

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y  
MECÁNICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**TITULO: "DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN  
ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA"**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO MECANICO

RESPONSABLES:

BACH: GONZALO BONIFACIO AYMITUMA

BACH: AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA

ASESOR:

ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL

CUSCO- PERU  
2016

TESIS FINANCIADA POR LA UNSAAC



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades y culminar esta etapa de nuestra vida.

También agradecer a nuestros docentes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica quienes nunca desistieron en enseñarnos en nuestra etapa de formación profesional, durante nuestra vida universitaria.

A nuestro asesor Ing. Mario G. Castro Irrarazabal quien nos apoyó y nos alentó para culminar la realización de esta tesis cuando parecía que nos íbamos a rendirnos, y por su valiosa guía y asesoramiento.

Y a mis hermanas, Vercilia, Nohemí, Sonia mis sobrinos Isaí, Marisol Raquel Josué, Willy a mis tíos, Segundo Aymituma, Gregorio Mendoza Aymituma y mi primo Guimo Aymituma, quienes me ayudaron directa e indirectamente, quienes han sido parte fundamental durante mi vida estudiantil y por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías.

Y gracias a todos de todo corazón a los que nos apoyaron para desarrollar y concluir esta tesis, para ellos nuestro agradecimiento infinito, pues a ellos a quienes se las debemos por su apoyo y ayuda en este proyecto.



## DEDICATORIA

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, y darme fuerzas para superar obstáculos, dificultades a lo largo de toda mi vida.

Esta tesis dedico a mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

**A mi madre Valentina Aymituma Q.** Me ha enseñado a no rendirme ni desfallecer ante nada, gracias por sus consejos, comprensión, amor ayuda en los momentos más difíciles de mi vida universitaria.

**A mi padre Valentín Bonifacio C.** quien siempre me apoyo en todo el tiempo, quien me alentó para desarrollar esta tesis.

**A mi hermano Dr. Renán Bonifacio Aymituma** por ser un gran amigo para mí que junto a sus ideas, hemos pasado momentos inolvidables, compartir momentos de alegría, tristezas durante nuestra etapa universitaria y su apoyo incondicional en el transcurso del desarrollo de mi tesis, e igualmente a su esposa **Ruth Carreón Luque** por su apoyo infinito.

**A mi pareja Zoraida, a mi hija Thaiz A. Bonifacio Lima** por ser la princesa más tierna, mi motivación mi alegría, mi inspiración y felicidad.

**GONZALO BONIFACIO AYMITUMA**



## DEDICATORIA

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi madre Libia Pipa Pultay.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **A mi padre Nolberto Ramos Vásquez.**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

### **A mis familiares.**

A mis hermanos: Gabriel Nolberto Ramos Pipa, Samuel Alonso Ramos Pipa, Silvia Miliana Ramos Pipa, Eva Luz Ramos Pipa, Alexander Ramos Pipa y Amarillis Ramos Pipa. Por ser el ejemplo de hermanos y de los cuales aprendí aciertos y de momentos difíciles; a mis sobrinos, cuñados, amigos y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Gracias a ustedes.

**AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA**



## INTRODUCCION

En nuestra ciudad de Cusco que está rodeado por dos cadenas de cerros, hace que el crecimiento urbano horizontal se haya detenido su expansión, debido al vertiginoso crecimiento de la ciudad, al verse limitadas ante una expansión horizontal se han encontrado en la expansión vertical en las construcciones, pues los edificios son la solución a la demanda de viviendas en Cusco, por ello en la actualidad los ascensores son considerados como uno de los transportes de mayor uso en el transporte vertical.

Gran cantidad de edificios de viviendas que se construyen hoy en día se ha decidido proyectar un ascensor que facilite el tránsito de los usuarios.

El propósito principal de esta tesis está basado en diseñar un ascensor a consumo eficiente de energía y de realizar el cálculo y dimensionamiento de un módulo experimental de un ascensor a consumo eficiente de energía para edificios de 6 paradas, 8 pasajeros en la ciudad del Cusco

En nuestra región Cusco no existe este tipo de Ascensores con energía reducida y por ende es nuestra preocupación por mejorar la tecnología del parque de Ascensores, aplicables a cualquier tipo de construcciones antiguas, nuevas ya que es una necesidad en la comunidad poblacional, como en edificios unifamiliares, multifamiliares, centros comerciales, residencias, condominios, hospitales, universidades, estadios, clínicas u otros.

En ascensores ya instalados en nuestra ciudad del Cusco se pudo apreciar el alto consumo de energía, por consiguiente se realizara cálculos en grupo electromecánico, sus mecanismos y otros componentes, para conseguir ahorro energético.



## RESUMEN

En la presente tesis de investigación donde constan los cálculos realizados para la selección y dimensionado de los principales componentes mecánicos del ascensor, donde se justifican las soluciones que se exponen en la memoria de la tesis cuyo nombre lleva **“DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGÍA”**.

Todos los cálculos se detallan en cada Capítulo y se exponen junto a las correspondientes explicaciones para facilitar su comprensión; también se incluye al principio un listado en el que figuran todos los símbolos que aparecen en las ecuaciones empleadas.

En todos los casos en que los cálculos han requerido del uso de tablas o datos proporcionados por la Normativa UNE EN 81-1 y también se utilizó catálogos para los componentes (por ejemplo chavetas, rodamientos, poleas, cintas, etc.).

Todos los catálogos técnicos y tablas se disponen en la parte de anexos en formato digital.



## ABSTRACT

In the present thesis of research where the calculations are realized for the selection and dimensioning of the main mechanical components of the elevator, where the solutions that are expounded in the memory of the thesis whose name takes "**DESIGN OF AN EXPERIMENTAL MODULE OF A ELEVATOR FOR EFFICIENT ENERGY CONSUMPTION**".

All calculations are detailed in each chapter and are presented along with the corresponding explanations to facilitate their understanding; a list containing all the symbols that appear in the equations used is also included at the beginning.

In all cases where calculations have required the use of tables or data provided by **UNE EN 81-1** and catalogs have also been used for components (eg keys, bearings, pulleys, tapes, etc.).

All technical catalogs and tables are available in the annexes part in digital format.



## CONTENIDO GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
INTRODUCCION.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
CONTENIDO.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE CUADROS.....	XVI
INDICE DE TABLAS.....	XVII
LISTA DE SIMBOLOS.....	XVIII



## CONTENIDO

CAPITULO I .....	1
GENERALIDADES .....	1
<b>1. TEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA. ....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION. ....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.4.1. ALCANCES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.4.2. LIMITACIONES.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. HIPOTESIS. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. VARIABLES.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. METODOLOGÍA. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.1. POBLACIÓN Y MUESTRA. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.5.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA .....</b>	<b>6</b>
CAPITULO II .....	8
<b>2. MARCO TEORICO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. HISTORIA DEL ASCENSOR .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. ASCENSOR.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1. DEFINICION DEL ASCENSOR .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3. TIPOS BÁSICAS DE ASCENSORES .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3.1. ASCENSOR HIDRÁULICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.2. INSTALACIÓN TÍPICA DE UN ASCENSOR HIDRÁULICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.3. TIPOS DE ACCIONAMIENTOS Y TIROS DE UN ASCENSOR HIDRÁULICO</b>	<b>14</b>
<b>2.4. ASCENSOR ELÉCTRICO.....</b>	<b>15</b>



2.4.1.	INSTALACIÓN TÍPICA DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO .....	17
2.4.2.	CUADRO COMPARATIVA ENTRE ASCENSORES ELÉCTRICOS E HIDRÁULICOS.....	20
2.4.3.	ELEMENTOS DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO.....	22
2.5.	OTROS SISTEMAS DE ELEVACION.....	31
2.5.1.	ASCENSOR POR TRACCION A CREMALLERA .....	32
2.5.2.	MONTACARGAS.....	33
2.5.3.	MONTACAMAS.....	34
2.5.4.	MONTACOCHEs.....	35
CAPITULO III.....		36
3.	ESTUDIO DE MERCADO.....	36
3.1.	BREVE ESTUDIO DE MERCADO INTERNACIONAL .....	36
3.2.	ESTUDIO DE MERCADO EN EL PERU .....	37
3.2.1.	ESTUDIO DE MERCADO DE ASCENSORES EN CUSCO .....	38
3.2.2.	CUADRO DE ASCENSORES EN CUSCO .....	41
3.2.3.	COMPARACION DE CUADROS ESTADISTICOS .....	45
3.3.	CALCULO DE TRÁFICO VERTICAL EN EDIFICIOS.....	53
3.3.1.	NUMERO DE PARADAS PROBABLES.....	54
3.3.2.	CAPACIDAD HORARIA.....	55
3.3.3.	CALCULO DEL TIEMPO EN MARCHA .....	56
3.3.4.	CALCULANDO EL TIEMPO DE BAJADA .....	58
CAPITULO IV.....		59
4.	DISEÑO CONCEPTUAL.....	59
4.1.1.	FUNCION PRINCIPAL .....	59
4.1.2.	ESTRUCTURA .....	59
4.1.3.	APLICACIÓN .....	60
4.1.4.	MATERIALES .....	60
4.1.5.	COSTOS.....	60
4.1.6.	OPERACIÓN.....	60
4.1.7.	SEGURIDAD.....	61
4.1.8.	ERGONOMÍA .....	61
4.1.9.	MANTENIMIENTO .....	61
4.2.	ESTRUCTURA DE FUNCIONES.....	61
4.3.	MATRIZ MORFOLOGICA .....	63



4.4. EVALUACION TECNICO ECONOMICA DE LOS CONCEPTOS DE SOLUCION .....	66
CAPITULO V.....	71
5. DISEÑO MECANICO DEL ASCENSOR.....	71
5.1. CALCULO DEL PESO DE LA CABINA .....	71
5.2. CALCULO DE AMORTIGUADORES.....	75
5.2.1. AMORTIGUADOR .....	75
5.2.1.1. CALCULO DE AMORTIGUADOR DE LA CABINA .....	80
5.2.1.2. CALCULO DE AMORTIGUADOR PARA CONTRAPESO .....	86
5.3. CALCULO DEL CONTRAPESO .....	90
5.4. SELECCIÓN DEL CABLE DEL LIMITADOR DE VELOCIDAD.....	94
5.4.1. PERFILES DE GARGANTAS DE POLEAS.....	95
5.4.2. CALCULO DE FUERZAS Y PRESIONES ESPECÍFICAS EN LOS CABLES .....	97
5.4.3. DATOS TÉCNICOS DE CABLES DE ELEVACIÓN .....	99
5.5. GUIAS.....	101
5.5.1.1. TIPOS DE PERFILES DE GUIA.....	102
5.5.1.2. CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS GUÍAS.....	103
5.5.2. CALCULO DE GUÍAS .....	103
5.5.2.1. APOYOS SOBRE LAS GUIAS .....	104
5.5.2.2. APOYOS DESLIZANTES.....	104
5.5.2.3. APOYOS SOBRE RODILLOS .....	105
5.5.3. CALCULO DE GUIAS DE LA CABINA.....	105
5.5.4. CALCULO DE GUIAS DEL CONTRAPESO.....	115
5.5.5. CALCULO DEL BASTIDOR DE LA CABINA.....	119
5.5.5.1. OPERACIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO.....	120
5.5.5.2. ACTUACION DE LOS PARACAIDAS TRAS LA FRENADA DE EMERGENCIA.....	128
5.5.5.3. CHOQUE CON LOS AMORTIGUADORES DEL FOSO .....	136
5.5.6. CALCULO DEL BASTIDOR DEL CONTRAPESO .....	145
5.5.6.1. OPERACIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO.....	146
5.5.6.2. ACTUACION DE LOS PARACAIDAS TRAS LA FRENADA DE EMERGENCIA.....	151
5.5.6.3. CHOQUE CON LOS AMORTIGUADORES DEL FOSO .....	155
5.6. SISTEMA DE SUSPENSION.....	162
5.6.1. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LAS CINTAS PLANAS .....	164



5.6.1.1.	FUERZAS EN EL SISTEMA DE ELEVACION .....	164
5.6.1.2.	CINTA SELECCIONADO .....	173
5.6.1.3.	TENSIONES Y DEFORMACIONES EN LAS CINTAS .....	174
5.7.	SELECCIÓN DE MOTOR DE TRACCION .....	177
5.7.1.	MOTOR .....	177
5.7.2.	MOTOR SINCRONO .....	179
5.7.3.	MOTOR ASINCRONO .....	180
5.7.4.	MOTOR GEARLESS .....	181
5.7.5.	CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS ASCENSORES EXISTENTES EN CUSCO 182	
5.7.6.	CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR DEL NUEVO DISEÑO .....	188
5.8.	CALCULO DEL PAR DE FRENADA .....	192
5.9.	RODAMIENTOS .....	195
5.9.1.	RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS SKF .....	196
5.9.2.	CALCULO DE RODAMIENTO.....	197
5.9.3.	DURACION NOMINAL REQUERIDA PARA LOS RODAMIENTOS DE DIFERENTES CLASES DE MAQUINAS.....	198
5.10.	CHAVETAS.....	201
5.10.1.	CALCULO DE CHAVETAS DEL EJE TRACTOR.....	202
CAPITULO VI .....		206
6.	MANTENIMIENTO DEL ASCENSOR.....	206
6.1.	SOBRE EL MANTENIMIENTO DEL ASCENSOR .....	206
6.2.	ALCANCE DE LAS INSPECCIONES.....	207
6.3.	POR EL PROFESIONAL CALIFICADO .....	210
CAPITULO VII.....		212
7.	CALCULO DE AHORRO ENERGETICO .....	212
7.1.	AHORRO ENERGÉTICO EN LA TRACCIÓN .....	212
7.1.1.	AHORRO DE ENERGÍA .....	213
7.2.	CALCULO ESTIMADO DEL AHORRO.....	213
7.3.	ANALISIS ECONÓMICO .....	215
7.3.1.	COSTOS DIRECTOS.....	216
7.3.2.	COSTOS INDIRECTOS DE SERVICIO O GASTOS GENERALES.....	216
7.4.	EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO.....	216
7.4.1.	VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	216



7.4.2.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....	217
7.4.3.	ESTUDIO DE RENTABILIDAD .....	218
7.5.	COMPONENTES A ADQUIRIR.....	218
7.5.1.	METRADO DE LOS COMPONENTES A ADQUIRIR .....	219
7.5.2.	COSTO DE MONTAJE.....	219
7.5.3.	COSTO DE PERSONAL .....	220
7.5.4.	COSTO TOTAL .....	221
7.6.	RENTABILIDAD DE LA MAQUINA .....	222
7.7.	CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS ASCENSORES EXISTENTES EN CUSCO .....	223
7.8.	COTIZACIONES DE ASCENSORES PARA CUSCO, CON CURTO DE MAQUINAS Y SIN CUARTO DE MAQUINAS.....	229
	TERMINOLOGIA DE ASCENSORES .....	233
	CONCLUSIONES.....	238
	RECOMENDACIONES .....	239
	BIBLIOGRAFÍA.....	240
	TESIS CONSULTADAS .....	241
	PAGINAS WEB CONSULTADAS.....	241
	ARTÍCULOS CONSULTADOS .....	242
	SOFTWARE UTILIZADOS .....	242
	ANEXOS.....	243
	PLANOS .....	257



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 PRIMER ELEVADOR CON CUERDAS DE CÁÑAMO .....	8
FIGURA 2 PLANOS DE UN ASCENSOR .....	9
FIGURA 3 DEMOSTRACIÓN DEL PRIMER ASCENSOR PARA PERSONAS POR ELISHA GRAVES OTIS EN EL PALACIO DE CRISTAL DE NUEVA YORK (USA 1854) .....	10
FIGURA 4 ASCENSOR ELÉCTRICO E HIDRÁULICO .....	12
FIGURA 5 ASCENSOR HIDRÁULICO .....	13
FIGURA 6 ASCENSORES CON ACCIÓN DIRECTA E INDIRECTA .....	14
FIGURA 7 ESQUEMA DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO .....	16
FIGURA 8 DIAGRAMA DE VELOCIDAD, MOTOR DE UNA SOLA VELOCIDAD .....	17
FIGURA 9 DIAGRAMA DE VELOCIDAD, MOTORES DE DOS VELOCIDADES.....	18
FIGURA 10 DIAGRAMA DE VELOCIDAD, MOTOR CON VARIADOR DE FRECUENCIA.....	19
FIGURA 11 DIAGRAMA DE VELOCIDADES DE LOS TRES CASOS. ....	19
FIGURA 12 HUECO DEL ASCENSOR .....	22
FIGURA 13 ASCENSOR CON CUARTO DE MAQUINAS.....	23
FIGURA 14 CABINA DEL ASCENSOR.....	23
FIGURA 15 BASTIDOR DE CABINA.....	24
FIGURA 16 CONTRAPESO .....	24
FIGURA 17 MOTOR CONVENCIONAL.....	25
FIGURA 18 MOTOR ELÉCTRICO DE ASCENSOR .....	25
FIGURA 19 LIMITADOR DE VELOCIDAD .....	25
FIGURA 20 FRENO ELECTROMECAÁNICO .....	26
FIGURA 21 MOTOR GEARLESS SÍNCRONO.....	26
FIGURA 22 POLEAS DE DESVIÓ .....	26
FIGURA 23 EJES DE POLEAS.....	27
FIGURA 24 GUÍAS DE LA CABINA Y CONTRAPESO DEL ASCENSOR .....	27
FIGURA 25 DESLIZADORES DE LA CABINA Y CONTRAPESO .....	27
FIGURA 26 PARACAÍDAS DEL ASCENSOR .....	28
FIGURA 27 AMORTIGUADORES DEL ASCENSOR.....	28
FIGURA 28 CINTAS PLANAS.....	29
FIGURA 29 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	29
FIGURA 30 BOTONERAS DE CABINA .....	30
FIGURA 31 PUERTA DE CABINA DEL ASCENSOR.....	30
FIGURA 32 SISTEMA DE CONTROL .....	31
FIGURA 33 ASCENSOR POR TRACCIÓN A CREMALLERA.....	33
FIGURA 34 MONTACARGAS.....	34
FIGURA 35 MONTA CAMAS .....	35
FIGURA 36 MONTACOHES .....	35
FIGURA 37 EDIFICIOS ZONA DE HUANCARO.....	39
FIGURA 38 EDIFICIOS ZONA WANCHAQ, CUSCO .....	39
FIGURA 39 EDIFICIOS ZONA MAGISTERIO .....	40
FIGURA 40 CUADRO ESTADÍSTICO DE TIPOS DE ASCENSORES.....	45
FIGURA 41 MUESTRA EN PORCENTAJES DE TIPOS DE ASCENSORES.....	47
FIGURA 42 PORCENTAJES DE DIFERENTES EDIFICIOS CON ASCENSORES.....	48
FIGURA 43 PORCENTAJES DE ASCENSORES CON/SIN CUARTO DE MAQUINAS .....	49
FIGURA 44 PORCENTAJE DE ASCENSORES CON ILUMINACIÓN .....	50
FIGURA 45 PORCENTAJES DE ASCENSORES CON TIPOS DE SUSPENSIÓN.....	51



FIGURA 46 PORCENTAJE DE ASCENSORES CON TIPOS DE AMORTIGUADORES .....	52
FIGURA 47 BOSQUEJO DEL MEJOR CONCEPTO DE SOLUCIÓN .....	69
FIGURA 48 BOSQUEJO DEL ASCENSOR ELÉCTRICO MODERNIZADO .....	70
FIGURA 49 RESORTE HELICOIDAL CILÍNDRICO .....	77
FIGURA 50 CARGAS EN LOS RESORTES HELICOIDALES.....	77
FIGURA 51 DISTRIBUCIÓN DE TENSIONES, TORSIÓN, CORTADURA EN RESORTES .....	78
FIGURA 52 TENSIONES TANGENCIALES DEBIDO A LA TORSIÓN, CIZALLADORA .....	85
FIGURA 53 TENSIONES EN EL AMORTIGUADOR DEL CONTRAPESO .....	89
FIGURA 54 ZONAS DE PANDEO EN RESORTES HELICOIDALES .....	90
FIGURA 55 ELEMENTOS QUE COMPONEN ASCENSOR ELÉCTRICO.....	93
FIGURA 56 PERFILES DE GARGANTAS PARA POLEAS .....	96
FIGURA 57 GRAFICA DE WORNLE PARA LA DURACIÓN DE CABLES .....	97
FIGURA 58 PERFILES T PARA GUÍAS.....	102
FIGURA 59 PERFIL V PARA GUÍAS.....	103
FIGURA 60 APOYO DESLIZANTE PARA GUÍAS .....	105
FIGURA 61 APOYO SOBRE RODILLOS PARA GUÍAS .....	105
FIGURA 62 PERFIL T PARA GUÍAS DE LA CABINA.....	108
FIGURA 63FUERZAS EMPUJES HORIZONTALES DEBIDO A LA CARGA EN LA CABINA .....	111
FIGURA 64 ESFUERZOS DE FLEXIÓN DEBIDO A LA FRENADA .....	112
FIGURA 65 PERFIL T PARA GUÍAS .....	113
FIGURA 66 PERFIL T PARA GUÍAS DEL CONTRAPESO .....	116
FIGURA 67 CABINA Y SUS BASTIDORES.....	120
FIGURA 68 DIAGRAMA DE FUERZA QUE ACTÚAN SOBRE LARGUERO SUPERIOR.....	121
FIGURA 69 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN LARGUERO SUPERIOR .....	122
FIGURA 70 DIAGRAMA, FUERZAS Y MOMENTOS EN LARGUERO INFERIOR.....	122
FIGURA 71 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN LARGUERO INFERIOR .....	123
FIGURA 72 DIAGRAMAS DE MOMENTOS FLECTORES EN LOS POSTES .....	123
FIGURA 73 PERFIL UPN 100 .....	125
FIGURA 74 MOMENTOS FLECTORES EN TODA LA ESTRUCTURA .....	127
FIGURA 75 FUERZAS Y MOMENTOS EN EL LARGUERO INFERIOR.....	129
FIGURA 76 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN LARGUERO INFERIOR .....	129
FIGURA 77 PERFIL UPN 80 .....	130
FIGURA 78 VIGA BIAPOYADA CON CARGA PUNTUAL EN EL CENTRO.....	132
FIGURA 79 VIGA BIAPOYADA CON CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA.....	132
FIGURA 80 VIGA CON CARGA PUNTUAL EN POSICIÓN GENERALIZADA .....	133
FIGURA 81 MOMENTO INTERNO EN EL EXTREMO DONDE SE HALLA EL ÁNGULO DE DISTORSIÓN .....	133
FIGURA 82 MOMENTO INTERNO EN EL EXTREMO OPUESTO DE DONDE SE HALLA EL ÁNGULO DE DISTORSIÓN .....	133
FIGURA 83 MOMENTOS INTERNOS DEL MISMO VALOR EN CADA EXTREMO.....	134
FIGURA 84 MOMENTOS FLECTORES EN TODA LA ESTRUCTURA .....	136
FIGURA 85 FUERZAS Y MOMENTOS DEBIDOS A LA CARGA REPARTIDA .....	137
FIGURA 86 FUERZAS Y MOMENTOS DEBIDOS AL CHOQUE CON LOS AMORTIGUADORES.....	137
FIGURA 87 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN LARGUERO INFERIOR DEBIDOS A CARGA REPARTIDA	138
FIGURA 88 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN LARGUERO INFERIOR DEBIDO A LA FUERZA DE MUELLES .....	139
FIGURA 89 MOMENTOS FLECTORES RESULTANTES EN LARGUERO INFERIOR .....	139
FIGURA 90 PERFIL UPN 160 .....	140
FIGURA 91 PERFIL UPN 200 .....	143
FIGURA 92 PERFIL UPN 200 .....	143



FIGURA 93 MOMENTOS FLECTORES EN TODA LA ESTRUCTURA .....	144
FIGURA 94 BASTIDOR DEL CONTRAPESO.....	146
FIGURA 95 FUERZAS Y MOMENTOS QUE ACTÚAN EN EL LARGUERO SUPERIOR .....	146
FIGURA 96 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN EL LARGUERO SUPERIOR.....	147
FIGURA 97 FUERZAS Y MOMENTOS EN EL LARGUERO INFERIOR.....	148
FIGURA 98 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DE LARGUERO INFERIOR .....	148
FIGURA 99 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN AMBOS POSTES .....	149
FIGURA 100 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN TODA LA ESTRUCTURA .....	151
FIGURA 101 FUERZAS Y MOMENTOS EN EL LARGUERO INFERIOR .....	152
FIGURA 102 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DE LARGUERO INFERIOR .....	152
FIGURA 103 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES EN TODA LA ESTRUCTURA .....	155
FIGURA 104 FUERZAS Y MOMENTOS EN EL LARGUERO INFERIOR DEBIDO A LA CARGA REPARTIDA .....	156
FIGURA 105 FUERZAS Y MOMENTOS EN EL LARGUERO INFERIOR DEBIDO AL CHOQUE CON LOS AMORTIGUADORES .....	156
FIGURA 106 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEBIDO A LA CARGA REPARTIDA EN EL LARGUERO INFERIOR .....	157
FIGURA 107 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES DEBIDO AL CHOQUE CON AMORTIGUADORES DE FOSO EN EL LARGUERO INFERIOR .....	157
FIGURA 108 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES, TOTAL EN EL LARGUERO INFERIOR.....	158
FIGURA 109 MOMENTOS FLECTORES EN TODA LA ESTRUCTURA DEL BASTIDOR .....	161
FIGURA 110 DIFERENTES SUSPENSIÓN DE ASCENSORES MECÁNICOS.....	162
FIGURA 111 SUSPENSIÓN 1:1 LA MÁQUINA Y LA CABINA TIENEN LA MISMA VELOCIDAD .....	163
FIGURA 112 SUSPENSIÓN 2:1 LA MAQUINA TIENE EL DOBLE DE VELOCIDAD QUE LA CABINA.....	164
FIGURA 113 FUERZAS EN EL SISTEMA DE ELEVACIÓN 2:1 .....	165
FIGURA 114 SISTEMA DE ELEVACIÓN EN EL NUEVO DISEÑO .....	167
FIGURA 115 CINTA PLANA POLIURETANO .....	171
FIGURA 116 SELECCIÓN CINTA PLANA POLIURETANO .....	172
FIGURA 117 CINTA DE SUSPENSIÓN POLIURETANO .....	173
FIGURA 118 TENSIÓN Y DEFORMACIÓN DE LA CINTA PLANA .....	174
FIGURA 119 MOTOR DE TRACCIÓN PARA ASCENSORES.....	177
FIGURA 120 ESQUEMA DE UN MOTOR SÍNCRONO .....	179
FIGURA 121 ROTOR CON IMÁN PERMANENTE.....	179
FIGURA 122 VISTA INTERIOR DE MOTOR SÍNCRONO .....	180
FIGURA 123 MOTOR ASÍNCRONO .....	180
FIGURA 124 MOTOR GEARLESS PARA CINTAS PLANAS .....	181
FIGURA 125 RODAMIENTO RÍGIDO DE BOLAS.....	196
FIGURA 126 DIAGRAMA DE CARGAS SOBRE EL EJE DE LA POLEA .....	197
FIGURA 127 DIAGRAMA DE CARGAS EQUIVALENTES.....	198
FIGURA 128 CHAVETA PARA EJES.....	202
FIGURA 129 ASCENSOR CONVENCIONAL, ASCENSOR SIN CUARTO DE MAQUINAS .....	205



## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	7
CUADRO 2 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE UN ASCENSOR HIDRÁULICO .....	15
CUADRO 3 CUADRO COMPARATIVO, DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO - HIDRÁULICO .....	22
CUADRO 4 NÚMERO DE PASAJEROS Y SU CARGA NOMINAL .....	36
CUADRO 5 ASCENSOR MARCA Y PROCEDENCIA .....	37
CUADRO 6 ASCENSORES EXISTENTES EN CUSCO .....	43
CUADRO 7 ASCENSORES, CON/SIN CUARTO DE MAQUINAS .....	44
CUADRO 8 CANTIDAD DE ASCENSORES ELÉCTRICOS Y ELECTROMECAÑICAS.....	45
CUADRO 9 MARCAS DE ASCENSORES .....	46
CUADRO 10 DIFERENTES EDIFICIOS CON ASCENSORES .....	47
CUADRO 11 ASCENSORES CON/SIN CUARTO DE MAQUINAS .....	48
CUADRO 12 TIPOS DE ILUMINACIÓN EN ASCENSORES .....	49
CUADRO 13 ASCENSORES CON TIPOS DE AMORTIGUADORES .....	51
CUADRO 14 CANTIDAD DE EDIFICIOS DE DIFERENTES PISOS .....	53
CUADRO 15 DATOS PARA ANÁLISIS TRAFICO VERTICAL.....	53
CUADRO 16 CONCLUSIÓN ESTUDIO DE TRÁFICO VERTICAL .....	54
CUADRO 17 ESQUEMA DE INGRESO Y SALIDA DE PASAJEROS E UN ASCENSOR.....	62
CUADRO 18 MATRIZ MORFOLÓGICA DE SOLUCIÓN .....	65
CUADRO 19 VALORACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA .....	68
CUADRO 20 CUADRO COMPARATIVO DE LOS PERFILES UPN.....	144
CUADRO 21 PERFILES UPN PARA CADA ESTADO DE CARGA Y CADA COMPONENTE .....	161
CUADRO 22 CONSUMO DE ENERGÍA ASCENSOR ORONA .....	183
CUADRO 23 CONSUMO DE ENERGÍA ASCENSOR SCHINDLER .....	184
CUADRO 24 CONSUMO DE ENERGÍA ASCENSOR OTIS .....	185
CUADRO 25 CONSUMO DE ENERGÍA ASCENSOR AS ASCENSORES.....	186
CUADRO 26 CONSUMO DE ENERGÍA ASCENSOR OTIS .....	187
CUADRO 27 DURACIÓN NOMINAL REQUERIDA PARA LOS RODAMIENTOS EN HORAS DE FUNCIONAMIENTO .	199



## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 NÚMERO DE PARADAS PROBABLES EN ASCENSORES .....	54
TABLA 2 TIEMPO DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS EN ASCENSORES .....	56
TABLA 3 DETERMINACIÓN, TIEMPO RECORRIDO DEL ASCENSOR .....	57
TABLA 4 EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE SOLUCIÓN .....	66
TABLA 5 CRITERIOS DE EVALUACIÓN .....	67
TABLA 6 FÓRMULAS PARA DETERMINAR ESPESOR DE PLANCHAS DE ACERO A-36 .....	73
TABLA 7 ÁREA DE LA CABINA DEL ASCENSOR, NORMA PERUANA EM-70.....	73
TABLA 8 ÁREA DE LA CABINA DEL ASCENSOR, NORMA UNE-EN 81-1 .....	74
TABLA 9 DENSIDADES DEL MATERIAL HORMIGÓN.....	92
TABLA 10 DATOS TÉCNICOS DE CABLES DE ELEVACIÓN .....	99
TABLA 11 DATOS TÉCNICOS DE CABLES SÉALE 8X19 .....	99
TABLA 12 DATOS TÉCNICOS DE CABLES 6X19 .....	99
TABLA 13 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO.....	106
TABLA 14 TABLA DE PERFILES PARA CABINA .....	107
TABLA 15 COEFICIENTE DE PANDEO Y AUMENTO DE CARGAS ACERO 370 .....	109
TABLA 16 COEFICIENTES DE PANDEO Y AUMENTO DE CARGAS ACERO 620 .....	109
TABLA 17 PERFIL T PARA GUÍAS DE CONTRAPESO .....	116
TABLA 18 AUMENTO DE CARGAS A PANDEO PARA ACERO 370N/MM .....	117
TABLA 19 AUMENTO DE CARGAS A PANDEO PARA ACERO 620N/MM .....	117
TABLA 20 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ACERO S275JR UNE EN 10025.....	124
TABLA 21 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PERFILES UPN 100 .....	125
TABLA 22 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PERFILES UPN 80 .....	126
TABLA 23 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PERFIL UPN 80, 100, 120 .....	130
TABLA 24 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR GEARLESS .....	189
TABLA 25 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MOTOR GEARLESS .....	190
TABLA 26 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RODAMIENTO DE BOLAS SKF .....	201
TABLA 27 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CHAVETAS .....	203
TABLA 28 LONGITUDES DE CHAVETAS CON DIFERENTES LONGITUDES .....	204



## LISTA DE SIMBOLOS

A	Sección transversal, área de la plancha de acero A-36, Área, ancho del bloque de contrapeso,
a	Lado mayor de la plancha de acero
$a_{\max}$	Deceleración máxima
$a_{\text{fren}}$	Aceleración de frenado
b	Lado menor de la plancha de acero, ancho de la cabina del ascensor, largo de bastidor de la cabina
C	Capacidad
D	Diámetro de la polea, distancia entre dos pisos
$D_e$	Diámetro externo del resorte
$D_i$	Diámetro interno del resorte
$D_m$	Diámetro medio
$D_s$	Diámetro exterior
d	Diámetro de la espira, diámetro de cables
E	Modulo del acero
$E_{pe}$	Energía potencial elástica
$e_y$	Excentricidad de la carga respecto al eje y
$e_z$	Excentricidad de la carga respecto al eje z
F	Fuerza de tracción
F <sub>x</sub>	Solicitación sobre la guía en el eje “x”
F <sub>y</sub>	Solicitación sobre la guía en el eje “y”, fuerza radial de un rodamiento
F <sub>max</sub>	Fuerza del resorte totalmente comprimido
F <sub>b</sub>	Fuerza de actuación del paracaídas
f	Coefficiente de fricción, frecuencia de giro del motor
$f_{\max}$	Carrera del amortiguador
$f_f$	Flecha a flexión



$f_t$	Flecha a torsión
$f.s$	Factor de seguridad
G	Módulo de cortadura del material, módulo de muelle, peso de valoración técnica criterios.
g	Aceleración de la gravedad
H	Altura
Hb	Altura del bloque de contrapeso
Hc	Altura total del contrapeso
h	Distancia entre rozaderas
I	Momento de inercia de los perfiles
$I_{xx}$	Momento de inercia en el eje x
$I_{yy}$	Momento de inercia en el eje y
$i_{yy}$	Radio de giro mínimo
$i_{min}$	Radio de giro mínimo de perfil
J	Momento de inercia
$J_p$	Momento de inercia polar de la sección de la espira
$J_1$	Momento de inercia del rotor
$J_2$	Momento de inercia de la polea
k	Es la rigidez del resorte o rigidez del muelle
L	Largo del bloque de contrapeso
$L_{cint}$	Longitud total de las cintas planas de suspensión
$L_o$	Longitud libre, longitud inicial del muelle
$\ell$	Longitud del resorte sometido a torsión
$l_k$	Distancia entre los anclajes de las guías
$M_t$	Par torsión
$M_{bloque}$	Masa del bloque de contrapeso
$M_{cabina}$	Masa de la cabina
$M_{plancha A-36}$	Masa de la plancha de acero
$M_{vidrio}$	Masa del vidrio



$M_{bastidor}$	Masa del bastidor de la cabina
$M_{contrapeso}$	Masa del contrapeso
$M_1$	Momentos internos en los extremos del larguero superior
$M_2$	Momentos internos en los extremos del larguero superior
$M_1'$	Momento flector
$m_L$	Masa de las cintas planas de suspensión
$N_p$	Número de paradas
$N_{pp}$	Número de paradas probables
$n$	Numero de espiras activas, numero de cables
$P$	Paso, criterio de puntaje
$PP$	Número de pasajeros
$p$	Presión específica
$p_{max}$	Presión específica máxima
$Q$	Carga nominal de los pasajeros
$q$	Carga nominal repartida
$R_h$	Empuje horizontal sobre las guías
$S_1, S_2, S_3$	Posibles soluciones
$T$	Fuerza de frenado que actúa sobre los cables
$T_b$	Tiempo de bajada
$T_o$	Tiempo de entrada de pasajeros
$T_p$	Tiempo de apertura o cierre de puertas
$T_{pps}$	Tiempo de subida entre dos paradas probables
$T_s$	Tiempo de subida
$T_t$	Tiempo de salida de pasajeros
$T_u$	Tiempo unitario de apertura y cierre de puertas
$T_1$	Tiempo de parada, fuerza del ramal más cargado
$T_2$	Fuerza del ramal menos cargado
$v$	Velocidad nominal del ascensor
$W_t$	Momento máximo
$w$	Peso total del acero, aumento de carga a pandeo, carga total de la plancha de acero.



$w_1$	Peso distribuido en toda la superficie
$w_2$	Peso de la plancha
$\omega_o$	Frecuencia de vibración
$\omega$	Coefficiente de aumento de carga de pandeo
X	Valoración técnica en eje “x”
x	Incógnita, alargamiento del resorte
Y	Valoración económica en eje “y”
$y_i$	Valor relativo
$\rho$	Densidad del acero,
$y_{\max}$	Elongación máxima
$\alpha$	Ángulo de hélice, relación de longitud de la cabina, ángulo del arco abrazado por el cable a lo largo de la polea, ángulo de arrollamiento de las cintas.
$\beta$	Ángulo del arco cortado, ángulo de garganta entallada
$\gamma_{se}$	Factor de seguridad
$\lambda$	Coefficiente de esbeltez
$\lambda_{cinta}$	Densidad lineal de las cintas planas de suspensión
$\delta_{\max}$	Deflexión máxima
$\varepsilon$	Relación de diámetros externos e internos
$\eta$	Rendimiento total
$\eta_2$	Rendimiento mecánico del sistema
$\eta'_g$	Rendimiento de transmisión
$\eta_{RS}$	Rendimiento del sistema de elevación
$\eta_S$	Rendimiento de la polea
$\mu$	Coefficiente de rozamiento



## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1. TEMA.

**“Diseño de un módulo experimental de un Ascensor a consumo eficiente de Energía”**

#### 1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

##### 1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En nuestra región no se tiene conocimiento de ascensores que sean eficientes en su consumo de energía.

Por esta razón en la presente tesis de investigación se analizará y se presentara una metodología para modificar y modernizar el diseño de ascensores ya existentes en Cusco, para optimizar el ahorro de energía.

En nuestra región Cusco no existe este tipo de Ascensores con energía reducida y por ende es nuestra preocupación por mejorar la tecnología del parque de Ascensores, aplicables a cualquier tipo de construcciones antiguas, nuevas ya que es una necesidad en la comunidad poblacional, como en edificios unifamiliares, multifamiliares, centros comerciales, residencias, condominios, hospitales, universidades, estadios, clínicas u otros.

En ascensores ya instalados en nuestra ciudad del Cusco se pudo apreciar el alto consumo de energía, por consiguiente se realizara cálculos en grupo electromecánico, sus mecanismos y otros componentes, para conseguir ahorro energético.

##### 1.1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

En vista de que en la ciudad del Cusco existe el alto consumo de energía eléctrica en ascensores ya instalados, por consiguiente en la tesis de investigación se plantearan nuevas posibilidades y aplicación con nuevas tecnologías, la adaptación de gran parte de los



componentes para reducir su consumo de energía, abaratar costos para ofrecer buenas prestaciones y un buen confort al usuario.

**¿Cómo realizar el diseño mecánico de un ascensor para que tenga consumo eficiente de energía?**

### **1.1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.**

En la ciudad del Cusco se tiene conocimiento pleno que los ascensores de movimiento vertical, existentes de 4 a 25 pasajeros de 3 hasta 12 paradas, la tesis de investigación que nosotros nos dedicaremos a analizar es cómo podemos diseñar un ascensor para que sea óptimo en su consumo de energía.

Ante la sociedad tan cambiante, la cual forma parte de mercados cada vez más globalizados donde la competitividad es el imaginario que dirige las acciones empresariales en la actualidad, es necesario innovar tecnología nueva y moderna para dar mayores oportunidades con exigencias para el desarrollo de nuestra región, cosa que esta sea ventajas competitivas. La fuente de estas ventajas está en las actividades que desarrolla, por lo que la eficiencia en sus procesos representa un foco de acción para la población.

Por esta razón, se hace necesario analizar la factibilidad de modernizar e implementar tecnología en ascensores que sean eficientes en su consumo de energía.

En nuestra región de Cusco que esta escoltada por dos cadenas de cerros, hace que el crecimiento urbano horizontal se haya detenido su expansión, debido al vertiginoso crecimiento de la ciudad, al verse limitadas ante una expansión horizontal se han encontrado en la expansión vertical en las construcciones, pues los edificios son la solución a la demanda de viviendas en Cusco, por ello en la actualidad los ascensores son considerados como uno de los transportes de mayor uso.

### **1.1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1.4.1. ALCANCES.**

El alcance de la tesis compete al área de Ingeniería Mecánica en cuanto al diseño mecánico del ascensor y al desarrollo de los correspondientes planos mediante software CAD.

Se empleara los conocimientos adquiridos en diseño de máquinas en el cálculo de grupo tractor, cálculo de la cabina, contrapeso, el análisis de cargas, deformaciones



y en general en todos aquellos que se necesiten pertenecientes a la especialidad en mecánica para la selección y dimensionado de los principales mecanismos y componentes del ascensor a partir de los catálogos y de acuerdo a la norma vigente.

Se realizara también una breve descripción de la instalación eléctrica y electrónica así como los principales componentes y la selección de los mismos, finalmente se incluirá un estudio económico.

#### **1.1.4.2. LIMITACIONES.**

Solamente se hará el diseño de un módulo experimental en un ascensor de 8 pasajeros para 6 paradas.

### **1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.**

#### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL.**

Realizar el diseño, calculo y dimensionamiento de un módulo experimental de un ascensor a consumo eficiente de energía para edificios de 6 paradas, 8 pasajeros en la ciudad del Cusco.

#### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- a.** Resumir planteamientos teóricos directamente relacionados en el área de diseño de un ascensor.
- b.** Analizar las instalaciones de ascensores tradicionales en la ciudad del Cusco.
- c.** Analizar y calcular si es posible reducir el número de componentes para conseguir la máxima eficiencia energética posible y sus dimensiones para obtener una máquina compacta adecuada.
- d.** Construir el módulo experimental del ascensor.



### **1.3. HIPOTESIS.**

Es posible realizar el diseño de un módulo de un ascensor a consumo eficiente de energía en la ciudad del Cusco.

### **1.4. VARIABLES.**

#### **1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

- Reducción de energía
- Peso del ascensor.
- Variación de componentes del ascensor.

#### **1.4.2. VARIABLES DEPENDIENTES.**

Ascensor a consumo eficiente de energía.

### **1.5. METODOLOGÍA.**

#### **1.5.1. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

Se tomara como población 105 ascensores instalados en la ciudad del Cusco, con una muestra de 5 ascensores.

#### **1.5.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Las técnicas que se ven por conveniente utilizar en este trabajo para la recopilación, presentación, análisis e interpretación de los datos numéricos, datos reales, datos concretos en determinados aspectos que nos conlleven a la obtención de una información adecuada y veraz que ayude a la elaboración del trabajo de investigación en el presente diseño, siendo las sgtes:

1. Estadística.- Información que refleja las características cuantitativas de los fenómenos investigados.



2. Documentales.- Se obtendrá información bibliográfica y otras fuentes de información documental para elaborar la presente investigación de trabajo y diseño.
3. Se recurrirá a edificios de entidades privadas, públicas y condominios para la observación del tipo de ascensores que utilizan.
4. Páginas Web, Internet.

### **1.5.3. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.**

Después de elaborar la investigación en diferentes tipos de ascensores se hará una evaluación crítica de los datos obtenidos a fin de garantizar la veracidad y confiabilidad de los mismos, se organizaran y procesaran los datos finales. A partir de los datos procesados se hará un análisis exploratorio de los mismos.



**1.5.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>DEFINICION DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES INDICADORES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<p>Cómo realizar el diseño mecánico de un ascensor para que tenga consumo eficiente de energía, para edificios de 6 paradas.</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL.</b></p> <p>El objetivo es realizar el diseño de un módulo experimental de un ascensor a consumo eficiente de energía para edificios de 6 paradas en la ciudad del Cusco.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b></p> <p>1.-Analizar las instalaciones de ascensores tradicionales en la ciudad del Cusco.</p> <p>2.-Analizar y calcular si es posible reducir el número de componentes para conseguir la máxima eficiencia energética posible y sus dimensiones para obtener una máquina compacta adecuada.</p>	<p>Es posible realizar el diseño de un módulo de un ascensor a consumo eficiente de energía en la ciudad del Cusco</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>1.-Producción de energía</p> <p>2.-Peso del ascensor.</p> <p>3.-Variación de componentes del ascensor</p> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTES.</b></p> <p>Ascensor a consumo eficiente de energía.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN.</b></p> <p>El estudio previsto es una tesis de titulación en Ingeniería Mecánica, para el desarrollo tecnológico donde se elaborara un diseño mecánico.</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA.</b></p> <p>Se tomara como población 105 ascensores instalados en la ciudad del Cusco, con una muestra de 5 ascensores.</p> <p><b>TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS</b></p> <p>Las técnicas que se ven por conveniente utilizar en este trabajo para la recopilación, presentación, análisis e interpretación de los datos numéricos, datos reales, datos concretos en determinados aspectos que nos conlleven a la obtención de una información adecuada y veraz que</p>



				<p>ayude a la elaboración del trabajo de investigación en el presente diseño, siendo las sgtes:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Estadística</li><li>2.Documentales</li><li>3.Se recurrirá a entidades privadas y públicas</li><li>4. Internet.</li></ol>
--	--	--	--	---

**CUADRO 1 Matriz de consistencia**

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1. HISTORIA DEL ASCENSOR

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 eran accionados por una máquina de vapor, ya fuera directamente o a través de algún tipo de tracción hidráulica.

La primera referencia de un ascensor aparece en las obras del arquitecto romano Vitruvio, que dice de Arquímedes (287 a. C. – 212 a. C.) que había construido un primer elevador probablemente en 236a.c. En algunas fuentes literarias de épocas posteriores los ascensores se mencionaron como cabinas sostenidas con cuerda de cáñamo y accionadas a mano o por animales. Se supone que ascensores de ese tipo se instalaron en el monasterio de Sinaí, en Egipto.

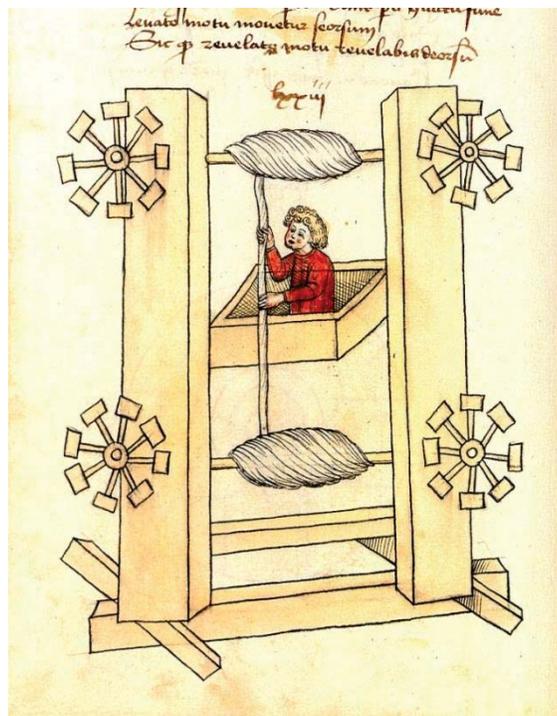


FIGURA 1 Primer Elevador con cuerdas de Cáñamo



Sobre el año 1000, en el Libro de los Secretos escrito por Ibn Khalaf al-Muradi, de la España islámica se describe el uso de un ascensor como dispositivo de elevación, a fin de subir un gran peso para golpear y destruir una fortaleza.

En el siglo XVII, había prototipos de ascensores en algunos edificios palaciegos ingleses y franceses.

Los ascensores antiguos y medievales utilizaban sistemas de tracción basados en el mecanismo de la grúa. La invención de otro sistema basado en la transmisión a tornillo, fue tal vez el paso más importante en la tecnología del ascensor desde la antigüedad, lo que finalmente condujo a la creación de los ascensores de pasajeros modernos. El primer modelo fue construido por Ivan Kulibin e instalado en el Palacio de Invierno en 1793, mientras que varios años más tarde, otro ascensor Kulibin fue instalado en Arkhangelsk, cerca de Moscú. En 1823, se inaugura una "cabina de ascenso" en Londres.

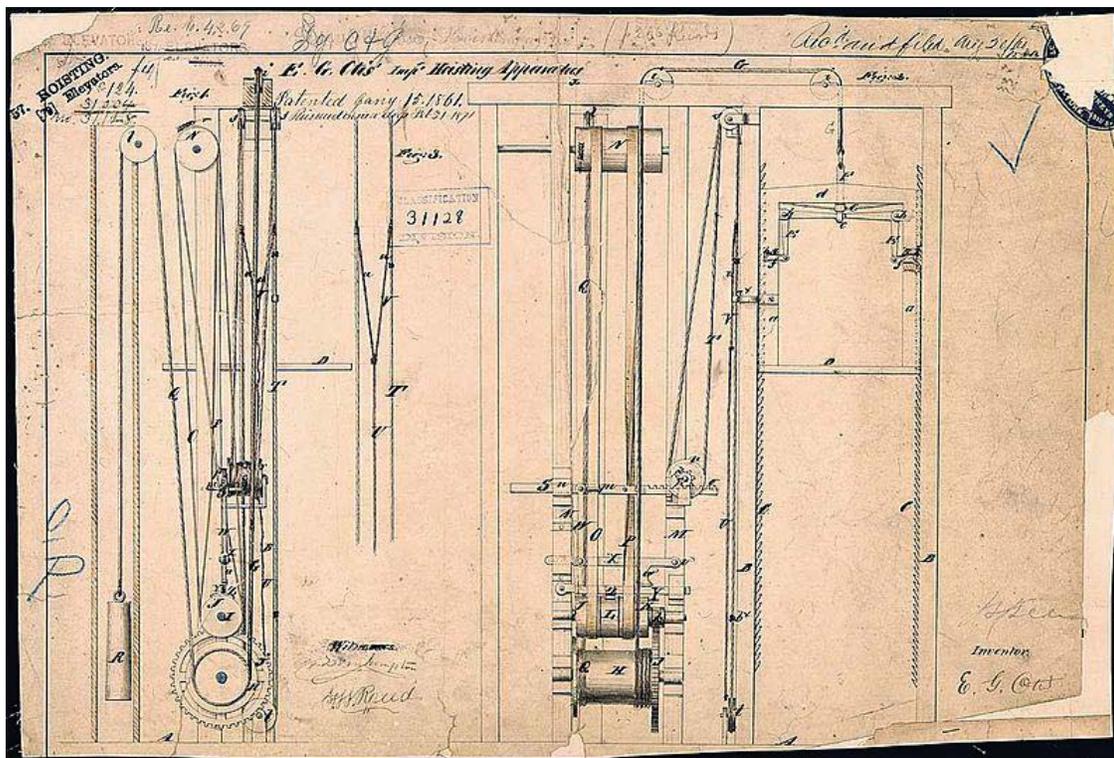


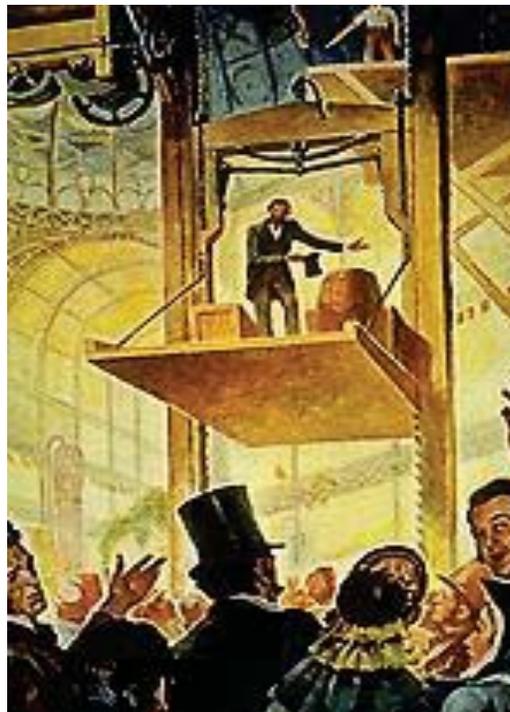
FIGURA 2 Planos de un ascensor

Históricamente el primer ascensor fue desarrollado por Arquímedes en el año 236 a.c. funcionaba a través de cuerdas y poleas. Con la invención de la máquina de vapor por James Watt, en 1835 se utilizó un ascensor que era movido por una maquina a vapor para levantar cargas en una fábrica de Inglaterra. Diez años más tarde William Thompson diseño el primer ascensor hidráulico que utilizaba la presión del agua.



Elisha Graves Otis nació en 1811 en Halifax (Vermont, USA). Trabajando como mecánico especialista en una empresa de camas, en 1852 fue enviado a Yonkers Nueva York, USA para montar una nueva factoría e instalar su maquinaria. Allí diseñó e instaló lo que llamó el ascensor seguro, el primer elevador con un dispositivo automático de seguridad que evitaba la caída del elevador cuando el cable se rompía. Al año siguiente abandonó la empresa y fundó una pequeña factoría en Yonkers, vendiendo el primer ascensor el 20 de Septiembre de 1853.

En el año de 1854 hizo una demostración pública en el palacio de cristal de Nueva York, elevando su ascensor a una cierta altura y cortando el cable de sustentación, mostrando la seguridad de su aparato.



**FIGURA 3** Demostración del primer ascensor para personas por Elisha Graves Otis en el palacio de cristal de Nueva York (USA 1854)

*Fuente (Libro de Elevadores principios e innovaciones de Antonio Miravete/Emilio Larrode)*

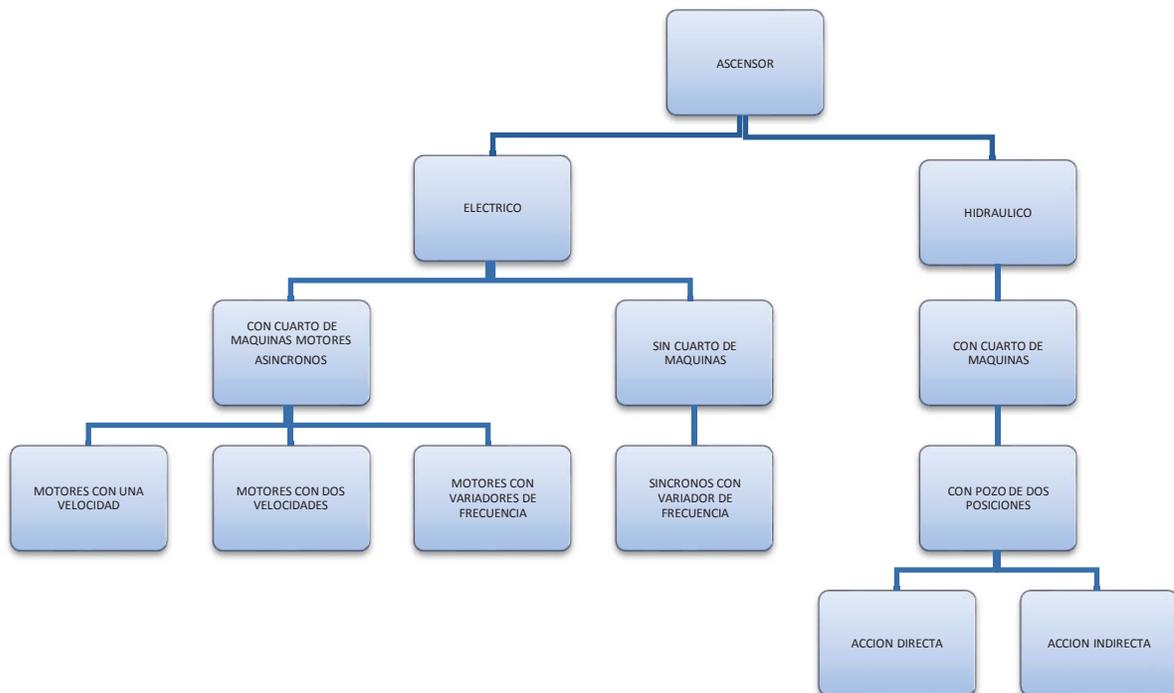


## 2.2. ASCENSOR

Uno de los temas de más relevancia dentro del tráfico de personas y cargas en cualquier edificación es el transporte vertical. Hoy en día todas las edificaciones están condicionadas por el ascensor, el montacargas, la escalera mecánica y el andén móvil hasta el punto que es difícil imaginarse cualquier tipo de construcción sin algún tipo de los elementos de transporte vertical anteriormente citados.

### 2.2.1. DEFINICION DEL ASCENSOR

Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles. Puede ser utilizado ya sea para ascender o descender en un edificio o una construcción subterránea. Se conforma con partes mecánicas, eléctricas y electrónicas que funcionan conjuntamente para lograr un medio seguro de movilidad.



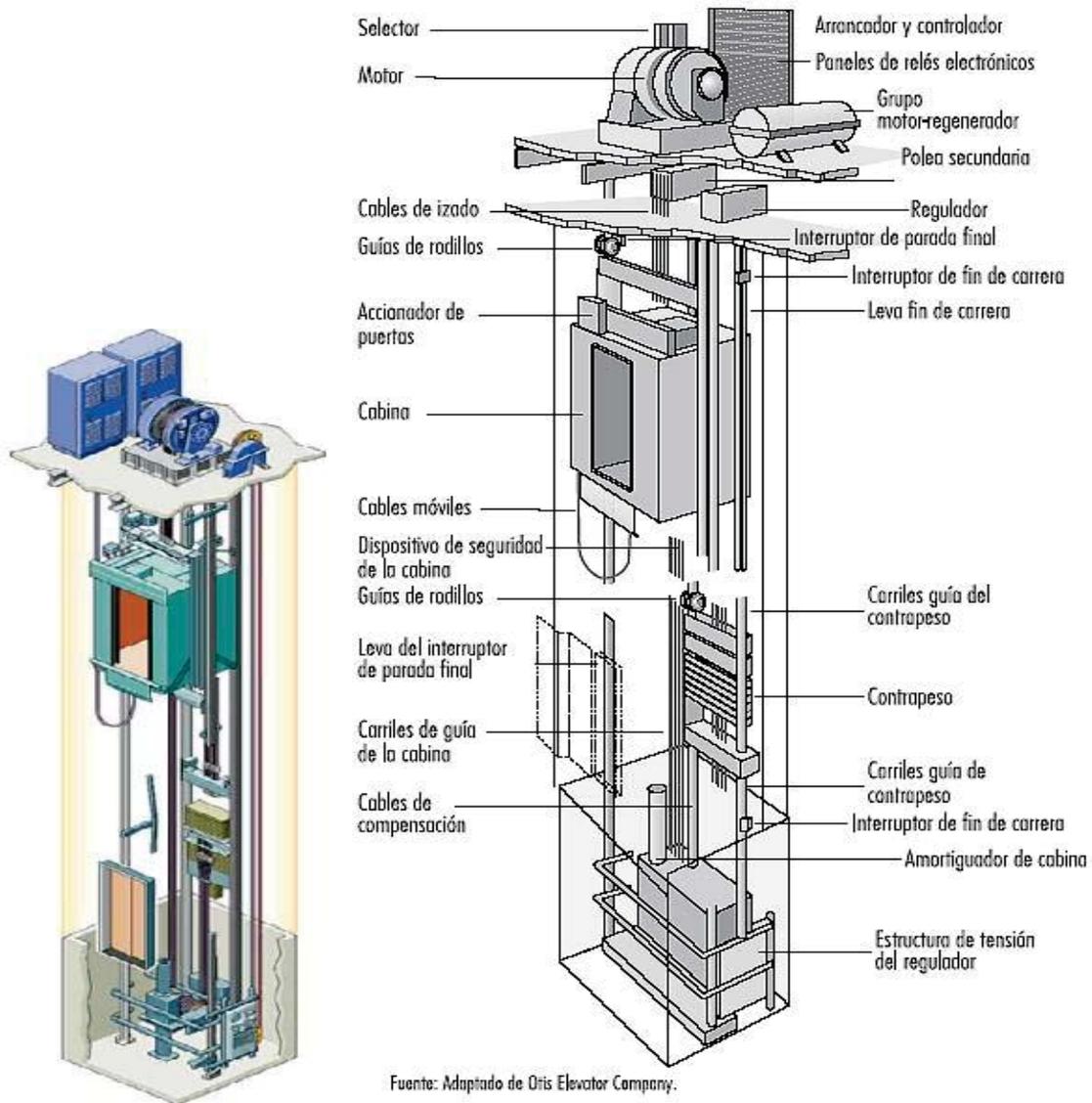


FIGURA 4 Ascensor Eléctrico e Hidráulico

### 2.3. TIPOS BÁSICAS DE ASCENSORES

La diferencia básica entre los dos tipos de ascensores que se emplean es su sistema de propulsión, y así se tiene dos tipos de ascensores, los hidráulicos y los eléctricos.

### 2.3.1. ASCENSOR HIDRÁULICO

El ascensor hidráulico u oleodinámico es aquel que se sirve de un fluido incompresible, en este caso de aceite, y sin un contrapeso para elevar una cabina que se encuentra situada en el extremo de un pistón hidráulico.

