina para elevadores de carga*

Carga nominal (masa) (kg)	Superficie útil máxima de cabina (m ²)	Carga nominal (masa) (kg)	Superficie útil máxima de cabina (m ²)
100	0,37	900	2,20
180	0,58	975	2,35
225	0,70	1.000	2,40
300	0,90	1.050	2,50
375	1,10	1.125	2,65
400	1,17	1.200	2,80
450	1,30	1.250	2,90
525	1,45	1.275	2,95
600	1,60	1.350	3,10
630	1,66	1.425	3,25
675	1,75	1.500	3,40
750	1,90	1.600	3,56
800	2,00	2.000	4,20
825	2,05	2.500	5,00

Por encima de 2.500 kilogramos, añadir 0,16 metros cuadrados por cada 100 kilogramos más.

En el caso de los elevadores de carga para cumplir con la condición de inaccesibilidad de personas, las dimensiones de la cabina deben ser:

- Superficie, un metro cuadrado como máximo.
- Profundidad, un metro como máximo.
- Altura, 1,20 metros como máximo.

Sin embargo puede admitir una altura de más de 1,20 metros si la cabina consta de varios compartimentos fijos que cumplan las condiciones anteriores o previa advertencia función única de carga.*

* Instrucción Técnica Complementaria Referente a Normas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores Electromecánicos. Resolución BOE 11-9-91 ITC MIE AEM-1 Cap. 8.2.2 ITC

3.3 CABLES O GUAYAS.

Un cable de acero es un conjunto de alambres de acero, envueltos helicoidalmente, que constituyen una cuerda de metal apta para resistir esfuerzos de tracción con apropiadas cualidades de flexibilidad.

Los cables deben satisfacer las condiciones siguientes:

- a) El diámetro nominal de los cables debe ser de 8 milímetros como mínimo.
- b) La resistencia de sus alambres debe ser:
 - 1). 1.570 N/mm² o 1.770 N/mm² para cables de una sola resistencia.
 - 2). 1.370 N/mm² para los alambres exteriores y 1.770 N/mm² para alambres interiores, en los cables de dos resistencias.

*El número mínimo de cables (o cadenas) debe ser dos y deben ser independientes.

El coeficiente de seguridad de los cables de suspensión debe ser al menos:

- a) Doce en el caso de tracción por adherencia con tres cables o más.
- b) Dieciséis en el caso de tracción por adherencia con dos cables.
- c) Doce en el caso de tracción por tambor de arrollamiento.

El coeficiente de seguridad es la relación entre la carga de rotura mínima (n) de un cable (o cadena) y la fuerza mas grande (N) en este cable (o cadena) cuando la cabina cargada con su carga nominal se encuentra en el nivel de parada más bajo. Para el cálculo de esta fuerza máxima, se tomará en consideración el número de cables (cadenas), el coeficiente de suspensión diferencial (si existe), la carga nominal, la masa de la cabina, la masa de los

cables (o cadenas) y la masa de las ramas de los cables de maniobra y de los órganos de compensación suspendidos de la cabina. *

Los extremos de los cables deben ser fijados a la cabina, al contrapeso y a los puntos de suspensión por material fundido, amarres de cuña de apretado automático, al menos tres abrazaderas o grapas apropiadas para cables, manguitos fuertemente prensados o cualquier otro sistema que ofrezca seguridad equivalente. *

Figura 3. Extremos de los cables.



3.3.1 Tipos de cables.

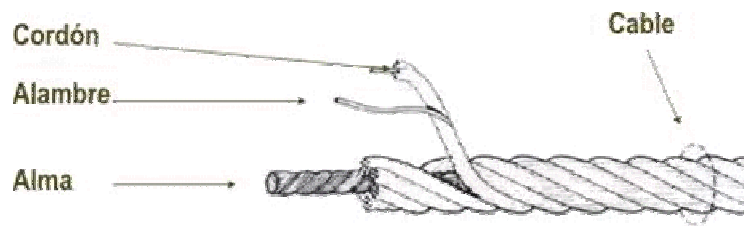
El cable de acero esta formado por tres componentes básicos. Aunque pocos en número, estos varían tanto en complejidad como en configuración de modo de producir cables con propósitos y características bien específicas.

* Instrucción Técnica Complementaria Referente a Normas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores Electromecánicos. Resolución BOE 11-9-91 ITC MIE AEM-1 Cap. 9.2.2. ITC

Los tres componentes básicos del diseño de un cable de acero normal son:

- los alambres que forman el cordón.
- los cordones o torones.
- el alma.

Figura 4. Componentes de los cables.



Fuente: Definición de Cable de acero_archivos. Disponible en www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_funi.htm

Los alambres son las unidades básicas de la construcción del cable de acero, los mismos se arrollan alrededor de un centro en un modo específico en una o más capas, de manera que forman lo que se denomina un “cordón o torón”. Los cordones se arrollan alrededor de otro centro llamado “alma” y de esta manera se conforma el cable de acero. La forma más simple de representar un cable de acero es por su sección transversal:

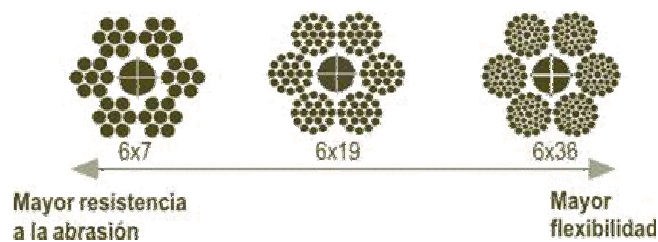
Figura 5. Disposición general de los cables de acero



Fuente: Definición de Cable de acero_archivos. Disponible en www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_funi.htm

En la mayoría de los casos, un cable no puede aumentar al mismo tiempo su resistencia a la fatiga y su resistencia a la abrasión, mientras que la clasificación 6x19 da un énfasis primario a la resistencia a la abrasión, la clasificación 6x37 es importante para su resistencia a la fatiga. Esta resistencia a la fatiga se hace posible por el mayor número de alambres en cada cordón. *

Figura 6. Tipos de cables.



Fuente: Flexibilidad y resistencia a la abrasión_archivos. Disponible en www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_funi.htm

3.3.2 Tipos de alma en los cables convencionales

La principal función del alma de los cables es proveer apoyo a los cordones, gracias a ello el cable se mantiene redondo y los cordones apropiadamente posicionados durante la operación. Las almas más comunes son las llamadas almas textiles o de fibra.

Existen dos tipos de almas de fibra:

- alma de fibras sintéticas (polipropileno).
- alma de fibras naturales (sisal).

Debido a las grandes presiones que los cordones ejercen sobre el alma, es necesario, en ciertos casos, que la misma sea de tipo metálico en lugar de

* Flexibilidad y resistencia a la abrasión_archivos. Disponible en www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_funi.htm

textil, evitándose así las deformaciones por aplastamiento, también se utiliza este tipo de alma en aquellos casos en que el cable deba trabajar en un ambiente sometido a elevada temperatura, lo que podría ocasionar deterioros en almas textiles.

Existen dos tipos de almas de acero:

- alma de acero de un cordón.
- alma de acero de cable independiente.

Lubricada de debidamente durante el proceso de fabricación, el alma de fibra aporta al cable la lubricación adecuada contra el desgaste ocasionado por el frotamiento interno y protección contra el ataque de agentes corrosivos.

3.4 CONTRAPESO.

Es el elemento del elevador formado por una estructura en la cual se realiza el montaje de pesas en fundición o concreto para equilibrar el ascensor.

Si el contrapeso tiene pesas, deben tomarse las disposiciones necesarias para evitar su desplazamiento. A este fin debe utilizarse:

- a) Un bastidor en el cual sean mantenidas las pesas.
- b) O bien si las pesas son metálicas y si la velocidad nominal del ascensor no supera un metro/segundo, dos varillas, como mínimo, sobre las cuales sean mantenidas las pesas.

Figura 7. Contrapeso.



El peso del contrapeso debe ser igual al peso de la cabina más 50% del peso de la carga máxima.*

3.5 CUARTO DE MÁQUINAS.

Es el lugar donde se hallan los elementos motrices (poleas, piñones, cadenas, ejes, cables etc).

Las poleas de desvío, reenvío y las poleas de tracción colocadas en el hueco deben estar provistas de dispositivos eficaces para evitar:

- a) Accidentes corporales.
- b) Salida de los cables o cadenas de suspensión de sus ranuras, o piñones, si se afloja la suspensión.
- c) Introducción de cuerpos extraños entre los cables y sus ranuras

* SAFETY CODE FOR ELEVATORS AND ESCALATORS ASME A 17.1-2004
Cap. 8.4

Los dispositivos utilizados deben ser ubicados de forma que no impidan la inspección, ensayos y operaciones de mantenimiento. No será necesario el desmontaje más que en los casos siguientes:

- a) Cambio de los cables.
- b) Cambio de la polea.
- c) Retorneado de las ranuras

Los cuartos de máquinas o poleas no deben ser afectados por uso distinto a los ascensores en ningún caso. No deben encerrar canalizaciones ni órganos ajenos al servicio de los ascensores. Puede admitirse que estos locales contengan:

- a) Máquinas de montacargas o escaleras mecánicas.
- b) Elementos para climatizar estos locales, excepto radiadores de agua caliente o de vapor.
- c) Detectores o instalaciones fijas de extinción de incendios, apropiadas al material eléctrico, ajustadas a temperaturas elevadas, estables en el tiempo y convenientemente protegidas contra choques accidentales.

Los cuartos de máquina se deben situar, preferentemente, encima del hueco.*

3.6 COLUMNAS

Todos los elevadores deben estar estructurados para soportar las cargas estáticas y dinámicas de todas las partes de un elevador, a continuación se presenta las alternativas mas frecuentes.

* Instrucción Técnica Complementaria Referente a Normas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores Electromecánicos. Resolución BOE 11-9-91 ITC MIE AEM-1 Cap. 6.1.2.4 ITC

a) **Columnas en concreto.**

VENTAJAS	DESVENTAJA
Menor costo. No requiere mantenimiento	Ocupa mayor volumen Requiere tiempo de fraguado.

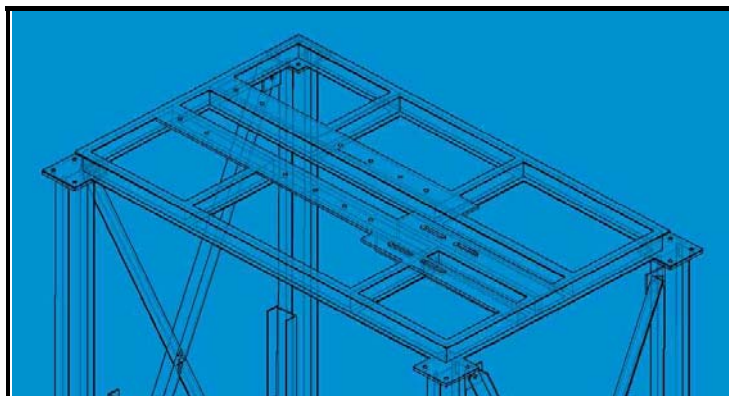
b) **Columnas en hierro.**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Sirven de guía al contrapeso y la cabina Reducen el tiempo de montaje	Se hace indispensable una diferencial para elevarla. Debe mantenerse con protección a la corrosión.

3.7 ESTIBA

Estructura metálica que soporta a la cabina y/o al contrapeso y en algunos casos tiene la función de ser la base del cuarto de máquinas. Esta estructura en algunos casos puede constituir parte integrante de la misma cabina.

Fig 8. Estiba



3.8 SISTEMAS DE SEGURIDAD

Lo más común en los elevadores es encontrar sistemas de seguridad mecánicos y eléctricos a continuación se dará a conocer algunos de los sistemas de seguridad usados.

3.8.1 Sistemas mecánicos

Son dispositivo independiente del sistema de frenado que retarda o detiene el ascensor debido a una aceleración anormal. Tales dispositivos incluyen, pero no se limita a, aquéllos que aplican un frenado en:

- (a) las guías de la cabina
- (b) las guías del contrapeso
- (c) suspensión o sogas de la compensación
- (d) los tambores del freno

Paracaídas

El paracaídas es un mecanismo cuya finalidad es frenar la cabina en caso de algún fallo en sus elementos. Los fallos más comunes son: rotura de los cables de suspensión, resbalamiento de los cables en las poleas, rotura del ejes, exceso de velocidad debido a fallo técnico o cualquier otra falla en el mecanismo tractor.

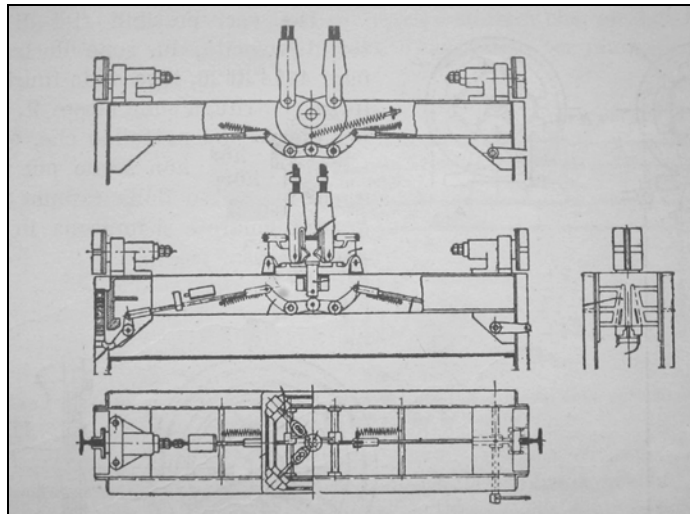
El paracaídas es un dispositivo exigido en la cabina de los ascensores que transporten personas.

Paracaídas de accionamiento o acuñaamiento instantáneos.

Este consta de un balancín, al que están unidos los cables de tracción; el balancín, mediante los tirantes correspondientes, está unido a unas cuñas de acero cementado con superficie grafilada, que se hallan a 2 o 3 mm de las

guías. Si por algún motivo se rompe o se afloja uno de los cables, se equilibra el balancín entrando en acción los tirantes, que hacen que las cuñas se aprieten contra las guías produciendo el paro instantáneo de la cabina. El recorrido de frenado es alrededor de 6 cm.*

Fig 9. Paracaídas de acción instantánea.



Fuente: ZIGNOLI, Vittorio. *Transporti meccanici*. Editore Ulrico Hoepli. Milano .1970.1

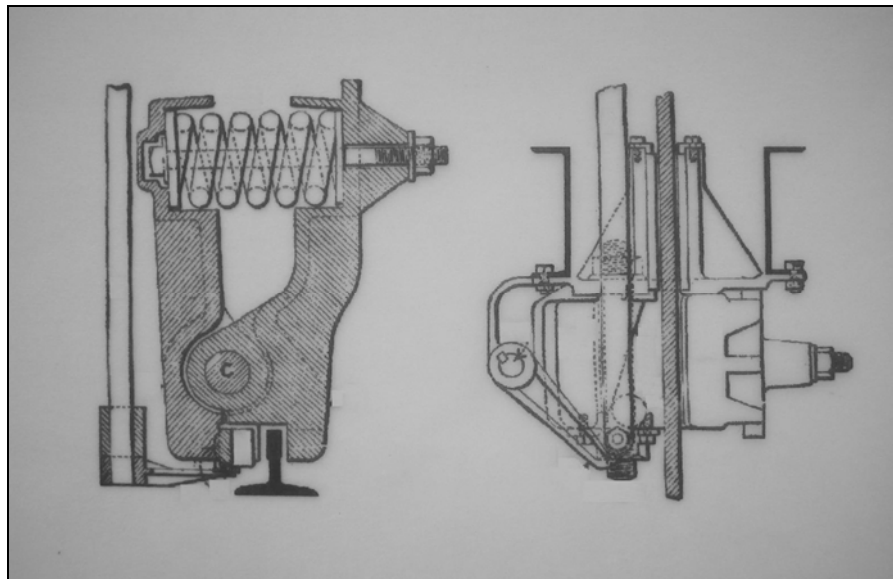
Paracaídas de deslizamiento o de frenado progresivo.

Para velocidades mayores a 0.9 m/s se emplean los paracaídas de deslizamiento o de frenado progresivo que no generen un choque demasiado brusco para los tripulantes.

Los paracaídas de deslizamiento emplean ya sea cuñas con limitación de su fuerza por resortes, o frenos de mordaza, de aire comprimido o hidráulico.

* ZIGNOLI, Vittorio. *Transporti meccanici*. Pag 476

Fig 10. Paracaídas de frenado progresivo



Fuente: ZIGNOLI, Vittorio. *Transporti meccanici*. Editore Ulrico Hoepli. Milano .1970.1

Amortiguadores.

Los amortiguadores tienen la función de detener la cabina, o el contrapeso, en el caso de que, por algún motivo, se llegase con velocidad nominal al acceso más bajo o al más alto.

Los amortiguadores no se diseñan para absorber el impacto de la cabina en caída libre, ya que ésta es la función del paracaídas. Los amortiguadores absorben la energía cinética del ascensor y lo detienen dentro de su recorrido de compresión.

3.8.2 Seguridades Eléctricas.

Interruptores de Final de Carrera.

Son dispositivos eléctricos que desconectan el circuito de maniobra del motor en caso que por algún motivo la cabina rebase en cualquiera de los dos sentidos las posiciones extremas, deteniéndolo automáticamente.

El interruptor es generalmente accionado por la misma cabina, será obligatorio que la actuación de ellos sea anterior o en el peor de los casos simultaneo al contacto con los amortiguadores.

Limitador de Velocidad.

Los limitadores de velocidad, para ascensores con velocidades superiores a 0.75 m/s, deben llevar instalados un interruptor que se abra e interrumpa el suministro de corriente al motor cuando el limitador de velocidad ha sido accionado. De esta forma se asegura una acción más rápida y efectiva del paracaídas.

3.9 FOSO.

Es la parte del hueco situado por debajo del nivel de parada más bajo de la cabina. La parte inferior del hueco debe estar constituido por un foso cuyo fondo sea liso y a nivel, se debe considerar en su construcción la instalación de los amortiguadores y dispositivos de evacuación de agua.

Después de la instalación de los diferentes anclajes, amortiguadores, etc. este foso debe quedar protegido de infiltraciones de agua.

Fig 11. Foso



3.10 GUÍAS.

Elementos destinados a direccionar el desplazamiento de la cabina o contrapeso, si existe.

3.11 HUECO.

Recinto por el cual se desplaza la cabina y el contrapeso, si existe. Este espacio queda materialmente delimitado por el fondo del foso, las paredes y el techo.