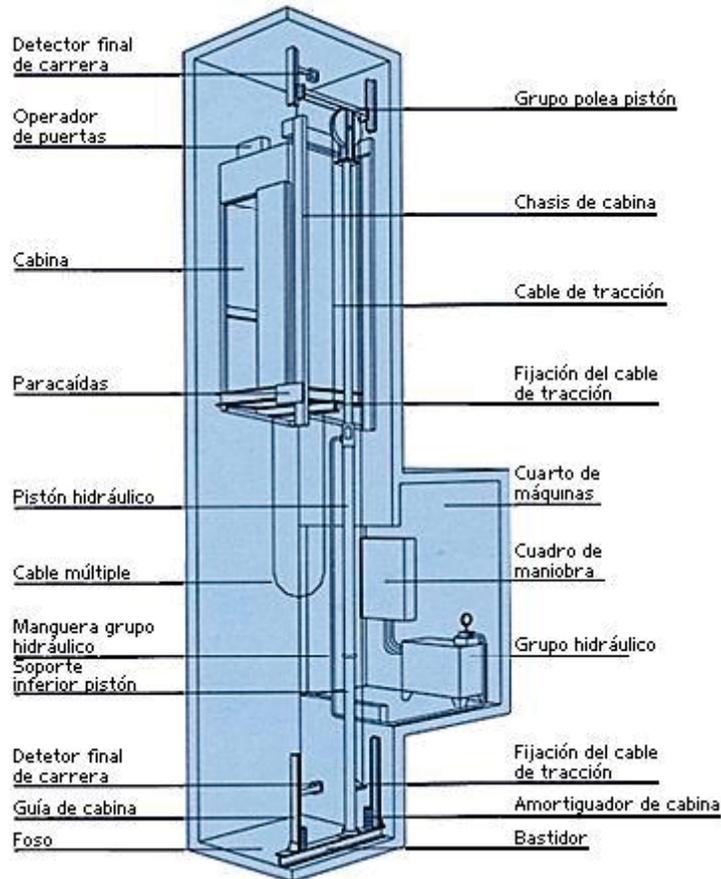


FIGURA 5 Ascensor Hidráulico

### 2.3.2. INSTALACIÓN TÍPICA DE UN ASCENSOR HIDRÁULICO

El accionamiento se logra mediante una central hidráulica, formada por un motor eléctrico que está acoplado a una bomba hidráulica, la cual impulsa el aceite a presión a través de unas válvulas de maniobra y seguridad, desde un depósito a un cilindro, cuyo pistón es el que sostiene y empuja la cabina para ascender. En el descenso se deja vaciar el pistón del aceite contenido en él mediante una válvula con gran pérdida de carga, para que esta acción se produzca suavemente. De esta forma, el ascensor sólo consume energía en el ascenso.

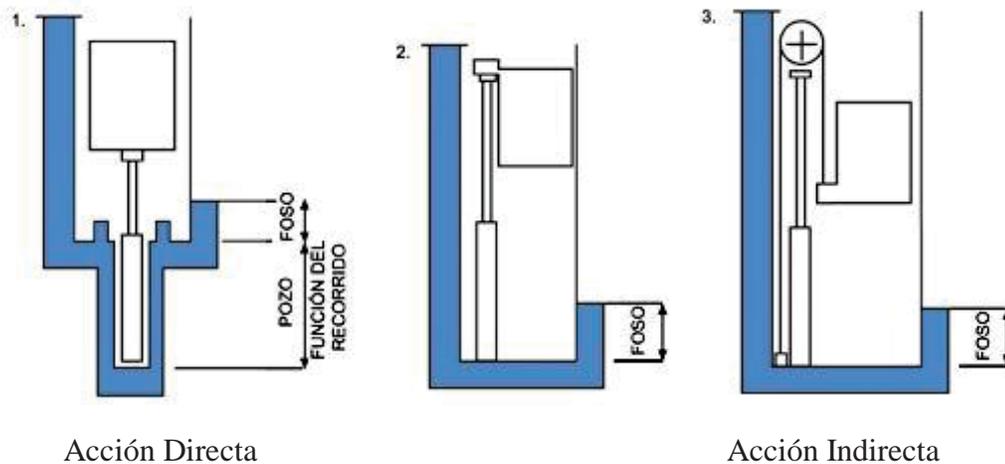


Estos ascensores a su vez se pueden clasificar de dos maneras distintas, la primera, según la forma en la que se accione la cabina, y la segunda, según dónde esté posicionado el cilindro en el hueco del ascensor, tal y como se muestra en la Figuras.

### 2.3.3. TIPOS DE ACCIONAMIENTOS Y TIROS DE UN ASCENSOR HIDRÁULICO

**Acción indirecta.**-la cabina es impulsada por el pistón por medio de cables.

**Acción Directa.**-la cabina es impulsada directamente por el pistón.



**FIGURA 6 Ascensores con acción Directa e Indirecta**

En la primera, se encuentran los ascensores de acción directa e indirecta. En los ascensores de acción directa el pistón impulsa directamente la cabina, siendo utilizado generalmente en ascensores de bajo recorrido. En los ascensores de acción indirecta el movimiento del pistón, que está acoplado a un sistema de poleas, impulsa la cabina por medio de cables, permitiendo mayores recorridos y velocidades que los anteriores.

Y en la segunda, están los ascensores de tiro directo lateral, en los que el pistón está apoyado en el foso, próximo a una de las paredes y empujando al bastidor desde la parte superior, utilizándose en cabinas de poca anchura. También existen los que emplean dos cilindros, permitiendo alturas y cargas mayores, y solucionando el problema que presentan los de uno con la excentricidad de la carga respecto al pistón, que produce un excesivo rozamiento en las guías. Mientras que en los de tiro directo central el pistón se encuentra enterrado y empuja al bastidor de la cabina desde abajo, siendo muy utilizados para cortos recorridos y con un buen aprovechamiento del espacio.



Ventajas e inconvenientes de un ascensor hidráulico

<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIETES</b>
Ahorro del cuarto de máquinas en la parte superior del hueco	Potencia instalada mayor a igualdad de prestaciones con un ascensor eléctrico
Desgaste menor debido a la presencia del baño de aceite	Costo de mantenimiento elevado
Arranque y paradas suaves	Recorrido limitado hasta 27 m
La carga de elevación no sobrecarga la estructura	Dependencia a la temperatura del aceite
No precisan de paracaídas en el chasis	Velocidades nominales más bajas (0.63 m/s)

**CUADRO 2 Ventajas e inconvenientes de un ascensor hidráulico**

### **2.4. ASCENSOR ELÉCTRICO**

El ascensor eléctrico es aquel que mediante un motor eléctrico proporciona movimiento vertical a un sistema en suspensión, el cual se compone por un lado, de una cabina de pasajeros, y por el otro, de un contrapeso. Todo ello funciona con un sistema de guías verticales y consta de elementos de seguridad como el amortiguador situado en el foso parte inferior del hueco del Ascensor y un limitador de velocidad mecánico, que detecta el exceso de velocidad de la cabina para activar el sistema de paracaídas, que automáticamente detiene el ascensor en el caso de que esto ocurra.

Este tipo de ascensor está formado por un grupo tractor, consistente en un motor eléctrico, un freno, un reductor de velocidad acoplado al motor y una polea de tracción montada a la salida del eje del reductor, que es la que arrastra los cables de suspensión por adherencia. La cabina y el contrapeso se encuentran suspendidos de estos cables y guiados a través del hueco del ascensor por las guías. En algunos casos, principalmente en edificios de gran altura, existen cables de compensación que cuelgan de ambos y que los unen entre sí.

En materia de seguridad se encuentran el limitador de velocidad, el cable del limitador y el sistema de paracaídas. Y en cuanto a la instalación fija, aparte de las guías, se encuentran los amortiguadores, el cuarto de máquinas, las poleas y las puertas de acceso a los diferentes niveles.



# DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA

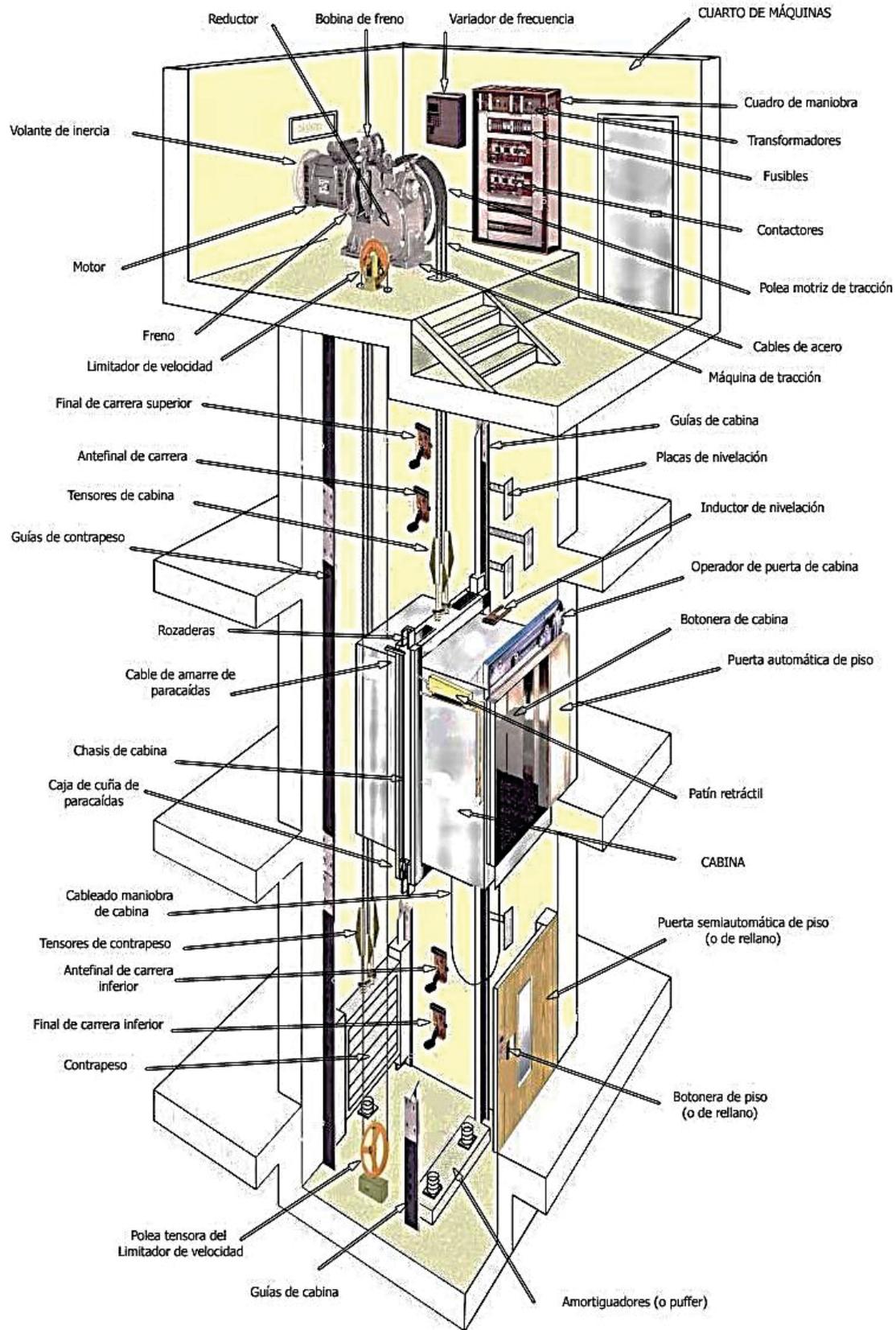


FIGURA 7 Esquema de un ascensor eléctrico



### 2.4.1. INSTALACIÓN TÍPICA DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO

A su vez, los ascensores eléctricos se pueden dividir en función del motor eléctrico que se instale en ellos en, ascensores de una velocidad, de dos velocidades y los que emplean variador de frecuencia.

#### a) CON UNA VELOCIDAD

Los motores de una velocidad se emplean en elevadores que no sobrepasan la velocidad de 0,70 m/s. Estos ascensores arrancan y paran a la misma velocidad de forma que la parada es más brusca y la nivelación menos precisa, por lo que presentan un nivel de confort bajo. Su mayor utilización tiene lugar en edificios de viviendas bajas.

Los grupos tractors con motores de una velocidad, solo se utilizan para ascensores de velocidades no mayores de 0.7m/s, por lo general eran colocados en ascensores de viviendas de 300kg y 4 personas.

Su nivel de parada es muy impreciso y varía mucho con la carga, incluso es distinto en subida como bajada. En muchos países está prohibida su instalación para nuevos ascensores por su imprecisión en la parada.

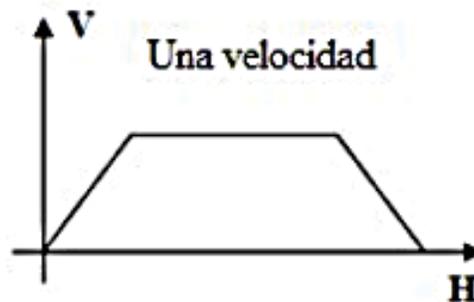


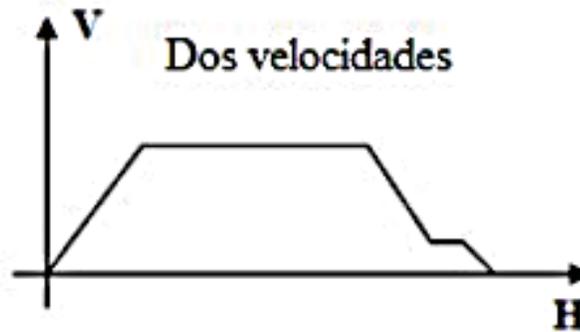
FIGURA 8 Diagrama de velocidad, motor de una sola velocidad

#### b) CON DOS VELOCIDADES

Por otro lado, los motores de dos velocidades que son capaces de soportar el tráfico intenso se utilizan en ascensores con velocidades de hasta 1 m/s, en donde el elevador reduce la velocidad antes de producirse la parada a una velocidad de nivelación 0,25 m/s, mejorando los inconvenientes del caso anterior y aumentando el confort, empleándose en edificios de viviendas altos y oficinas, representado la velocidad en función de la distancia entre dos paradas consecutivas, donde se puede comprobar que el ascensor de dos velocidades llevará

a cabo el recorrido con menores deceleraciones, y por lo tanto, con mayor confort para los pasajeros.

Los grupos tractores de dos velocidades poseen motores trifásicos de polos conmutables, que funcionan a una velocidad rápida y otra lenta según la conexión de los polos. De esta manera se obtiene con una velocidad de nivelación baja un frenado con el mínimo de error (aproximadamente 10 mm de error) y un viaje más confortable. Estos grupos tractores en la actualidad están en retirada, ya que consumen demasiada energía y son algo ruidosos.



**FIGURA 9** Diagrama de velocidad, motores de dos velocidades

### c) CON VARIADOR DE FRECUENCIA

La tendencia actual es la integración de un variador de frecuencia que permita regular la velocidad del ascensor para optimizar la marcha del mismo y conseguir que el usuario recorra la distancia requerida en el menor tiempo posible y con el máximo confort.

Estos ascensores tienen la trayectoria de su velocidad curva permitiendo una arrancada y parada más suave y confortable, y una nivelación aún más exacta respecto al de 2 velocidades. Otras ventajas son que esa curva se puede regular los consumos son más bajos al hacer arrancadas más suaves y, por tanto, el desgaste de los frenos y el sufrimiento de los componentes mecánicos es menor en otros se llega a velocidades de 1.6 m/s. Para velocidades mayores se usan otras tecnologías, otros fabricantes llegan hasta 2.5 m/s. El más rápido del mundo es de 8 m/s.

Además, la gráfica de la velocidad en función del tiempo entre dos paradas consecutivas presenta una forma curvada, lo que permite un arranque y parada más suave y confortable, y una nivelación aún más exacta respecto al de dos velocidades. Como consecuencia, sus consumos son más bajos y el desgaste de los frenos y el sufrimiento de los componentes mecánicos es menor.



Los variadores de frecuencia para ascensores como bien lo expresa su nombre tienen la función de variar la frecuencia de la electricidad que le es suministrada a los ascensores, ellos son los encargados de hacer que esas velocidades de las cuales estamos hablando, se establezcan, se normalicen, así el ascensor pueda manejarse con completa normalidad y sin riesgo de sufrir accidentes.

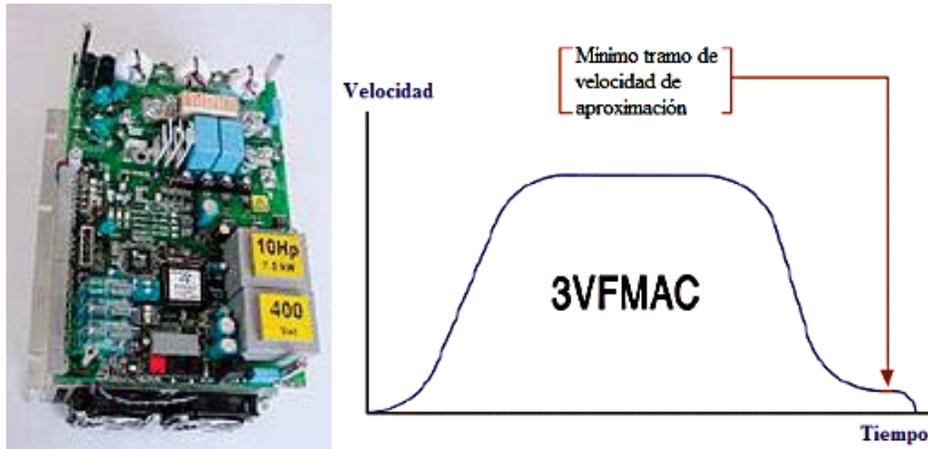


FIGURA 10 diagrama de velocidad, motor con variador de frecuencia

En conclusión se tiene:

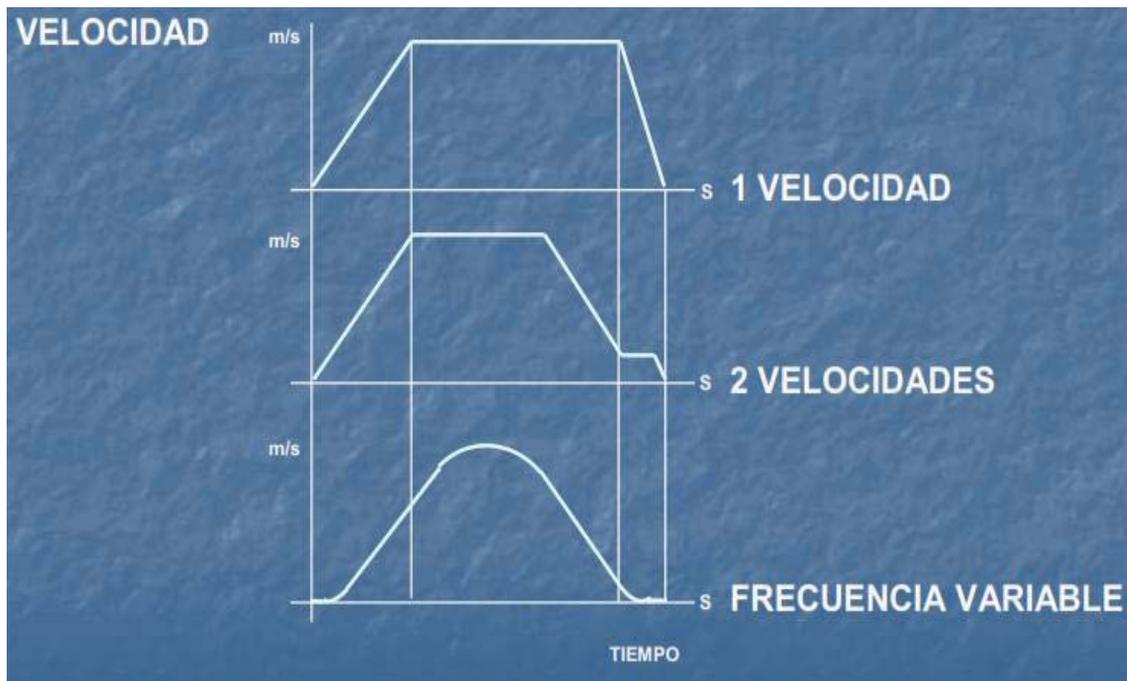


FIGURA 11 Diagrama de velocidades de los tres casos.



#### **2.4.2. CUADRO COMPARATIVA ENTRE ASCENSORES ELÉCTRICOS E HIDRÁULICOS.**

Son varias las ventajas e inconvenientes que presenta un ascensor eléctrico frente a uno hidráulico, de manera que la elección de uno u otro depende de las condiciones específicas del edificio en el que se quiera instalar.

Para completar la descripción de los ascensores eléctricos e hidráulicos, en el cuadro, se muestran las principales diferencias que existen entre estos dos sistemas de transporte vertical.



CARACTERISTICAS	ELECTRICOS	HIDRAULICOS
Velocidad	Mayor que 1m/s	Menor o igual a 0.63m/s
Altura	Sin limitación de recorrido	Recorrido limitado
Utilización	Más extendido	Poco extendido
Desplazamiento	Más rápido	Más lento
Accionamiento	Solamente precisan de un motor eléctrico para ponerse en marcha, que es accionado tanto en subida como en bajada.	Precisa además de un motor y una bomba para impulsar el aceite que solo es accionada en los trayectos de subida.
Arranques y paradas	Muy suaves en arranques y paradas	Muy bruscos, arranques y paradas
Aceite	No emplean aceite	Si emplean aceite y dependencia respecto a la temperatura del aceite.
Preferencia	Más preferencia por eléctricos por seguridad y modernos, figuran en primer lugar.	Menos preferencia figuran en segundo lugar
Instalación	Menos flexible debido a sus características constructivas	Mayor, debido a su gran capacidad de adaptación.
Consumo de energía	Menos consumo	Más consumo
Carga	Menor capacidad	Mayor capacidad
Ubicación del cuarto de maquinas	En la parte superior del edificio o en el hueco	En cualquier nivel del edificio, parte superior o inferior
Contrapeso	Si tiene	No tiene
Costo de Instalación	Menor el costo de instalación.	Es mayor su costo de instalación.
Potencia	La potencia es más elevada a altura ilimitada	Más elevada a igualdad de prestaciones, pero a alturas limitadas.
Estructura del edificio	Las fuerzas y tensiones provocadas por el motor son transmitidas al suelo a través de las paredes del hueco sobrecargándolas, es	La carga de elevación se transmite directamente a la cimentación del edificio, sin sobrecargar la estructura, no precisa cubo de hormigón.

	necesario reforzar la estructura del hueco con un cubo de hormigón.	
Costo de mantenimiento	Más económico y fácil mantenimiento	Costo elevado
Ruido	silencioso	silencioso
Sistema de seguridad	Sistema de paracaídas	No precisan de paracaídas, existe riesgo de caída descontrolada.
En caso de avería o fallo eléctrico	Bajada de la cabina por reductora del motor	La cabina desciende por gravedad mediante una válvula que regula la salida de aceite.

**CUADRO 3 Cuadro comparativo, de un ascensor eléctrico - Hidráulico**

### 2.4.3. ELEMENTOS DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO

En este apartado, se va a proceder a la descripción de los principales componentes que configuran un ascensor eléctrico, agrupándolos por su ubicación con cuarto o sin cuarto de máquinas, pozo y foso.

Un ascensor eléctrico consta principalmente de los elementos siguientes:

- **Hueco del Ascensor:** espacio por el que se desplazan la cabina y el contrapeso sin que pueda ser utilizado para ninguna otra instalación ajena al ascensor.



**FIGURA 12 Hueco del ascensor**



- **Cuarto de Máquinas:** local especialmente adecuado para ubicar la máquina de tracción, sus cuadros de maniobra, las poleas de desvío y el limitador de velocidad.

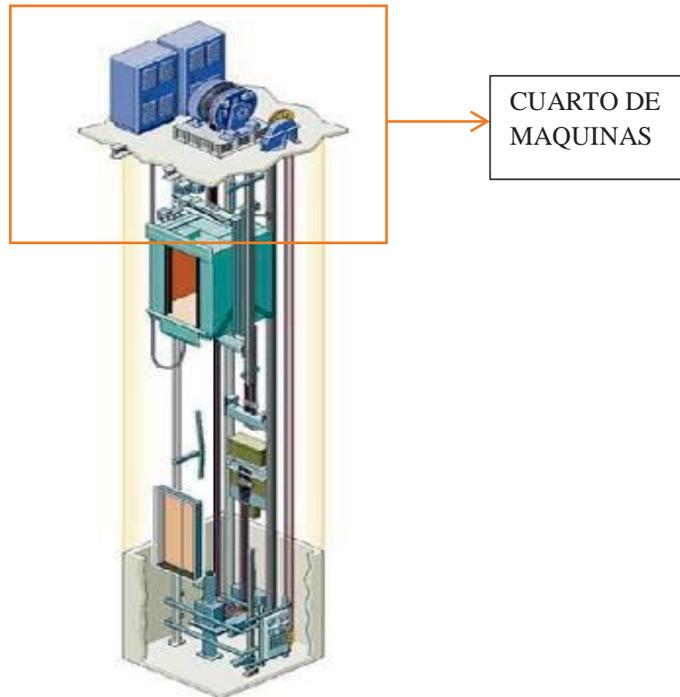


FIGURA 13 Ascensor con cuarto de maquinas

- **Cabina:** elemento portante del aparato elevador, donde viajan los pasajeros. Es un conjunto cerrado formado por las paredes, el suelo, el techo y las puertas de cabina. la cabina, es soportada por una estructura metálica denominada estribo o chasis.



FIGURA 14 Cabina del Ascensor



- **Bastidor:** El bastidor es el elemento estructural resistente, y al que se fija la cabina y el mecanismo del paracaídas. Este bastidor está constituido por dos largueros, uno superior, otro inferior y dos postes que es por donde se coloca las guías de cabina.

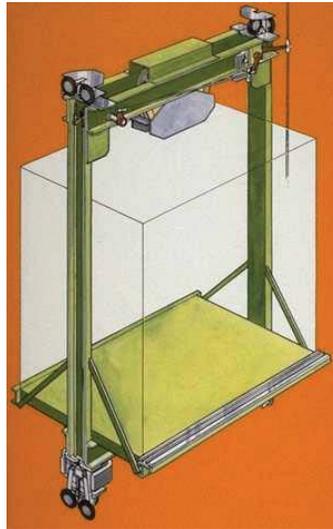


FIGURA 15 Bastidor de cabina

- **Contrapeso:** equilibra la carga de la cabina para reducir considerablemente el peso que debe arrastrar el grupo tractor, disminuyendo así la potencia necesaria para elevar la cabina.

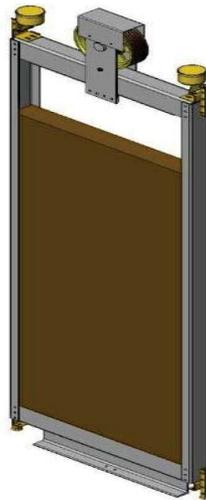


FIGURA 16 Contrapeso

- **Máquina de Tracción Tradicional:** responsable de la subida y bajada del ascensor. Está conectada a la cabina del ascensor y al contrapeso mediante los cables de tracción. Sus elementos se aprecian en la figura 17 y son los siguientes:

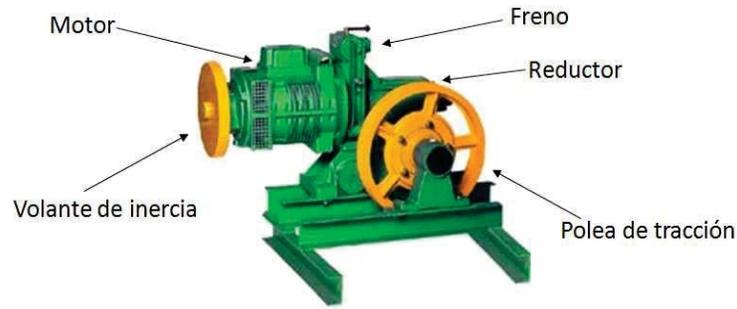


FIGURA 17 Motor Convencional

- **Motor eléctrico:** encargado de suministrar la potencia al conjunto del ascensor.



FIGURA 18 Motor eléctrico de ascensor

- **Limitador de velocidad:** Es el elemento que ordena la parada de la máquina y la actuación del paracaídas cuando la velocidad de la cabina sobrepasa un valor, determinado en dirección ascendente o descendente.



FIGURA 19 Limitador de Velocidad

- **Freno electromecánico:** Freno capaz por sí solo de detener la máquina cuando la cabina desciende a su velocidad nominal con su carga nominal aumentada en un 25%.

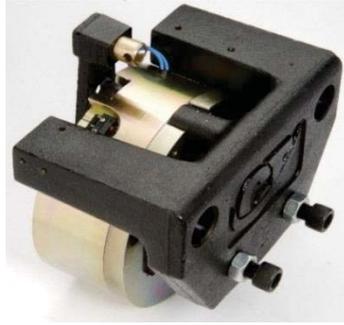


FIGURA 20 Freno Electromecánico

- **Polea de tracción:** va incorporada al grupo tractor y debe ser capaz de soportar los esfuerzos que le transmiten los cables de suspensión, y transmitirle a su vez la tracción necesaria a este por medio de adherencia.



FIGURA 21 Motor Gearless Sincrono

- **Poleas de Desvío:** se utilizan para situar los cables de suspensión de la cabina y del contrapeso a la distancia necesaria, garantizando que el ángulo de abrace de los cables en la polea de tracción sea suficiente para que exista la adherencia requerida.

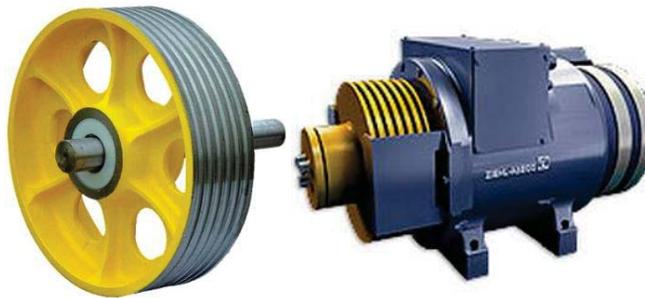


FIGURA 22 Poleas de desvío

- **Ejes, acoplamientos y rodamientos.**



FIGURA 23 Ejes de poleas

- **Carcasa metálica:** cubre el grupo tractor para evitar la entrada de suciedad y la proyección de alguna partícula de material de desgaste.
- **Guías:** componentes rígidos destinados a guiar la cabina, el contrapeso, o la masa de equilibrado.

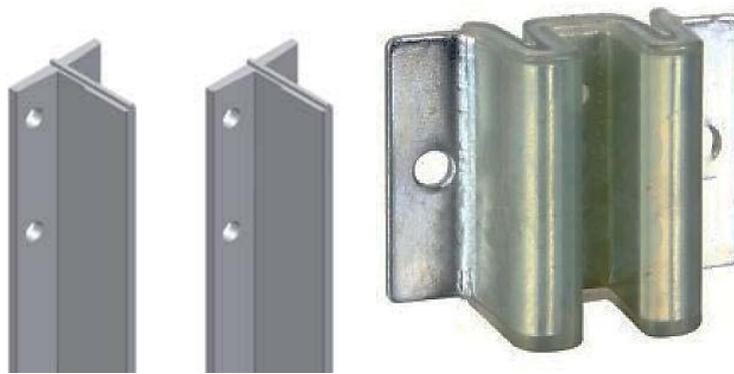


FIGURA 24 Guías de la cabina y contrapeso del ascensor

- **Rodaderas o apoyos deslizantes:** apoyos que se fijan en la parte superior e inferior del bastidor de cabina y que guían tanto a la cabina como al contrapeso por las guías.

#### Apoyos deslizantes



FIGURA 25 Deslizadores de la cabina y contrapeso

- **Paracaídas:** Este dispositivo detiene de forma segura el ascensor en caso de exceso de velocidad. Su actuación se inicia por el funcionamiento del limitador de velocidad. Está ubicado en el estribo de cabina. Está compuesto por el limitador de velocidad, la polea tensora, el paracaídas y el cable de accionamiento del paracaídas.



FIGURA 26 Paracaídas del ascensor

- **Amortiguadores:** dispositivos diseñados para detener una cabina en descenso que esté más allá de su límite normal de viaje almacenando, absorbiendo o disipando la energía cinética de la cabina.

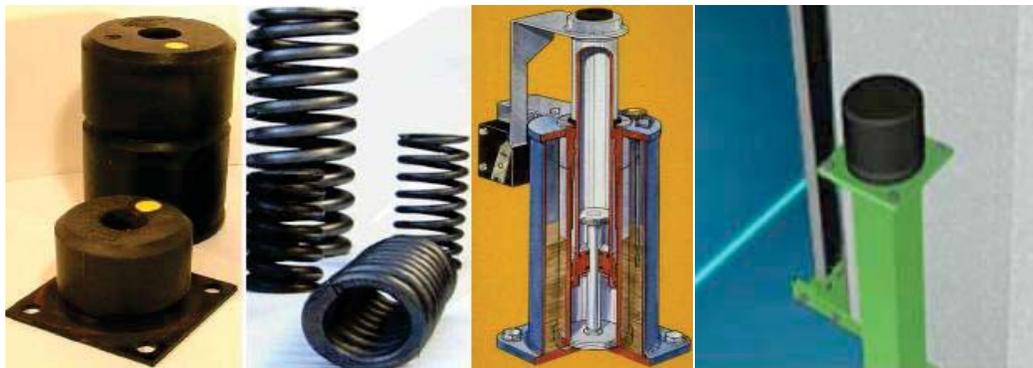


FIGURA 27 Amortiguadores del Ascensor

- **Elementos de suspensión:** la cabina y el contrapeso deben estar suspendidos por cables de acero, o cintas planas. El número mínimo de cables o cintas debe ser dos y estos deben ser independientes.



FIGURA 28 Cintas planas

- **Instalación eléctrica:** conjunto de cables y canalizaciones eléctricas para asegurar la conexión entre los diferentes componentes eléctricos.

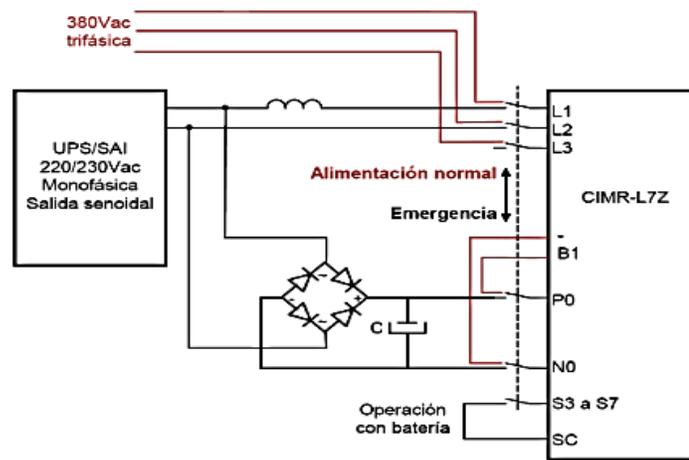


FIGURA 29 Instalación eléctrica

- **Botonera de cabina:** se encuentra integrada en la embocadura de la cabina o en el panel lateral, y destacan los siguientes elementos, pulsadores de piso numerados. Correspondientes a la cantidad de pisos servidos. Debe presionarse únicamente el pulsador del piso deseado.  
Pulsador de “Alarma”. En caso de parada de emergencia, los pasajeros deberán oprimir este pulsador para solicitar ayuda al exterior.  
Sistema de petición de socorro. En caso de avería y no poder salir de la cabina, existe un sistema de comunicación bidireccional con servicio permanente de Socorro. Se activa actuando el pulsador marcado para tal efecto



Pulsador de “abrir la puerta”. Cuando el ascensor esté a nivel de piso en reposo y el tiempo de permanencia de la puerta abierta resulte insuficiente, por ejemplo si a alguien no le dio tiempo a entrar en la cabina se oprime este pulsador para poner a cero este tiempo o bien permitir una reapertura de las puertas.



FIGURA 30 Botoneras de cabina

- **Puerta pasillo cabina:** Es el componente que comunica los pasillos con la cabina. Están provistas de una cerradura que impide su apertura, a menos que la cabina se encuentre en la zona de apertura y este parada o a punto de parar.



FIGURA 31 Puerta de cabina del ascensor

- **Sistema de control:** garantiza que el funcionamiento del ascensor se realice de manera segura para los pasajeros. Recibe e interpreta las órdenes provenientes de los usuarios y las revierte a los distintos componentes del ascensor para que satisfagan el servicio solicitado.



**FIGURA 32 Sistema de control**

Es un tablero hecho a partir de una tarjeta electrónica que elimina en un 95% el uso de relés electromecánicos evitando averías o fallas en el ascensor casi en un 100% en las partes eléctricas; salvo por fallas en el suministro eléctrico.

**VENTAJAS:**

- Mejoría considerable del confort de los pasajeros
- Prolongación de la vida útil de las partes del sistema
- Reducción de los costos de mantenimiento
- Disminución de los tiempos de detección por mantenimiento
- Reducción de los costos operacionales por concepto de ahorro energético
- Aumento de la seguridad total del sistema al programar sus entradas inteligentes con las oposiciones de detención en caso de falla en cualquier parte del sistema.
- Detención en caso de que sea interrumpida la cadena de seguridad y presente un riesgo para el usuario.
- Operación en modo de alerta o baja velocidad en caso de que se detecte una condición de funcionamiento cercana a los límites peligrosos de operaciones.

**2.5. OTROS SISTEMAS DE ELEVACION**

Tras haber descrito los tipos de ascensores de manera general, existen sin embargo otros tipos de ascensores que van destinados a otras finalidades como se verá a continuación:



### 2.5.1. ASCENSOR POR TRACCIÓN A CREMALLERA

Este tipo de ascensores presenta respecto a las anteriores diferencias en cuanto a su ejecución mecánica y su aplicación que es principalmente industrial. La tracción se produce por el engrane de un piñón en una cremallera vertical sólidamente fijada por unión atornillada con arandelas de seguridad a una torre o mástil.

El motor de tipo eléctrico encargado de proporcionar la potencia para el movimiento se instala en la cabina acoplado a un grupo reductor en cuyo eje de salida va montado el piñón motriz de dientes rectos. Éste deberá fabricarse en acero al cromo-níquel de alta resistencia y tenacidad mecánica que presente además un buen comportamiento ante la abrasión y la corrosión. El dimensionado del piñón deberá ser generoso y su ajuste no deberá originar los más mínimos desplazamientos axiales ni radiales.

Finalmente comentar que el engrane debe disponerse de tal modo que no sea posible su separación.

El mástil o torre es una estructura modular de acero que se dispone verticalmente. El primer tramo es más largo, el resto son idénticos y en un número necesario para cubrir el recorrido deseado que puede ser muy grande. La fijación de la cremallera debe garantizar con un coeficiente de seguridad 6 que soporte los esfuerzos que pudieran darse en una frenada de emergencia.

No requiere cableado de suspensión ni de compensación e incorporará un contrapeso únicamente si la carga es muy elevada. El desplazamiento de la cabina es como en los anteriores casos guiado. Se trata de una máquina diseñada para el trabajo en ambientes adversos (principalmente se emplean en el sector industrial y en obras) por lo que son robustas y capaces de trabajar con grandes cargas a velocidades moderadas. Por ello el confort (las maniobras de arranque, marcha y parada son bruscas), las consideraciones estéticas, el espacio ocupado, el nivel de ruido producido, etc. no serán sus prioridades.



**FIGURA 33** Ascensor por tracción a cremallera

### 2.5.2. MONTACARGAS

Mantiene los mismos principios generales del ascensor con la única variante en lo que respecta a la cabina, que no se encuentra específicamente preparada para el transporte de personas. La cabina en cuestión es inaccesible a las personas por sus dimensiones, ya que éstas cumplen con la condición de inaccesibilidad:

Superficie	1.00 m
Profundidad	1.00 m máx.
Altura	1.20 m máx.

Sin embargo, existen montacargas más grandes que no presentan las restricciones de dimensiones del caso anterior. Cuando se selecciona el tamaño de la cabina y la carga a elevar, es muy importante tener en cuenta no solamente la carga a transportar, sino también el equipo de carga y el tipo de vehículos de transporte de cargas utilizado. La carga que



transporta oscila de 630 a 5000 kg. A continuación se puede observar la imagen de un montacargas.



FIGURA 34 Montacargas

### 2.5.3. MONTACAMAS

Este tipo de ascensores (Fig. 4.2.2.1) son típicos para el transporte de personas, camillas y camas, por ello deben tener una apertura mínima de puertas de 1000 ó 1100mm. Tal como su nombre indica, este tipo de ascensores se emplea más en hospitales. La carga a transportar oscila entre 1250 y 1600 kg.



FIGURA 35 Monta camas

#### 2.5.4. MONTACOCHE

Los monta coches transportan en su interior vehículos con conductor y pasajeros, por lo que la apertura mínima de puertas es de 2500mm. Su ámbito de aplicación se centra generalmente en garajes donde no es posible la construcción de rampas para su acceso. La carga que transporta oscila entre los 2000 y 4000 kg.



FIGURA 36 Montacoches



## CAPITULO III

### 3. ESTUDIO DE MERCADO

El mercado al que se dirigen principalmente los ascensores es al sector privado y sector público, son las inmobiliarias y constructoras que se dedican al rubro de la construcción de edificios, oficinas, centros comerciales, hoteles, hospitales, clínicas, universidades, estadios, y otros, etc.

#### 3.1. BREVE ESTUDIO DE MERCADO INTERNACIONAL

Por otro lado, se sabe que existen varios fabricantes de ascensores en el mercado español como en el mercado internacional. Por esto, los diversos fabricantes de ascensores presentan ciertas diferencias en cuanto a los productos fabricados, especialmente a nivel estético y el rango de precios.

Comercialmente, los ascensores se clasifican según el número de personas y la carga útil a transportar, donde el número de personas se obtiene por medio del cociente de la carga nominal entre 75 y redondeando al número entero más bajo. Así pues, por ejemplo, los ascensores suelen ser de 300 kg-4 personas, 450 kg-6 personas, 600 kg-8 personas, etc, en función del tráfico existente en el inmueble u otro centro, como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Número de pasajeros	Carga equivalente (Kg.)
2	150
3	225
4	300
5	375
6	450
7	525
8	600
9	675
10	750

**CUADRO 4** Número de pasajeros y su carga nominal



A nivel internacional según marca los fabricantes de los ascensores son como sigue

Nº.	MARCA DE ASCENSOR Y PROCEDENCIA
1	OTIS la primera mayor fabricante compañía mundial de Ascensores EE.UU
2	Grupo SCHINDLER segundo mayor fabricante de Ascensores, origen Suiza
3	THYSSEN KRUPP el tercer fabricante de Ascensores Empresa Alemana
4	KONE el cuarto mayor fabricante de Ascensores origen Finlandesa
5	ORONA origen Italiano
6	HITACHI ELEVATOR país de origen China
7	ELEMEX, DETTEX Empresa Mexicana
8	MITSUBISHI ELECTRIC país de origen Japón
9	GMV EUROLIFT Empresa Italiana
10	TOSHIBA Origen China
11	ANDINO Compañía Colombiana
12	SERVOS Empresa Argentina
13	SMART LIFT Empresa Española
14	MACPUAR Empresa Española
15	EMBARBA Empresa Española
16	EUROLIFT Origen Italiana
17	AS ASCENSORES de Origen Barcelona España
18	ELEVATRONIC origen Española

**CUADRO 5 Ascensor marca y procedencia**

Fuente [www.sigweb.cl](http://www.sigweb.cl)

### 3.2. ESTUDIO DE MERCADO EN EL PERU

En el Mercado Peruano del 100% de ascensores que se exportan, el 83% de la demanda proviene del sector vivienda. Completan con el 11%, y el 6% restante divide entre proyectos comerciales, condominios, hoteles, entre otros.

El Perú es un mercado que demanda un promedio de 1000 ascensores al año. Esta cifra aún resulta menor si se compara con países como Chile, Colombia, Brasil y Argentina donde la



demanda por estos equipos alcanza los 1600 y 2000 respectivamente. “Se estima que para el año 2015 el movimiento comercial alcanzara los 1200 elevadores al año”, indico José Luis Rodríguez Gerente ejecutivo de “Revista de Ascensores”

Según el diario Gestión en su publicación de un artículo, Actualmente, dijo en el mercado peruano participan 25 empresas, de las cuales tres son de capitales transnacionales, y cuatro independientes que corresponde a firmas peruanas que son distribuidoras de empresas extranjeras.

En el caso de MP ascensores participa en el grupo de independientes, porque en Perú su distribuidor exclusivo es Grupo Trianon. “Las cuatro firmas independientes tenemos el 35% del mercado total de ascensores, y las transnacionales manejan el 60%”, indico José Luis Rodríguez.

En el Perú la instalación de un ascensor para 6, 8, 10, y 15 personas oscila de US \$ 30 mil dólares a US \$ 45 mil dólares. El ascensor eléctrico sin cuarto de máquinas es la tecnología que más demanda tiene en Perú. La participación que MP Ascensores-Trianon posee en el mercado general de ascensores sería de 20%. “Articulo diario de gestión Perú”.

### **3.2.1. ESTUDIO DE MERCADO DE ASCENSORES EN CUSCO**

En nuestra ciudad de Cusco que está rodeada por dos cadenas de cerros, hace que el crecimiento urbano horizontal se haya detenido su expansión, debido al vertiginoso crecimiento de la ciudad, al verse limitadas ante una expansión horizontal se han encontrado en la expansión vertical en las construcciones, pues los edificios son la solución a la demanda de viviendas en Cusco, por ello en la actualidad los ascensores son considerados como uno de los transportes de mayor uso.

Gran cantidad de edificios de viviendas que se construyen hoy en día se ha decidido proyectar un ascensor de viviendas que facilite el tránsito de los usuarios.



**FIGURA 37** Edificios zona de Huancaro



**FIGURA 38** Edificios zona Wanchaq, Cusco



**FIGURA 39 Edificios zona Magisterio**

Estos edificios de 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 pisos cuentan con diferentes marcas de ascensores, donde el problema fundamental es el consumo energético esto con lleva un gasto económico, asociado al consumo de electricidad que se refleja en las cuotas que los diferentes propietarios deben abonar a electro sur.

El 55% del consumo de un ascensor se destina a la iluminación de la cabina que está iluminado durante las 24 horas y el 35% restante se destina al funcionamiento del sistema de tracción del ascensor (con cuarto de máquinas), 20% en sistemas de control.

Nuestro propósito de tesis es dar solución a ese consumo alto de energía, modernizando y renovando los componentes del ascensor eléctrico convencional a un ascensor eléctrico moderno y de esa forma conseguir mejorar los aspectos mencionados podremos reducir el consumo de energía para el beneficio de los usuarios.

Desde nuestro punto de vista con respecto a nuestro entorno, el diseño que se realizara persiguen los siguientes objetivos básicos:

- Eficiencia energética: en sistemas de tracción, sistemas de suspensión, en menor consumo.



- Protección medioambiental: desarrollo de nuevos materiales que no necesiten aditamentos químicos para lograr un funcionamiento extendido en el tiempo.
- Modernizar los ascensores convencionales con cuarto de máquinas a ascensores sin cuarto de máquinas.
- En ascensores programarlos para evitar paradas innecesarias, instalar equipos con el nivel de iluminación necesario y en lo posible con dispositivos de apagado automático para cuando el ascensor está inactivo.

Lo que en nuestra región de Cusco la instalación de ascensores tanto en el sector privado y público, lo que más demanda tiene el sector privado, como condominios y edificios multifamiliares son los ascensores Otis, Orona, AS ascensores, G XX1, y otros

### **3.2.2. CUADRO DE ASCENSORES EN CUSCO**

Cuadro de ascensores existentes en Cusco ciudad, según las tablas mostradas.



## DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA



CUADRO DE ASCENSORES EXISTENTES EN LA CIUDAD DELCUSCO

N°	NOMBRE	TIPO DE ASCENSOR	MODELO	CON CUARTO DE MAQUINAS	N° DE PASAJEROS	N° DE PARADAS	PESO DEL ASCENSOR (KG)	TIPO DE ILUMINACION	SUSPENSIÓN	TIPO AMORTIGUADOR	ESTADO	TIPO DE INSTALACIO
1	EDIFICIO ECOLOGICAL PLAZA	ELECTRICO	ORONA	NO	8	9	630	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
2	EDIFICIO ROBLE	ELECTRICO	EUROLIFT	NO	8	9	600	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
3	C.C. MAESTRO - PROMART	ELECTRICO	OTIS - MONTACARGA	SI	21	3	5000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
4	C.C. MAESTRO - PROMART	ELECTRICO	OTIS - MONTACARGA	SI	21	3	5000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
5	C.C. MAESTRO - PROMART	ELECTRICO	OTIS - MONTACARGA	SI	21	3	4000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
6	C.C. MAESTRO - PROMART	ELECTRICO	OTIS - MONTACARGA	SI	21	3	4000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
7	C.C. MAESTRO - PROMART	ELECTRICO	OTIS - MONTACARGA	SI	21	3	4000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
8	C.C. REAL PLAZA	ELECTRICO	OTIS	SI	13	5	1000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
9	C.C. REAL PLAZA	ELECTRICO	OTIS	SI	13	5	2000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
10	C.C. REAL PLAZA	ELECTRICO	OTIS	SI	13	5	2000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
11	CLINICA MAX SALUD	ELECTRICO	ORONA	SI	12	9	900	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
12	CLINICA MAX SALUD	ELECTRICO	ORONA	SI	12	9	900	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	NOOPERATIVO	CERRADO
13	CLINICA MAX SALUD	ELECTRICO	ORONA	SI	13	9	1000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
14	CLINICA PARDO	ELECTRICO	ORONA	SI	13	11	1000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
15	CLINICA PARDO	ELECTRICO	ORONA	SI	8	11	630	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
16	CLINICA SAN JOSE	ELECTRICO	OTIS	SI	13	8	1000	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
17	CLINICA SAN JOSE	ELECTRICO	OTIS	SI	8	8	630	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
18	EDIFICIO COMERCIAL	ELECTRICO	ORONA	SI	8	8	630	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	PANORAMICO
19	UAC. ANDINA - ADMINISTRACION	ELECTRICO	GE-XXI	SI	8	5	630	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	PANORAMICO
20	UAC. ANDINA - DERECHO	ELECTRICO	THYSSEN KRUPP	SI	10	6	750	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	PANORAMICO
21	UNSAAC - ADMINISTRACION	ELECTRICO	AS-ASCENSORES	SI	8	5	630	FLUORESCENTE	CABLES	GOMAS	NOOPERATIVO	PANORAMICO
22	C.C EMPRESARIAL AMAUTA	ELECTRICO	ORONA	NO	9	11	700	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
23	C.C. CINERAMA	ELECTRICO	AS-ASCENSORES	NO	10	6	750	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	PANORAMICO
24	HOTEL ECO INN	ELECTRICO	ORONA	NO	8	5	600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
25	HOTEL ECO INN	ELECTRICO	ORONA	NO	10	5	750	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
26	UNSAAC - ELECTRONICA	ELECTRICO	OTIS GEN2	NO	13	5	1000	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	PANORAMICO
27	C.C. REAL PLAZA	ELECTRICO	OTIS	SI	13	3	1000	LED	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	PANORAMICO
28	C.C. REAL PLAZA	ELECTRICO	OTIS	SI	13	5	1000	LED	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
29	HOTEL MONASTERIO	ELECTROMECHANIC	OTIS	SI	10	5	750	LED	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
30	HOTEL MONASTERIO	ELECTROMECHANIC	OTIS	SI	10	5	750	LED	CABLES	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
31	RESIDENCIAL CORRALES	ELECTRICO	OTIS	SI	8	6	630	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
32	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
33	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
34	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
35	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
36	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
37	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
38	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
39	UAC. PABELLON NUEVO	ELECTRICO	OTIS	SI	21	13	1600	LED	FAJAS	GOMAS	OPERATIVO	CERRADO
40	UNSAAC - TURISMO	ELECTRICO	OTIS	SI	8	5	630	SIN LUCES	CABLES	GOMAS	NOOPERATIVO	PANORAMICO
41	DIRCETUR	HIDRAULICO	GE-XXI	SI	6	4	450	FLUORESCENTE	HIDRAULICO TELE	HIDRAULICO	OPERATIVO	PANORAMICO
42	RESIDENCIAL LOS GERANIOS	ELECTRICO	KONE	SI	8	11	630	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
43	HOTEL SAWAY	ELECTRICO	EUROLIFT	SI	8	6	630	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
44	UNSAAC - DERECHO	ELECTRICO	OTIS	SI	8	5	630	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
45	HOTEL JOSE ANTONIO	ELECTRICO	KONE	NO	8	6	630	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
46	HOTEL JOSE ANTONIO	ELECTRICO	KONE	NO	8	6	630	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
47	C.C CUSCO SOL PLAZA	ELECTROMECHANIC	ORONA	SI	8	4	600	SIN LUCES	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
48	EDIFICIO SULLANA	ELECTRICO	AS-ASCENSORES	SI	6	6	450	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
49	RESIDENCIAL AURA	ELECTRICO	EUROLIFT	SI	8	11	630	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
50	RESIDENCIAL CAMILA	ELECTRICO	ORONA	SI	6	8	450	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
51	RESIDENCIAL NINA	ELECTRICO	ORONA	SI	8	6	630	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
52	RESIDENCIAL GOLD FIDERA	ELECTRICO	ELEVATRONIC	SI	8	9	630	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO



## DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA



53	RESIDENCIAL DEGOL	ELECTRICO	SCHINDLER	SI	8	8	630	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
54	RESIDENCIAL NUÑES	ELECTRICO	AS-ASCENSO	SI	6	6	450	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
55	RESIDENCIAL SAN BORJA II	ELECTRICO	SCHINDLER	SI	6	7	450	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
56	RESIDENCIAL STA LUCIA	ELECTRICO	THYSSEN KRUPP	SI	8	8	630	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
57	RESIDENCIAL VENTURA	ELECTRICO	EUROLIFT	SI	8	7	600	FLOURESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
58	ES SALUD	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	25	3	1816	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
59	ES SALUD	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	25	3	1816	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
60	ES SALUD	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	16	3	1135	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
61	ES SALUD	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	16	3	1135	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
62	HOSPITAL REGIONAL	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	21	5	1600	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
63	HOSPITAL REGIONAL	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	8	6	630	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
64	HOSPITAL REGIONAL	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	21	5	1600	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	INOPERATIVO	CERRADO
65	HOTEL SONESTA CUSCO	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	8	7	630	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
66	HOTEL SONESTA CUSCO	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	6	7	480	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
67	HOTEL SONESTA CUSCO	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	8	7	630	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
68	PALACIO DE JUSTICIA	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	8	5	630	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
69	PALACIO DE JUSTICIA	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	8	5	630	FLUORESCENTE	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
70	HOTEL NAZARENAS	ELECTRICO	OTIS	NO	6	3	450	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
71	HOTEL NAZARENAS	ELECTRICO	OTIS	NO	8	3	600	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
72	HOTEL NAZARENAS	ELECTRICO	OTIS	NO	8	3	600	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
73	ICPNA	ELECTRICO	ORONA	SI	10	7	800	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
74	ICPNA	ELECTRICO	ORONA	SI	8	7	630	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
75	RESIDENCIAL FLOR DE LIS	ELECTRICO	AS-ASCENSO	SI	6	9	450	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
76	GOBIERNO REGIONAL	ELECTROMECHANICO	SCHINDLER	SI	5	7	375	SIN LUCES	CABLES	RESORTES	INOPERATIVO	CERRADO
77	GOBIERNO REGIONAL	ELECTROMECHANICO	SCHINDLER	SI	7	7	525	SIN LUCES	CABLES	RESORTES	INOPERATIVO	CERRADO
78	C.C. IMA SUMAQ	ELECTROMECHANICO	EUROLIFT	SI	8	3	600	SIN LUCES	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	PANORAMICO
79	RESIDENCIAL ALTAMIRANO	ELECTRICO	ORONA	SI	8	9	600	SIN LUCES	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
80	CLINICA PARDO	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	13	5	1000	SIN LUCES	CABLES	RESORTES	INOPERATIVO	CERRADO
81	GOBIERNO REGIONAL	ELECTROMECHANICO	SCHINDLER	SI	12	7	1000	SIN LUCES	CABLES	RESORTES	INOPERATIVO	CERRADO
82	HOTEL NAZARENAS	ELECTRICO	OTIS	NO	6	3	450	LED	CABLES	RESORTES	OPERATIVO	CERRADO
83	EDIFICIO LOS CIPRECES	ELECTRICO	ORONA	SI	8	7	600	FLOURCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
84	HOTEL PALACE	ELECTRICO	AS-ASCENSO	SI	6	8	600	FLOURESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
85	HOTEL PALACE	ELECTRICO	AS-ASCENSO	SI	6	8	600	FLOURESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
86	HOTEL SAN AGUSTIN	ELECTRICO	SCHINDLER	SI	6	5	450	FLOURESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
87	RESIDENCIAL CALICANTO	ELECTRICO	SCHINDLER	SI	8	9	600	FLOURESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
88	RESIDENCIAL SAN BORJA I	ELECTRICO	AS-ASCENSO	SI	8	8	630	FLOURESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
89	RESIDENCIAL SANTA LUZMILA	ELECTRICO	ORONA	SI	6	5	375	FLOURESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
90	RESIDENCIAL SANTA ROSA	ELECTRICO	EUROLUX	SI	6	8	450	FLOURESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
91	UAC. ANDINA - CIVIL	ELECTRICO	GE-XXI	SI	8	5	630	FLUORESCENTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
92	EDIFICIO EL EDEN	ELECTRICO	EUROLIFT	SI	8	9	630	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
93	EDIFICIO LAS AMERICAS	ELECTRICO	SCHINDLER	SI	6	10	450	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
94	EDIFICIO LAS AMERICAS	ELECTRICO	SCHINDLER	SI	6	8	450	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
95	HOTEL MELANY	ELECTRICO	ELEVATRONIC	SI	6	7	450	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
96	HOTEL MONASTERIO	ELECTRICO	OTIS	SI	8	5	630	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
97	HOTEL MONASTERIO	ELECTRICO	OTIS	SI	8	5	630	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
98	HOTEL ARROYO	ELECTROMECHANICO	OTIS	SI	6	6	450	FLOURESTE	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
99	HOTEL SAMARY	ELECTRICO	THYSSEN KRUPP	SI	5	6	400	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
100	RESIDENCIAL EMPERATRIZ	ELECTRICO	AS-ASCENSO	SI	6	7	450	LED	FAJAS	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
101	RESIDENCIAL LAS DALIAS	ELECTRICO	SCHINDLER	SI	8	9	630	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
102	RESIDENCIAL SAN FRANCISCO II	ELECTRICO	ORONA	SI	8	9	600	LED	FAJAS	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
103	RESIDENCIAL TORRES SAN BORJA	ELECTRICO	AS-ASCENSORES	SI	6	9	450	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	CERRADO
104	UNSAAC - CID	ELECTRICO	GE-XXI	NO	8	6	630	LED	CABLES	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO
105	UNSAAC - CIVIL	ELECTRICO	GE-XXI	SI	6	5	480	LED	FAJAS	RIGIDOS	OPERATIVO	PANORAMICO

CUADRO 6 Ascensores existentes en Cusco



EDIFICIOS CON ASCENSORES	TIPO DE CUARTO	Nº. DE ASCENSORES
Residencial	Con cuarto de maquinas	21
	Sin cuarto de maquinas	0
	Hidráulico	0
Edificios, comerciales	Con cuarto de maquinas	8
	Sin cuarto de maquinas	3
	Hidráulico	0
Centros comerciales	Con cuarto de maquinas	12
	Sin cuarto de maquinas	1
	Hidráulico	0
Clínicas	Con cuarto de maquinas	8
	Sin cuarto de maquinas	0
	Hidráulico	0
Hospitales	Con cuarto de maquinas	7
	Sin cuarto de maquinas	0
	Hidráulico	0
Hoteles	Con cuarto de maquinas	14
	Sin cuarto de maquinas	8
	Hidráulico	0
Universidades	Con cuarto de maquinas	16
	Sin cuarto de maquinas	1
	Hidráulico	0
Instituciones Publicas	Con cuarto de maquinas	5
	Sin cuarto de maquinas	0
	Hidráulico	1
<b>TOTAL</b>	<b>TOTAL ASCENSORES</b>	<b>105</b>