Fig 12. Hueco



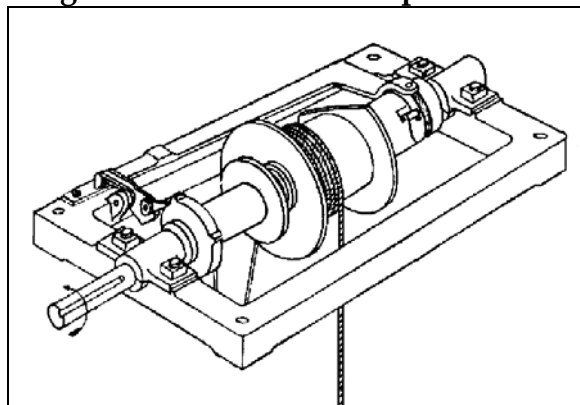
En el hueco se hallan contrapeso y cabina, la estructura del hueco debe soportar, las reacciones debidas a la maquinaria, a las guías como consecuencia de la actuación del paracaídas, o en caso de descentrado de la carga en la cabina, por la acción de los amortiguadores en caso de impacto y las originadas por la actuación del sistema antirrobote.

Las paredes, piso y techo del hueco deben estar construidas con materiales incombustibles, duraderos y que no originen polvo.

3.12 SISTEMA DE TRACCIÓN.

En el diseño de ascensores electromecánicos existen dos modos de accionamiento motriz el más común por polea de adherencia de un lado de la polea la cabina y del otro el contrapeso y por arrastre con tambor de arrollamiento conectado a la cabina.

Figura 13. Accionamiento por arrastre



Fuente: ZIGNOLI, Vittorio. Transporti meccanici. Editore Ulrico Hoepli. Milano .1970.1 Pag 476

El elemento tractor es el encargado de transmitir la potencia necesaria a los cables para subir o bajar la cabina. Básicamente se ha generalizado el uso de

dos elementos: el tambor de arrollamiento y la polea de adherencia. Según sea usado uno u otro elemento, el ascensor toma el nombre de ascensor de tambor o ascensor de adherencia respectivamente.

Las instalaciones con tambor funcionan traccionando y enrollando directamente el cable sobre el tambor.

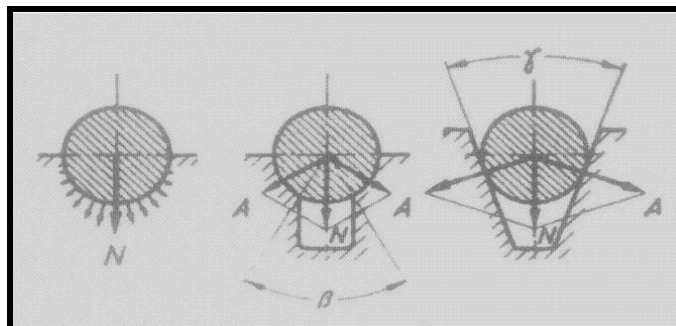
Estas máquinas pueden no llevar contrapeso, lo cual es usual donde el espacio para instalación es limitado o donde por algún motivo se debe prescindir de él.

En las instalaciones con polea de fricción, el accionamiento del cable de tracción se logra por su paso a través de los canales de la polea, en la que la adherencia de los cables se obtiene por la presión producida por el peso de la cabina y el del contrapeso sobre los extremos de los cables a lado y lado de la polea.

La adherencia de los cables se debe garantizar disponiendo del perfil de garganta y el material adecuado de la misma; así como adoptando un ángulo de arrollamiento lo suficientemente grande, que a veces debe alcanzar dos vueltas.

Se han desarrollado tres tipos de garganta: garganta semicircular, semicircular vaciada y en V.

Figura 14. Tipos de garganta para poleas de adherencia.



Fuente: ERNEST, II. Aparatos de elevación y transporte. Tomo 1. pag 35

El arrastre de la garganta en V, por la acción de acuñamiento, es el más enérgico; siguiéndole en magnitud la garganta vaciada y por último la garganta semicircular. La garganta en V tiene, sin embargo, el doble inconveniente de generar un gran esfuerzo abrasivo sobre el cable y a la vez sobre la polea, desgastando la superficie de contacto, lo que aumenta el ángulo de acuñamiento y por tanto, con el tiempo, disminuye el coeficiente aparente de fricción.

La garganta vaciada es menos enérgica que el perfil en V, pero en cambio las condiciones de apoyo no cambian bajo la influencia del desgaste, quedando constante su capacidad de arrastre con el tiempo.

El material de la polea debe ser tal que permita el menor desgaste y la mayor adherencia. Los materiales más empleados son: fundición corriente, fundición acerada de 30 a 50 % de acero, fundición al molibdeno. También se puede recubrir las gargantas de las poleas con materiales apropiados para obtener un mayor agarre.

El uso de la polea de adherencia se ha generalizado por las ventajas que presenta frente al tambor de arrollamiento. Las principales ventajas son:
Para ascensores de grandes alturas las dimensiones del tambor dejan de ser prácticas.

Si fallan los interruptores límites de carrera; la tracción del tambor aprisionaría la cabina o el contrapeso contra el techo del recinto, mientras que con polea los cables se deslizarían sobre ésta.

Una misma polea puede servir para distintas alturas de edificio, esto facilita la estandarización y la inter cambiabilidad. En el caso de tambores se requiere de diferentes tambores para diferentes alturas.

El montaje de la instalación con tambor es en general más complicado, generando sobre la cabina y sobre los soportes del tambor esfuerzos laterales.

El uso de elevadores con tambor para aplicaciones no debe exceder los 12 metros de altura y una velocidad de 0.25 m/s.*

3.13 PARAMETROS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS PARA ELEVADORES DE CARGA.

En las fuentes de energía empleadas actualmente en las máquinas de elevación, ocupa el primer puesto la electricidad, el accionamiento eléctrico está ampliamente extendido debido a sus ventajas (generación central y distribución fácil de la energía, puesta en marcha inmediata, gran seguridad de servicio y buen rendimiento incluso en servicio intermitente).

3.13.1 Motores eléctricos.

En los aparatos de elevación se encuentra actualmente motores de corriente continua a 220, 440, 500 y 600 V, excepcionalmente también a 110 y, y corriente trifásica a 220, 380 y 500 V, normalmente de 60Hz, se utiliza también corriente monofásica. Mientras que en los Estados Unidos la corriente continua es usada todavía, en Alemania la mayor parte de los aparatos son accionados por la corriente trifásica, usada en las grandes redes, y que supone ciertas ventajas sobre la corriente continua (más flexible y de mejor regulación).

* ASSCE (Código Americano de Seguridad Standard para Elevadores)

Los motores de las máquinas de elevación necesitan un gran par de arranque ya que deben poder ponerse en marcha para la elevación en carga, estando ésta suspendida en el aire y teniendo que acelerarla en muy poco tiempo, llevando todas las masas desde 0 hasta la velocidad de régimen. En otros casos los motores han de soportar frecuentes conexiones y desconexiones: deben permitir un arranque progresivo por medio de un control apropiado. Su sentido de marcha debe ser reversible y deben ser capaces de ejercer un par de frenado. Frecuentemente se pide una variación de la velocidad independiente de la carga.

Motores de corriente continúa

Motor en serie.

En este motor los enrollamientos de inducido y de campo están conectados en serie. Durante el arranque una corriente de fuerte intensidad pasa a través de los dos arrollamientos y el motor desarrolla un par de arranque muy fuerte (2,5 a 3 veces el par normal). Para disminuir la intensidad de corriente en el arranque, es necesario intercalar en el circuito una resistencia que se reduce gradualmente durante el período de arranque. Se invierte el sentido de rotación invirtiendo solamente la polaridad del arrollamiento del inducido.

La ventaja principal de este motor reside en el hecho de que adapta su velocidad a la carga, es decir, que eleva las cargas importantes a pequeña velocidad y las cargas pequeñas a gran velocidad.

Gracias a esta propiedad, el motor serie es ideal para los aparatos de elevación y es de empleo casi exclusivo en las instalaciones de corriente continua.

Motor shunt o paralelo.

En este motor el inducido y el inductor se conectan en paralelo. El arrollamiento de campo que, al contrario de lo que sucede con el motor-serie, está constituido; por espiras finas, recibe una corriente constante e independiente de la corriente del inducido. De esta forma la velocidad del motor shunt es prácticamente independiente de la carga. No se puede embalar, variando la intensidad del campo por medio de resistencias, se puede regular la velocidad dentro de ciertos límites, independientemente de la carga. Su par de arranque y su capacidad de sobrecarga son inferiores a las del motor-serie, pero su arranque y la inversión se hacen de forma análoga a éste. El descenso de la carga se hace funcionando como generador.

El empleo del motor shunt es poco frecuente y se limita a los casos en que se desea una velocidad constante e independiente de la carga.

Motores trifásicos.

De los motores trifásicos el asíncrono es el más común, en este motor el estator está acoplado a tres conductores de la red, mientras que el estator no está conectado, pero está puesto en cortocircuito o conectado sobre resistencias. El estator crea un campo magnético giratorio que arrastra el rotor. La diferencia de velocidad entre el campo giratorio y el rotor, que se llama deslizamiento, aumenta con la carga y la resistencia en el circuito del rotor. En plena carga, con el rotor en corto circuito, esta diferencia de velocidad o deslizamiento llega a ser del 5 al 6 % de la velocidad sincrónica. Mientras no se sobrepase una cierta carga el par de calado o de desenganche el motor girará normalmente, pero alcanzado el par de calado el rotor se para. La velocidad del campo giratorio depende del número de polos del estator y de la frecuencia de la corriente trifásica.

3.13.2 Control Eléctrico.

Los constructores de material eléctrico han desarrollado gran número de conexiones para las exigencias en máquinas de elevación. La elección correcta de la conexión eléctrica es uno de los trabajos más importantes del ingeniero: el buen funcionamiento de la máquina depende tanto de la buena construcción de la parte mecánica como del buen estudio de la parte eléctrica. Se deben considerar los siguientes puntos:

Arranque y frenado. Con la plena carga el arranque de los mecanismos debe ser rápido. Por otra parte se debe poder arrancar gradualmente y sin choques, aun en vacío, o con cargas parciales. Estas exigencias determinan el número de puntos de arranque, que en general aumenta con la velocidad del movimiento considerado. El estudio de las condiciones de frenado revela también la necesidad de emplear un frenado eléctrico o, por el contrario, un frenado mecánico.

Variación de la velocidad. Las condiciones de funcionamiento necesitan frecuentemente una regulación de la velocidad de un movimiento. Algunas veces es deseable que la velocidad se adapte automáticamente a la importancia de la carga, es decir, que eleve las pequeñas cargas con velocidad mayor que las grandes. En otros casos, los requerimientos es que no exista variación de la velocidad como en el caso de los ascensores.

Control. Los relés son interruptores accionados por electroimanes. Cuando el electroimán es alimentado, atrae la armadura y cierra o abre el contacto cuando la alimentación del electroimán cesa un resorte invierte el desplazamiento. Un pulsador permite al operario controlar los circuitos de

electroimanes. Las intensidades de los circuitos de control son muy inferiores a las de los circuitos principales. La corriente utilizada en el control es mucho menor a la del accionamiento del motor. Generalmente los contactores están provistos, además de los contactos principales, de contactos auxiliares que según la posición de los contactos principales, realizan conexiones sucesivas de enclavamientos eléctricos. *

* ERNEST, II. Aparatos de elevación y transporte. Tomo 1. pag 220

4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES MECÁNICOS

4.1 Condiciones de trabajo.

Ascensor apto para transporte de alimentos contenidos en cestillos

- Carga máxima de 800 Kg.
- Elevación de 5.5 mts.
- Ciclos máximos 200 diarios.
- Velocidad de 0.4 mts/seg.
- Aceleración de 0.5 mts./seg² y -0.5 mts./seg².

Para determinar velocidad y aceleración se tuvo en cuenta que el tiempo de desplazamiento de la cabina de un nivel a otro no fuera superior a 10 segundos.

4.2 TIPO DE MAQUINA.

En la selección del sistema de tracción se escogió cables y polea de adherencia; con doble etapa de reducción por cadenas y piñones, debido a la baja velocidad de desplazamiento de la cabina.

Este sistema es el más común en los constructores de elevadores por su bajo costo de construcción y mantenimiento.

4.3 CUARTO DE MAQUINAS.

Para la ubicación del cuarto de maquinas se escogió la parte superior de la estructura por facilidad en la construcción, en el montaje, bajos costos y por falta de espacio en la edificación para ubicarlo en otro lugar.

4.4 ESTRUCTURA DEL ELEVADOR.

La estructura metálica (estiba) que soporta la maquinaria del elevador, tiene como opciones principales de anclaje, columnas en concreto o una estructura metálica, en la figura 15 se puede observar la forma de la estructura en la cual

se montarán los componentes mecánicos del elevador, a continuación se nombran algunos detalles de los materiales seleccionados.

Columnas:

- Perfil IPE 160 A-36
- Soporte en placa de $\frac{1}{4}$ " A-36

Estiba:

- Angulo $\frac{1}{4}$ " x $2\frac{1}{2}$ " A-36
- Perfil IPE 100 A-36

Estribos:

- Angulo $\frac{1}{4}$ " x $2\frac{1}{2}$ " A-36

Guías del contrapeso:

- Angulo $\frac{1}{4}$ " x $2\frac{1}{2}$ " A-36

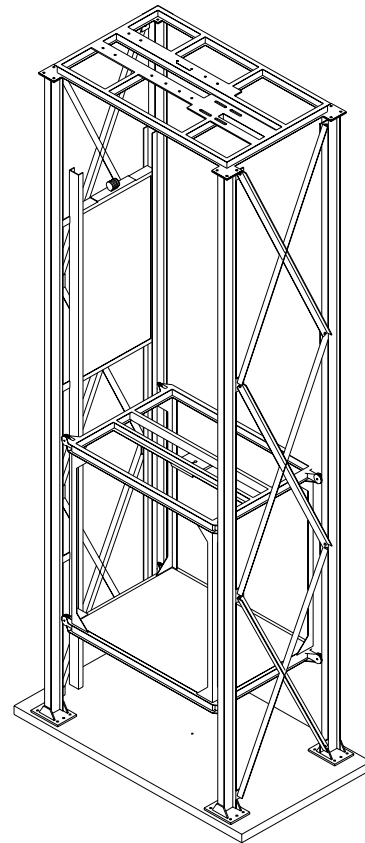
Cabina

- Perfil IPE 100 A-36
- Perfil UPN 100 A36
- Lamina alfajor 2.5 mm.

Contrapeso

- Perfil UPN 100 A36

Figura 15. Columnas en Acero ASTM A-36 HR



4.5 CABINA

4.5.1 Peso de cabina y contrapeso.

Por construcción el peso de la cabina W_c es 400 Kg de manera que la fuerza estática de fricción en la polea de tracción es 4000 N. Ver figura

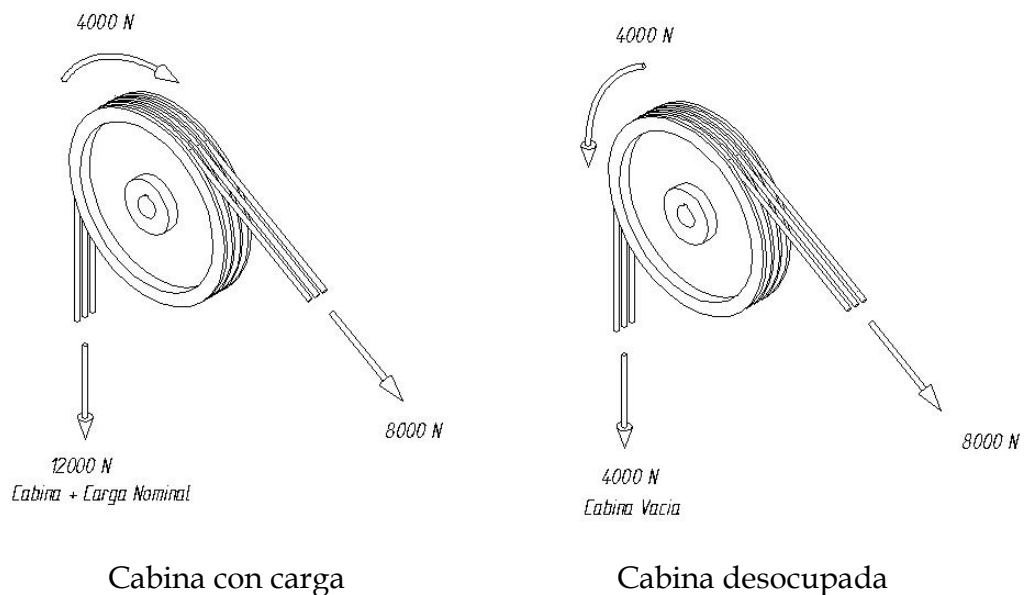
$$W_c = 4000 \text{ N}$$

El peso del contrapeso W_{cp} debe ser igual al 50% de la carga más el peso de la cabina.*

$$W_{cp} = W_c + 0.5 \cdot 8000 \text{ N.}$$

$$W_{cp} = 8000 \text{ N.}$$

Figura 16. Tensión de cables



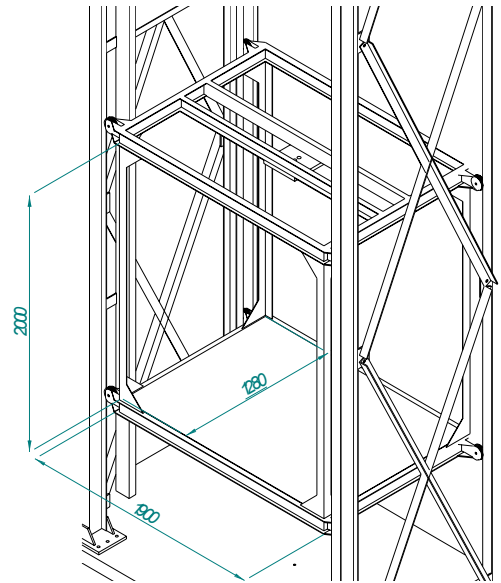
4.5.2 Dimensiones de la cabina.

Las dimensiones de la cabina son mayores a las estipuladas por la ITC **Instrucción Técnica Complementaria** Referente a Normas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores Electromecánicos. Esto no implica un riesgo de sobrecarga al elevador pues previa carga del ascensor las canastas o cestillos son pesados en una balanza por control interno del

* SAFETY CODE FOR ELEVATORS AND ESCALATORS ASME A 17.1-2004
Cap. 8.4

Frigorífico Metropolitano. En la superficie de la cabina se tuvo en cuenta las dimensiones de las estibas metálicas, sobre las cuales se apoyan las canastas plásticas.

Figura 17. Dimensiones definitivas de la cabina



4.5.3 Acceso a la cabina

El ingreso por ambos niveles al elevador se hará a través de dos puertas giratorias, que se abrirán únicamente en el momento de la carga o descarga de la cabina y se cerraran antes de accionarse el pulsador de elevación o de descenso.

4.6 SELECCIÓN DE CABLES.

4.6.1 Tipo de cable

Cuando se aumenta la resistencia a la fatiga seleccionando un cable con más alambres, el cable va a tener menos resistencia a la abrasión debido al menor tamaño de los alambres exteriores.

La elección del alma del cable tendrá un efecto en el desempeño del cable de acero en operación, se obtiene una mayor flexibilidad con alma de fibra respecto a una de acero.

El tipo de cable seleccionado es un 6 x 19 con alma de fibra textil.