**CUADRO 7 Ascensores, con/sin cuarto de maquinas**

Fuente: Estudios realizados en la ciudad del cusco por los tesisistas



### 3.2.3. COMPARACION DE CUADROS ESTADISTICOS

#### ➤ TIPOS DE ASCENSORES

TIPO DE ASCENSOR	CANTIDAD
ELECTRICO	81
ELECTROMECHANICO	23
HIDRAULICO	1

CUADRO 8 Cantidad de Ascensores eléctricos y electromecánicas

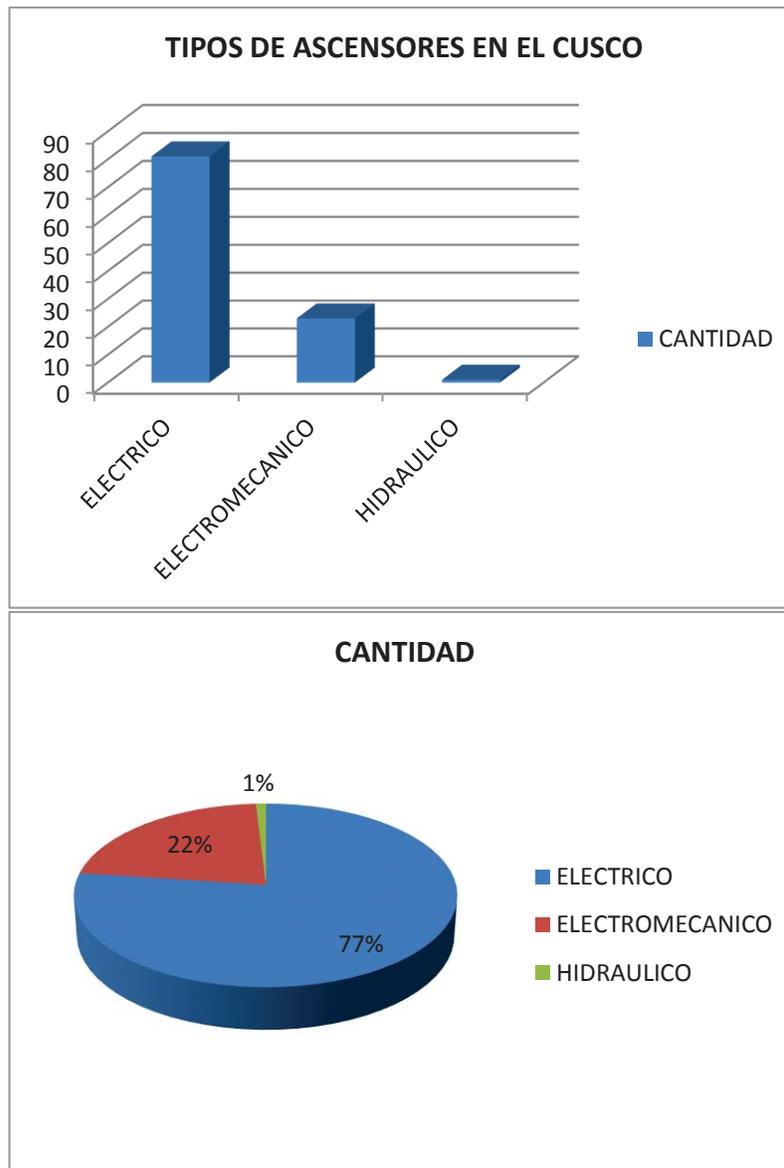


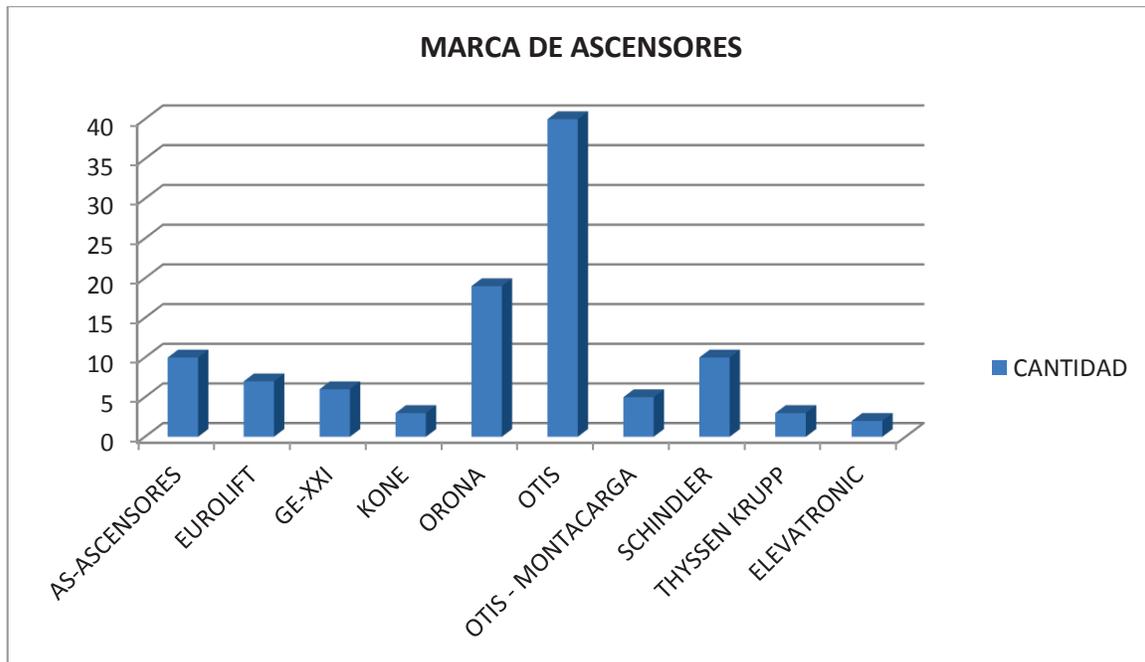
FIGURA 40 Cuadro estadístico de tipos de ascensores

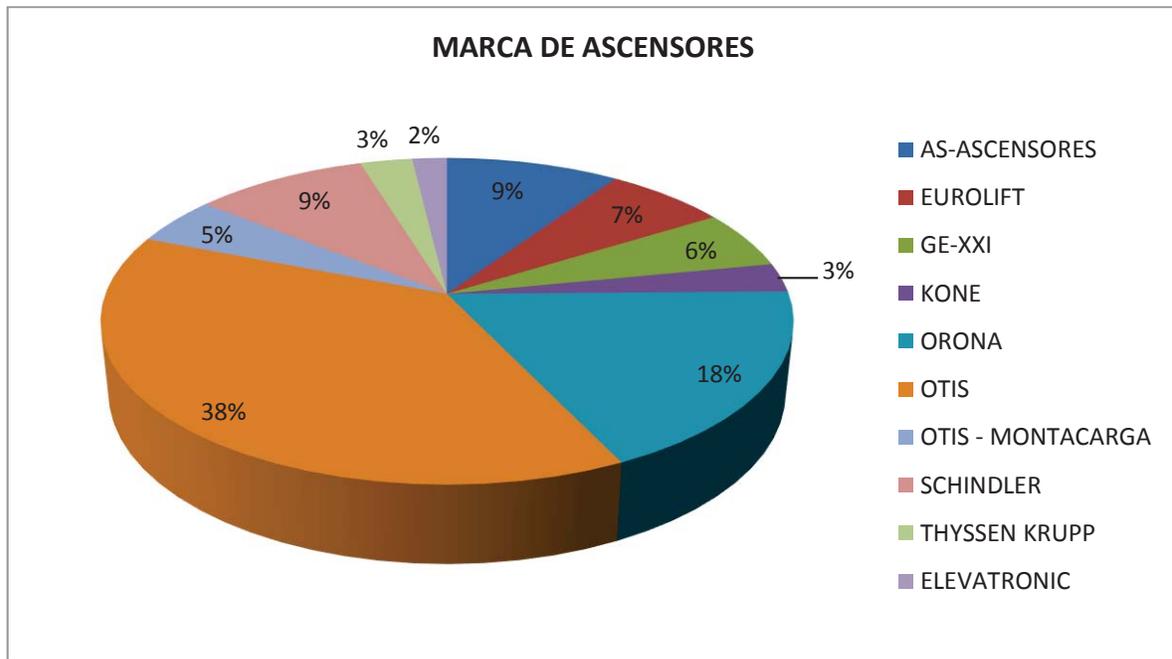


➤ MARCA DE ASCENSORES

MARCA DE ASCENSORES	CANTIDAD
AS-ASCENSORES	10
EUROLIFT	7
GE-XXI	6
KONE	3
ORONA	19
OTIS	40
OTIS - MONTACARGA	5
SCHINDLER	10
THYSSEN KRUPP	3
ELEVATRONIC	2

CUADRO 9 Marcas de ascensores



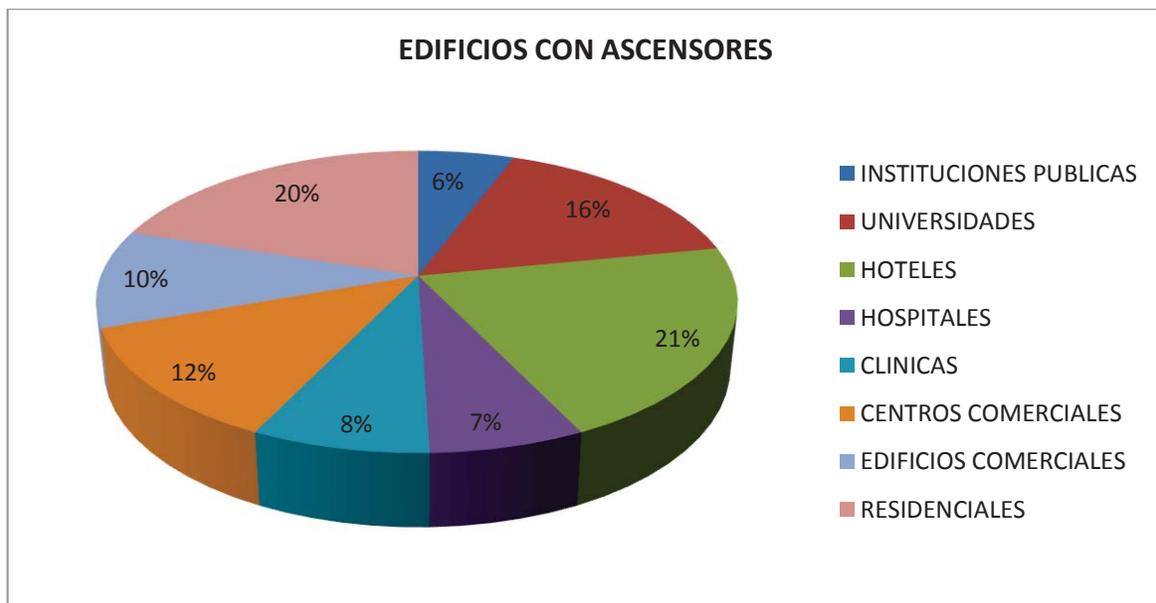
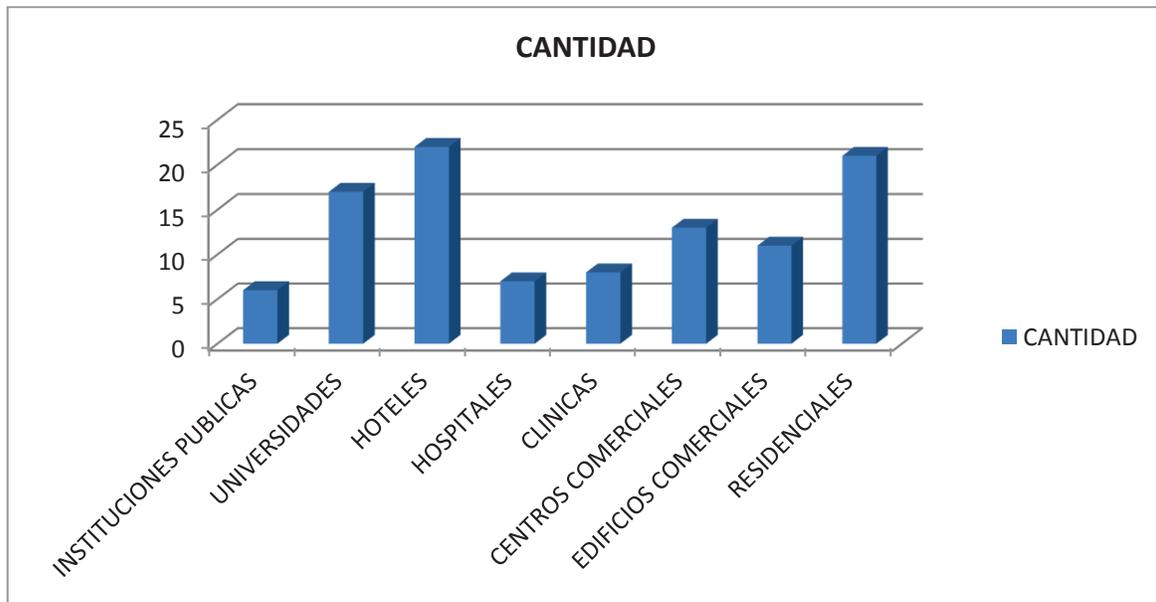


**FIGURA 41** Muestra en porcentajes de tipos de ascensores

➤ **EDIFICIOS CON ASCENSORES**

EDIFICIOS CON ASCENSORES	CANTIDAD
INSTITUCIONES PUBLICAS	6
UNIVERSIDADES	17
HOTELES	22
HOSPITALES	7
CLINICAS	8
CENTROS COMERCIALES	13
EDIFICIOS COMERCIALES	11
RESIDENCIALES	21

**CUADRO 10** Diferentes edificios con ascensores



**FIGURA 42** Porcentajes de diferentes edificios con Ascensores

➤ **ASCENSORES CON CUARTO O SIN CUARTO DE MAQUINAS**

TIPO DE CUARTO	CANTIDAD
CON CUARTO DE MAQUINAS	92
SIN CUARTO DE MAQUINAS	13

**CUADRO 11** Ascensores con/sin cuarto de maquinas

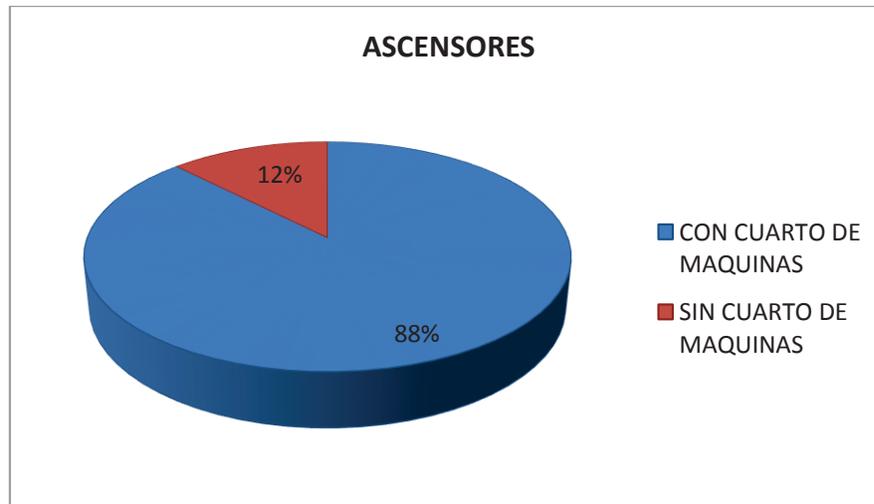
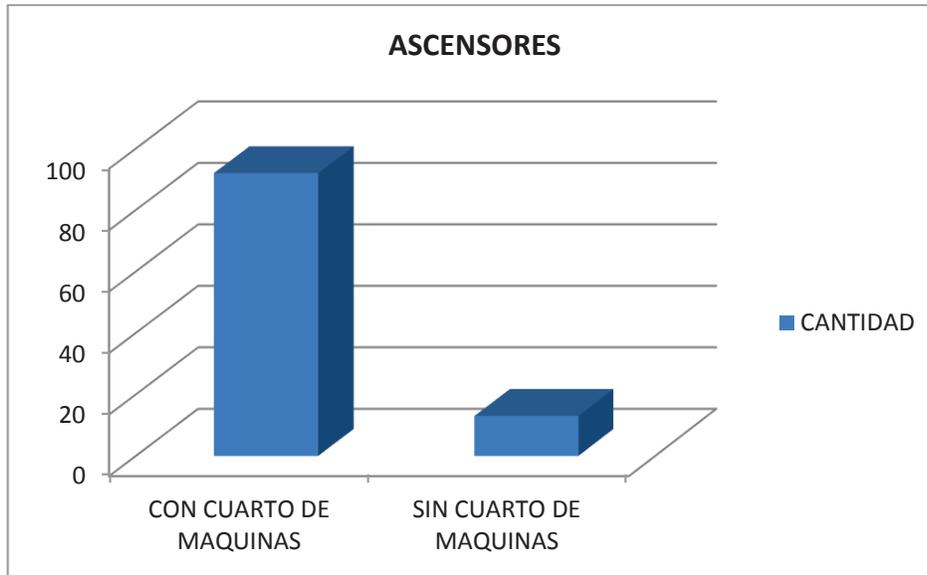
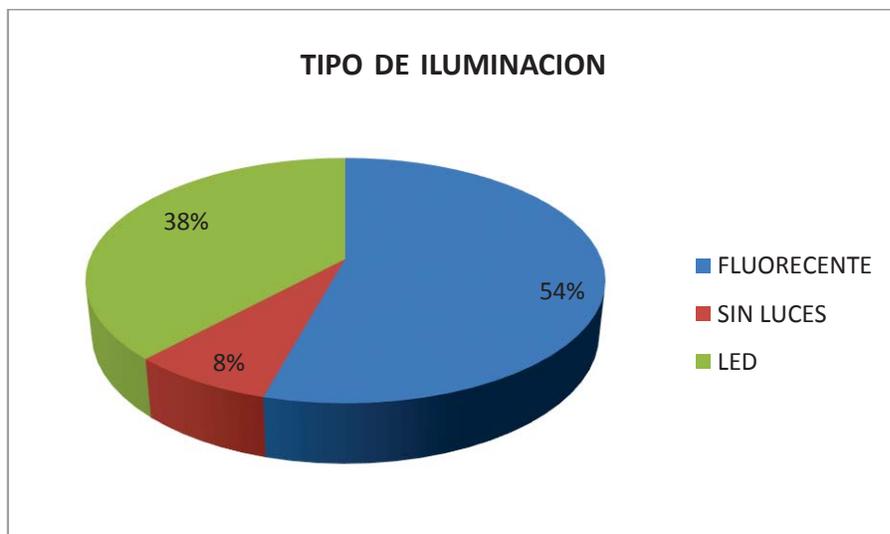
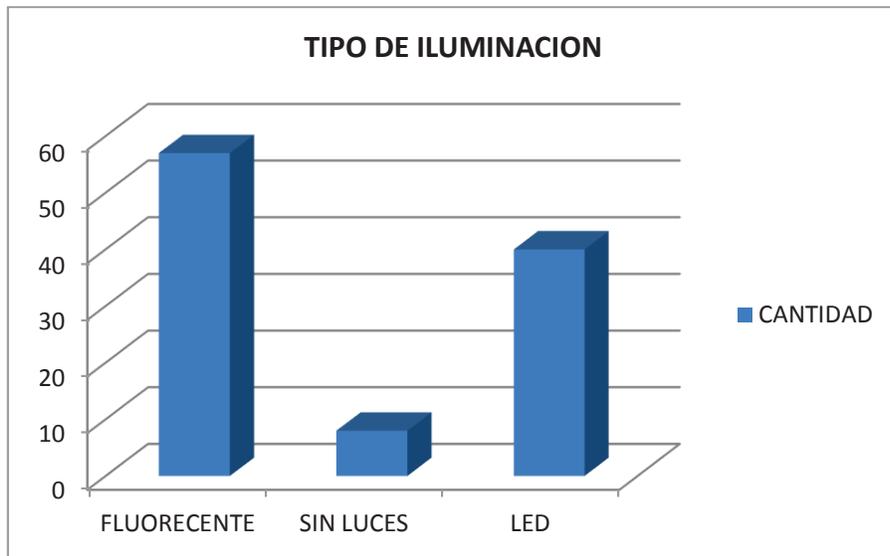


FIGURA 43 Porcentajes de ascensores con/sin cuarto de maquinas

➤ TIPO DE ILUMINACION

TIPO DE ILUMINACION	CANTIDAD
FLUORESCENTE	57
SIN LUCES	8
LED	40

CUADRO 12 Tipos de Iluminación en ascensores



**FIGURA 44** Porcentaje de ascensores con Iluminación

➤ **TIPO DE SUSPENSION**

TIPO DE SUSPENSION	CANTIDAD
FAJAS	17
HIDRAULICO	1
CABLES	87

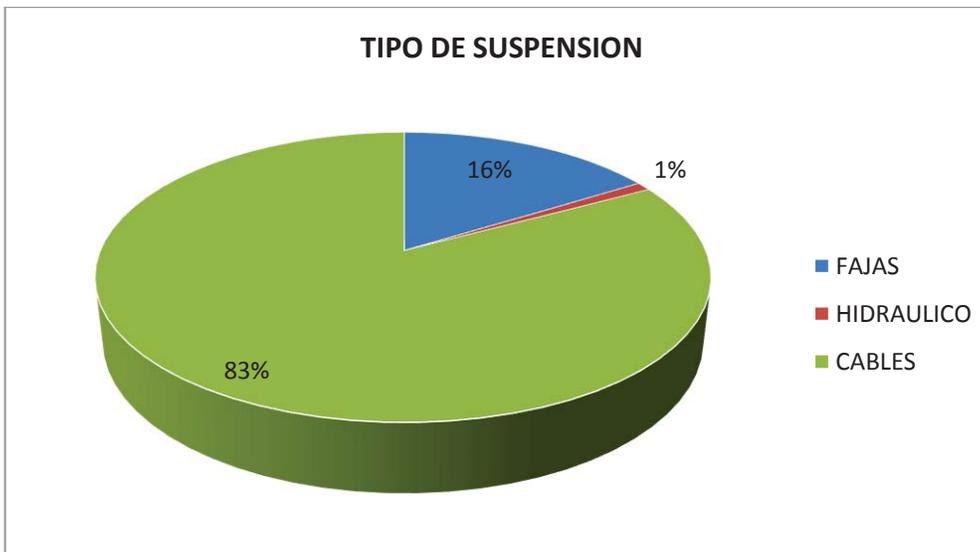
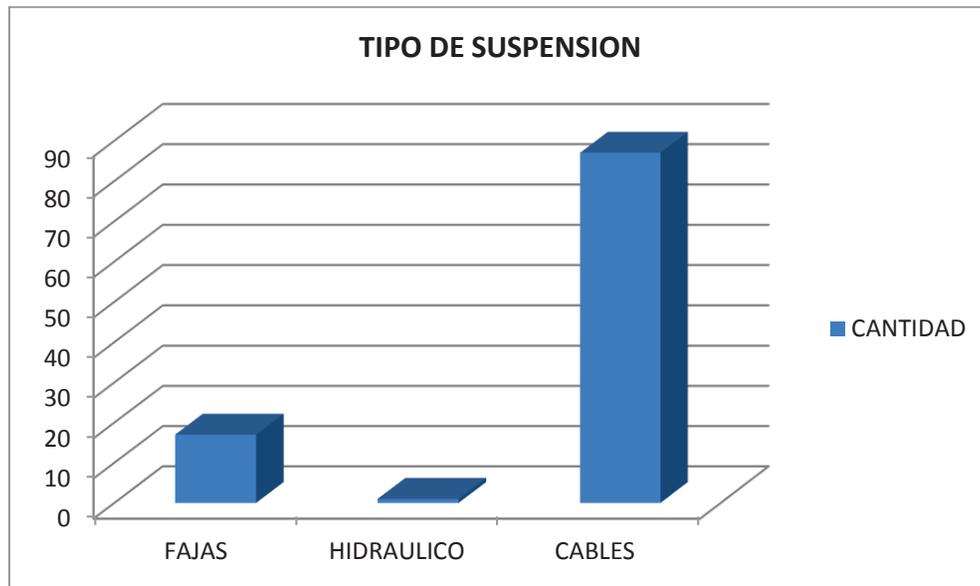
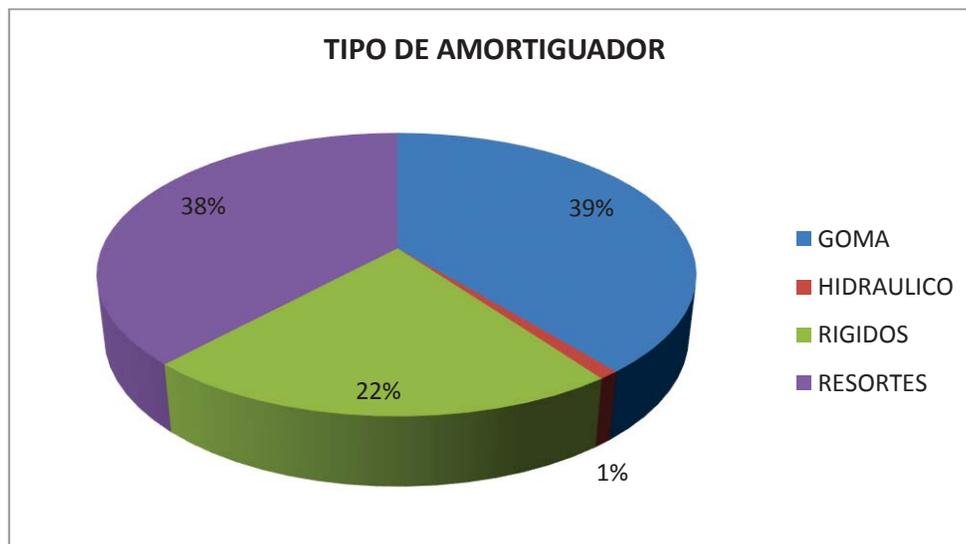
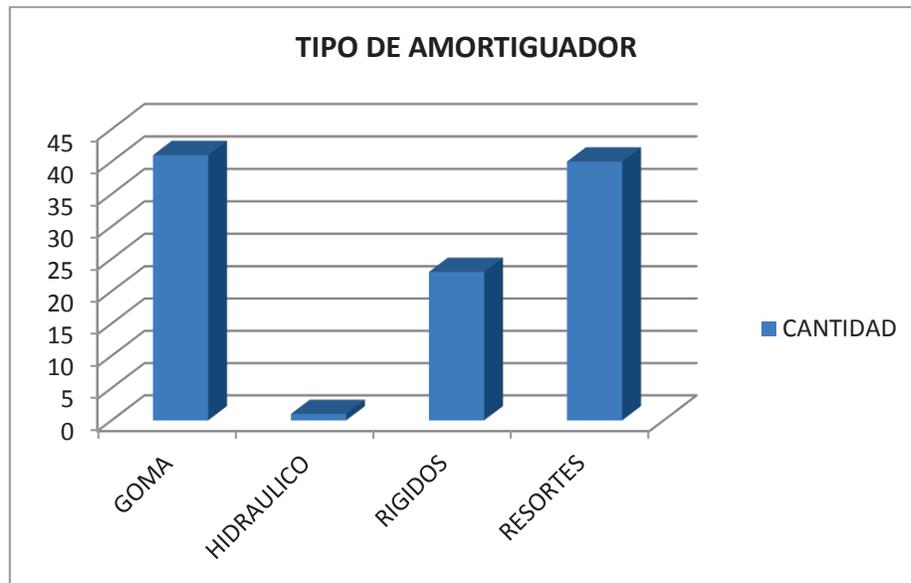


FIGURA 45 Porcentajes de ascensores con tipos de suspensión

➤ TIPO DE AMORTIGUADOR

TIPO DE AMORTIGUADOR	CANTIDAD
GOMA	41
HIDRAULICO	1
RIGIDOS	23
RESORTES	40

CUADRO 13 Ascensores con tipos de amortiguadores



**FIGURA 46** Porcentaje de ascensores con tipos de amortiguadores

Y los ascensores instalados en el departamento de Cusco según nuestras indagaciones tiene, más preferencia sobre ascensores eléctricos son: residencias, hoteles, residencias multifamiliares, instituciones privadas, de allí la necesidad de instalar un ascensor a menor costo, y de buen confort.

En nuestra ciudad de Cusco, por un recorrido realizado por las principales avenidas, como avenida el Sol, Alameda Pachacutec, Av. la cultura, avenida 28 de julio Hilario mendivil, zona magisterio y zona de parte san Jerónimo, Huancaro, encontramos 1162 edificios de diferentes niveles, como se muestra en el cuadro 14.



**CUADRO DE EDIFICIOS**

Pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 pisos	8 pisos	9 pisos	10 pisos	11 pisos	12 pisos
cantidad	380	306	294	103	48	14	9	5	3

**CUADRO 14 Cantidad de edificios de diferentes pisos**

**3.3. CALCULO DE TRÁFICO VERTICAL EN EDIFICIOS**

La instalación de ascensores ha de ser capaz de cubrir todo el tráfico de pasajeros que llega al edificio de estudio, el método para el estudio de la actividad de los ascensores y que defina el sistema de transporte vertical más adecuado recibe la denominación genérica de estudio de tráfico.

Tienen por objeto calcular los aparatos necesarios, en razón del número de personas que deban de transportar en los momentos de máxima afluencia.

Normalmente en determinadas horas que podemos llamar horas punta, el tráfico se intensifica primordialmente en un solo sentido. Ya sea hacia abajo o hacia arriba, quedando nulo o con una cifra empuñecida en el otro sentido, por ello en las citadas horas para su cálculo no se tiene en cuenta el trafico inverso al que en esa circunstancia nos ocupa. La instalación del aparato o ascensor debe estar prevista para garantizar un servicio regular en estas horas de máxima afluencia.

Los valores que tomamos para los cálculos se realizaron a tiempo real en el lugar de los hechos como residencial “Corrales”, Residencial “Nina”, residencial “Núñez”, residencial “Degol”- Cusco, Hotel “Arroyo”, Cusco

Como normas generales para adoptar los cálculos en los edificios se tiene:

<b>DATOS DE ENTRADA</b>	
Nº de plantas (Nº de pisos)	6
Nº de Personas en el ascensor	8
Nº de Ascensores iguales	1
Velocidad del Ascensor (m/s)	1

**CUADRO 15 Datos para análisis trafico vertical.**



### 3.3.1. NUMERO DE PARADAS PROBABLES

Mediante la ecuación dada realizamos el cálculo.

$$NPP = S - S \left( \frac{S-1}{S} \right)^P$$

NPP = Número de paradas probables

S = número de pisos del edificio

P = número de pasajeros de cada viaje

$$NPP = 6 - 6 \cdot \left( \frac{6-1}{6} \right)^8 = 4.60459$$

Este valor  $4.60459 \approx 5$  Con este resultado buscamos en la tabla

Número de pisos del edificio	6.00
Número de pasajeros en cada viaje	8.00
Número de paradas probables	4.60459

**CUADRO 16 Conclusión estudio de tráfico vertical**

TABLA DE DETERMINACION DEL NUMERO DE PARADAS PROBABLES															
NUMERO DE PASAJEROS															
PISO	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
2	1.5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	2	2.7	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.9	4.0
6	3.1	4.0	4.6	5.0	5.3	5.5	5.7	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0
8	2	3.3	4.4	5.3	5.9	6.4	6.8	7.0	7.3	7.5	7.6	7.7	7.8	7.8	8.0
10	2	3.4	4.7	5.8	6.5	7.2	7.7	8.2	8.5	8.8	9.0	9.2	9.4	9.5	9.5
12	2	3.5	4.9	6.0	7.0	7.8	8.5	9.0	9.5	9.9	10.2	10.5	10.8	11.0	11.3
14	2	3.6	5.0	6.3	7.3	8.3	9.0	9.7	10.3	10.8	11.3	11.6	12.0	12.2	12.5
16	2	3.6	5.1	6.5	7.6	8.6	9.5	10.3	11.0	11.6	12.1	12.6	13.0	13.4	13.9
18	2	3.7	5.2	6.6	7.8	8.9	9.9	10.8	11.6	12.3	12.9	13.4	13.9	14.4	15.0
20	2	3.7	5.3	6.7	8.0	9.2	10.3	11.2	12.1	12.8	13.5	14.2	14.7	15.3	16.0
22	2	3.7	5.4	6.8	8.2	9.4	10.5	11.6	12.5	13.3	14.1	14.8	15.4	16.0	17.0
24	2	3.8	5.4	6.9	8.3	9.6	10.8	11.9	12.8	13.8	14.6	15.4	16.1	16.7	17.3
26	2	3.8	5.5	7.0	8.5	9.8	11.2	12.2	13.1	14.1	15.1	16.0	16.8	17.4	17.7
28	2	3.9	5.5	7.2	9.0	10.1	11.6	12.5	13.5	14.6	15.6	16.6	17.6	18.1	18.4
30	2	4.0	5.7	7.6	9.5	10.5	11.7	12.8	13.8	14.8	16.0	17.2	18.0	19.0	19.5

**TABLA 1 Número de paradas probables en ascensores**

Fuente: Principios e innovaciones elevadores Antonio Miravete pág. 403 tabla 4.1



### 3.3.2. CAPACIDAD HORARIA

#### 2. a.-TIEMPO DE ENTRADA DE PASAJEROS EN PLANTA BAJA ( $T_o$ )

Tiempo de entrada de pasajeros en la planta baja ( $T_o$ ). El tiempo se estima en 8 segundos como tiempo mínimo suponiendo que el número de pasajeros es 8, o menor que 8, por cada pasajero que exceda de 8, se añade la cantidad de 0.8 segundos por cada pasajero.

$$T_o = 8 + 0.8 * PP$$

De donde tenemos

$$PP = \text{Número de pasajeros} - 8$$

$$PP = 8 - 8 = 0.$$

Y reemplazamos a nuestra ecuación

$$T_o = 8 + 0.8 * 0 = 8.$$

$$\text{Número de pasajeros} = 8.00$$

$$\text{Tiempo de entrada de pasajeros en planta baja (s)} = 8.00$$

#### 2. b.-TIEMPO SALIDA DE PASAJEROS EN CABINA ( $T_t$ )

$$T_t = 2NP$$

$$NP = \text{Número de paradas}$$

$$\text{Número de paradas} = 6.00$$

$$\text{Tiempo de salida de pasajeros en cabina (s)} = T_t = 2NP = 2 * 6 = 12.00$$

#### 2. c.- TIEMPO DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTA ( $T_p$ )

$$T_p = T_u * (NP + 1)$$

$$T_u = \text{Tiempo unitario de apertura y cierre de puertas}$$

$$NPP = \text{Número de paradas Probables}$$

$$T_u = 4.6 \text{ obtenemos de tabla 2}$$



TABLA DE TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE PUERTAS		
ANCHURA (mm)	APERTURA TELESCOPICA	APERTURA CENTRAL
900	6.6	4.1
1100	7	4.6
1200	7.7	5.3
1400	8.8	6
1600	9.9	6.5

**TABLA 2 Tiempo de apertura y cierre de puertas en ascensores**

Fuente tabla 4.3 pag. 405 Elevadores principios e Innovaciones/ Antonio Miravete)

Tu (tiempo unitario) = 4.60

$T_p = 4.6 * (6 + 1) = 32.20$

Tiempo de apertura y cierre de puertas (s) = 32.20

**2. d.- TIEMPO DE PARADA (T1)**

$T1 = 1.1 * (T_o + T_t + T_p)$

T<sub>o</sub> = Tiempo de entrada de pasajeros en planta baja

T<sub>t</sub> = Tiempo de transfer o salida de pasajeros en cabina

T<sub>p</sub> = Tiempo de apertura y cierre de puertas

$T1 = 1.1 * (8 + 12 + 32.20) = 57.42$

Tiempo de parada (s) = 57.42

**3.3.3. CALCULO DEL TIEMPO EN MARCHA**

**2. e.- TIEMPO DE SUBIDA (Ts)**

Se calcula multiplicando el número de paradas consecutivas probables por el tiempo de subida entre dos paradas probables consecutivas.

$T_s = N_p * T_{pps}$

Plantas consecutivas es de 3m. En cualquier otro caso el factor multiplicador sería el de la distancia real.

Tramo (pp) =  $D * N_P / N_{PP}$

D = Distancia entre dos pisos (m)



$V_n$  = velocidad nominal (m/s)

Distancia entre dos pisos = 3.00m

Velocidad nominal = 1.00m/s

Entonces:

Tramo (pp) =  $D \cdot NP / NPP = 3.91$

Tiempo de dos paradas probables en 1m/s y 3.91m

Teniendo la tabla calculamos  $T_{pps}$

<b>TABLA DE DETERMINACION DEL TIEMPO DE RECORRIDO DE UN ASCENSOR</b>					
No de Pisos	Distancia (m)	v=1m/s	v=1.6m/s	v=2m/s	v=2.5m/s
1	<b>3</b>	<b>6.1</b>	5.4	5	4
2	<b>6</b>	<b>9.1</b>	7.4	6.5	5.2
3	9	12.1	9.4	8	6.4
4	12	15.1	11.4	9.5	7.6
5	15	18.1	13.4	11	8.8
6	<b>18</b>	<b>21.1</b>	15.4	12.5	10
7	21	24.1	17.4	14	11.2
8	24	27.1	19.4	15.5	12.4
9	27	30.1	21.4	17	13.6
10	30	33.1	23.4	18.5	14.8
11	33	36.1	25.4	20	16
12	36	39.1	27.4	21.5	17.2
13	39	42.1	29.4	23	18.4
14	42	45.1	31.4	24.5	19.6
15	45	48.1	33.4	26	20.8
16	48	51.1	35.4	27.5	22
17	51	54.1	37.4	29	23.2
18	54	57.1	39.4	30.5	24.4
19	57	60.1	41.4	32	25.6
20	60	63.1	43.4	33.5	26.8

**TABLA 3 Determinación, tiempo recorrido del ascensor**

Fuente: Principios e innovaciones elevadores Antonio Miravete pag. 404 tabla 4.2

3	6.1
3.9	x
6	9.1



Calculamos el valor de “x” interpolando  $x = 7$

$T_{pps} = 7$

Entonces tenemos.

Tiempo de subida = 42.00

### 3.3.4. CALCULANDO EL TIEMPO DE BAJADA

De la tabla 3 anterior se obtiene  $T_b = 21.1s$

Tiempo de bajada (s) = 21.10

$T_2 =$  Tiempo de marcha (s) = 63.1s

$T =$  tiempo total =  $(T_1 + T_2)_{seg} = (57.42 + 63.1) = 120.52$

Capacidad en 5 minutos

$$5C = 300 * \frac{n^\circ \text{ de personas}}{T}$$

$5C = 19.91$

Hallando en el campo, el tráfico de personas en la Residencial “Corrales” ubicado en Urb. Progreso de la ciudad del Cusco, que tiene 6 pisos y un ascensor de 8 pasajeros se obtuvo que en un tiempo estimado de 5 minutos se obtuvo que viajaron en el ascensor 18 personas.

$$N^\circ \text{ de ascensores necesarios} = \frac{n^\circ \text{ de personas}}{5C}$$

Nº de personas	18
Nº de Ascensores necesarios	0.9039
Entonces se necesita	1 ascensor

Es por esta razón que nuestra tesis de investigación va dirigida a edificios de 6 plantas, 8 pasajeros en la ciudad del Cusco.



## CAPITULO IV

### 4. DISEÑO CONCEPTUAL

En el presente capítulo se determinará el concepto de solución óptimo a desarrollar para resolver el problema planteado en la presente tesis. Para esto se utilizará la metodología de diseño utilizada en los cursos de Ingeniería Mecánica aplicando la norma VDI 2225.

En primer lugar, se dará a conocer el problema al que se deberá dar solución mediante un análisis donde se indicará el trabajo que se debe realizar. Luego se detallará paso a paso los requerimientos que deberá cumplir el sistema de elevación a desarrollar. En base a estos criterios se realizará una estructura de funciones en donde se apreciarán las funciones parciales con los que deberá contar el Ascensor a desarrollar.

Luego se mostrará una matriz morfológica en donde se mostrarán bosquejos de las distintas posibilidades de solución a cada una de las funciones parciales mencionadas anteriormente, las cuales combinadas entre sí representaran una gama de posibilidades de solución al problema planteado. Finalmente se realizará una valoración técnico-económica para determinar cuál de las soluciones planteadas es la óptima para el desarrollo y modernización de un ascensor eléctrico existente.

#### 4.1. CONSIDERACIONES Y REQUERIMIENTOS AL PROBLEMA PLANTEADO

##### 4.1.1. FUNCION PRINCIPAL

El ascensor que se utilizará para el transporte de pasajeros en residenciales y edificios comerciales, hoteles, universidades, etc. de hasta seis pisos de altura. Este transportará a los usuarios por una trayectoria vertical rectilínea desde el primer nivel hacia los niveles superiores que el usuario requiera, que el edificio tiene una altura de 18m. de altura desde el piso.

##### 4.1.2. ESTRUCTURA

La estructura del ascensor deberá soportar el peso de la cabina más su carga nominal, el peso del contrapeso, circuito de tracción y circuito de elevación, durante su trayectoria vertical rectilínea. Se deberá tener en cuenta el peso de los



componentes del ascensor al momento de determinar el peso máximo admisible que deberá soportar la estructura.

La dimensión de la estructura del ascensor de pasajeros debe ser perfil W 8x18, 21.56m de altura.

#### **4.1.3. APLICACIÓN**

El diseño del ascensor servirá para transportar pasajeros a diferentes niveles en un edificio de 6 plantas de acuerdo a las necesidades del usuario, como aumentar su calidad de vida, favorece el desplazamiento de personas dentro del edificio. Reemplazando de esta forma las escaleras, graderías, el ascensor se convierte en más accesible para los usuarios.

#### **4.1.4. MATERIALES**

El ascensor diseñado deberá ser construido en base a materiales que garanticen la rigidez y estabilidad del mismo de modo tal que en los trayectos de ascenso y descenso del ascensor no se generen deformaciones en sus componentes.

Asimismo, el abastecimiento de sus componentes debe ser de fácil obtención en el mercado local, nacional permitiendo la rapidez de los trabajos de mantenimiento en caso se tenga que sustituir algún componente.

#### **4.1.5. COSTOS**

El ascensor deberá ser lo más económico posible en función de su eficiencia, según la valoración económica, es decir deberá ser construido en base a materiales que obtengan la mejor relación costo/beneficio asimismo, se debe tener en cuenta los costos de mantenimiento del mismo, los cuales deberán ser los más económicos posibles.

#### **4.1.6. OPERACIÓN**

El ascensor deberá proveer al usuario una interfaz amigable y eficiente para la operación y manipulación del mismo. En tal sentido, los usuarios deberán acceder a un mando de control de subida y bajada del ascensor, el cual deberá ser de fácil manipulación dentro de la cabina del ascensor. Asimismo se debe considerar la posibilidad de que un tercer o cuarto usuario pueda direccionar el ascensor a



diferentes niveles, es decir deberán existir controles para la regulación del ascensor dentro de un tablero de control cercano y de buena visibilidad.

#### **4.1.7. SEGURIDAD**

El ascensor deberá cumplir con todas las normas de seguridad en su diseño e instalación para que aseguren el funcionamiento sin mayores inconvenientes del ascensor eléctrico, garantizando la seguridad y tranquilidad a los usuarios que se transportan. El ascensor deberá estar ubicado a nivel del suelo o deberá de contar con acceso libre y limpio que permita la seguridad de los pasajeros al momento de acceder para el ascenso y descenso del mismo.

#### **4.1.8. ERGONOMÍA**

El diseño del ascensor deberá garantizar una fácil manipulación del mismo, es decir la persona que utilice el ascensor deberá acceder con facilidad a los controles del mismo, a la par que el acceso a la cabina del ascensor deberá ser lo más sencilla posible, contemplando los espacios necesarios para que el usuario ingrese sin dificultad y no tenga que hacer maniobras peligrosas para acceder al ascensor.

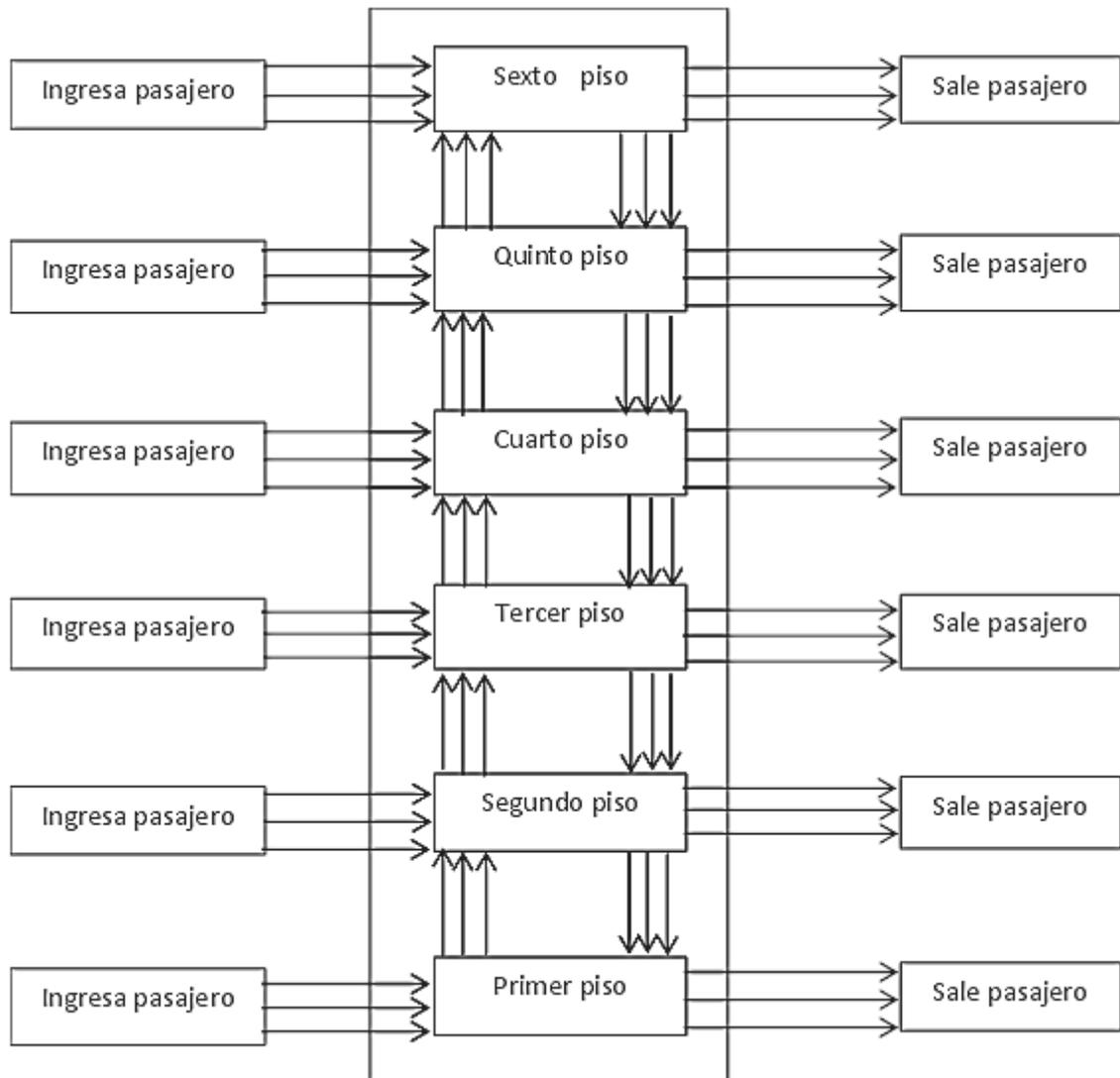
#### **4.1.9. MANTENIMIENTO**

El diseño y selección del tipo de ascensor deberá considerarse su plan de mantenimiento preventivo en forma regular del ascensor de modo tal que el diseño a utilizar funcione correctamente durante su tiempo de vida útil, garantizando la seguridad y confort de los usuarios.

### **4.2. ESTRUCTURA DE FUNCIONES**

Siguiendo con la metodología de diseño se procede a desarrollar las funciones básicas y esenciales con las que deberá contar el sistema de elevación a desarrollar. Estas funciones en conjunto forman la denominada caja negra la cual es el grupo de operaciones del tipo técnico con las que deberá cumplir la máquina para un correcto funcionamiento. Esta caja negra estará involucrada directamente con parámetros de ingreso y salida que modifican el funcionamiento de la máquina en desarrollo.

A continuación se presenta una solución, la cual es considerada como la más completa por los autores de esta tesis. Esta se muestra en el siguiente cuadro 17.



**CUADRO 17** Esquema de ingreso y salida de pasajeros e un ascensor

Procedemos a explicar la secuencia de funciones seleccionadas en la estructura de funciones óptima con las que deberá contar el ascensor eléctrico para un funcionamiento eficiente. Éstas se explicarán a partir de los parámetros de entrada al sistema.

- I. **Ingreso del pasajero:** Se refiere al ingreso de pasajero a la cabina del ascensor.
- II. **Primer, Segundo, Tercer, Cuarto, Quinto, Sexto Piso:** Se refiere al número de pisos que cuenta el edificio residencial.
- III. **Salida del pasajero:** Se refiere a la salida del pasajero de la cabina del ascensor.



### 4.3. MATRIZ MORFOLOGICA

Luego de haber seleccionado la estructura de funciones óptima se procede a realizar la matriz morfológica en donde se presentan tres posibles conceptos de soluciones al problema planteado. Esta matriz se muestra en la CUADRO 16.

Para el desarrollo de esta matriz se plantean tres soluciones denominadas de la siguiente manera:

- a) Solución 1:           Ascensor Hidráulico
- b) Solución 2:           Ascensor Eléctrico Convencional
- c) Solución 3:           Ascensor Eléctrico Moderno



<b>DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTRICO A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA</b>		Portadores de Funciones		
		1	2	3
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>		Versión 1 Fecha 14/04/2016 Realizado por: Gonzalo Bonifacio A. Ahelear R. Ramos P.		
<b>Función Parcial</b>				
Ingresan personas				
Tipo de cabina				
Iluminación de cabina				
Alimentación de energía				
Sistema motriz				
Botoneras de acceso al ascensor				
Sistema de poleas				



DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR  
A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA



Sistemas de suspensión			
Ascender, descender del ascensor			
Sistema de amortiguación			
Sistema de guías, rieles			
Sistema de rodillos			
Sistema de seguridad infrarrojos			
Sistemas de control			
Soluciones	Solución 1	Solución 2	Solución 3

CUADRO 18 Matriz morfológica de solución



#### 4.4. EVALUACION TECNICO ECONOMICA DE LOS CONCEPTOS DE SOLUCION

En base a las tres soluciones presentadas se procede a realizar el análisis técnico económico de las mismas que permita determinar el concepto de solución óptimo para el problema planteado. Para esto se ha utilizado el método de diseño según la norma VDI 2225, que permitirá seleccionar la opción que presente la mejor relación beneficio/costo para el desarrollo del ascensor eléctrico.

En primer lugar realizamos la valoración técnica de las posibles soluciones, esto se realizó tomando en cuenta 14 criterios de evaluación los cuales se catalogan con distintos pesos “G” según la importancia de los mismos con respecto al desarrollo del ascensor eléctrico. Asimismo a cada solución se le asigna un puntaje “P” según el criterio siendo 4 el puntaje ideal. Esto se puede ver en la siguiente Tabla 4.

N°	Criterio Evaluación	de	PROYECTO							
			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
			P	GP	P	GP	P	GP	P	GP
1	Función	3	2	6	3	9	4	12	4	12
2	Forma	2	1	2	2	4	3	6	4	8
3	Diseño	3	2	6	3	9	3	9	4	12
4	Seguridad	3	2	6	3	9	3	9	4	12
5	Ergonomía	2	3	6	2	4	3	6	4	8
6	Fabricación	3	3	9	2	6	2	6	4	12
7	Montaje	3	3	9	2	6	3	9	4	12
8	Manipulación	2	2	4	3	6	2	4	4	8
9	Transporte	1	2	2	2	2	2	2	4	4
10	Uso de energía	2	3	6	3	6	3	6	4	8
11	Mantenimiento	2	3	6	2	4	4	8	4	8
12	Estabilidad	2	2	4	3	6	3	6	4	8
13	Confiabilidad	3	2	6	2	6	3	9	4	12
14	Rigidez	2	1	2	2	4	2	4	4	8
	TOTAL			74		81		96		132
En el criterio P: 4: ideal; 3:cumple muy bien; 2:cumple bien; 1:cumple regular; 0:nocumple										
En el criterio G: 3: muy importante; 2; importante; 1: poco importante										

**TABLA 4 Evaluación técnico económica de solución**



Finalmente se obtiene una puntuación total por cada solución, las cuales se comparan con los valores de la solución ideal para obtener los valores relativos de los mismos. Estos se obtienen mediante la siguiente fórmula:

$$x_i = \frac{G_1P_1 + G_2P_2 + \dots + G_nP_n}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n) * P_{ideal}}$$

$$x_1 = \frac{74}{132} = 0.56$$

$$x_2 = \frac{81}{132} = 0.613$$

$$x_3 = \frac{96}{132} = 0.727$$

En segundo lugar, se realiza la valoración económica de los conceptos de solución. Para esto también se utiliza la asignación de peso ponderado y puntaje mencionado en el criterio técnico líneas arriba, por lo tanto se realiza la evaluación económica en base a 5 criterios de evaluación los cuales se muestran en la siguiente Tabla 5.

N°	CRITERIO DE EVALUACIÓN		Proyecto							
			Solución 1		Solución 2		Solución 3		Sol. Ideal	
		G	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP
1	Costo de material	2	9	18	9	18	8	16	7	14
2	Costo de fabricación	3	8	24	8	24	8	24	7	21
3	Costo de mano de obra	2	8	16	8	16	7	14	7	14
4	Costo de montaje	3	8	24	8	24	8	24	7	21
5	Costo de mantenimiento	3	8	24	9	27	7	21	7	21
	TOTAL			106		109		99		91
En el criterio <b>P</b> : 7:ideal; 8:cumple muy bien; 9:cumple bien; 10:cumple regular; 11:nocumple										
En el criterio <b>G</b> : 3: muy importante; 2: importante; 1: poco importante										

**TABLA 5 Criterios de evaluación**

De la tabla mostrada se llega a una puntuación final por cada concepto de solución del mismo modo que en la evaluación económica, por lo tanto se procede a determinar los valores relativos los cuales se determinan de la siguiente manera:



$$y_i = \frac{(G_1 + G_2 + \dots + G_n) * P_{ideal}}{G_1 P_1 + G_2 P_2 + \dots + G_n P_n}$$

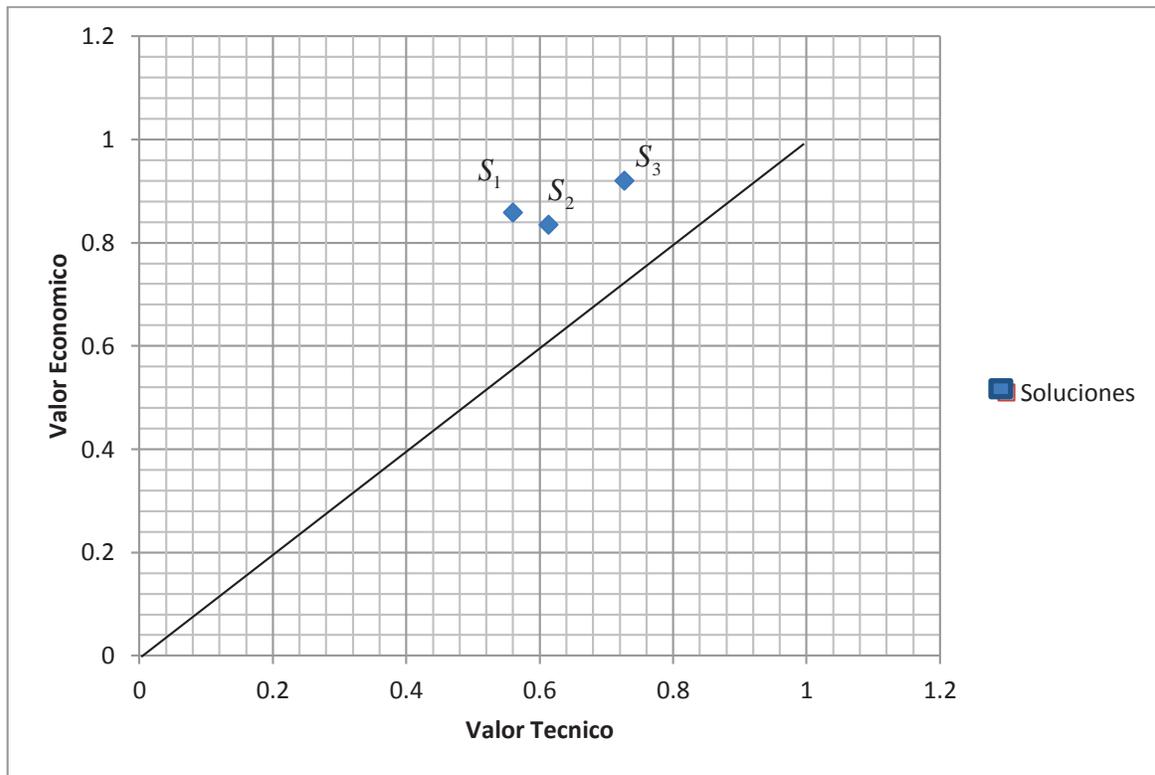
$$y_1 = \frac{91}{106} = 0.858 \quad y_2 = \frac{91}{109} = 0.835 \quad y_3 = \frac{91}{99} = 0.92$$

Los resultados de los valores relativos obtenidos tanto en la valoración técnica como la económica muestran en la cuadro 19. Se consideran como valores aceptables para una solución aquellos que se encuentren por encima de 0.6.

	Eje X (Valoración técnica)	Eje Y (Valoración económica)
Solución 1	0.56	0.858
Solución 2	0.613	0.835
Solución 3	0.727	0.92

**CUADRO 19 Valoración técnica y económica**

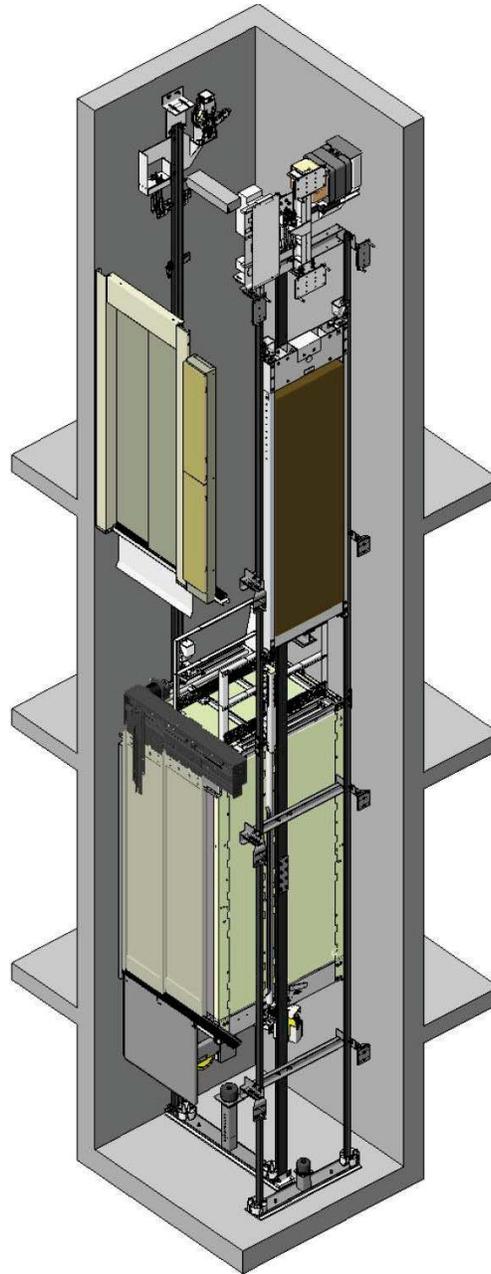
Finalmente se realiza una gráfica en el plano cartesiano en la que se ubican los 3 conceptos de solución correspondientes a las coordenadas obtenidas en las valoraciones técnicas y económicas. Se determina como el concepto de solución optimo a aquella solución cuyos valores relativos se encuentren por encima de 0.6 tanto en el eje “x” como en el eje “y”. Si se dice el caso de que una o más soluciones cumplan con este requisito se determina como optima a la solución que esta más cercana a la recta de pendiente 45 grados que representa el lugar geométrico ideal para un concepto de solución. Esta grafica se muestra a continuación en la figura 47. A partir de esta grafica se puede determinar que el concepto de solución óptimo es el de la solución 3.



**FIGURA 47 Bosquejo del mejor concepto de solución**

En la figura 48 se muestra un bosquejo del mejor concepto de solución que corresponde al sistema del ascensor eléctrico. En esto se aprecia el ascensor eléctrico completo con todo su sistema modernizado. Donde su control de maniobras lleva en el último piso, su sistema de control es digital, y sin cuarto de máquinas, con sistema de tracción a consumo eficiente de energía.

Bosquejo del ascensor eléctrico modernizado a consumo eficiente de energía, concepto de solución óptima.



**FIGURA 48** Bosquejo del ascensor eléctrico modernizado



## CAPITULO V

### 5. DISEÑO MECANICO DEL ASCENSOR

En el presente capitulo se describen los principales componentes mecánicos que configuran el ascensor, se describen las opciones posibles para cada caso y se proporciona las soluciones.

Los componentes dimensionados y seleccionados son:

- ✓ Calculo del peso de la cabina
- ✓ Calculo de amortiguadores
- ✓ Calculo del contrapeso
- ✓ Selección del limitador de velocidad
- ✓ Calculo de guías cabina y contrapeso
- ✓ Calculo de sistema de suspensión
- ✓ Calculo de potencia y selección, motor de tracción.
- ✓ Calculo de rodamientos

#### 5.1. CALCULO DEL PESO DE LA CABINA

Para determinar el peso de la cabina necesitamos saber el espesor de la plancha de acero A-36, para lo cual vamos a recurrir a las tablas de Anexo A.