4.6.2 Calculo del diámetro de los cables

La fuerza total que actúa en el cable es:

$$F_t = F_w + F_r + F_a$$

Donde

F_w = Peso muerto que soporta, N

F_r = Peso del cable, N

F_a = Fuerza de la aceleración, N

La aceleración de la cabina es 0.5 mts./seg² y la gravedad 9.8 mts./seg²

La masa de la cabina cargada es 1200 Kg

La posición mas critica para los cables es el ascenso de la cabina a plena carga.

$$F_w = 1200 \text{ Kg.} \cdot 9.8 = 11760 \text{ N. Incluida la cabina.}$$

$$F_r = 18 \text{ N/mts} \cdot 8 \text{ mts} \cdot 3 \text{ cables} = 432 \text{ N}$$

$$F_a = 0.5 \cdot 1200 = 600 \text{ N}^*$$

$$F_t = 12792 \text{ N} = 2875 \text{ Lbf}$$

El esfuerzo de tensión es

$$\sigma_t = F_t / A_m \cdot N_c = 4682 \text{ Psi}$$

donde:

A_m = Área de la sección transversal del cable. = 0.307 plg² para cables de 5/8"

N_c = Numero de cables

Para aumentar la confiabilidad del sistema se seleccionan 3 cables

* www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_funi.htm

El factor de seguridad es

$$n_s = \sigma_{perm} / \sigma_t$$

n_s debe ser ≥ 12 Según Cap. 9.2.2. ITC

$$^* \sigma_{perm} = 82 \cdot 10^3 \text{ Psi}$$

$n_s = 17.5$ Este factor de seguridad cumple con la normatividad de la ITC

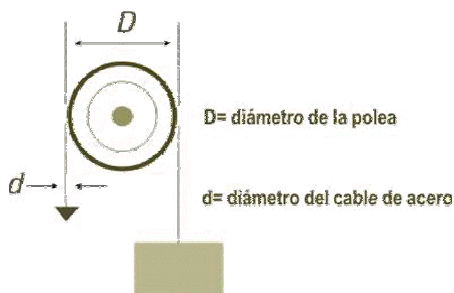
El diámetro de los cables seleccionados es 5/8"

4.7 DIAMETRO DE LA POLEA DE ADHERENCIA

Existe una relación estandarizada recomendada por los fabricantes de cables que relaciona la curvatura permisible de un cable en relación con su propio diámetro.

El tamaño mínimo que deberá tener la polea para optimizar la prestación del cable debe ser:

Fig. 18 Diámetros equivalentes de poleas



Cable	Diámetro	
6x7	55	Veces el diámetro del cable
6x19	35	"
6x25	30	"
6x36	24	"
8x19	28	"
19x7	40	"

Fuente: Condiciones propias del equipo_archivos. Disponible en www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_funi.htm

$$D_p = 35 \times 5/8" = 21.875" = 55.56 \text{ cm}$$

El diámetro de la polea seleccionado es 56 cm.

* www.iph.com.ar/cables_de_acero_condor_funi.htm

4.8 DISEÑO DE POLEAS

4.8.1 Polea de tracción

La superficie exterior de la polea se maquinara con tres surcos en v de 30° cada uno, con espaciamento de 1" para no exceder los 10 centímetros en el espesor de la polea.

La masa de la polea es aproximadamente 120 Kg.

Fig 19 Polea de tracción



Presión de aplastamiento

El cable frota la polea causando un desgaste en ambos componentes. La cantidad de desgaste depende de la presión sobre el cable en el surco de la polea.

$$p = \frac{2P_1}{3dD}$$

$P_1 = 18240 \text{ N}$ Figura 20

$$p = \frac{2 * 18240 \text{ N}}{3 * 0.0158 * 0.56} = 904159 \text{ Pa} = 202 \text{ Psi}$$

Tabla 2 Presiones de aplastamiento para varios materiales de poleas y tipos de cables

	Material				
	Wood ^a	Cast Iron ^b	Cast steel ^c	Chilled cast iron ^d	Manganese steel ^e
Rope	Allowable bearing pressure, p_{alb} psi				
Regular Lay					
6 x 7	150	300	550	650	1470
6 x 19	250	480	900	1100	2400
6 x 37	300	585	1075	1325	3000
8 x 19	350	680	1260	1550	3500
Lang Lay					
6 x 7	165	350	600	715	1650
6 x 19	275	550	1000	1210	2750
6 x 37	330	660	1180	1450	3300

Fuente: Hamrock, Jacobson And Schmid. Diseño de maquinas. McGraw-Hill. 1998 pag. 843

Según la tabla 2 no existe riesgo de aplastamiento p no debe exceder 480 psi para poleas de hierro fundido,.

Cálculo del momento y velocidad de la polea motriz

La condición crítica a analizar es la aceleración de la cabina ascendiendo con carga máxima.

$$Q = 800 \text{ Kg. Carga nominal} + 25\% \text{ de sobre carga} = 1000 \text{ Kg}$$

$$Wc = 400 \text{ Kg. Peso de la cabina}$$

$Ff1$ = Fuerza de fricción se asume el 4% de la fuerza del ramal representado en la figura 20*.

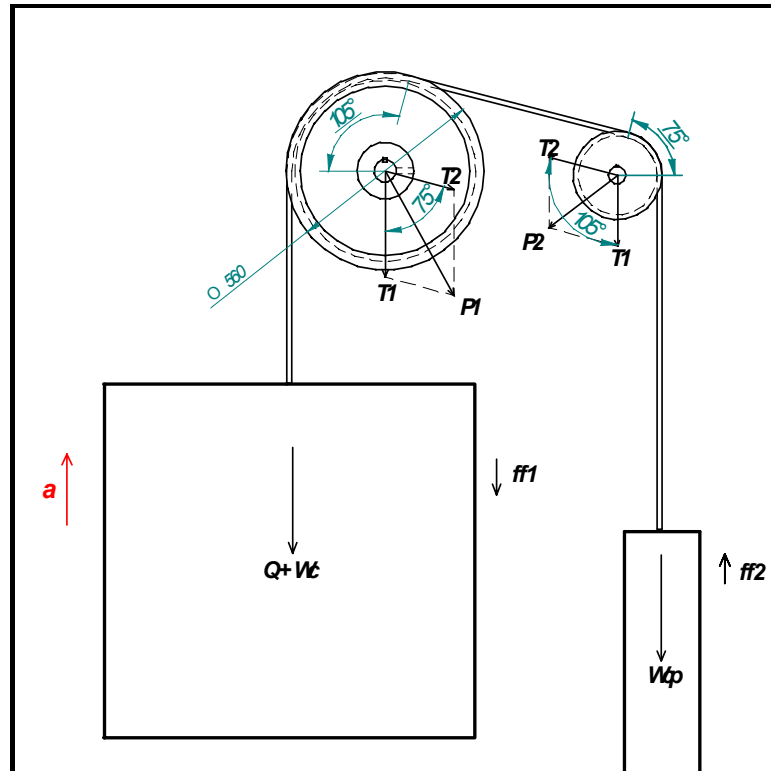
$$g = 9.8 \text{ m/s}^2.$$

$$a = 0.5 \text{ m/s}^2.$$

$$T1 = (Q + Wc) * (a+g) * 1.04 = 14990 \text{ N.}$$

* La eficiencia de este sistema de tracción es de 96 % aproximadamente.

Figura 20. Carga de poleas



W_{cp} = masa contrapeso 800 Kg.

$Ff2$ = Fuerza de fricción se asume el 4% de la fuerza del ramal.

$$T2 = W_{cp} * (a - g) * 0.96 = 7220 \text{ N.}$$

$P1$ = 18240 por teorema de coseno

El Momento en el eje motriz es:

$$M = (T1 - T2) * r$$

r = El radio de la polea de tracción = 0.28 mts.

$$M = 7770 \text{ N} * 0.28 \text{ mts.} = 2175 \text{ Nm.}$$

Momento de inercia de la polea motriz

$$I_{pm} = 1/2 * M * R^2 = 1/2 * 120 \text{ Kg.} * 0.28 \text{ mts}^2 = 4.71 \text{ Kg} * \text{mts}^2$$

$$M_{pm} = I_{pm} * \alpha_{pm}$$

$$a = \alpha_{pm} * r ; \quad a = 0.5 \text{ mts/s}^2 ; \quad r = 0.28 \text{ mts} ; \quad \alpha_{pm} = 1.78 \text{ rad/seg}^2$$

$$M_{pm} = 4.71 \text{ Kg} \cdot \text{mts}^2 \cdot 1.78 \text{ rad/seg}^2 = 8.41 \text{ Nm}$$

$$I_{pm} \cdot \alpha_{pm} = M - M1$$

$$M = M1 + M_{pm} = 2184 \text{ Nm}$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$v = 0.4 \text{ mts./seg}$$

$$r = 0.28 \text{ mts.}$$

$$\omega = 1.42 \text{ rad/seg.} = 13.5 \text{ rpm}$$

Análisis CAE

Fig. 21 Análisis CAE de polea de adherencia

Para analizar la polea de

adherencia aplicamos:

La presión ejercida por la cuña
en el cuñero 74Mpa. Cap.

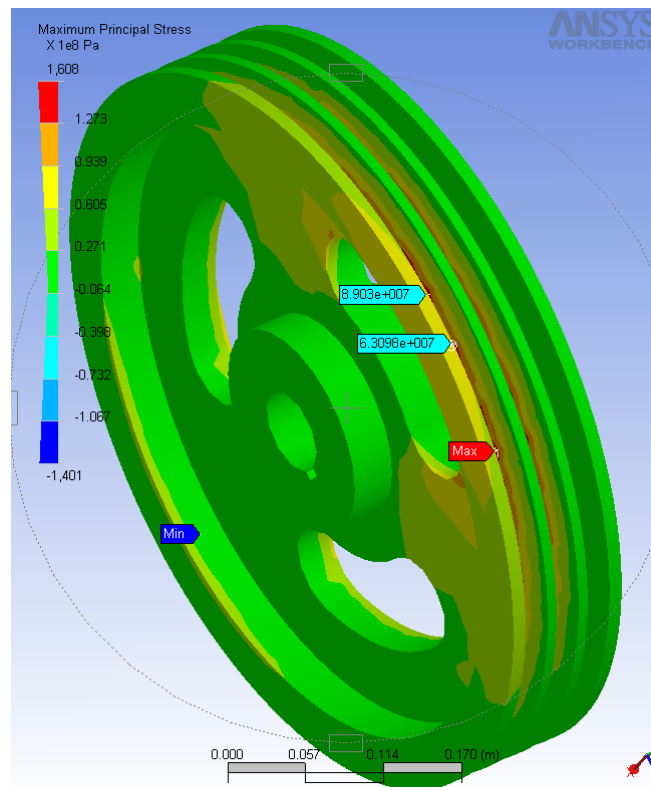
4.10.1.4

La carga ejercida por el eje a la
polea 23.7 KN.

Y finalmente el apoyo de los
cables en la polea.

Obtuvimos un esfuerzo máximo
de 160 Mpa.

El σ_{adm} de la fundición es de 205
Mpa que nos ofrece un factor de
seguridad η de 1.3



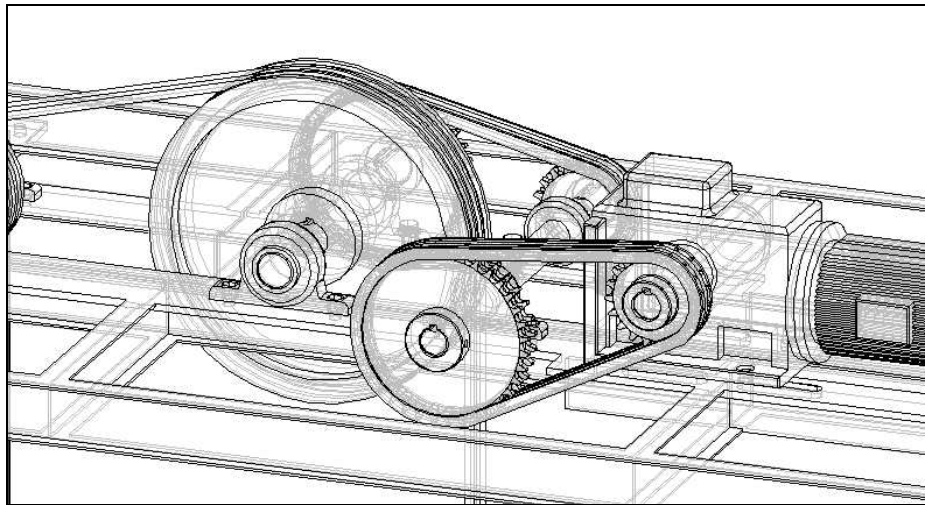
4.8.2 Polea de desvío

La función de esta polea es darle perpendicularidad a los cables para conectarlos con el contrapeso, los surcos de esta polea se maquinaran semicirculares de 5/8" de diámetro para un mínimo desgaste de los cables y el diámetro externo de la polea tendrá 250 mm.

4.9 ETAPAS DE REDUCCION

El tipo de transmisión seleccionado para la reducción es por piñones y cadenas de rodillos por su comportamiento con altas cargas, facilidad de montaje y su tolerancia en el alineamiento.

Figura 22. Tipo de reducción seleccionado



4.9.1 Selección de cadena.

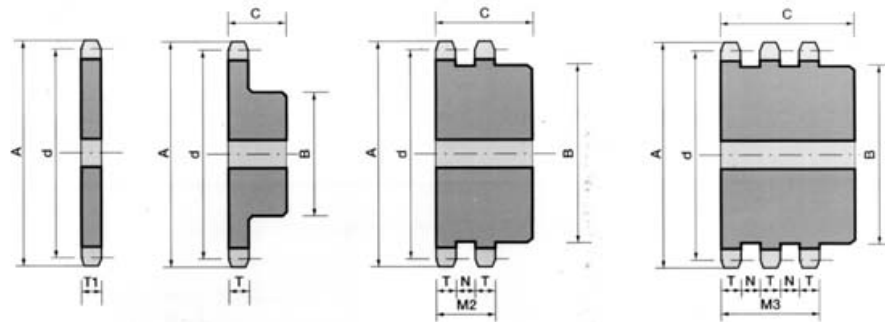
La disponibilidad de piñonearía doble cadena numero 80 varia entre 16 y 39 dientes. La primera etapa la tomamos del eje de la polea motriz a un eje intermedio entre el motor y el eje 1.

$$M1 = 2184 \text{ Nm.}$$

$$\varnothing 1 = \text{Diámetro primitivo piñón 35 dientes} = 283.4\text{mm de la tabla 3}$$

$$M1 = F1 * \frac{\phi 1}{2} \quad F1 = 15412.8 \text{ N}$$

Figura 23. Dimensiones de piñones



Fuente: Piñones y cadenas (ASA Norma Americana) . Disponible en www.portaldelaindustria.com ANGEL LARREINA S.A.

Tabla 3. Dimensiones de piñones

Paso de Cadena	T	N	M2	M3	T1
Paso 1"	14,1	15,2	43,4	72,7	14,6

PASO 1"		ASA 80	RODILLO 15,88 mm					
		BS	RODILLO 15,88 mm					
DIENTES	DIAMETRO PRIMITIVO (d)	DIAMETRO EXTERIOR (A)	DIAMETRO CUBO (B)			LARGO TOTAL (C)		
			S	D	T	S	D	T
16	130.2	142.9	90	105	105	45	68	100
35	283.4	297.5	110	130	140	60	70	100

Fuente: Piñones y cadenas (ASA Norma Americana) . Disponible en www.portaldelaindustria.com ANGEL LARREINA S.A.

Se asume factor de seguridad de 8, por el riesgo que implica la rotura y la lubricación manual de la cadena*.

$$F = F_1 \cdot 8 = 123302.75 \text{ N}$$

El esfuerzo de rotura en Kg. La cadena Asa 80-2 es 12300 Kg de la tabla 4

$$12300 \text{ Kg} \cdot 9.8 \text{ mts/s}^2 = 129360 \text{ N}$$

La cadena seleccionada es la Asa 80-2

Tabla 4. Medidas de cadenas

Código	Dimensiones Nominales			Otras Dimensiones					Sup. de Trab.	Carga de Rotura	Peso Neto por Metro	Partes Cadena	
	Paso	Diam. Rod.	Ancho Int.	Diam. Max. Perno	Altura Placa	Espesor Placa	Ancho Max. Perno Rem.	Max. Largo Total Perno				Unión	Media Malla
	P	Dr	W	Dp	Hi	TP	A2	B				n.	n.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm				n.	n.
ASA 60-2	19,05	11,91	12,7	5,94	18,08	22,78	48,8	58	210	7600	2,84	25	13
ASA 80-2	25,4	15,88	15,88	7,92	24,13	29,29	62,7	73,5	360	13200	5,09	24	14
ASA 100-2	31,75	19,05	19,05	9,53	30,18	35,76	76,5	88,7	520	21600	7,68	24	14

Fuente: Piñones y cadenas (ASA Norma Americana). Disponible en www.portaldelaindustria.com ANGEL LARREINA S.A.