**PLACAS RECTANGULARES**

a=lado mayor; b=lado menor;  $\alpha = \frac{b}{a}$

<p>29. TODOS LOS BORDES APOYADOS.- Carga uniforme en toda la superficie</p>	$\sigma_{\max} = \frac{0.75wb^2}{t^2(1+1.61\alpha^3)} \quad (\text{En el centro})$ $y_{\max} = \frac{0.1422wb^4}{Et^3(1+0.21\alpha^3)};$ $\mu = 0.3$
<p>30.-TODOS LOS BORDES EMPOTRADOS.-Carga uniforme en toda la superficie.</p>	$\sigma_{\max} = \frac{0.5wb^2}{t^2(1+0.623\alpha^6)}$ <p>(En el centro del borde largo)</p> $y_{\max} = \frac{0.0284wb^4}{Et^3(1+1.056\alpha^5)};$ $\mu = 0.3$
<p>31.-LOS BORDES LARGOS EMPOTRADOS Y LOS CORTOS APOYADOS.- Carga uniforme en toda la superficie.</p>	$\sigma_{\max} = \frac{wb^2}{2t^2(1+0.2\alpha^4)}$ <p>(En el centro de los bordes largos);</p> $\mu = 0.0$
<p>32.-LOS BORDES CORTOS EMPOTRADOS A LARGOS APOYADOS.- Carga uniforme en toda la superficie</p>	$\sigma_{\max} = \frac{0.75wb^2}{t^2(1+0.8\alpha^4)}$ <p>( En la mitad del borde corto);</p> $\mu = 0.0$
<p>33.-UN BORDE LARGO EMPOTRADO Y EL OTRO LIBRE; LOS BORDES CORTOS, APOYADOS.- Carga uniforme en toda la superficie.</p>	$\sigma_{\max} = \frac{3wb^2}{t^2(1+3.2\alpha^3)} \quad (\text{En el centro del borde empotrado});$ $y_{\max} = \frac{1.37wb^4}{Et^3(1+10\alpha^3)} \quad (\text{En el centro del borde libre})$ $\mu = 0.3$



<p>34.-UN BORDE LARGO ARTICULADO Y LOS OTROS TRES, APOYADOS.- Carga uniforme en toda la superficie.</p>	$\sigma_{\max} = \frac{\beta w b^2}{t^2}$ $y_{\max} = \frac{\alpha w b^4}{E t^3}$ $\mu = 0.3$
---	---

**TABLA 6 fórmulas para determinar espesor de planchas de acero A-36**

Fuente:(Extracto de Formulas for Stress & Strain de R.J. Roark Tabla 3-21)

Datos de la cabina:

Datos de la plancha de acero A-36 para determinar el espesor

a=largo, b= ancho, según la tabla  $\alpha = \frac{b}{a}$

Escogemos las siguientes medidas para nuestro diseño

a=1.40m = 140cm

b=1.10m = 110cm

$$\alpha = \frac{b}{a} = \frac{1.1}{1.4} = 0.7857 \approx 0.786$$

Determinando Área:  $A = 1.4 * 1.1 = 1.540 \text{ m}^2$  (cumple)

Estamos dentro del rango según la Norma Peruana EM-70 que se muestra en la siguiente cuadro

Número de pasajeros	Área de la cabina (m2)	
	Máximo	Mínimo
6	1.3	1.15
7	1.4	1.30
8	1.56	1.40
9	1.75	1.56
10	1.86	1.75

**TABLA 7 Área de la cabina del ascensor, Norma Peruana EM-70**

Igualmente cumple para el número de pasajeros según la norma UNE – EN 81-1 de la tabla mostrada, para nuestro cálculo es de 8 pasajeros.



Número de pasajeros	Carga nominal (masa Kg)	Superficie útil mínima de cabina (m2)	Superficie máxima de cabina (m2)	Útil de cabina
1	100	0.28	0.37	
2	180	0.49	0.58	
3	225	0.6	0.70	
4	300	0.79	0.90	
5	375	0.98	1.10	
6	450	1.17	1.30	
7	525	1.31	1.45	
8	600	1.45	1.60	
9	675	1.59	1.75	
10	750	1.73	1.90	

**TABLA 8 Área de la cabina del ascensor, Norma UNE-EN 81-1**

Para determinar el espesor de la plancha de acero, determinamos la densidad del acero en función del área

$$\rho_{acero} = 0.00785(kg / cm^2)$$

$$w_2 = \rho g t = 0.00785.t.(kgf / cm^2)$$

Se conoce el esfuerzo máximo del acero A-36

$$\sigma_{max} = \sigma_e = 2540kgf / cm^2$$

$w_1$  Peso distribuido en toda la superficie de la plancha de acero

$$w_1 = 600kg$$

$$w_1 = \frac{600}{140 * 110} = 0.03896kg / cm^2$$

Ahora sustituyamos en la ecuación en la tabla ya dada del cuadro 6.

$$\sigma_{max} = \frac{0.5wb^2}{t^2(1+0.623\alpha^6)}$$

$$2540 = \frac{0.5(0.03896 + 0.00785t)(110^2)}{t^2(1 + 0.623(0.786^6))}$$

$$0.4815t^2 - 0.00785t - 0.03896 = 0$$



$$t^2 - 0.0163t - 0.08091 = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{0.0163 \pm 0.5691}{2}$$

$$t = 0.2927 \text{ cm} = 2.927 \text{ mm} \approx 3 \text{ mm}$$

Teniendo el espesor calculado hallamos la deflexión máxima

$$y_{\max} = \frac{0.0284wb^4}{Et^3(1+1.056\alpha^5)}$$

$$w = w_1 + w_2$$

$$w_1 = 0.03896 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$w_2 = 0.00785 * (0.3) \text{ kgf} / \text{cm}^2 = 2.355 * 10^{-3} \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$w = w_1 + w_2 = 0.03896 + 2.355 * 10^{-3} = 0.041315 \text{ kgf} / \text{cm}^2$$

$$y_{\max} = \frac{0.0284 * 0.041315 * 110^4}{2.1 * 10^6 * (0.3^3) * (1 + 1.056 * (0.786^5))}$$

$$y_{\max} = 0.1324 \text{ cm} = 1.324 \text{ mm}$$

Entonces tenemos la relación que debe cumplir con los resultados obtenidos

$$y_{\max} < \frac{t}{2}$$

$$1.324 < \frac{3}{2} \Rightarrow 1.324 < 1.5 \text{ (Cumple)}$$

## 5.2. CALCULO DE AMORTIGUADORES

### 5.2.1. AMORTIGUADOR

Los ascensores deben estar provistos de amortiguadores para amortiguar la cabina o el contrapeso en caso de caída y no actuación de los paracaídas. Estos amortiguadores deben estar colocados en el foso. Según la norma EN 81-1, se distinguen tres clases de amortiguadores:

a) Amortiguadores de acumulación de energía: sólo pueden emplearse para ascensores de velocidad nominal no superior a 1 m/s.



b) Amortiguadores de acumulación de energía con amortiguación del movimiento de retorno: para ascensores de velocidad nominal no superior a 1.6 m/s.

c) Amortiguadores a disipación de energía: pueden ser empleados en ascensores de cualquier velocidad.

Vistas las diferencias constructivas y de funcionamiento de los tipos de amortiguadores existentes, según la Norma EN 81-1, se procede a la decisión para la selección del tipo de amortiguador para el ascensor objeto de estudio.

Se sabe que la velocidad nominal del ascensor es de 1 m/s, por lo que en un principio es evidente escoger un amortiguador de acumulación de energía.

Por otro lado, el amortiguador de disipación de energía sirve para cualquier velocidad nominal, por lo que también sería válido escogerlo.

Para analizar el estado de tensiones en una sección cualquiera de un muelle helicoidal cilíndrico de hilo de sección circular, se parte de considerar el equilibrio de una mitad del muelle cortado por la sección de estudio (Fig. 49, 50), donde se comprueba que la sección del hilo está sometida simultáneamente a un momento torsor,  $M$  y a una fuerza de cortadura  $F$ .

Resorte helicoidal cilíndrico de alambre de sección transversal circular, se muestra un resorte helicoidal cilíndrico sin carga, donde se tienen sus diversos parámetros y la forma de denotarlos

$D_s$ =Diámetro exterior

$D_m$ =Diámetro medio

$L_o$ =longitud libre

$d$ =diámetro de alambre

$\alpha$  =ángulo de hélice

$P$ =paso

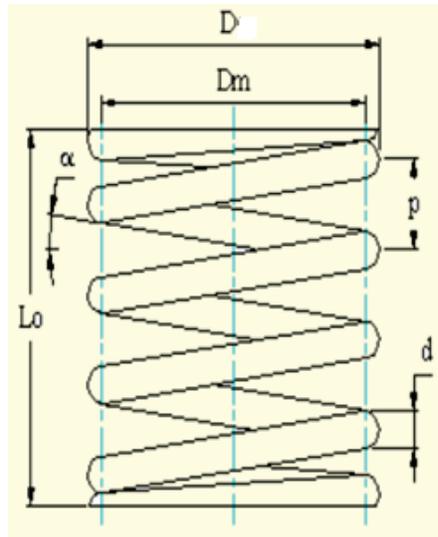


FIGURA 49 Resorte helicoidal cilíndrico

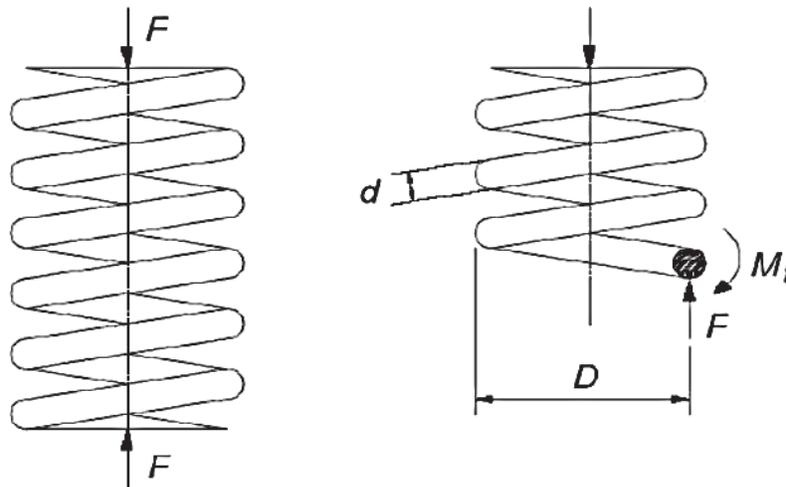


FIGURA 50 Cargas en los resortes helicoidales

$$\tau = \pm \frac{M_t}{W_t} + \frac{F}{A}$$

Por otra parte, en la figura mostrada se pueden ver separadamente las distribuciones de tensiones provocadas por la torsión (a), por las fuerzas de cortadura (b), y a su superposición (c). La distribución de tensiones de cortadura en (d) son las reales, que aparecen con forma ligeramente curvilínea. Las tensiones extremas son las siguientes

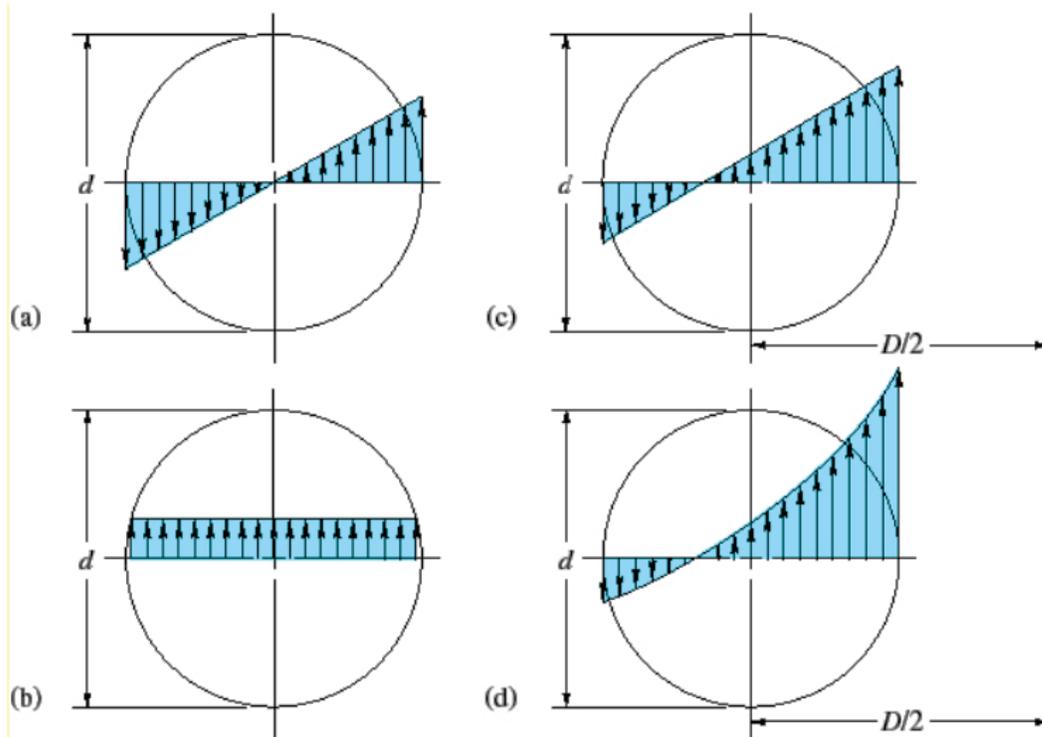


FIGURA 51 Distribución de tensiones, torsión, cortadura en resortes

Puesto que la tensión de torsión en el resorte helicoidal aumenta conforme disminuye la distancia del punto de evaluación de la tensión al eje del resorte es necesario inicialmente evaluar el factor de corrección de la tensión del hilo mediante el denominado coeficiente de Wahl.

$$\Psi = \frac{\frac{D}{d} - 0.25}{\frac{D}{d} - 1} + \frac{0.615}{\frac{D}{d}}$$

Seguidamente, se determina la tensión admisible de la ecuación dada a torsión del material. En este caso se obtiene multiplicando la resistencia a la tracción del material por un factor que es de 0.28.

$$\tau_a = 0.28 \cdot \sigma_R$$

Y para determinar el diámetro de la espira “d” hallamos de las siguientes ecuaciones dadas:

$$F_{\max} = \left( \frac{\pi d^3}{8 \Psi D} \right) \cdot \tau_a$$



$$\frac{8F_{\max} \cdot D \cdot \Psi}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_a$$

Para determinar el diámetro del muelle

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_{\max} \cdot \Psi}{\pi \cdot \tau_a} \cdot \left(\frac{D}{d}\right)} \text{ (mm)}$$

Donde  $F_{\max}$  es la fuerza en (N) con el resorte totalmente comprimido, que de acuerdo con las especificaciones de la Norma EN 81, la máxima fuerza a realizar por el amortiguador es:

$$F_{\max} = 4(M_{\text{cabina}} + Q) \cdot g$$

De esta manera, una vez obtenido el diámetro de la espira,  $d$ , y estimada previamente la relación  $\frac{D}{d}$  se puede hallar el diámetro nominal del resorte  $D$ .

Por otro lado, para determinar el número de espiras activas del resorte helicoidal se siguen los pasos siguientes con las ecuaciones que figuran a continuación:

La compresión del resorte se puede expresar mediante la ecuación

$$F_{\max} = k \cdot x \text{ Donde } K \text{ es la rigidez del resorte helicoidal y "x" expresamos como:}$$

$$x = \phi \cdot \frac{D}{2} \text{ Tomando } \phi \text{ el ángulo de torsión se tiene la siguiente expresión}$$

$$\phi = \frac{M_t \cdot \ell}{G \cdot J_p}$$

Dónde:

$\phi$  = el ángulo de torsión

$M_t$  = es el par de torsión (N·m)

$\ell$  = es la longitud del resorte sometida a torsión

$G$  = es el módulo de cortadura del material

$J_p$  = es el momento de inercia polar de la sección de la espira

El par de torsión  $M_t$  está dada por la ecuación:

$$M_t = \frac{F_{\max} \cdot D}{2} \text{ (N.mm)}$$

La longitud del resorte  $\ell = \pi \cdot D \cdot n \text{ (mm)}$



Donde “n” es el número de espiras activas del resorte

Y luego tenemos el momento de inercia.

$$J_p = \frac{\pi.d^4}{32} (mm^4)$$

Ahora con la combinación de estas ecuaciones dadas determinamos “n” el número de espiras

$$x = \phi \frac{D}{2} = \left( \frac{M_t \cdot \ell}{J_p \cdot G} \right) \cdot \frac{D}{2} = \left( \frac{\left( \frac{F_{max} \cdot D}{2} \right) \cdot (\pi \cdot D \cdot n)}{\frac{\pi \cdot d^4}{32} \cdot G} \right) \cdot \frac{D}{2}$$

$$x = \frac{8 \cdot F_{max} \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4}$$

$$\frac{F_{max}}{k} = \frac{8 \cdot F_{max} \cdot D^3 \cdot n}{G \cdot d^4}$$

y por tanto “n” el número de espiras activas toma la siguiente expresión

$$n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot k}$$

Es preciso conocer la rigidez del resorte, que a continuación se muestra la manera de hallarlo, la carrera del amortiguador es el mayor de los valores siguientes, según EN 81-1

$$f_{max} = \{65mm, 0.135v^2\}$$

La carrera posible de los amortiguadores e acumulación de energía tengan o no amortiguación del movimiento de retorno, será por lo menos igual a dos veces la distancia de parada por gravedad con velocidad de 115% de la velocidad nominal, es decir,

$2 * 0.067 * v^2$  Aproximadamente igual a  $0.135 * v^2$ , expresando la carrera en metros y la velocidad en m/s.

### 5.2.1.1. CALCULO DE AMORTIGUADOR DE LA CABINA

Bien, con las ecuaciones mencionadas y los datos que figuran seguidamente se procede al cálculo de los amortiguadores de acumulación de energía para la cabina, en lo que respecta al material del resorte se trata de un hilo de acero para conformar en caliente y bonificar, ya que este proceso de fabricación se emplea para muelles helicoidales de grandes dimensiones.



En este caso se ha decidido utilizar en el acero destinado a muelle helicoidal fuertemente solicitado y apto para aplicaciones con choques a una temperatura de servicio de 240 °C. El acero en cuestión es el 65SiCr5 Anexo B, (Tabla A, propiedades de materiales Resistencia de Materiales Jorge Rodríguez), que tiene una resistencia a la tracción entre 1500 a 1700MPa.

Según las indagaciones realizadas en bibliografías de resistencia de materiales, recomienda una resistencia a la tracción muy elevada y cercana a los 2000MPa. En este caso se ha decidido escoger un muelle de resistencia a la tracción de 1700MPa. El módulo de cortadura es de  $G = 81.5 \text{ GPa}$ .

Determinamos la masa de la cabina

$$M_{\text{cabina}} = M_{\text{planchas(A-36)}}(\text{base} + \text{techo}) + M_{\text{puertas}}^{\text{planchas(A-36)}} + M_{\text{laterales}}^{\text{planchas(A-36)}} + M_{\text{laterales alrededor}}^{\text{planchas(A-36)}}(\text{entre hojas}) + M_{\text{techo y base alrededor}}^{\text{planchas(A-36)}}(\text{entre hojas}) + M_{\text{vidrio}}(\text{Posterior})$$

$$M_{\text{cabina}} = 4\rho_{\text{A-36}} \cdot A \cdot e + 2\rho_{\text{A-36}} \cdot A \cdot e + 4\rho_{\text{A-36}} \cdot A \cdot e + 8\rho_{\text{A-36}} \cdot A \cdot e + 6\rho_{\text{A-36}} \cdot A \cdot e + 8\rho_{\text{A-36}} \cdot A \cdot e + \rho_{\text{vidrio}} \cdot A \cdot e$$

$$M_{\text{cabina}} = 4 * 7860 * (1.1 * 1.4 * 3 * 10^{-3}) + 2 * 7860 * (1.1 * 2.1 * 3 * 10^{-3}) + 4 * 7860 * 1.4 * 2.1 * 3 * 10^{-3} + 8 * 7860 * 0.2 * 2.1 * 3 * 10^{-3} + 6 * 7860 * 1.1 * 0.2 * 3 * 10^{-3} + 8 * 7860 * 0.2 * 1.4 * 3 * 10^{-3} + 2500 * 1.1 * 2.1 * 8 * 10^{-3}$$

$$M_{\text{cabina}} = 740.86 \approx 741 \text{ kg}$$

Para nuestros cálculos tomaremos la masa de la cabina 800kg

$$Q = \text{Nro de pasajeros} * \text{masa de cada pasajero}$$

$$Q = 8 * 75 \text{ kg} = 600 \text{ kg}$$

$$M_{\text{contrapeso}} = M_{\text{cabina}} + \frac{Q}{2}$$

$$M_{\text{contrapeso}} = 800 + \frac{600}{2} = 1100 \text{ kg}$$

Bien, con las ecuaciones mencionadas y los datos que figuran seguidamente se procede al cálculo de los amortiguadores de acumulación de energía para la cabina y el contrapeso

Masa de la cabina:  $M_{\text{cabina}} = 800 \text{ kg}$



Carga nominal:  $Q = 600kg$

Masa del contrapeso:  $M_{contrapeso} = 1100kg$

Velocidad nominal:  $v = 1 \text{ m/s}$

Primero hallamos el coeficiente de wahl  $\Psi$  mediante la ecuación dada. Puesto que la tensión de torsión en el resorte helicoidal aumenta conforme disminuye la distancia del punto de evaluación de la tensión al eje del resorte es necesario inicialmente evaluar el factor de corrección de la tensión del hilo mediante el denominado coeficiente de Wahl. Es preciso comentar que los resultados obtenidos por ambos caminos son iguales:

$$\Psi = \frac{\frac{D}{d} - 0.25}{\frac{D}{d} - 1} + \frac{0.615}{\frac{D}{d}}, \quad 6 \leq \frac{D}{d} \leq 15, \quad \frac{D}{d} = 6$$

Se tomara el valor de 6 para que el diámetro del resorte no sea muy grande y así permitir el ahorro en el espacio del foso.

$$\Rightarrow \Psi = \frac{6 - 0.25}{6 - 1} + \frac{0.615}{6} = 1.2525$$

Se determina la máxima tensión permisible a torsión, en este caso se obtiene multiplicando la resistencia a la tracción del material por un factor que es de 0.28.

$\tau_a = 0.28 \cdot \sigma_R$ , en este caso  $\sigma_R$  se ha decidido escoger un muelle de resistencia a la tracción de 1700MPa

$$\tau_a = 0.28 * 1700 = 476MPa$$

$$F_{\max} = 4(M_{cabina} + Q) \cdot g$$

$$F_{\max} = 4 * (800 + 600) * 9.81 = 54936N$$

Como se va a colocar 2 muelles en el foso para la cabina, para amortiguar mejor el choque y así ahorro más espacio y material y por consiguiente la  $F_{\max}$  se tendrá que dividir entre dos:

$$F_{\max} = \frac{54936}{2} = 27468N$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{8 \cdot F_{\max} \cdot \Psi \cdot \left(\frac{D}{d}\right)}{\pi \cdot \tau_a}} = \sqrt{\frac{8 * 27468 * 1.254 * 6}{\pi * 476}}$$



$$d \geq 32.3mm \Rightarrow d = 33mm$$

$$\frac{D}{d} = 6 \Rightarrow D_s = 6 * 33 = 198mm$$

$$f_{\max} = \{65mm, 0.135v^2\}$$

La carrera del amortiguador es el mayor de los valores siguientes, según EN 81-1

$$f_{\max} = 0.135 * v^2 = 0.135 * (1)^2 = 0.135m$$

$$f_{\max} = 135mm$$

Ahora se determina la rigidez del muelle

$$k = \frac{F_{\max}}{f_{\max}} = \frac{27468N}{135mm} = 203.467 \frac{N}{mm} \left( \frac{1mm}{10^{-3}m} \right) = 203467N / m$$

Entonces el número de espiras activas es

$$n = \frac{G.d^4}{8.D^3.k} \quad \text{Dónde:} \quad G = 81.5GPa \quad \text{Modulo del muelle}$$

$$n = \frac{81.5 * 10^9 * (33 * 10^{-3})^4}{8 * (198 * 10^{-3})^3 * 203467N / m} = 7.649 \cong 8 \text{ espiras activas}$$

El valor ya calculado, ahora es necesario comprobar que los dos amortiguadores calculados no pandeen.

Entonces calculamos la longitud inicial de ambos muelles con las ecuaciones.

$$L_o = (n + n_f)d + \delta_{\max}$$

$$L_o = (8 + 1) * 33 + 135 = 432mm$$

$$\frac{\delta_{\max}}{L_o} = \frac{135}{432} = 0.3125$$

$$\frac{v * L_o}{D} = \frac{1 * 432}{198} = 2.182$$

## **DIMENSION DE LOS AMORTIGUADORES DE LA CABINA**

Seguidamente se calculan las dimensiones externas e internas en lo referente al diámetro del resorte, reemplazando los datos se tiene:



$$D_e = D + 2 \cdot \left(\frac{d}{2}\right) = 198 + 33 = 231mm$$

$$D_i = D - 2 \cdot \left(\frac{d}{2}\right) = 198 - 33 = 165mm$$

### **ANALISIS DE LAS TENSIONES DE RESORTE PARA LA CABINA**

Las tensiones tangenciales originadas por torsión y cizalladora en la sección circular de la espira, a fin de obtener las tensiones tangenciales resultantes de ambos esfuerzos:

$$\tau = \pm \frac{M_t}{W_t} + \frac{F}{A}$$

La tensión tangencial debida a torsión únicamente se halla de la siguiente manera:

$$\tau_{torsion} = \pm \frac{M_t}{W_t} = \pm \frac{F_{max} \cdot \frac{d}{2}}{W_t}$$

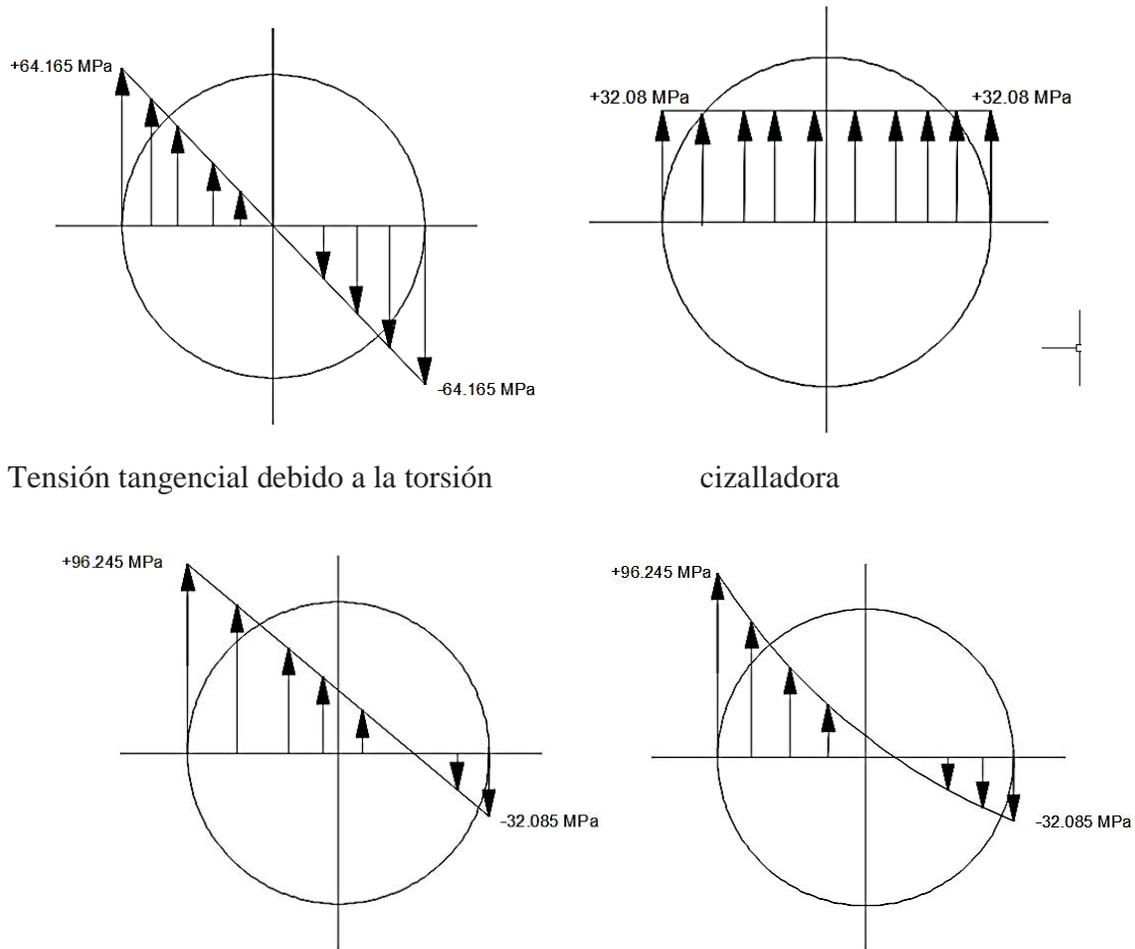
$$W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot (33)^3}{16} = 7056.213$$

$$\tau_{ciz} = \frac{F_{max}}{A} = \frac{27440}{\frac{\pi \cdot (33)^2}{4}} = 32.082MPa$$

Sustituyendo a la ecuación de tensión tangencial debido a la torsión

$$\tau_{torsion} = \pm \frac{M_t}{W_t} = \pm \frac{F_{max} \cdot \frac{d}{2}}{W_t} = \pm \frac{27440 \cdot \frac{33}{2}}{7056.213} = \pm 64.165MPa$$

$$\tau = \pm \frac{M_t}{W_t} + \frac{F}{A} = \pm 64.165 + 32.082 = \begin{cases} \tau_{max} = +96.245MPa \\ \tau_{min} = -32.085MPa \end{cases}$$



**FIGURA 52 Tensiones tangenciales debido a la torsión, cizalladora**

De esta manera, y sabiendo que la tensión tangencial máxima pertenece al punto A, cuyo valor es de  $\tau_{\max} = 96.245 \text{ MPa}$ , se procede a evaluar su resistencia comparándola con la tensión admisible.

$$\tau_{\max} \leq \tau_{adm}$$

$$96.245 \text{ MPa} \leq 476 \text{ MPa} \Rightarrow ok$$

A partir de los valores de tensión obtenidos se verifica que la admisible es sin duda superior a la máxima bajo carga x lo que la amortiguación resistirá sin problemas los esfuerzos a los que pueda verse sometido.

Por último, ya que se trata de un amortiguador de acumulación de energía, sería interesante cuantificar una serie de magnitudes, como son la energía potencial elástica durante el



choque, la deceleración máxima durante el choque y el tiempo de duración del mismo y hallamos:

$$E_{pc} = \frac{F_{\max} \cdot \delta_{\max}}{2} = \frac{(27440) \cdot (0.135)}{2} = 1852.2J$$

$$a_{\max} = \frac{v^2}{\delta_{\max}} = \frac{1^2}{0.135} = 7.407m/s^2$$

$$\omega_0 = \frac{v}{\delta_{\max}}, \quad \omega_0 \text{ es la frecuencia de vibración}$$

$$t_{choque} = \frac{\pi}{2 * \omega_0} = \frac{\pi}{2 * \left(\frac{1}{0.135}\right)} = 0.212seg$$

es el tiempo durante el cual se produce la absorción de energía, correspondiente a 1/4 del período de vibración del sistema masa-muelle “que corresponden a 1/4 del ciclo completo de oscilación”, se ha considerado el choque de una masa “m” que se mueve a velocidad “v” contra un muelle de característica elástica lineal con constante de rigidez “k”. A partir del instante en que la masa entra en contacto con el muelle, la primera se decelera hasta que se detiene, momento en el cual el muelle ha absorbido toda la energía cinética de la masa.