4.9.2 Selección de piñones

Primera etapa de reducción

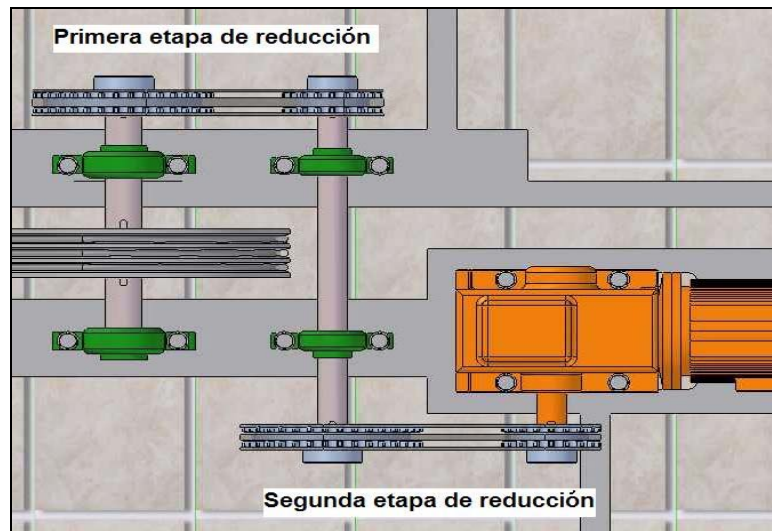
$$g_r = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{M_1}{M_2}$$

$$2.18 = \frac{35}{16} = \frac{\omega_2}{13.5 \text{ rpm}} = \frac{2184 \text{ Nm}}{M_2}$$

$$\omega_2 = 29.5 \text{ rpm} ; M_2 = 998 \text{ N.}$$

* Tabla anexo c

Fig. 24 Etapas de reducción



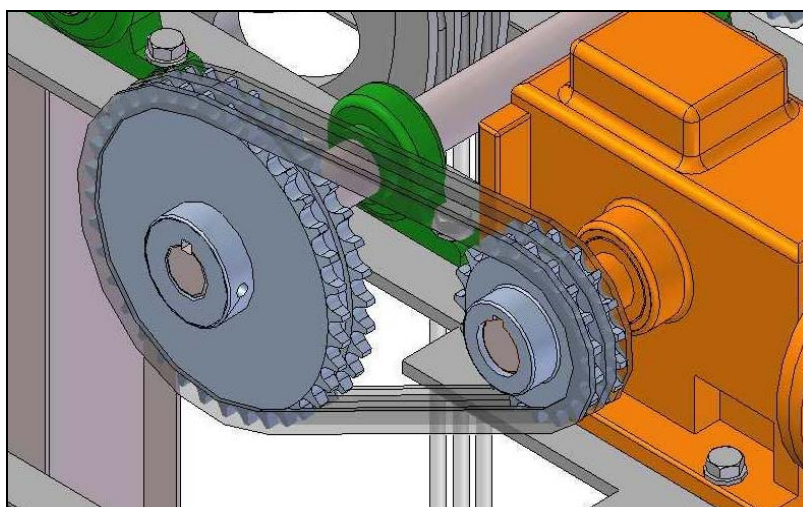
Segunda etapa de reducción.

$$2.18 = \frac{35}{16} = \frac{\omega_3}{29.5rpm} = \frac{998 Nm}{M_3}$$

$$\omega_3 = 64.6 rpm ; M_3 = 456.5 Nm ; Pot_{motor} = 4940.1 Kw = 6.62 Hp.$$

Según la tabla del anexo c no existe riesgo en la transmisión de potencia

Figura 25. Segunda etapa de reducción



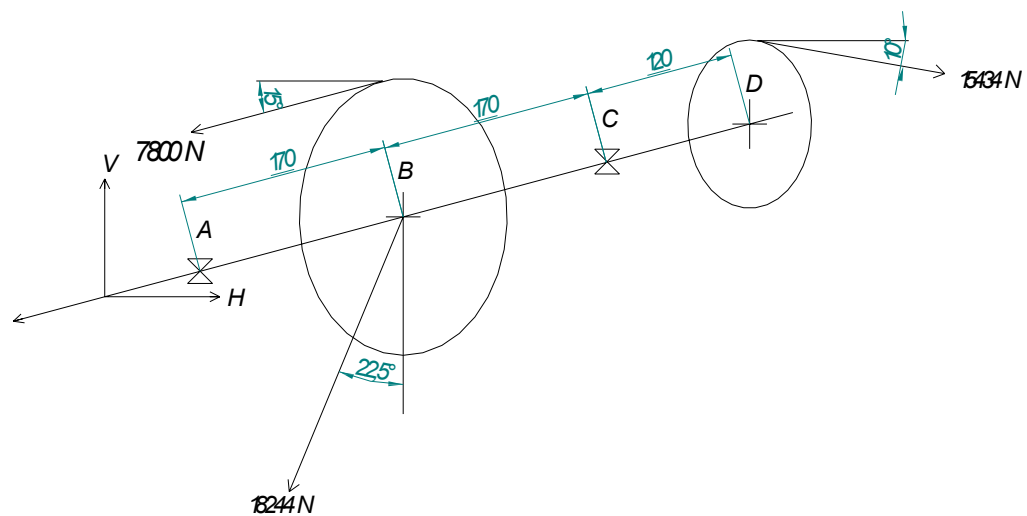
4.10 DISEÑO DE EJES.

4.10.1 EJE DE LA POLEA DE ADHERENCIA

La función de este eje es el transmitir movimiento del eje de reducción a la polea de adherencia.

Cálculo de Fuerzas

Figura 26. Esquema de fuerzas en el eje de adherencia



Tomando momentos respecto a A. en el plano horizontal

$$7800 * \cos(15) * 0.17 + 18244 * \sin(22.5) * 0.17 + C_H * 0.34 - 15434 * \cos(10) * 0.46 = 0$$

$$C_H = -13306 \text{ N}$$

Tomando momentos respecto a A. en el plano vertical

$$-7800 * \sin(15) * 0.17 - 18244 * \cos(22.5) * 0.17 + C_V * 0.34 - 15434 * \sin(10) * 0.46 = 0$$

$$C_V = 13061 \text{ N}$$

$$C = \sqrt{C_H^2 + C_V^2} = 14025 \text{ N}$$

Suma de fuerzas en el plano horizontal

$$A_H - 7800 * \cos(15) - 18244 * \sin(22.5) + C_H + 15434 * \cos(10) = 0$$

$$A_H = 12622 \text{ N}$$

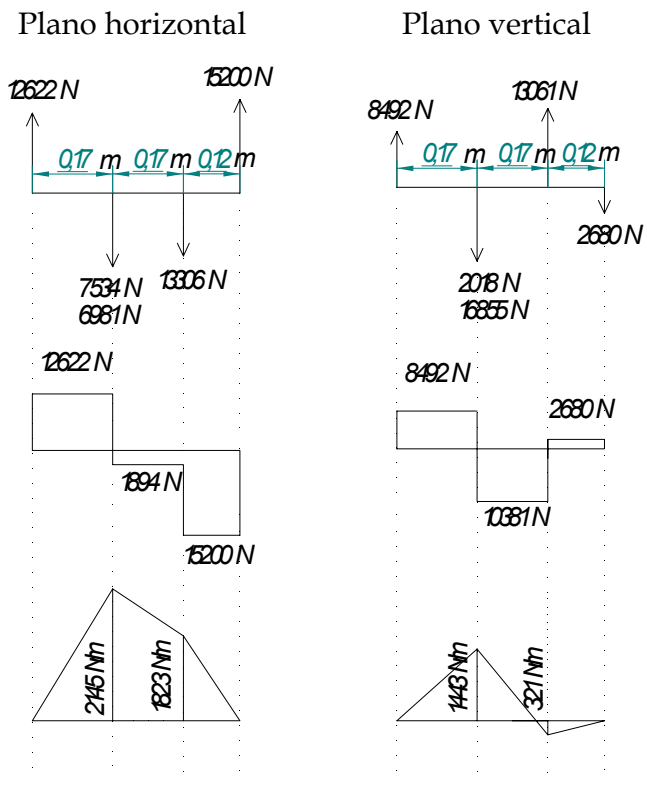
Suma de fuerzas en el plano vertical

$$A_V - 7800 * \sin(15) - 18244 * \cos(22.5) + C_V - 15434 * \sin(10) = 0$$

$$A_V = 17112 \text{ N}$$

$$A = \sqrt{A_H^2 + A_V^2} = 23714 \text{ N}$$

Diagramas de carga, corte y momento



El momento flexionante máximo en B en el punto de apoyo de la polea motriz

$$M_b = \sqrt{2145^2 + 1443^2} = 2585 Nm = 22879 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$$

La polea esta sometida a un par de torsión máximo $M_t = 2184 Nm$.
 $= 19330 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$.

Cálculo del diámetro del eje intermedio

El material seleccionado es Aisi 1020 CR con:

$$S_u = 65000 \text{ lb/plg}^2 \text{ y } S_{yp} = 43000 \text{ lb/plg}^2$$

$$S'_n = 0.5 S_u = 0.5(65000) = 32500 \text{ lb/plg}^2$$

Para el eje los cuñeros en B y C , $K_f(\text{flexion}) = 1.6$ y $K_{fs}(\text{torsión}) = 1.3$

El eje trabajara en un ambiente húmedo y con alta temperatura y razón de supervivencia del 90 %, entonces C_r Factor de reducción de la resistencia de fatiga lo hallamos de la ecuación

$$C_r = 1 - 0.08(D.M.F) = 0.8976$$

De la tabla de niveles de confiabilidad factor de desviación de multiplicación D.M.F para 90% de razón de supervivencia es 1.28

Para superficie maquinada obtenemos

$$C_f = 0.77$$

Para ejes entre $\frac{1}{2}''$ y $2''$

$$C_s = 0.85$$

Ahora se determina el esfuerzo límite de fatiga

$$S_c = \frac{1}{K_f} C_r C_s C_f S'_n = 11933 \text{ lb/plg}^2$$

Por la carga y el par ser estable

$$K_{SB} = K_{ST} = 1 ; \quad T_R = 0$$

Aplicamos estos datos y obtenemos de la ecuación compuesta de falla de corte máximo y energía de distorsión incorporadas a la ecuación de Soderberg.

$$\frac{S_{yp}}{N} = \frac{32}{\pi D_{AB}^3} \sqrt{\left(\frac{S_{yp}}{S_C} Mr \right)^2 + \frac{3}{4} T_m^2}$$

$$\begin{aligned} S_{YP} &= \text{Esfuerzo de cadencia a tensión del material, lb/plg}^2 \\ N &= \text{Factor de seguridad} \\ D_{AB} &= \text{Diámetro del eje, plg} \\ S_C &= \text{Esfuerzo limite de fatiga, lb/plg}^2 \\ T_m &= \text{Par torsor medio aplicado, lb/plg}^2 \\ Mr &= (M_{\max} + M_{\min})/2, \text{ lb/plg}^2 \\ T_m = M_1 &= 19330 \text{ lbf} \cdot \text{plg} \\ M_{\max} = M_B &= 22879 \text{ lbf} \cdot \text{plg} \end{aligned}$$

Con factor de seguridad de 1.5 el diámetro resultante es de 2.53 " muy aproximado a 2 1/2" pulgadas que es el diámetro seleccionado.

Cálculo de las cuñas.

Para determinar la resistencia de una cuña se considera que las fuerzas se distribuyen uniformemente en toda la pieza.

Para evitar la falla por corte se debe cumplir la siguiente ecuación.

$$L_s = \frac{2T}{Ssd * t * D} \quad Ssd = \frac{S_{sy}}{N_{sy}} = \frac{0.58 S_y}{N_{sy}}$$

Donde:

T = momento torsor = 19330 lbf·plg

N_{sy} = Factor de seguridad = 2

D = diámetro del eje = 2 1/2"

t = Ancho de la cuña = 1/2"

* $S_y = 43000 \text{ Psi}$ Aisi 1020 HR

$l = \text{longitud de la cuña } 2.48'' = 6.3 \text{ cm.}$

Para evitar la falla por aplastamiento se debe cumplir la siguiente ecuación.

$$L_c = \frac{4T}{S_{cd} * t * D} \quad S_{cd} = \frac{S_y}{N_{sy}}$$

$l = \text{longitud de la cuña } 2.87'' = 7.30 \text{ cm}$

La longitud final de las cuñas es 10 cm.

La presión ejercida sobre la cuña es

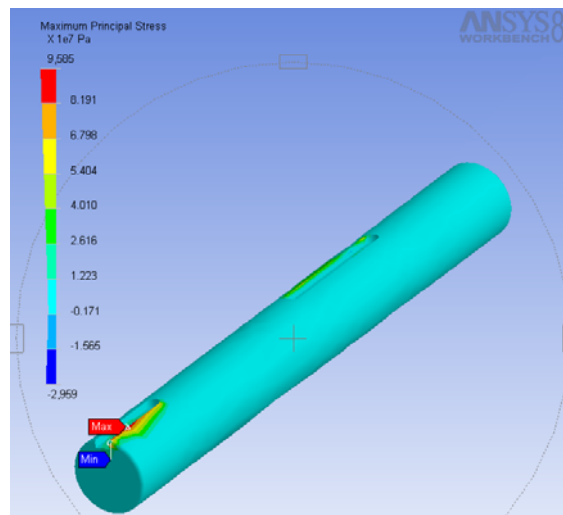
$$Pr = \frac{T * l * t}{D} = 11072 \text{ Psi} = 74 \text{ Mpa}$$

Análisis CAE

Para analizar el eje aplicamos las fuerzas obtenidas en los diagramas de carga más el par que realiza el eje, el esfuerzo máximo generado es de 95.85 Mpa.

El S_y del Aisi 1020 HR = 300 Mpa que nos ofrece un factor de seguridad η de 3.13

Fig. 27 Análisis CAE del eje 1



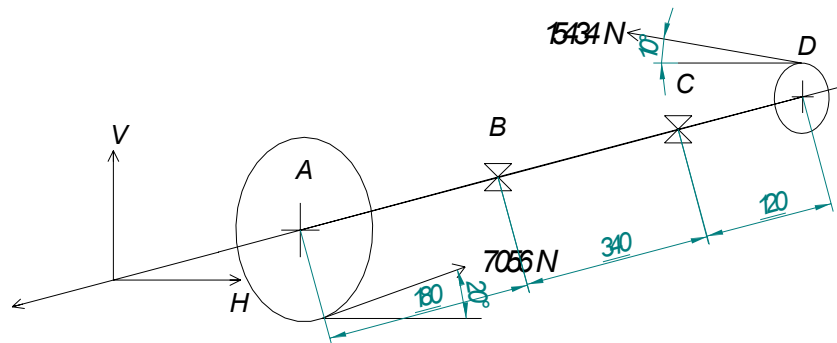
* DEUTSCHMAN A. MICHELS W. WILSON C. Diseño de maquinas. Primera edición. Compañía Editorial Continental. S.A. 1985

4.10.2 EJE INTERMEDIO DE REDUCCION

Por medio de piñones montados en sus extremos este eje reduce las RPM del motor al eje motriz de la cabina.

Cálculo de Fuerzas

Fig. 28. Esquema de fuerzas en el eje de reducción



Tomando momentos respecto a B. en el plano horizontal

$$7056 * \cos(20) * 0.18 - C_H * 0.34 + 15434 * \cos(10) * 0.46 = 0$$

$$C_H = 24074 \text{ N}$$

Tomando momentos respecto a B. en el plano vertical

$$-7056 * \sin(20) * 0.18 - C_V * 0.34 + 15434 * \sin(10) * 0.46 = 0$$

$$C_V = 2348 \text{ N}$$

$$C = \sqrt{C_H^2 + C_V^2} = 24188 \text{ N}$$

Suma de fuerzas en el plano horizontal

$$B_H + 7056 * \cos(20) + C_H - 15434 * \cos(10) = 0$$

$$B_H = -15504 \text{ N}$$

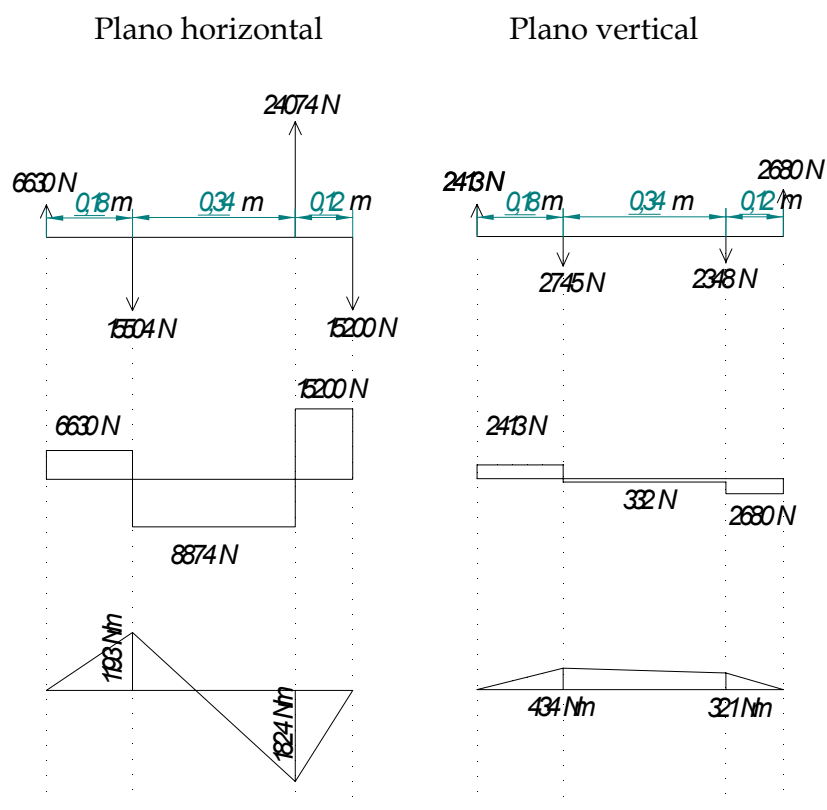
Suma de fuerzas en el plano vertical

$$B_V + 7056 * \text{Sen}(20) - C_V + 15434 * \text{Sen}(10) = 0$$

$$B_V = -2745 \text{ N}$$

$$B = \sqrt{B_H^2 + B_V^2} = 15746 \text{ N}$$

Diagramas de carga, corte y momento



El momento flexionante máximo en C en el punto de apoyo de la polea motriz

$$M_B = \sqrt{1824^2 + 321^2} = 1853 \text{ Nm} , 16400 \text{ lbf}\cdot\text{plg}$$

Esta sección del eje esta sometida a un par de torsión máximo $M_2 = 998 \text{ Nm}$,
 $= 8832 \text{ lbf}\cdot\text{plg}$

Cálculo del diámetro del eje

En el calculo de de este eje usamos el mismo procediendo y material del eje motriz de la cabina

Con factor de seguridad de 1.25 el diámetro resultante es de 2.03 " muy aproximado a 2" pulgadas que es el diámetro seleccionado.

Cálculo de las cuñas

Para evitar la falla por corte de la cuña se debe cumplir la siguiente ecuación.

$$L_s = \frac{2T}{S_{sd} * t * D} \quad S_{sd} = \frac{S_y}{N_{sy}}$$

Donde:

T = momento torsor = 8832 lbf*plg

N_{sy} = Factor de seguridad = 2

D = diámetro del eje = 2"

t = Ancho de la cuña = 1/2"

S_y = 43000 Psi Aisi 1020 HR

l = longitud de la cuña 1.41" = 3.59 cm.

Para evitar la falla por aplastamiento se debe cumplir la siguiente ecuación.

$$L_c = \frac{4T}{S_{cd} * t * D} \quad S_{cd} = \frac{S_y}{N_{sy}}$$

l = longitud de la cuña es 1.64" = 4.17

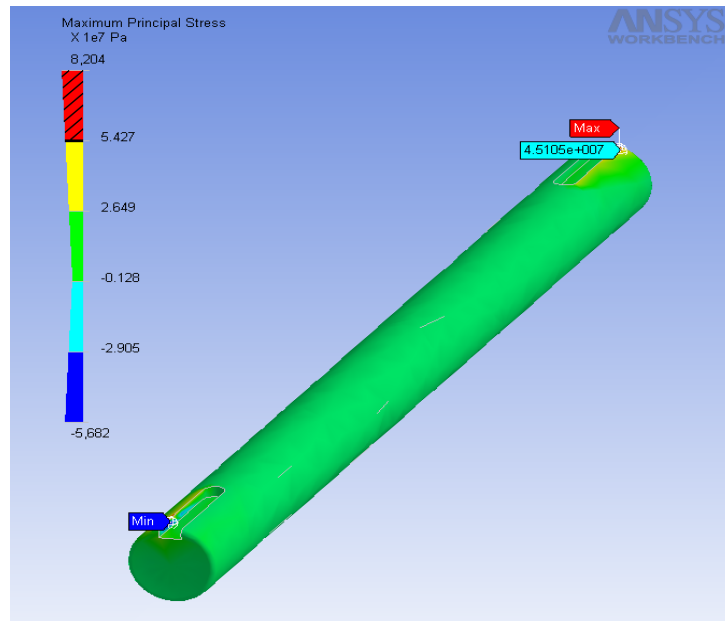
La longitud final de las cuñas es 7,5 el ancho de las manzanas de los piñones.

Análisis CAE

Para el análisis del eje aplicamos las fuerzas obtenidas en los diagramas de carga más el par que realiza el eje. El esfuerzo máximo obtenido en el análisis es 82.04 Mpa

El S_y del Aisi 1020 HR = 300 Mpa que nos ofrece un factor de seguridad η de 3.65.

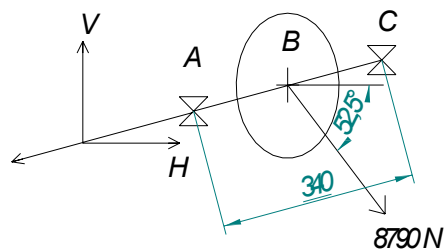
Fig. 29 Análisis CAE del eje motriz



4.10.3 EJE DE LA POLEA DE DESVIO

Cálculo de Fuerzas

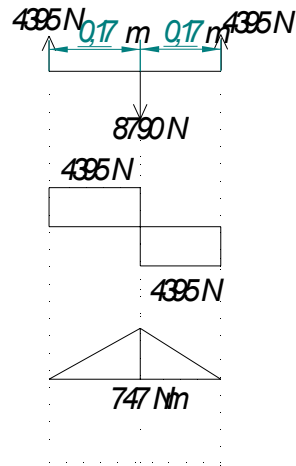
Fig. 30. Esquema de fuerzas en el eje de desvío



Suma de fuerzas en el plano de las mismas.

$$A = C = \frac{8790}{2} = 4395 \text{ N}$$

Diagramas de carga, corte y momento



$$MB = 747 \text{ Nm.} = 6610 \text{ lbf} \cdot \text{plg}$$

Cálculo del diámetro del eje

Este eje no cuenta con par torsional solo cuenta con la carga que los cables ejercen sobre la polea de desvío.

Este eje no cuenta con cuñeros, $K_f(\text{flexión}) = 1$ y $K_{fs}(\text{torsión}) = 1$

$$S_c = \frac{1}{K_f} C_R C_s C_F S'_n = 19092 \text{ lb/plg}^2$$

En la ecuación modificada de Soderberg el valor del par torsional se hace 0

$$\frac{S_{yp}}{N} = \frac{32}{\pi D_{AB}^3} \sqrt{\left(\frac{S_{yp}}{S_c} Mr \right)^2}$$

Con factor de seguridad de 1.5 el diámetro resultante es de 1.86 "aproximado a 2" pulgadas que es el diámetro seleccionado.

4.11 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS

Para facilitar el montaje, el mantenimiento y porque ninguno de los ejes estudiados anteriormente se encuentra sometido a carga axial; se

seleccionaron soporte de pie con rodamientos Y para apoyar los tres ejes diseñados.

Calculo de carga de rodamientos de 2 1/2"

Las cargas aplicadas sobre los rodamientos generalmente incluyen el peso de las estructuras que han de ser soportadas por los mismos, el peso de los elementos giratorios, la potencia de transmisión y la carga producida por el funcionamiento de la maquina en las que están montados los rodamientos.

Factor de carga

$$Fr = Fw * Frc = 19635 \text{ N}$$

Donde: $Fw = 1.4$ para elevadores "factor de carga"

Frc = Cargas aplicadas sobre el rodamiento. = 14025 N

Carga dinámica equivalente.

$$P = XFr + YFa$$

Fa = Carga axial constante real = 0

P = Cargas dinámicas equivalente

X = Coeficiente radial de rodamiento = 1

Fr = Carga radial constante real = 19635 N Y = Coeficiente axial del rodamiento = 0

$$P = 19635 \text{ N}$$

Relación duración y carga

La relación existente entre la duración nominal, la carga básica dinámica y la carga aplicada al rodamiento se expresa con:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

Donde: L = Duración en millones de revoluciones; $C = 57200 \text{ N}$ Carga básica dinámica (tabla 5); $P = 19635 \text{ N}$ Carga equivalente; $p = 3$ para rodamientos de bolas. $L = 24.7$ millones de revoluciones.

Calculo de carga de rodamientos de 2"

Factor de carga

$$F_r = F_w * F_{rc} = 2594 \text{ N}$$

Donde

$F_w = 1.4$ para elevadores "factor de carga".

F_{rc} = Cargas aplicadas sobre el rodamiento. = 1853 N

Carga dinámica equivalente.

$$P = X F_r + Y F_a$$

F_a = Carga axial constante real = 0

P = Cargas dinámicas equivalente

X = Coeficiente radial de rodamiento = 1

F_r = Carga radial constante real = 2594 N

Y = Coeficiente axial del rodamiento = 0

$$P = 2594 \text{ N}$$

Relación duración y carga

La relación existente entre la duración nominal, la carga básica dinámica y la carga aplicada al rodamiento se expresa con:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

Donde: L = Duración en millones de revoluciones; C = 43600 N Carga básica dinámica (tabla 5); P = 2594 N Carga equivalente; $p = 3$ para rodamientos de bolas. $L = 4780$ millones de revoluciones.

Estas cargas se pueden calcular teóricamente aunque es necesario corregir las estimaciones utilizando datos derivados empíricamente.

Los rodamientos YAR2132082f fueron escogidos por el diámetro interno del rodamiento d , las prestaciones de rpm y capacidad de carga están por encima de las exigencias de la maquinaria del elevador.

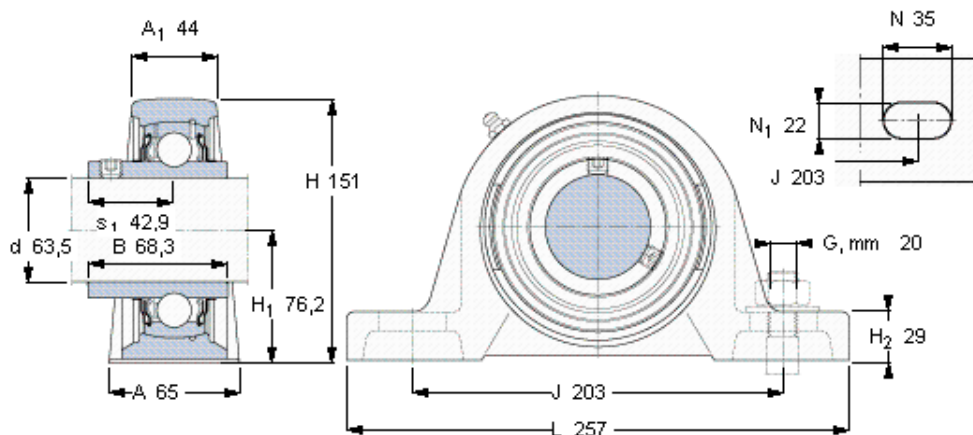
Tabla 5. Soportes de pie

Soporte de pie con rodamientos Y, soporte de fundición y prisionero									
Dimensiones			Capacidades de carga		Velocidad	Masa	Designaciones		
			dinámica	estática	límite		Uni. Rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A	H	C	C ₀	con eje de tolerancia h6				
mm			kN		rpm	kg	-		
63,5	65	151	57,2	40	3000	5,7	SY 2.1/2 TF	SY513 m	YAR2132082f
50,8	60	126	43,6	29	3600	3,60	SY 2. TF	SY511m	YAR2112002f

Fuente: Soporte de pie con rodamientos Y, soporte de fundición y prisionero.
 Disponible en * www.skf.com/productos

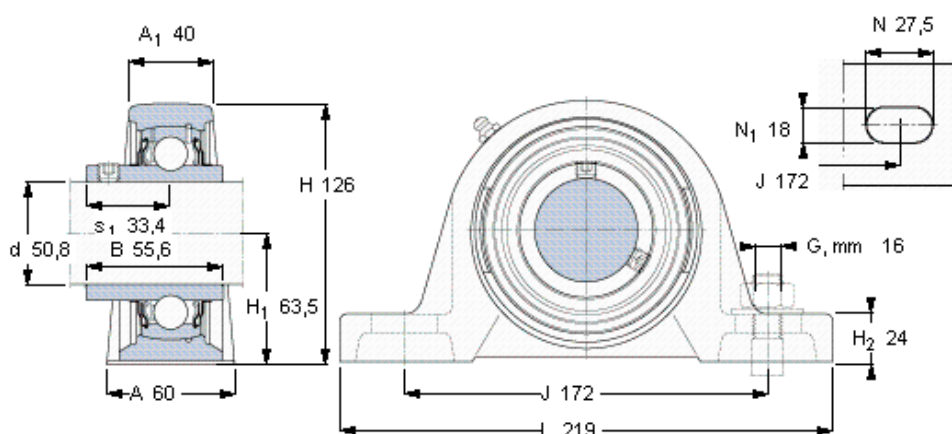
El tipo de soporte seleccionado para la el eje de la polea motriz es el correspondiente a la figura 27.

Fig. 31 Dimensiones de soporte de 2 1/2"



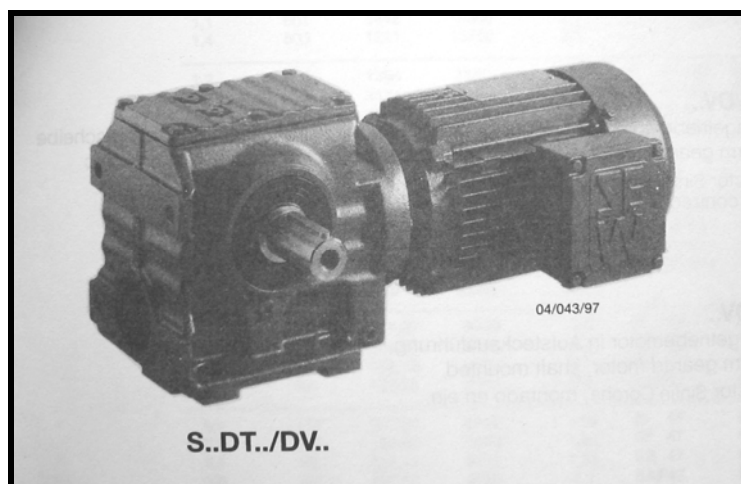
En los ejes de desvío y reducción se seleccionaron 4 soportes YAR2112002f correspondientes a la figura 27

Fig. 32 Dimensiones de soporte de 2"



4.12 SELECCION DE MOTORREDUCTOR

Figura 33. Motorreductor con freno



Fuente: SEW EURODRIVE, Catalogo Motoreductores 2004

En la selección de motoreductores para elevadores se hace común el sinfín corona autobloqueante. Según las tablas de selección de SEW, se debe determinar el factor de servicio F_b , considerando el total de las horas de

operación por días, el número de partidas paradas por hora y la clasificación de la carga, que puede básicamente ser determinada calculando el factor aceleración de masas.

Clasificación de carga.

- I Carga uniforme. Factor de aceleración de masas permisible ≤ 0.2 .
- II Carga con choques moderados. Factor de aceleración de masas permisible ≤ 3
- III Carga de choques pesados. Factor de aceleración de masas permisible ≤ 10

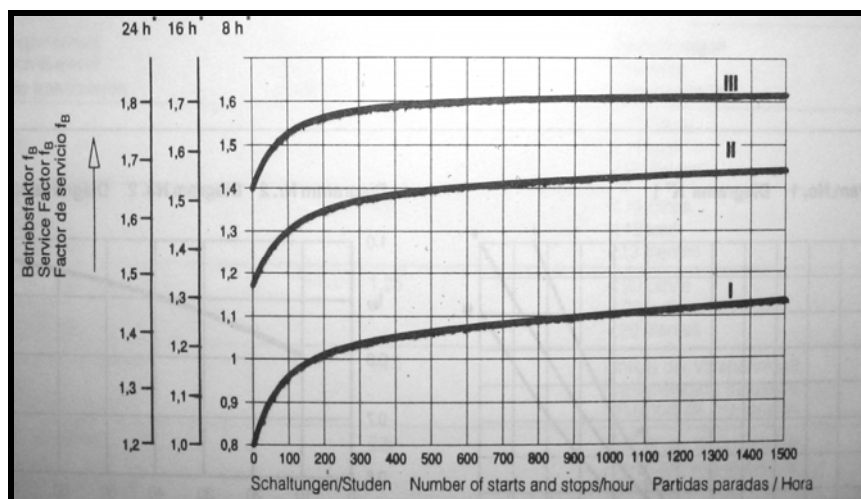
$$\text{Factor aceleración de masas} = \frac{\text{Momentos de inercia del sistema}}{\text{Momento de inercia del motor accionado}} \quad \text{El tipo de choques}$$

del elevador son moderados, clasificación I el numero de partidas paradas/hora es 100 y el tiempo de trabajo 8 horas.

$$F_{B \text{ total}} = F_B * F_{B1} * F_{B2}$$

$$F_B = \text{Factor de servicio general} = 1.3 \text{ fig. 29}$$

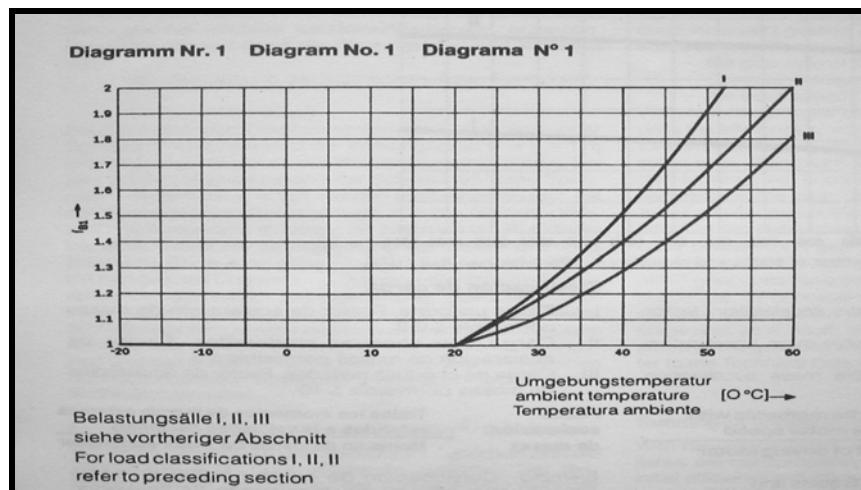
Fig 34 Diagrama de factor de servicio por trabajo



Fuente: SEW EURODRIVE, Catalogo Motoreducers 2004

F_{B1} = Factor de servicio por temperatura ambiente = 1.2 según figura 30

Fig 35. Diagrama de factor de servicio por temperatura

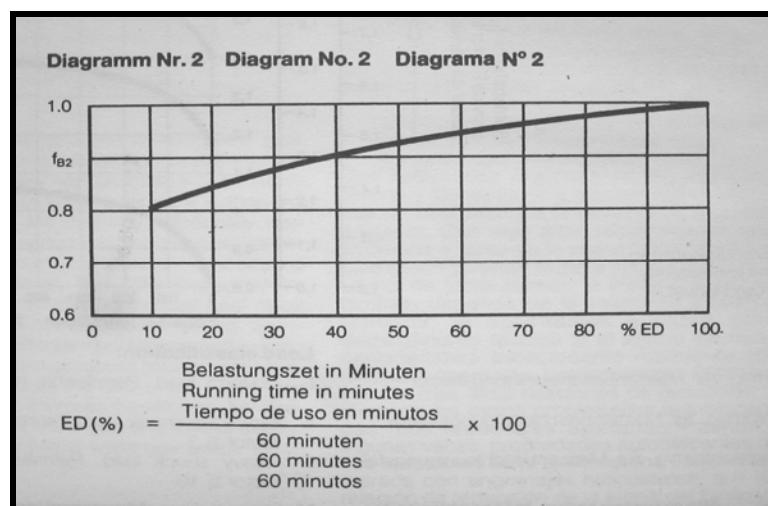


Fuente: SEW EURODRIVE, Catalogo Motoresreductores 2004

F_{B2} = Factor de servicio por trabajo de corto tiempo = 1 según figura 31

Fig 36. Diagrama de factor de servicio por trabajo corto par motorreductores

Sinfín Corona.



Fuente: SEW EURODRIVE, Catalogo Motoresreductores 2004

$$F_{B\ total} = \frac{M_{3\ max}}{M_3} \quad M_3 = 456.5\ Nm$$

$$M_{3\ max} = M_{motor} = 730.4\ Nm$$

$$F_{B\ total} = 1.6$$

$$\omega_3 = 64.6\ rpm = 6.75\ rad/seg ;$$

$$Pot_{motor} = M_{motor} * \omega_3 = 730.4\ Nm * 6.75\ rad/seg.$$

$$Pot_{motor} = 4940.1\ Kw = 6.62\ Hp.$$

Con los datos de Pot_{motor} , M_{motor} , F_{Btotal} y rpm seleccionamos del catalogo de motoredutores de SEW eurodrive el motor tipo S87DV132S4/BMG, según las condiciones de trabajo anteriores la eficiencia η es del 92%

Fig 37 Ficha técnica del motorreductor seleccionado

SEW EURODRIVE	
FICHA TÉCNICA	
Tipo	S87DV132S4/BMG
Descripción	Motorreductor Sinfin Corona
No. de Fabricación	58498186,1,1
Potencia [Kw]	5,5
Voltaje del motor [V]	220/440
Voltaje de Freno [V]	220
Amperaje [A]	20, /10, NOMINAL
Frecuencia [Hz]	60
Velocidad del motor [rpm]	1750
Relación de Reducción []	39, 10
Velocidad de Salida [rpm]	45
Torque de Salida [Nm]	1066
Factor de Servicio []	1,5
Protección [IP]	IP55
Aislamiento []	Clase F
Posición de Montaje []	M1 A
Lubricante []	SHELL OMALA 680
Peso [Kg]	120
Plano No. []	2256196/9720887

1. Los motores y motorreductores SEW únicamente salen de fábrica después de pasar por un estricto control de sus características técnicas.
 2. Antes de puesta en servicio debe ser almacenado en lugar seco y en la posición de montaje prevista.
 3. Si buen funcionamiento se garantiza si se ha cumplido adecuadamente con las instrucciones de utilización.

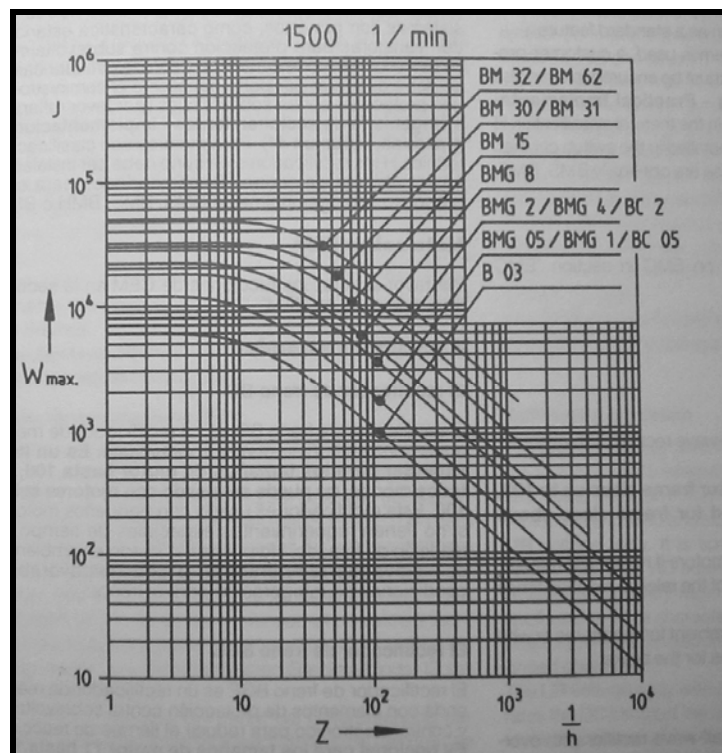
Calle 22 No. 132-60 Bodega 6 Manzana B Urbanización Industrial Los Urapanes
 PBX.: (091) 5475050 Fax.: (091) 5475044 Bogotá, D.C.

8.12.1 FRENO DEL MOTOR

SEW incorpora a los motoredutores AC asíncronos de la línea 87 freno electromagnético DC.

Según la figura 33 el Trabajo máximo permisible hecho por el freno de disco por la operación de frenado para una frecuencia de paradas de 100/hora es aproximadamente 8500 J

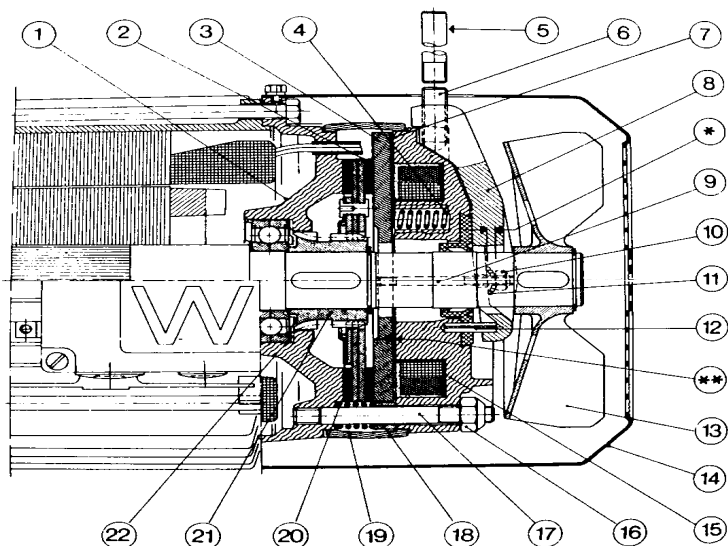
Fig 38. Trabajo máximo permisible del freno



Fuente: SEW EURODRIVE, Catalogo Motoredutores 2004

FRENO BMG

Fig 39. Freno del motorreductor BMG



Fuente: SEW EURODRIVE, Catalogo Motoreducers 2004

1	Tapa lado B	13	Ventilador
2	Disco de freno completo	14	Cubre ventilador
3	Disco estacionario	15	Cuerpo de la bobina de freno
4	Resorte de frenado	16	Tuerca de ajuste de freno
5	Palanca de alivio manual	17	Perno retenedor
6	Perno de alivio	18	Anillo de presión
7	Separador amortiguador	19	Cinta de sello de goma
8	Palanca de alivio	20	Contra resorte
9	Prisionero	21	Transportador
10	Tuerca de ajuste	22	Anillo ecualizador
11	Resorte de bobina cónico	*	Separación flotante 1.5-2.0mm
12	Pivote	**	Separación de trabajo

4.13 CHEQUEO DE ELEMENTOS

4.13.1 Adherencia entre cables y polea de tracción.

La adherencia de los cables debe ser cumplir la siguiente fórmula capítulo 9 nota 1. ITC

$$\frac{T_1}{T_2} \times C_1 \times C_2 \leq e^{f\alpha}$$

En la que:

$\frac{T_1}{T_2}$ es la relación entre la fuerza estática más grande y la fuerza estática más pequeña situada a cada lado de la polea de tracción, en los casos siguientes:

- Cabina situada en la parada más baja con una carga del 125 por 100 de la carga nominal.
- Cabina situada en la parada más alta sin carga.

C_1 Coeficiente que tienen en cuenta la aceleración, deceleración y condiciones particulares de la instalación

$$C_1 = \frac{Gn + a}{Gn - a}$$

Gn es el valor normal de la gravedad (m/s²).

a es la deceleración de frenado de la cabina (m/s²).

Se puede admitir para C_1 los valores mínimos siguientes:

1,10 para velocidades nominales: $V_n \leq 0,63$ m/s.

1,15 para velocidades nominales: $0,63$ m/s < $V_n \leq 1,0$ m/s.

1,20 para velocidades nominales: $1,0$ m/s < $V_n \leq 1,6$ m/s.

1,25 para velocidades nominales: $1,6$ m/s < $V_n \leq 2,5$ m/s.

Para velocidades superiores a 2,5 m/s debe ser calculado C_1 en cada caso particular pero no debe ser inferior a 1,25.

C_2 Coeficiente que tiene en cuenta la variación del perfil de las gargantas de la polea de tracción debido al desgaste

$C2 = 1$ para gargantas semicirculares o entalladas.

$C2 = 1,1$ para gargantas en V.

$e =$ Es la base de los logaritmos naturales.

$f =$ Es el coeficiente de fricción de los cables en las gargantas de la polea de tracción.

Para gargantas en V.

$$f = \frac{\mu}{\text{sen } (\gamma / 2)}$$

Para gargantas entalladas o semicirculares.

$$f = \frac{4\mu[1 - \text{sen } (\beta / 2)]}{\pi - \beta - \text{sen } \beta}$$

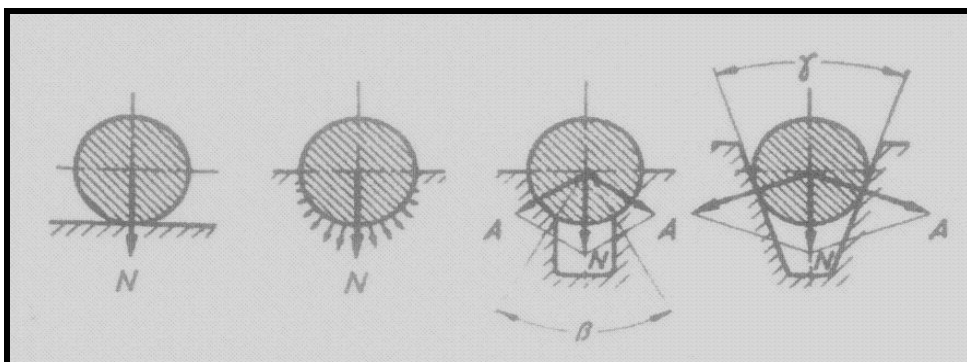
α es el ángulo de arrollamiento de los cables sobre la polea de tracción, en radianes.

β es el ángulo de la garganta entallada o semicircular de la polea de tracción (rad) ($\beta = 0$ para gargantas semicirculares).

γ es el ángulo de la garganta en V de la polea de tracción (rad).

μ es el coeficiente de fricción entre cables de acero y las poleas de hierro fundido = 0,09.

Fig 40. Tipos de zurcos para poleas de tracción.



$$\mu = \mu \quad \mu = \mu(4/\varphi) \quad \mu = 4\mu((1 - \text{sen}(\beta/2))/(\varphi - \beta - \text{sen}\beta)) \quad \mu = \mu(1/\text{sen}(\gamma/2))$$

Fuente: ERNEST, II. Aparatos de elevación y transporte. Tomo 1 pag. 29

$$T_1/T_2 = 1.5; \quad C_1 = 1.1; \quad C_2 = 1.1; \quad \mu = 0.09; \quad \gamma = 30^\circ; \quad \alpha = 1.83 \text{ Rad}$$

$$f = \frac{0.09}{\sin(32/2)}; \quad f = 0.325$$

$$\frac{1200}{800} \times 1.1 \times 1.1 \leq e^{(0.291 \times 1.83)}; \quad 1.81 \leq 1.89$$

$$\text{Se cumple que: } \frac{T_1}{T_2} \times C_1 \times C_2 \leq e^{f\alpha}$$

4.13.2 Chequeo de la fatiga de cables.

Para que el cable tenga una vida larga, la fuerza de fricción total F_t debe ser menor que la fuerza de fatiga permisible ($F_t \leq F_f$), donde

$$F_f = \frac{S_u * d * D}{2000}$$

D = diámetro de la polea = 0.56 mts.

d = diámetro del cable = 0.0158 mts.

S_u = 1654.74 Mpa.

$$F_f = \frac{28500 * 0.0158 * 0.56}{2000} = 7.7 \text{ kN} \Rightarrow 1.33 \text{ kN} \leq 7.7 \text{ kN}$$

Se cumple la desigualdad.

4.13.3 Chequeo esfuerzo flexionante de cables.

El momento flexionante de los alambres de un cable que pasa sobre una polea es:

$$M = \frac{EI}{r} \quad M = \frac{\sigma I}{c}$$

E = modulo de elasticidad del alambre = 69000 Mpa.

Al igualar ambas ecuaciones se obtiene

$$\sigma_b = \frac{Ec}{r}$$

r = radio de curvatura al que se someterá el cable

c = distancia desde el eje neutro hasta la fibra externa del alambre

El radio de curvatura al que se someterá el cable es similar al radio de la polea D/2 y c es similar a d/2.

$$\sigma_b = \frac{Ed}{D} = 1955 \text{ Mpa.}$$

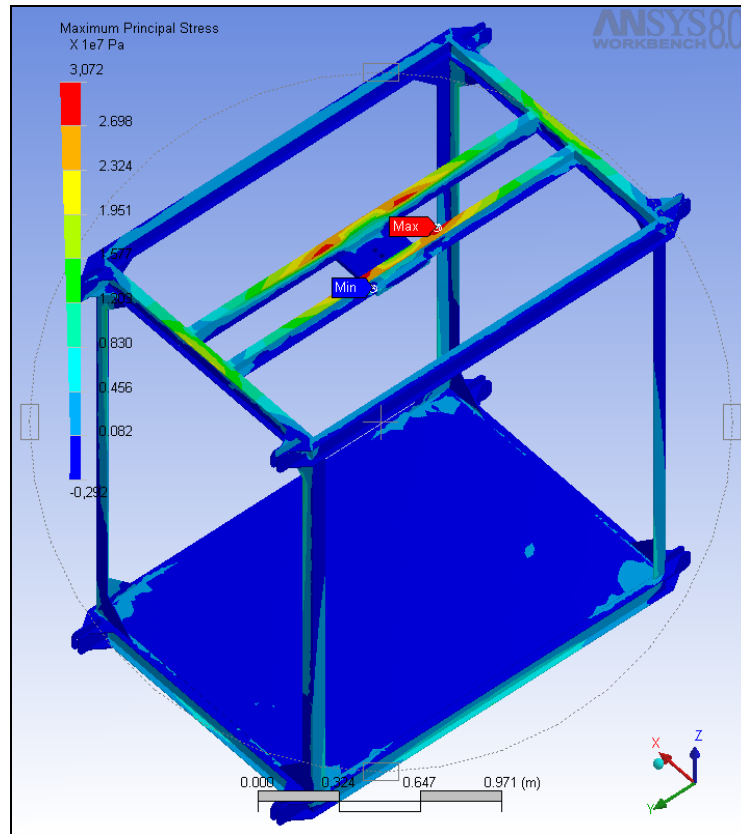
El σ del cable es de 560 Mpa. Lo que significa que el cable tendrá un daño prematuro pero no podemos construir una polea de 2 metros de diámetro, seria antieconómico por fabricación y consumo del motor que accionara esta polea. Las recomendaciones de deflexión del fabricante se cumplen como observamos en el capitulo 4.5*.

En el libro de Hamrock se encuentra una observación similar con respecto a los radios de curvatura de las poleas.

* Hamrock, Jacobson And Schmid. Diseño de maquinas. McGraw-Hill. 1998
pag. 845

4.13.4 Chequeo estructural de la cabina

Figura 41 Análisis cae de esfuerzo máximo.

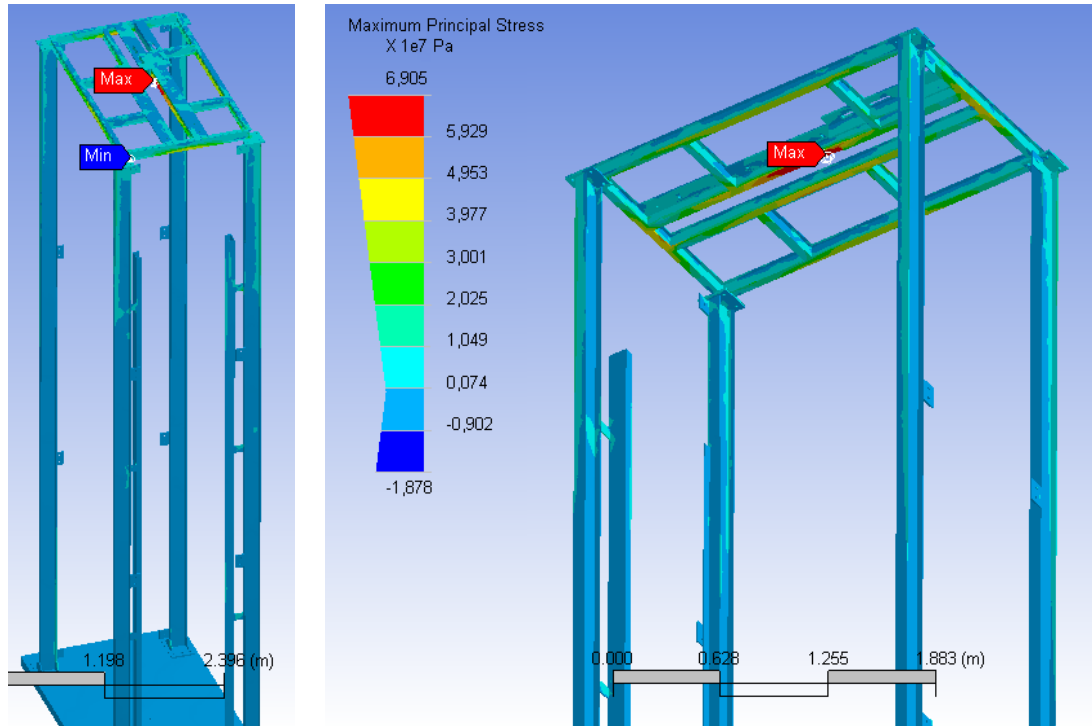


Para el análisis de la cabina se aplicó la carga distribuida de 8000 N en el piso del recinto, la carga máxima obtenida en el diagrama de esfuerzos es 30.7 Mpa.

El S_y del ASTM A 36 = 200 Mpa que nos ofrece un factor de seguridad η de 6.51

4.13.5 Chequeo estructural de Columnas y estiba

Figura 42 Análisis cae de esfuerzo máximo.



Para el análisis de las columnas y la estiba se aplicaron las cargas ejercidas por el motor, el eje de reducción, el eje de la polea de adherencia y el eje de desvío. El esfuerzo máximo obtenido en el diagrama de esfuerzos es 69 Mpa. El σ_{adm} del ASTM A 36 = 200 Mpa que nos ofrece un factor de seguridad η de 2,9.

5. DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO.

5.1 CONDICIONES DE TRABAJO

El sistema eléctrico que gobierna el funcionamiento del ascensor debe cumplir con las siguientes condiciones:

Accionamiento externo a la cabina, ya que el elevador es de carga y en el interior no debe haber personal.

El elevador debe tener dos paradas; en el primero y el segundo nivel del edificio.

El accionamiento deberá realizarse indistintamente desde ambos pisos, es decir, se dispondrán pulsadores o botoneras en las dos paradas

Los pulsadores deberán tener un botón de parada, en caso de emergencia o necesidad, detener la cabina desde las botoneras y permitir el restablecimiento del movimiento en el sentido deseado.

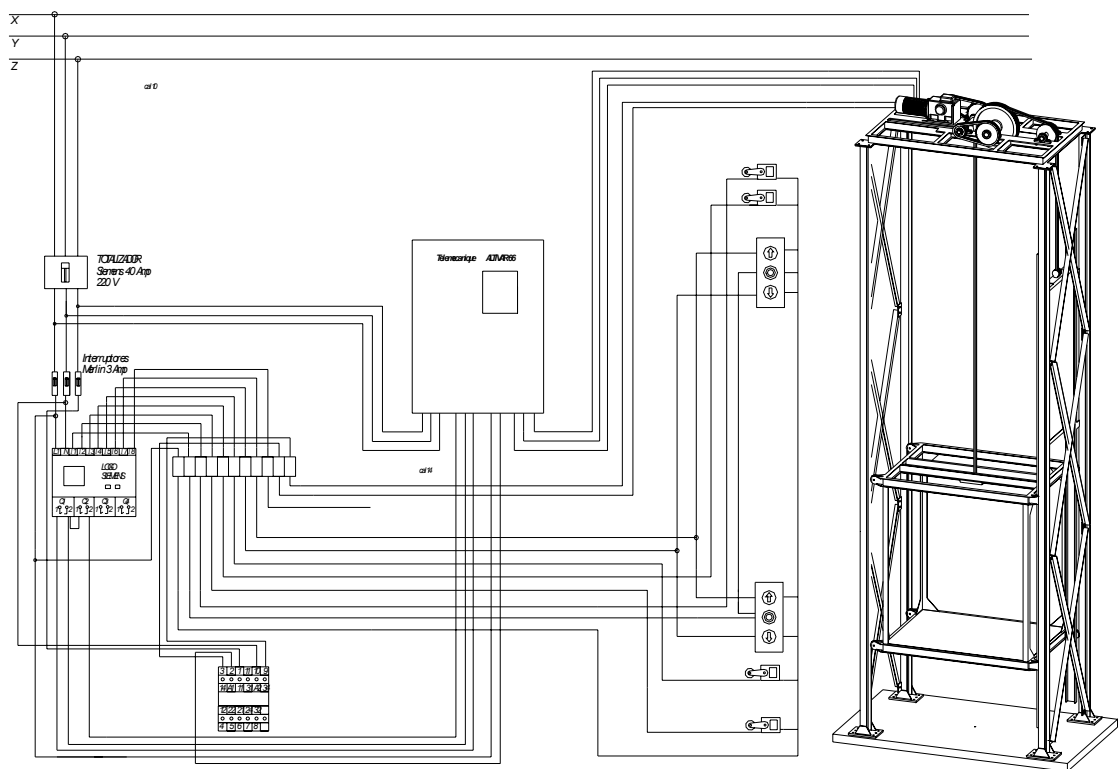
Se dispondrán de cuatro finales de carrera, uno en cada extremo del recorrido para iniciar la rampa de desaceleración de la cabina, y dos más alejados que apagaran el motor en caso de que por algún motivo la cabina sobrepase los límites predeterminados.

Se dispondrá en la caja de control, con un totalizador que apague las tres fases usadas en el sistema

5.2 SELECCION DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS.

El diagrama del montaje eléctrico de control y potencia que accionan el movimiento del elevador está dado en la Figura 43 el cual también se encuentra en el anexo de planos.

Fig. 43 Diagrama del montaje eléctrico de control y de potencia



Los siguientes son elementos utilizados en el circuito eléctrico y los criterios tenidos en cuenta para su selección.

5.2.1 TOTALIZADOR.

Los totalizadores de potencia se emplean especialmente para la protección contra cortocircuitos, sobrecargas y aumentos anómalos de corriente.

Fig. 44 Totalizador y Fusibles



La selección fue un Siemens de 40 Amp. Tripolar a 220 V; El control de corriente por sobrecargas hace el vaciador de velocidad del cual se hará referencia mas adelante.

5.2.2 FUSIBLES DE PROTECCION

La función de los fusibles es conectar o desconectar uno o varios circuitos eléctricos y cuyos elementos móviles o contactos principales solamente tienen una posición de reposo que corresponde a la desconexión de los circuitos.

Para el control del elevador se hacen necesarios tres fusibles para el control de señales, la alimentación de los pulsadores y finales de carrera y el accionamiento freno electromagnético.

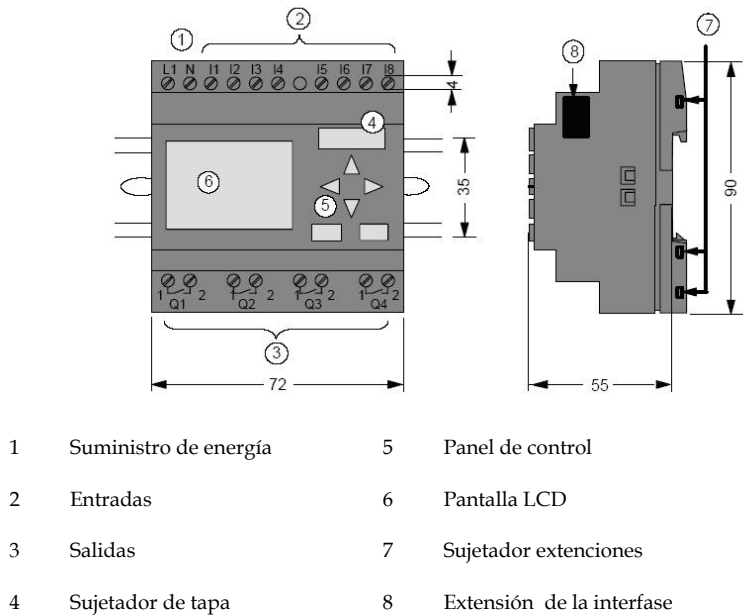
Para la selección de los pulsadores se debe tener en cuenta la corriente de servicio y clase de servicio que depende del tiempo diario de uso y la frecuencia de uso diario.

Los fusibles seleccionados son tres Merlin, dos C2 C60N que trabajan con corriente de 2 Amp. y un C1 C60N de 1 Amp.

5.2.3 RELE PROGRAMABLE LOGO

La función de este logo es ejecutar la lógica de los pulsadores de ascenso, descenso, paradas de emergencia y finales de carrera. Este envía señales al variador de velocidad que determinan el sentido del giro del motor o paradas.

Fig 45. Estructura del logo



El logo seleccionado es el 230 RC

Tipo	Designacion	voltaje	Entradas	Salidas
	LOGO! 230RC	115...240 V AC/DC	8 Digital	4 Relays 230 Vx10 A

Fuente: SIEMENS. LOGO ! Manual logo siemens pag. 4

5.2.4 VARIADOR DE VELOCIDAD.

Se opto por la instalación de un variador de velocidad para reducir la frecuencia del motor, a la vez tener un mayor control de desplazamiento, aceleración, desaceleración y par del motor.

El variador seleccionado es un altivar 66 ATV66D12M2 Telemecanique.

Tabla 6. Características del variador

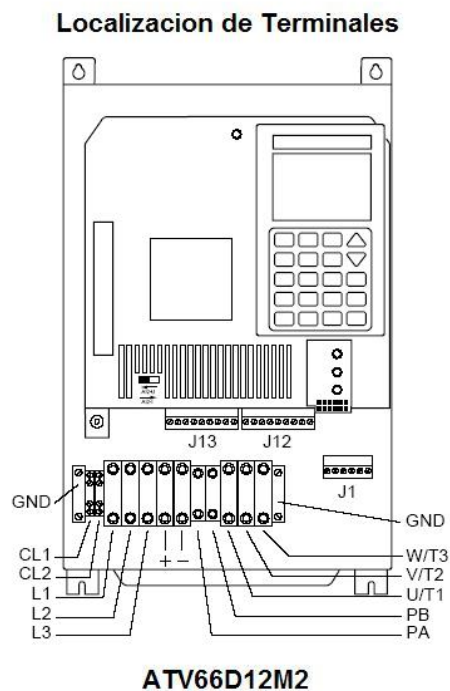
Manejo		
Rango de frecuencia de salida	Hz	0.1 to 200 Hz (Configurado en torque constante) 0.1 to 75/90 Hz (Configurado en torque variable)
Regulación de velocidad		Desviaciones de: 1.0% Sin ajustes 0.5% con la opción del Tacometro
Sobretorque transiente.		150% del torque nominal del motor (valor comun 20%) por 60 s (torque constante) 110% del torque nominal del motor por 60 s (torque variable)
Máxima corriente transiente		200% de corriente nominal del motor por 0.2 s para configuración de torque constante. 150% de corriente nominal del motor por 60 s para configuración de torque constante. 110% de corriente nominal del motor por 60 s para configuración de torque variable.
Eficiencia		94.5% a 97.87% (dependiendo de la carga)
Caída del factor de potencia		Aproximadamente 0.96

*Características Eléctricas		
Voltaje	V	200 10%, 230 15% 400 15%, 460 15%
Frecuencia	Hz	47.5 a 63
Voltaje de salida		Equivale al voltaje de la línea de entrada
Entradas lógicas		4 entradas lógicas. 10 ms tiempo de muestreo. De fabrica existe una asignación aunque (LI3 y LI4 pueden ser reasignados en el teclado del display): LI1 = run enable LI2 = run forward LI3 = run reverse LI4 = jog
Salidas Analogas		2 salidas analogas 0-20 mA (Programable de 4-20 mA) Asignadas (AO1 y AO2 que pueden ser reasignadas del display): AO1 = Salida de frecuencia AO2 = salida de corriente
Salidas logicas		2 salidas logicas Compatibles a PLC (LO1 and LO2 que pueden ser reasignadas en el teclado del display). LO1 = Velocidad

		LO2 = corriente limitada
Salidas Rele		2 salidas logicas Rele 1 N.O. - 1 N.C. Seteado de fabrica (R2 que puede ser reasignada en el teclado del display): R1 = Falla de funcionamiento. R2 = Funcionamiento normal.
Rampas de aceleracion y desaceleracion		De fabrica se preselecciona a 3 s, en rampa lineal Se puede programar de 0.1 a 999.9 s (0.1 s intervalo) Tipos de rampa: ajuste lineal, "S", o "U" Rampa ajustada automáticamente para sobretorque
Protecciones con el motor		Protección térmica electrónica incorporada por cálculo de I2t que toma la velocidad en cuenta. El almacenamiento de estado térmico de motor Protección de pérdida de fase Las funciones programable en el teclado del display.

Fuente: Telemecanique. ALTIVAR® 66 AC Drives Enclosed AC Drives Motor Control Centers pag. 19

Fig. 46 Terminales de control y potencia



Fuente: Telemecanique. ALTIVAR® 66 AC Drives Enclosed AC Drives Motor Control Centers pag. 41

Tabla 7. Terminales de control y potencia del altivar 66

Conectores	Terminal	Funcion		Caracteristicas
J1	R1A R1B R1C	N.O. contact N.C. contact Common	Rele de falla	Minimo: 10 mA, 24 VDC Maximo: La carga inductiva de: 2.0 A, 120 VAC; max: 0.10 J/operation, 80 operations/minute 1.0 A, 220 VAC; max: 0.25 J/operation, 25 operations/minute 2.0 A, 24 VDC; max: 0.10 J/operation, 80 operations/minute La suspension del arco esta provista de varsitores en paralelo con contactos de rele.
	R2A R2B R2C	N.O. contact N.C. contact Common	Rele programable de salida	
J12	LI1 LI2 LI3 LI4 +24 LOP LO1 LO2 COM	Entrada lógica 1 Entrada lógica 2 Entrada lógica 3 Entrada logica 4 Suministro de Control LO Suministro entrada Salida lógica 1 Salida logical 2 Comun logico		24 V, 10 mA; State 0: V < 5 V; State 1: V>12 V; Vmax = 30 V 24 V, 10 mA; State 0: V < 5 V; State 1: V>12 V; Vmax = 30 V 24 V, 10 mA; State 0: V < 5 V; State 1: V>12 V; Vmax = 30 V 24 V, 10 mA; State 0: V < 5 V; State 1: V>12 V; Vmax = 30 V Is = 210 mA max. Minimum: 12 V, Maximum: 30 V, 15 mA 24 V, 200 mA max. [5] 24 V, 200 mA max. [5] 0 V
J13	S COM AI1 +10 AI2	Tierra Espacio de asilamiento Velocidad ref Comun Ent 1: Vel ref voltaje Referencia suministro Ent 2: Vel. ref. corriente		0 V 0-10 V, Z = 30 k 10 V, Is = 10 mA max. 4-20 mA , Z = 250
	AO1 AO2 COM	Salida analoga 1 Salida analoga 2 Comun analogo		0-20 mA, 12 V max. (programmable as 4-20 mA) 0-20 mA, 12 V max. (programmable as 4-20 mA) 0 V

Terminales de Potencia

Teminal	Funcion	Caracteristicas
GND L1 L2 L3	3 Fases de alimentación	400/460 VAC 15% (ATV66•••N4 unidad) 208 V 10% / 230 V 15% (ATV66•••M2 unidad) 47 a 63 Hz
+ -	Filtrado de voltaje DC	550 a 850 VDC (ATV66•••N4 unidad) 275 a 425 VDC (ATV66•••M2 unidad)
U/T1 V/T2 W/T3 GND	Conexiones de salida al motor	0 a 400 VAC / 0 a 460 VAC 0 a 208 VAC / 0 a 230 VAC
PA PB	Freno dinámico de resistor	550 a 850 VDC (ATV66•••N4 unidad) 275 a 425 VDC (ATV66•••M2 unidad)
CL1 CL2	Suministro monofásico para el control.	208 V 10% / 230 V 15% (ATV66•••M2 unidad) 47 a 63 Hz

Fuente: Telemecanique. ALTIVAR® 66 AC Drives Enclosed AC Drives Motor Control Centers pag. 9

El variador seleccionado controla las sobrecargas del motor activando el freno y con cada anomalía de funcionamiento genera un reporte histórico de fallas de gran utilidad para detectar problemas y malos tratos del elevador.

5.2.5 RELE ELECTROMAGNETICO

Este relé permite el paso de las dos fases que desactivan el freno electromagnético cuando el variador da la señal que va iniciar el movimiento de la cabina.

Se utilizo un relé externo al del variador para que pueda ser remplazado con facilidad.

5.2.6 SENSORES DE POSICION.

Los sensores de posición son dispositivos de mando utilizados para modificar el circuito de mando de una máquina o de un equipo.

Las funciones más comunes son:

Detener un objeto en su límite de carrera o detectar excesos de carrera, en el caso de que el elemento a controlar trate de sobrepasar una posición normal.

La selección fueron cuatro microcontroladores Telemecanique normalmente abiertos Para trabajo pesado a 110 V

6. MONTAJE DEL ELEVADOR.

El proceso de montaje mecánico y eléctrico del elevador se realizó en 12 días, a continuación se describen las actividades más relevantes.

Verificación de dimensiones del recinto.

Posicionamiento de diferenciales para la elevación de columnas, estiba y maquinaria.

Perforaciones en paredes y suelo para anclar los diferentes elementos

Elevación, anclaje y atornillado de columnas, estructuras metálicas y estiba.

Elevación y anclaje de la estiba soporte del cuarto de máquinas.

Elevación del motoreductor, poleas y piñones.

Montaje y alineación de componentes (poleas, piñones, ejes y motoreductor) del cuarto de máquinas.

Alineación de la cabina con respecto a las guías de las columnas y la polea de tracción.

Montaje del contrapeso y alineación de polea de desvío.

Elevación de la cabina al segundo nivel, instalación de cables y atornillado de abrazaderas.

Instalación de amortiguadores.

Montaje de dispositivos eléctricos de mando y seguridad (finales de carrera, paradas de seguridad e interruptores)

Instalación eléctrica; caja de control y cableado del circuito de mando

Lubricación de cadenas, guías de la cabina y contrapeso.

7. PUESTA EN MARCHA Y AFINACION

Para la puesta en marcha se hizo una programación del variador de velocidad provisional, luego se realizaron pruebas para inspeccionar el funcionamiento del equipo en el accionamiento de los sistemas de seguridad, tiempo de aceleración, tiempo de desaceleración y nivelación en las paradas.

Se verificó el accionamiento de los pulsadores, comprobando la ejecución de las órdenes de dirección y parada.

La respuesta de todos los elementos eléctricos fue positiva y de acuerdo al diseño.

En los sistemas de seguridad los microswitches de seguridad detuvieron el motor en el momento que se accionaban manualmente.

Fue necesario variar la posición del final de carrera inferior para nivelar la parada de la cabina respecto al suelo para el ingreso de los montacargas.

En agosto del año presente se retiraron las puertas del elevador por disposición interna del frigorífico para cargar y descargar mas rápido los productos que se ingresen a la cabina.

7.1 PRUEBA DE CARGA

Probado y funcionando correctamente el elevador con la cabina vacía se procedió a aplicarle carga gradualmente.

Se realizo un incremento de carga de 200 en 200 Kg aproximadamente hasta completar la carga nominal de servicio + 25%, es decir, de 1000 kg .

La respuesta del elevador fue la adecuada respondiendo en forma normal a la exigencias de carga, el único inconveniente fue la elongación de los cables que generaba un parada en el segundo piso aproximadamente 2 cm. antes, problema que se corrigió reprogramando la rampa de desaceleración en el variador de velocidad.

7.2 EFICIENCIA MECANICA DEL ELEVADOR

Para determinar la eficiencia del sistema se cargo la cabina con 850 Kg el consumo de corriente registrado por el display del variador fue de 20.5 Amp. a 210 V lo que equivale a una potencia eléctrica.

$$P_E = I * V = 4,305 \text{ Kw}$$

La velocidad promedio de acenso de la cabina fue 0.28 m/s

La fuerza de elevación $850\text{Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 8330\text{N}$.

La potencia mecánica desarrollada por el sistema P_M excluyendo el peso de la cabina es 2,332 Kw

$$\text{La eficiencia global del sistema es } \eta_s = \frac{P_M}{P_E} = 0.54$$

8. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

Finalizado el proceso de diseño, construcción y montaje del elevador, se continuó con el afinamiento y evaluación y se sacaron las siguientes conclusiones.

Los objetivos propuestos se cumplieron y se obtuvo un equipo suave y silencioso, de fácil operación, que cumple con las necesidades del Frigorífico Metropolitano.

La eficiencia obtenida del equipo fue muy buena lo que genera un ahorro en consumo de energía.

En la nivelación, los dos primeros meses iniciales se necesitó afinar los cables semanalmente mientras cedían totalmente, este procedimiento se realiza sin complicaciones desde el variador.

Por la sencillez de los componentes del elevador el mantenimiento necesario es básico y de fácil acceso para su realización.

Los sistemas eléctricos de potencia y control, son reprogramables y quedaron con puertos libres, si se quiere implementar mejoras.

Es un motivo de satisfacción saber que día a día el ascensor cumple con su función y facilita el trabajo de los empleados de la planta.

BIBLIOGRAFIA

ANNET, F. A. Elevators. Nueva York: McGraw – Hill, 1960.

DEUTSCHMAN A. MICHELS Wilson C. Diseño de maquinas. s.l: Compañía Editorial Continental. S.A, 1985

ERNEST, I. Aparatos de elevación y transporte. Tomo 1. Barcelona: Blume. 1970.

HAMROCK, Jacobson y SCHMID R. Diseño de maquinas. s.l: McGraw-Hill. 1998.

ITC. Instrucción Técnica Complementaria Referente a Normas de Seguridad para la Construcción e Instalación de Ascensores Electromecánicos. En: Resolución BOE 11-9-91 ITC MIE AEM-1

LEDO OVIES, J. M. Ascensores y montacargas, Barcelona: Ediciones CEAC.

SIEMENS. LOGO ! Manual edition 06/ 2003

OROZCO, J. Control lógico del ascensor. Medellín: 1979.(Ingeniero electrónico). Universidad Nacional. Medellín. 1979.

ROBERT, L. Diseño de elementos de máquinas. s.l: Prentice Hall 1995

ROJAS, Hernán. Diseño de máquinas II. Módulo 1. Bucaramanga: Editorial UIS. 1992.

ROJAS, Hernán. Rodamientos. Editorial UIS. Bucaramanga.1985.

ASME A 17.1 SAFETY CODE FOR ELEVATORS AND ESCALATORS -2004

SEW EURODRIVE, Catalogo Motoreductores 2004

SHIGLEY, J. E. Diseño en ingeniería mecánica. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill. México. 1985.

Telemecanique. ALTIVAR® 66 AC Drives Enclosed AC Drives Motor Control Centers 2001

ZIGNOLI, Vittorio. Transporti meccanici. Milano: Editore Ulrico Hoepli..1970.1

ANEXO A.
SECUENCIA DE OPERACIÓN DEL ELEVADOR

1. Coloque el TOTALIZADOR de encendido ON/OFF en modo ON

✓ El display del vaciador tarda 4 segundos en encender.

2. Pulse el variador RUN/SET/LATCH en modo RUN

NOTA: Es recomendable revisar el histórico de fallas antes de iniciar la operación de carga.

3. Verificar la posición de la cabina

4. Cargar la cabina lo mas centrado posible.

5. Pulse la dirección que desee desplazar la cabina.

NOTA: SOLO ES NECESARIO OPRIMIR UNA VEZ PARA EFECTUAR EL MANDO

6. Si desea detener el elevador pulse el botón intermedio de la botonera.

7. Para reanudar el movimiento pulse subir o bajar

NOTA: Es importante que los operarios nuevos frigorífico lean la advertencia situada al lado del ingreso de la cabina en ambos niveles.

ADVERTENCIA 

lea cuidadosamente antes de accionar el elevador:

- El elevador no es apto para transporte de personas.
- La carga máxima permitida es de 800 Kg.
- Si observa alguna anomalía en el estado del elevador no lo use y advierta al encargado de mantenimiento.

Instrucciones para el ascenso de carga:

- 1) Abra la reja.
- 2) Introduzca la carga.
- 3) Cierre la reja.
- 4) Accione el botón de ascenso.

PREPARACIONES DE OPERACIÓN

Es necesario tener precauciones para proteger el personal que use el elevador y al ascensor.

- ✓ Por ningún motivo debe ingresar personal en el foso ni en la cabina, salvo operarios de mantenimiento.
- ✓ Si hay un corte de energía se debe esperar mientras se enciende la planta del edificio.
- ✓ Para ascender carga esta debe quedar totalmente dentro de la cabina para no estrellarla contra el techo.
- ✓ Si se detecta alguna anomalía en el elevador se debe dar aviso inmediato al personal de mantenimiento para que se dirija a la caja de control y apague el totalizador.

ANEXO B. MANTENIMIENTO

Formato de mantenimientos realizados

Formato de plan de mantenimiento

Hoja de vida del elevador

		PLAN DE MANTENIMIENTO					
Nombre del equipo: ELEVADOR DE CARGA				Código del equipo:			
LUBRICACION							
TIPO DE LUBRICACION							
Grasas:	☒	Liviana con aditivos anticorrosión	Aceite:	☒	Shell OMALA 680	Otros:	
CONCEPTO DE LUBRICACIÓN				FRECUENCIA			
			DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL OTROS
1. Revisión de nivel de Aceite del motorreductor.					X		
2. Limpiar partículas y reengrasar cables y cadenas					X		
3. Limpiar partículas y reengrasar guías de cabina y contrapeso					X		
4. Lubricar rodamientos							X
ELECTRICIDAD							
DESCRIPCION DEL TRABAJO A REALIZAR		REPUESTOS UTILIZADOS			TIEMPO	FRECUENCIA	
REVISION Y LIMPIEZA CAJA DE CONTROL					1 HORA	MENSUAL	
REVISION DE PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO E HISTORICO DE FALLAS EN EL VARIADOR DE VELOCIDAD					1 HORA	MENSUAL	
REVISAR FUNCIONAMIENTO DEL RELE MAGNETICO		ES RECOMENDABLE TENERLO DISPONIBLE			½ HORA	MENSUAL	
REVISION MOTOR BORNERAS Y RECTIFICADOR DEL FRENO					4 HORAS	SEMESTRAL	
REVISAR CABLES DE ACOMETIDA ELECTRICA					12 HORA	ANUAL	
MECANICA							
DESCRIPCION DEL TRABAJO A REALIZAR		REPUESTOS UTILIZADOS			TIEMPO	FRECUENCIA	
REVISION RODAMIENTOS, EMPAQUES Y FRENO DEL MOTOR		ES RECOMENDABLE TENER BOBINA Y DISCO DISPONIBLES EN EL ALMACEN			4 HORAS	SEMESTRAL	
REVISION DE CADENAS, PIÑONES Y POLEAS					16 HORAS	SEMESTRAL	
INSPECCIONAR SOLDADURAS, OXIDO Y GRIETAS EN LA ESTRUCTURA					16 HORAS	SEMESTRAL	
REVISAR TENSION Y ESTADO SUPERFICIAL DE LOS CABLES					1/2 HORA	TRIMESTRAL	
REVISAR TORNILLOS Y ANCLAJES					4 HORAS	TRIMESTRAL	



Nombre del equipo: Elevador de carga Código del equipo: _____

[illegible]

		HOJA DE VIDA	
EQUIPO/MÁQUINA:		ELEVADOR DE CARGA	CÓDIGO INVENTARIO:
AÑO ADQUISICIÓN:		2005	VALOR SEGURO:
DESCRIPCIÓN:		El elevador es de tipo electromecánico con tracción por adherencia, para desplazamiento de la carga se dispone de una cabina y para equilibrar el equipo se instaló un contrapeso	
FUENTE DE ALIMENTACIÓN:			
ELECTRICIDAD	☒	AIRE	☐
GAS	☐	AGUA	☐
DATOS FABRICANTE / DISTRIBUIDOR: Industrias Ricaurte Ltda.			
DIRECCIÓN:	Cll 21 No. 14-23		CIUDAD/PAÍS: Bucaramanga
TELÉFONO:	(7) 6715111		
FRECUENCIA DE TRABAJO O UTILIZACIÓN:			
DIARIA	☒	SEMANAL	☐
MENSUAL	☐		
FRECUENCIA INSPECCIÓN:		ANTES DE EMPEZAR A UTILIZAR EL EQUIPO	
ANUAL	☒	SEMANAL	☒
TRIMESTRAL	☒		
MENSUAL	☒	SEMANAL	☒
DIARIA	☐		
DATOS TÉCNICOS			
Capacidad de carga	800.Kg.		
Velocidad	0.3 m/s		
Recorrido	2 paradas — 5,5 m		
Sistema de control	Variador de velocidad Telemecanique Altivar 66		
Motorreductor	Sinfin Corona Sew EURODRIVE. S87DV132S4/BMG CA		
Freno	Electromagnético de disco con bobina CD		
Alimentación del sistema	Corriente alterna trifásica 30/60 hz.		
Tipo de tracción	Por poleas de adherencia, doble reducción por piñones y motorreductor.		
Cables	Tres cables 6 x 19 de 5/8" alma de fibra		

**ANEXO C.
PRESUPUESTO**

Papelería (Memorias, cartas, fotocopias, carpetas, borradores, empastes, etc.)	\$ 500.000.00
Bibliografía (Libros técnicos, manuales)	900.000.00
Compra de elementos electricos	3'500.000.00
Compra de materiales y servicios	5'500.000.00
Transporte	400.000.00
Producción intelectual	7'000.000.00
Personal de construcción	700.000. 00
Personal de montaje	500.000.00
Subtotal	\$ 20'000.000.00
Imprevistos	2'100.000.00
TOTAL	\$ 20'200.000.00

ANEXO D.

Tabla de lubricación de cadenas

Horsepower Ratings — Standard Pitch Single Strand Chains

For Multiple Strand Ratings See Chart at Bottom

1" Pitch No. 80

No. of Teeth Small Sprocket	REVOLUTIONS PER MINUTE — SMALL SPROCKET																			
	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3400
11	0.97	1.80	3.36	6.28	9.04	11.7	14.3	19.4	23.0	19.6	14.9	11.8	9.69	8.12	6.93	6.01	5.27	4.42	3.77	1.70
12	1.06	1.98	3.69	6.89	9.93	12.9	15.7	21.3	26.2	22.3	17.0	13.5	11.0	9.25	7.90	6.85	6.01	5.04	4.30	...
13	1.16	2.16	4.03	7.52	10.8	14.0	17.1	23.2	29.1	25.2	19.2	15.2	12.5	10.4	8.91	7.72	6.78	5.68	4.85	...
14	1.25	2.34	4.36	8.14	11.7	15.2	18.6	25.1	31.5	28.2	21.4	17.0	13.9	11.7	9.96	8.83	7.57	6.35	5.42	...
15	1.35	2.52	4.70	8.77	12.6	16.4	20.0	27.1	34.0	31.2	23.8	18.9	15.4	12.9	11.0	9.57	8.40	7.04	6.01	...
16	1.45	2.70	5.04	9.41	13.5	17.6	21.5	29.0	36.4	34.4	26.2	20.8	17.0	14.2	12.2	10.5	9.25	7.76	6.62	...
17	1.55	2.88	5.38	10.0	14.5	18.7	22.9	31.0	38.9	37.7	28.7	22.7	18.6	15.6	13.3	11.5	10.1	8.49	7.25	...
18	1.64	3.07	5.72	10.7	15.4	19.9	24.4	33.0	41.4	41.1	31.2	24.8	20.3	17.0	14.5	12.6	11.0	9.25	7.90	...
19	1.74	3.25	6.07	11.3	16.3	21.1	25.8	35.0	43.8	44.5	33.9	26.9	22.0	18.4	15.7	13.6	12.0	10.0	8.57	...
20	1.84	3.44	6.41	12.0	17.2	22.3	27.3	37.0	46.3	48.1	36.6	29.0	23.8	19.9	17.0	14.7	12.9	10.8	...	...
21	1.94	3.62	6.76	12.6	18.2	23.5	28.8	39.0	48.9	51.7	39.4	31.2	25.6	21.4	18.3	15.9	13.9	11.7	...	...
22	2.04	3.81	7.11	13.3	19.1	24.8	30.3	41.0	51.4	55.5	42.2	33.5	27.4	23.0	19.6	17.0	14.9	12.5	...	...
23	2.14	4.00	7.46	13.9	20.1	26.0	31.8	43.0	53.9	59.3	45.1	35.8	29.3	24.6	21.0	18.2	15.9	13.4	...	...
24	2.24	4.19	7.81	14.6	21.0	27.2	33.2	45.0	56.4	62.0	48.1	38.2	31.2	26.2	22.3	19.4	17.0	14.2	...	...
25	2.34	4.37	8.16	15.2	21.9	28.4	34.7	47.0	59.0	64.8	51.1	40.6	33.2	27.8	23.8	20.6	18.1	15.1	...	...
26	2.45	4.56	8.52	15.9	22.9	29.7	36.2	49.1	61.5	67.6	54.2	43.0	35.2	29.5	25.2	21.8	19.2	16.1	...	...
28	2.65	4.94	9.23	17.2	24.8	32.1	39.3	53.2	66.7	73.3	60.6	48.1	39.4	33.0	28.2	24.4	21.4	...	...	...
30	2.85	5.33	9.94	18.5	26.7	34.6	42.3	57.3	71.8	78.9	67.2	53.3	43.6	36.6	31.2	27.1	23.8	...	...	...
32	3.06	5.71	10.7	19.9	28.6	37.1	45.4	61.4	77.0	84.6	74.0	58.7	48.1	40.3	34.4	29.8	26.2	...	...	...
35	3.37	6.29	11.7	21.9	31.6	40.9	50.0	67.6	84.8	93.3	84.7	67.2	55.0	46.1	39.4	34.1	...	...	...	...
40	3.89	7.27	13.6	25.3	36.4	47.2	57.7	78.1	98.0	108	103	82.1	67.2	56.3	48.1	20.0	...	...	...	...
45	4.42	8.25	15.4	28.7	41.4	53.6	65.6	88.7	111	122	123	98.0	80.2	67.2	54.1	...	...	...	...	...
Lubrication	Type A	Type B					Type C													

Type A Manual Lubrication
Type B Bath or Disc Lubrication
Type C Oil Stream Lubrication

Multiple Strand Factors

No. Strands	Strand Factor
1	1.0
2	1.9
3	2.8
4	3.7

ANEXO E CARTA DE CUMPLIMIENTO



Bucaramanga, Octubre 25 de 2005

Ingeniero
EXPEDITO LOZANO
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Universidad Industrial de Santander
Ciudad

Apreciado Ingeniero.

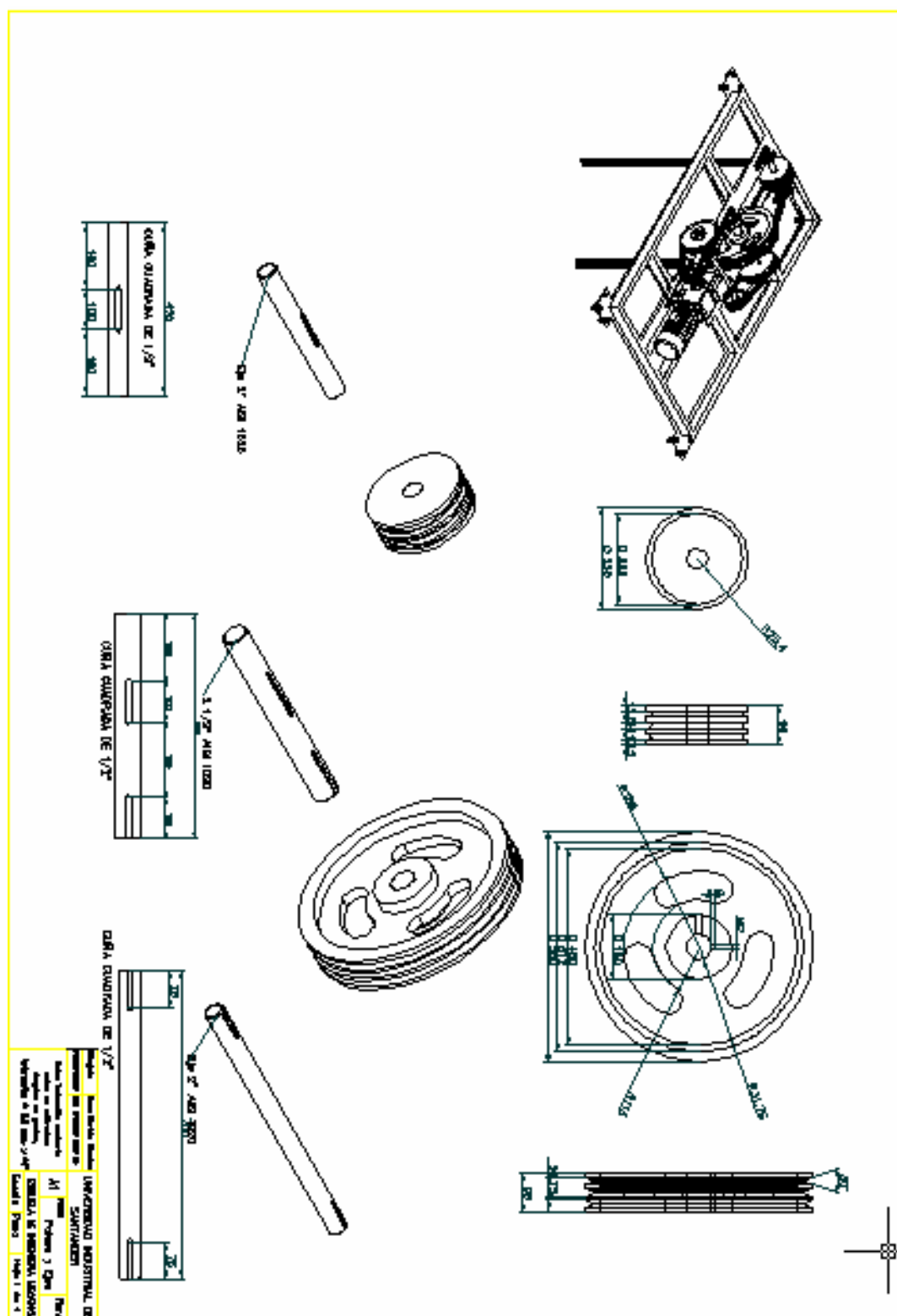
El FRIFORIFICO METROPOLITANO por medio de este documento aprueba y recibe a conformidad el trabajo de grado del estudiante HANS BARTELS SANCHEZ, cc. 13'741.042 quien cumplió a satisfacción la labor encomendada por la empresa del DISEÑO, CONSTRUCCION Y MONTAJE DE UN ELEVADOR DE CARGA

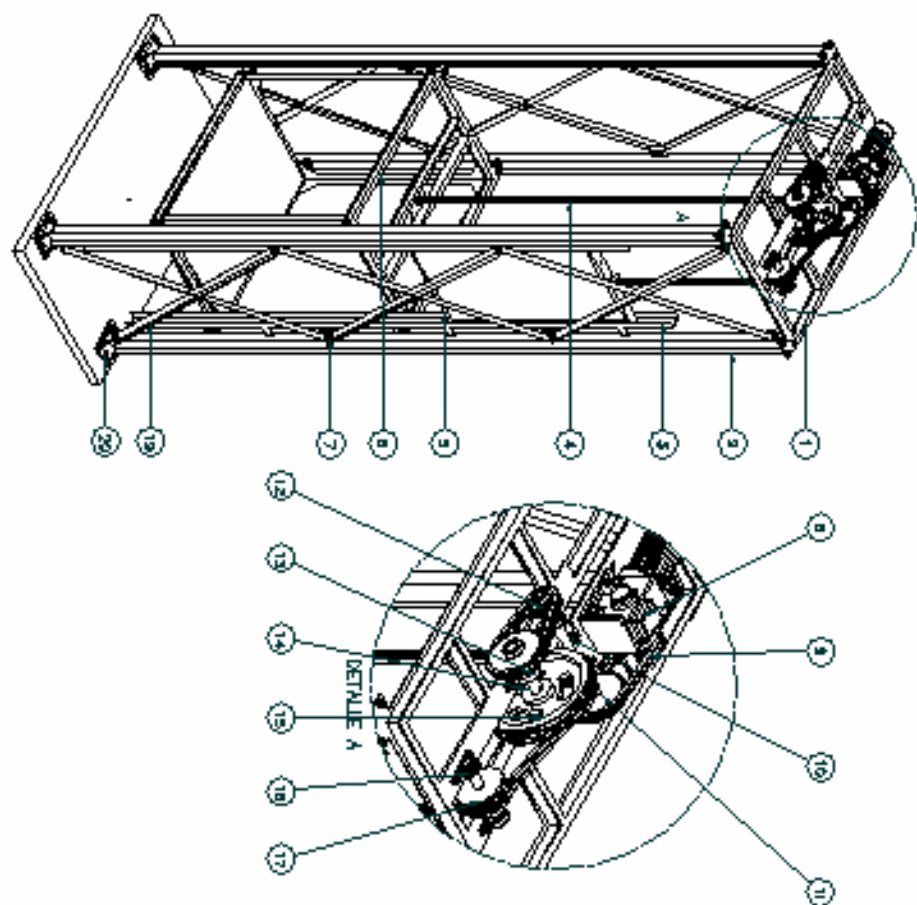
Cordialmente,

REINALDO HERRERA SERRANO
Gerente Administrativo



ANEXO F
PLANOS





Número	Elemento	Materia	Cantidad	Consideraciones
1	Capo	ASTM A-36 HR	1	PT 100, 1/2" x 2 1/2"
2	Chaveta	ASTM A-36 HR	4	PT 100
3	Pala de corrugado	ASTM A-36 HR	2	1/4" 1/4" x 2 1/2"
4	Capo	ASTM A-36 HR	3	5 x 10 Alano de 800 mm
5	Corrugado	ASTM A-36 HR	1	1/4" 1/4" x 2 1/2", Dientes
6	Capo	ASTM A-36 HR	1	PT 100, 1/2" x 2 1/2"
7	Capo (aluminio)		40	5/8" x 2" x 8
8	Aluminio		1	200 (ASTM A360, 500)
9	Capo		2	1/4" 1/4" x 2" x 8
10	Ala de aluminio	ASTM 6061 HR	1	
11	Barra	ASTM A19	2	1/4" 1/4" x 2" x 8
12	Barra	ASTM A19	2	1/4" 1/4" x 2" x 8
13	Barra de 3/4"		2	1/4" 1/4" x 2" x 8
14	Barra de 3/4"	ASTM A19	1	
15	Barra de 3/4"	ASTM A19	1	
16	Barra de 3/4"	ASTM A19	1	
17	Barra de 3/4"	ASTM A19	1	
18	Barra	ASTM A19	1	
19	Barra	ASTM A19	1	
20	Barra	ASTM A19	1	

Proyecto	Proyecto de Diseño	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
Asignatura	Proyecto de Diseño	QUILMAN
Alumno	Proyecto de Diseño	Proyecto de Diseño
Fecha	Proyecto de Diseño	Proyecto de Diseño
Calificación	Proyecto de Diseño	Proyecto de Diseño