Mientras la masa y el muelle no pierden el contacto, el conjunto se comporta como un sistema vibratorio masa-muelle. En efecto, el momento inicial del contacto masa-muelle se establece como posición de equilibrio y el movimiento se iniciará con la velocidad inicial de la masa en el momento de contacto en el sentido de compresión del muelle

### 5.2.1.2. CÁLCULO DE AMORTIGUADOR PARA CONTRAPESO

Ya teniendo calculados los amortiguadores de acumulación de energía para la cabina, el cálculo correspondiente para el contrapeso en forma similar al de la cabina como se puede observar a continuación, aplicando de nuevo las mismas ecuaciones que utilizamos para el cálculo de amortiguador de la cabina.

Donde de nuevo se hace una nueva estimación como para la cabina, esta vez para el amortiguador del contrapeso.



$$\frac{D}{d} = 6$$

$$\psi = \frac{6-0.25}{6-1} + \frac{0.615}{6} = 1.2525$$

$$\tau_a = 0.28 * 1700 = 476 \text{ MPa}$$

De manera que en este caso la fuerza máxima soportada por el muelle es la referente a la masa del contrapeso, que en este caso es de 1100 kg y reemplazamos a la ecuación.

$$F_{\max} = 4 * z * g = 4 * 1100 * 9.81 = 43164 \text{ N}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{8.F.\psi}{\pi.\tau_a} \cdot \left(\frac{D}{d}\right)} = \sqrt{\frac{8 * 43164 * 1.254}{\pi * 476} * (6)} \geq 41.68 \text{ mm}$$

$$d \geq 41.68 \text{ mm} \cong 42 \text{ mm}$$

El diámetro de la espira que calculamos es muy grande y por ende se plantea colocar 2 amortiguadores para el contrapeso.

$$F_{\max} = \frac{4 * 1100 * 9.81}{2} = 21582 \text{ N}$$

Este resultado es para cada muelle, entonces el nuevo diámetro de la espira es:

$$d \geq \sqrt{\frac{8 * 21582 * 1.254 * 6}{\pi * 476}} \geq 29.47 \text{ mm}$$

$$d \geq 29.47 \text{ mm} \cong 29 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow D = 6d = 6 * 29 = 174 \text{ mm}$$

$$f_{\max} = \{65 \text{ mm}, 0.135 \text{ v}^2\} = \{65 \text{ mm}, 0.135 * 1^2\} = 0.135 \text{ m} = 135 \text{ mm}$$

$$k = \frac{F_{\max}}{\delta_{\max}} = \frac{21582}{135} = 159.866 \frac{\text{N}}{\text{mm}} * \left(\frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}\right) = 159866 \text{ N / m}$$

$$n = \frac{Gd^4}{8Dk} = \frac{(81.5 * 10^5) * (29 * 10^{-3})^4}{8 * (174 * 10^{-3})^3 * 159866} = 8.55$$

$$n = 8.55 \approx 9 \text{ espiras activas}$$

$$L_0 = (9+1) * 29 + 135 = 425 \text{ mm}$$



$$\frac{\delta_{\max}}{L_0} = \frac{135}{425} = 0.3176$$

$$\frac{vL_0}{D} = \frac{1*425}{174} = 2.44$$

### DIMENSION DE LOS AMORTIGUADORES DEL CONTRAPESO

$$D_e = 174 + 2\left(\frac{29}{2}\right) = 203mm$$

$$D_i = 174 - 2\left(\frac{29}{2}\right) = 145mm$$

### ANALISIS DE TENSIONES DEL CONTRAPESO

$$\tau = \pm \frac{M_t}{W_t} + \frac{F}{A}$$

$$\tau_{torsion} = \pm \frac{21582 * \frac{29}{2}}{\pi * \frac{29^3}{16}} = \pm 65.35MPa$$

$$\tau_{cizall.} = \frac{21582}{\frac{\pi * 29^2}{4}} = 32.674MPa$$

$$\tau = \pm \frac{M_t}{W_t} + \frac{F}{A} = \pm 65.35 + 32.674 = \begin{cases} \tau_{\max} = +98.024Mpa \\ \tau_{\min} = -32.676Mpa \end{cases}$$



Ahora graficamos

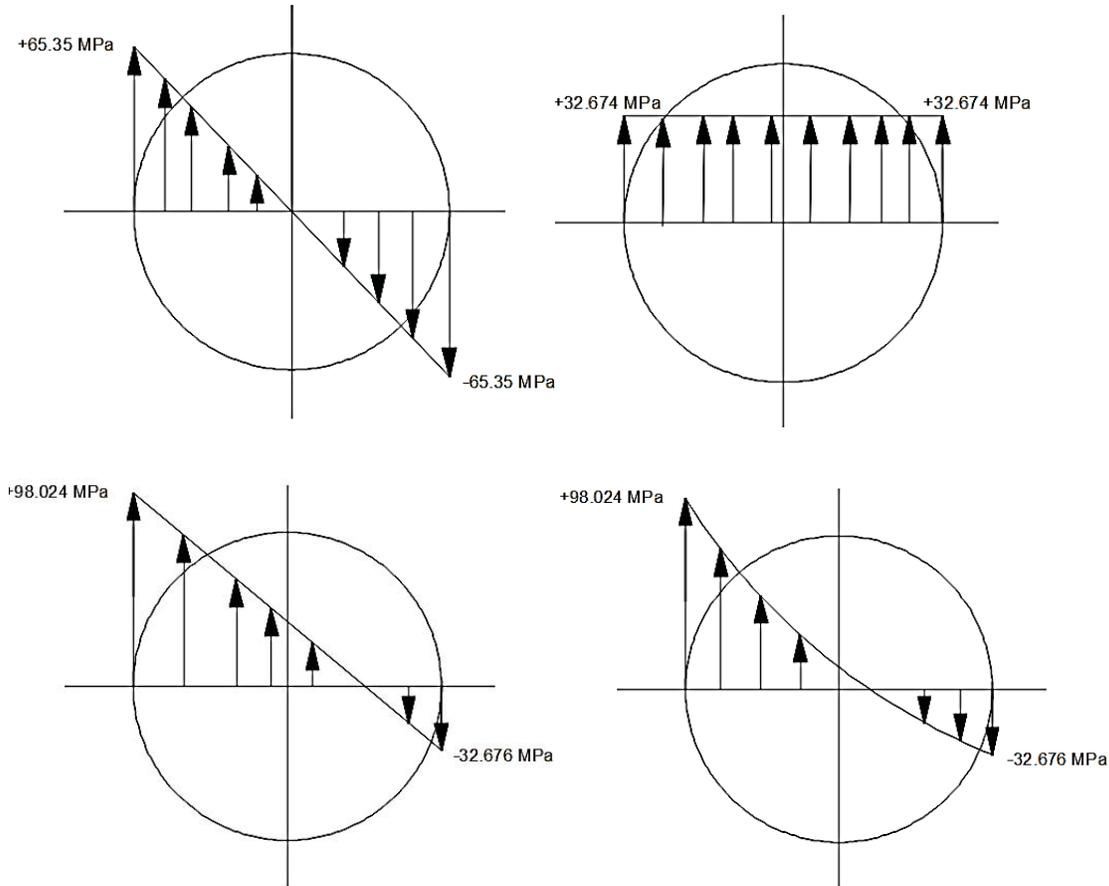


FIGURA 53 Tensiones en el amortiguador del contrapeso

Y nuevamente se verifica que la tensión máxima no es superior a la admisible y por tanto no existen problemas de resistencia del material.

$$\tau_{\max} \leq \tau_{adm}$$

$$98.024 MPa \leq 476 MPa \Rightarrow ok$$

De igual forma calculamos su energía, aceleración máxima y tiempo de choque.

$$E_{pe} = \frac{1}{2} * 21582 * 0.135 = 1456.85 J$$

$$a_{\max} = \frac{1^2}{0.135} = 7.407 m / s^2$$

$$t_{choque} = \frac{\pi}{2 * \frac{1}{0.135}} = 0.212 seg$$

Finalmente observando los valores obtenidos tanto de la cabina como el contrapeso se puede comprobar que los muelles de acumulación de energía, calculados no sufren el fenómeno de pandeo, por lo que el diseño y cálculo de ambos muelles es correcto y la relación estimada

es  $\frac{D}{d} = 6$  proporciona un resultado correcto.

La forma práctica de determinar la posibilidad de pandeo en un resorte de compresión se consigue utilizando el gráfico empírico de la Figura 54 mostrada donde se observan curvas que indican cuando puede producirse pandeo en resortes helicoidales de compresión con los extremos escuadrados y amolados. La curva A es para resortes con un extremo fijo y el otro pivotado, mientras que la curva B es para resortes con ambos extremos fijos.

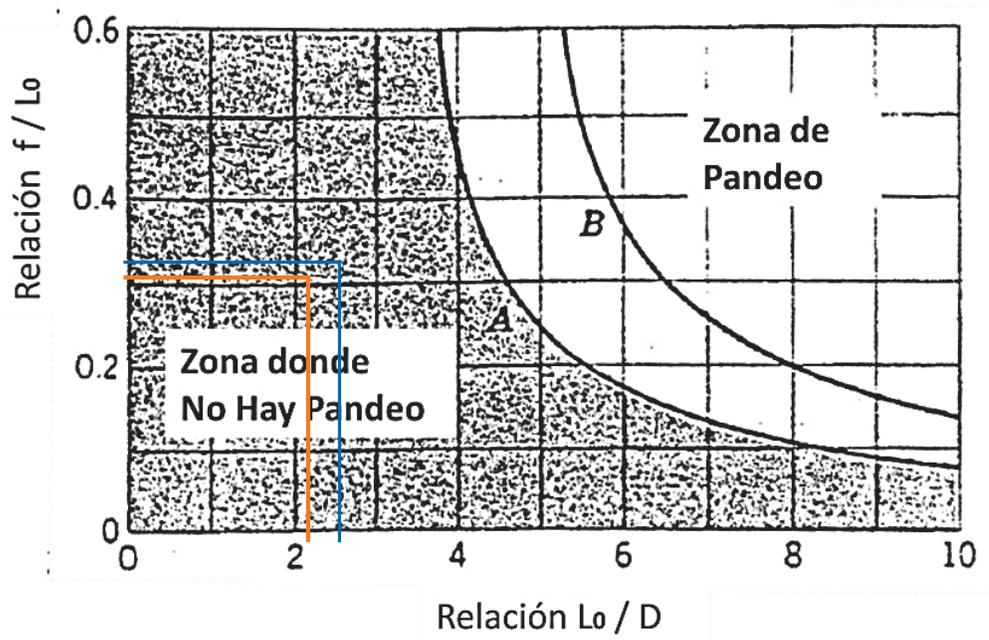


FIGURA 54 Zonas de pandeo en resortes helicoidales

■ = cabina

■ = contrapeso

Fuente “Resortes Mecánicos helicoidales Ing. Carlos Gerez pág. 13”

### 5.3. CALCULO DEL CONTRAPESO

El contrapeso de un ascensor se calcula equilibrando la masa de la cabina y generalmente la mitad de la carga nominal, siempre y cuando el recorrido del ascensor no sea superior a 35 metros en los edificios altos con recorrido superior a 35 m, ya que de ser así se debería tener en cuenta el peso de los cables y la presencia de cables de compensación ya en adelante se



ha calculado la masa del contrapeso de forma sencilla realizando el equilibrado de la masa de la cabina y de la mitad del contrapeso por medio de la siguiente ecuación

$$M_{\text{contrapeso}} = M_{\text{cabina}} + \frac{Q}{2}$$

$$M_{\text{contrapeso}} = 800 + \frac{600}{2} = 1100\text{kg}$$

La compensación de la cabina se realiza a través de una serie de bloques de hormigón o fundición dispuestos en un bastidor diseñado para tal efecto.

Así pues, se consigue con la adecuada selección del material unas pequeñas dimensiones de contrapeso, es importante mencionar que el cálculo se desarrolla de modo que la compensación de la cabina sea únicamente efectuada por los bloques, sin tener en cuenta la masa del bastidor.

### HALLANDO LA ALTURA DEL CONTRAPESO

Datos

$$M_{\text{contrapeso}} = 1100\text{kg}$$

$$L = 1.30\text{m} = 130\text{cm}$$

$$A = 10\text{cm}$$

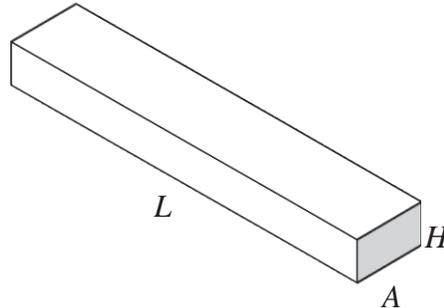
$$H = 5\text{cm}$$

Donde:

L: largo del bloque

A: ancho del bloque

H: altura del bloque



➤ **Hallando el volumen.**

$$V = 130 * 10 * 5 = 6500\text{cm}^3$$

$$\rho = \frac{M_{\text{bloque}}}{V}$$

$$M_{\text{bloque}} = \rho_{\text{hormigon}} V$$

Material hormigón	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Ligero	1800
Normal	2400
Pesado	>3200



**TABLA 9 Densidades del material hormigón**

Fuente: [www.arkiplus.com](http://www.arkiplus.com)

Para nuestros cálculos se necesita un hormigón de densidad  $\rho = 3300 \text{kg} / \text{m}^3$

$$M_{\text{bloque}} = 3300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 6500 \text{cm}^3 * \frac{10^{-6} \text{m}^3}{1 \text{cm}^3}$$

$$M_{\text{bloque}} = 21.45 \text{kg}$$

➤ **Hallando los bloques de hormigón que se necesita para el contrapeso**

$$N^{\circ} \text{bloques} = \frac{M_{\text{contrapeso}}}{M_{\text{bloque}}} = \frac{1100}{21.45} = 51.28 \text{ bloques}$$

Se toma N° de bloques 52 bloques

➤ **Ahora calculamos la altura del contrapeso**

Donde

H<sub>c</sub>: altura del contrapeso

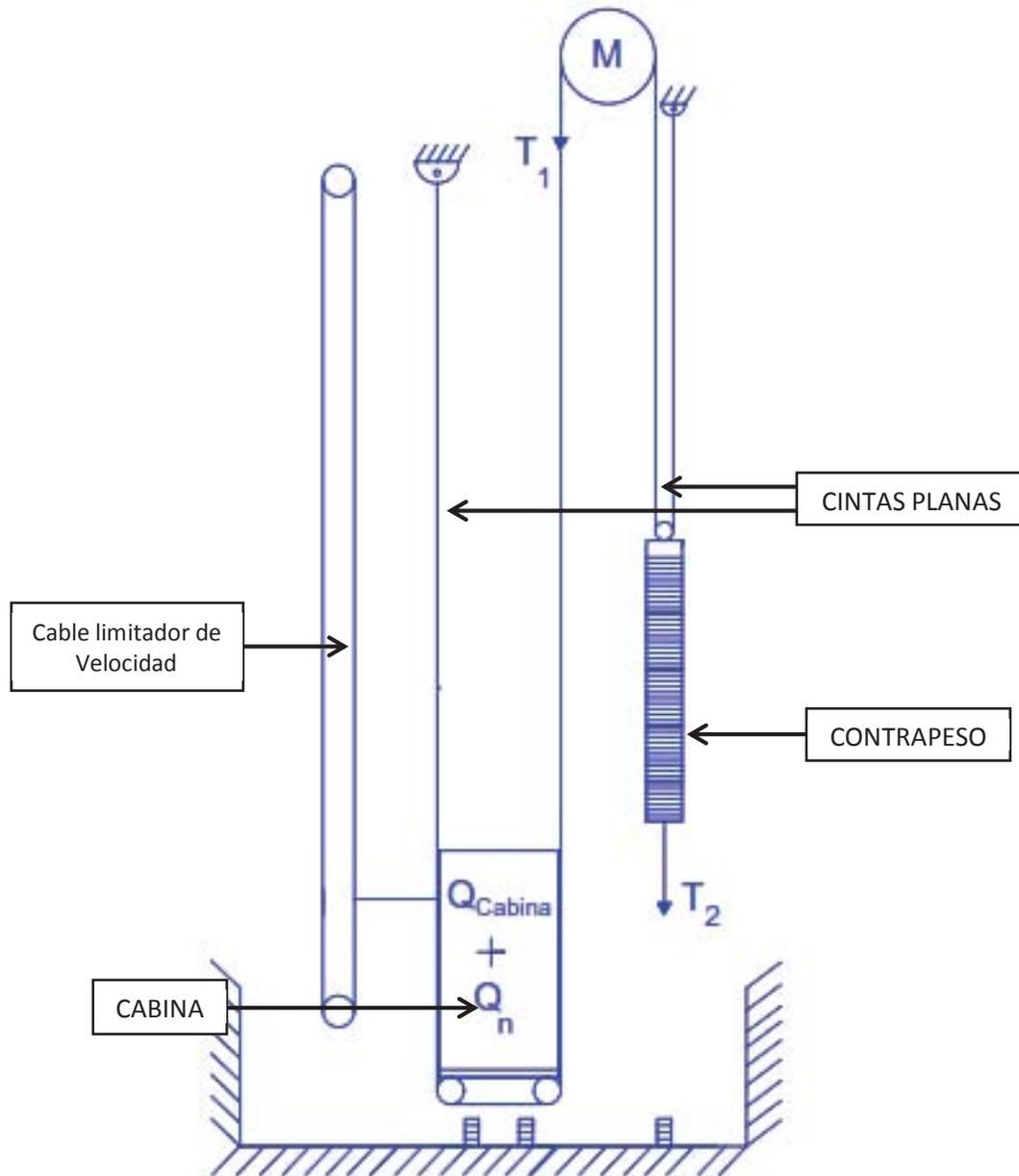
H<sub>b</sub>: altura del bloque

$$H_c = N^{\circ} \text{bloques} * H_b$$

$$H_c = 52 * 5 \text{cm} = 260 \text{cm} = 2.6 \text{m}$$

En conjunto el contrapeso está formado por un bastidor compuesto de perfiles UPN, los bloques de fundición, el sistema de fijación de la cinta de suspensión y los elementos de apoyo que permiten el contacto con las guías.

Esquema de un contrapeso en un edificio de 6 paradas



**FIGURA 55 Elementos que componen ascensor eléctrico**

Para el recorrido de ascensores superiores a los 30 metros de altura, se tiene a continuación ecuaciones que se emplearán para determinar la masa del contrapeso de un ascensor de dichas características en cuanto a recorrido se refiere, ya que ahora participan los cables de compensación, en nuestro caso no necesitamos por ser nuestra altura menor de 30m.

$$(M_{cabina} + \psi \cdot Q) \cdot g + (H - z) \cdot q_L \cdot g + z \cdot q_k \cdot g + y \cdot q_e \cdot g = M_{contrapeso} \cdot g + z \cdot q_L \cdot g + (H - z) \cdot q_k \cdot g$$

Se puede establecer de forma simple la relación entre la variable “y” y “z”



$$y = \frac{z}{2}$$

Reemplazando esta última igualdad a la primera ecuación resulta:

$$M_{\text{cabina}} + \psi \cdot Q + H \cdot q_L + z \cdot (q_k - q_L + \frac{q_e}{2}) = M_{\text{contrapeso}} + H \cdot q_k + z \cdot (q_L - q_k)$$

Esta ecuación debe cumplirse para cualquier posición de la cabina, por lo tanto se pueden igualar los términos que no contienen la variable “z” resultando:

$$M_{\text{cabina}} + \psi \cdot Q + H \cdot q_L = M_{\text{contrapeso}} + H \cdot q_k \dots\dots\dots *$$

Y realizando la misma operación para los términos que multiplican a “z”, queda de la forma siguiente:

$$q_k - q_L + \frac{q_e}{2} = q_L - q_k$$

La ecuación permite obtener el peso por unidad de longitud del cable de compensación:

$$q_k = q_L - \frac{q_e}{4}$$

Y finalmente sustituyendo la anterior ecuación, a la ecuación (\*) resulta una relación entre el contrapeso y el peso de la cabina, la carga útil, la altura y el peso por unidad de longitud del cable de tracción.

$$M_{\text{contrapeso}} = M_{\text{cabina}} + \psi \cdot Q + H \cdot \frac{q_e}{4}$$

Los contrapesos están constituidos por bloques de fundición o de hormigón. En cualquier caso, los bloques deben estar unidos por un bastidor o como mínimo por dos tirantes de acero Norma EN 81, calculados con un factor de seguridad de 5 al menos.

Las uniones del bastidor deberán estar soldadas, remachadas o fijadas con pernos múltiples con pasadores en las tuercas Norma EN 81.

#### **5.4. SELECCIÓN DEL CABLE DEL LIMITADOR DE VELOCIDAD**

Para llevar a cabo la selección del cable del limitador de velocidad se deben tener en cuenta y principalmente, las normativas referentes al limitador de velocidad.

Dichas normativas hacen referencia a la velocidad de disparo y a la fuerza con la que el paracaídas acciona a los cables del limitador de velocidad, de entre otros aspectos



importantes a tener en cuenta.

#### 5.4.1. PERFILES DE GARGANTAS DE POLEAS

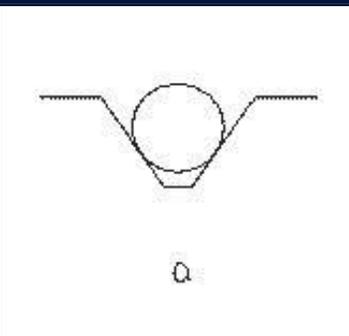
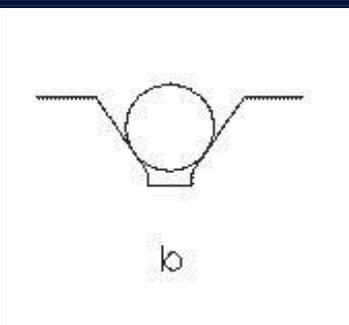
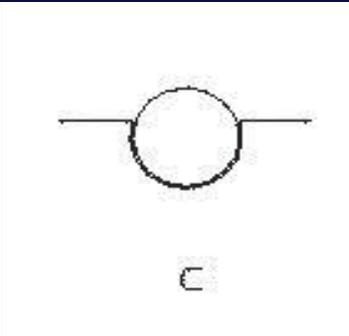
El perfil de las gargantas de las poleas tiene influencia en la duración de los cables. Así por ejemplo, si la garganta es demasiado estrecha, el cable queda enclavado en ella; mientras que si es demasiado ancha, no encuentra el apoyo necesario y el cable se aplasta. Pero en los dos casos se produce un desgaste anormal y prematuro del cable.

Los perfiles de garganta más utilizados son los trapecoidales o de cuña, los semiesféricos con entalla o ranura y los semiesféricos sin entalla:

- Mediante las gargantas trapecoidales Fig.56 se consigue una buena adherencia de las poleas con los cables, pero a costa de una gran presión que acelera el desgaste de cable y garganta.
- Con las gargantas semicirculares, se obtiene menor adherencia pero tienen una duración mucho mayor de cable y garganta, siendo el ángulo de apoyo del cable más favorable el de  $120^\circ$  a  $150^\circ$

Sin embargo, la garganta que más se emplea sin duda es la semicircular con ranura sin entalla hoy en día, ya que mejora la adherencia de la garganta semicircular, y evita el rozamiento y deformación del fondo de la garganta (Fig. c). Y como se puede apreciar en el gráfico de Wornle, se observa que las gargantas semicirculares sin entalla duran más.

Tipos de gargantas para poleas de adherencia

 <p>a</p>	a) El trapecoidal o de cuña.
 <p>b</p>	b) el semiesférico con entalla o ranura.
 <p>c</p>	c) el semiesférico sin entallar.

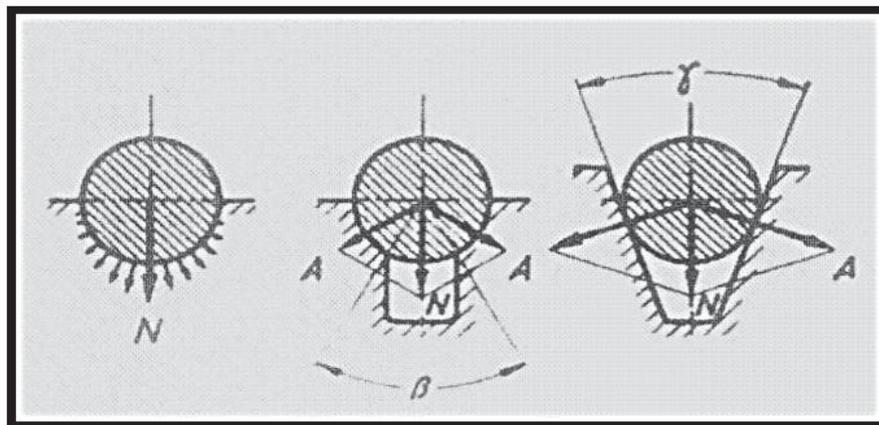


FIGURA 56 Perfiles de gargantas para poleas

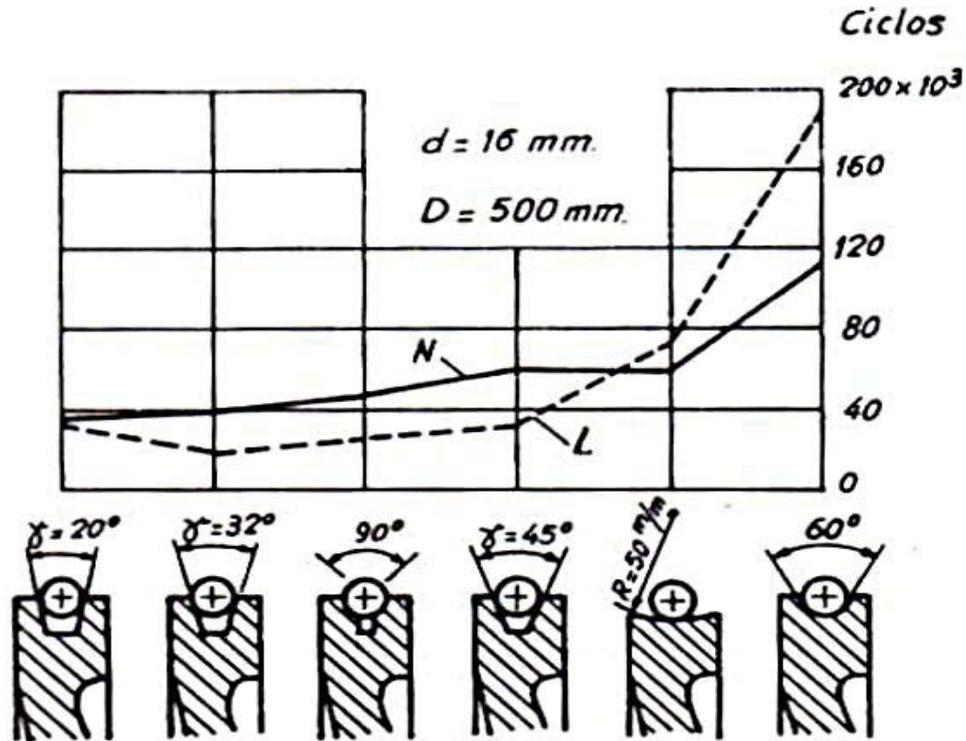


FIGURA 57 Grafica de Wornle para la duración de cables

Gráfico de wornle, que relaciona la duración de los cables con el perfil de la polea arrastre

#### 5.4.2. CALCULO DE FUERZAS Y PRESIONES ESPECÍFICAS EN LOS CABLES

Para seleccionar el cable del limitador de velocidad se ha de conocer previamente la carga a rotura que es capaz de resistir. de este modo, y sabiendo que el cable limitador de velocidad acciona el paracaídas del que dispone el ascensor y que según la norma EN 81-1, el esfuerzo provocado por el limitador de velocidad como consecuencia de su disparo debe ser como mínimo el mayor de los valores siguientes:

- 300 N
- O el doble del esfuerzo de frenado máximo con que actúa el paracaídas

De este modo, sabiendo que la fuerza de actuación del paracaídas instantáneo de rodillos viene dada por la siguiente ecuación:

Hallamos la aceleración de frenado

$$a_{frenado} = \frac{1}{8} * (g) = \frac{1}{8} * (9.81) = 1.226 \text{ m} / \text{s}^2$$



$$a_{frenado} = 1.226m / s^2$$

Puesto que la aceleración de frenada no debe ser superior a 1/8 de la aceleración de la gravedad, según se comenta posteriormente.

Determinamos la fuerza de actuación de paracaídas instantáneo

$$F_b = (M_{cabina} + Q) * a_{frenado} = (800 + 600) * 1.226 = 1716.4N$$

Luego, según la norma EN 81-1, se tiene el cálculo de la carga a rotura del cable:

$$carga\ de\ rotura = \max\{300N, 2 * F_b\}$$

$$carga\ de\ rotura = \max\{300N, 2 * 1716.4\} = \max\{300N, 3432.8N\} = 3432.8N$$

Una vez conocida la carga a rotura del cable del limitador de velocidad se procede a la selección del tipo de cableado. Sabiendo que mientras el ascensor está en servicio hay una tendencia a la abrasión, y que en la instalación del ascensor objeto de estudio es más importante la abrasión que la fatiga, se decide escoger el tipo de cable Seale y no el Warrington, ya que éste al disponer de alambres externos más gruesos en su configuración, resulta idóneo escoger este tipo de configuración.

Por otro lado, en esta configuración de cable hay dos tipos, la Seale 6x19+1 textil y la Seale 8x19+1 textil. Vistas sus diferencias respecto a sus propiedades, costo y ámbito de uso, se decide escoger la configuración 6x19+1 textil, puesto que el ascensor a proyectar es de bajas prestaciones y de baja altura.



### 5.4.3. DATOS TÉCNICOS DE CABLES DE ELEVACIÓN

<b>Diámetro Cable (mm)</b>	<b>Peso (Kg/100m)</b>	<b>Carga rotura 1600Mpa (KN)</b>	<b>Carga rotura 1800MPa (KN)</b>	<b>Carga rotura 2000MPa (KN)</b>
6	14	22	24	26
7	17	26	29	32
8	24	36	41	44
9.5	32	48	55	59
10.5	41	62	70	76
11	46	70	79	85
12.5	57	86	97	105
13.5	69	107	117	127
15	82	124	140	151
16	97	146	164	177

**TABLA 10 Datos técnicos de cables de elevación**

#### Datos técnicos del cable tipo Séale 6 x19 (9+9+1) +1

<b>Denominación</b>	<b>Diámetros (mm)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Garganta de polea</b>
8x19 séale +1	8-20	Hasta 200	Cualquier tipo

**TABLA 11 Datos técnicos de cables Séale 8x19**

#### Ascensores de altas prestaciones e hidráulicas

<b>Denominación</b>	<b>Diámetros (mm)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Garganta de polea</b>
6x19 Séale +1	6-16	Hasta 50	No entalla ancha
6x19W+1	6-8	Hasta 50	No entalla ancha

**TABLA 12 Datos técnicos de cables 6x19**

#### Ascensores de bajas prestaciones y montacargas



Según se ha podido apreciar en la tabla 3, para el cable Seale 6x19+1 sólo se permiten diámetros nominales de 6-16 mm, una altura de 50 m y la garganta de polea de entalla no ancha o bien sin entalla.

En cuanto a la carga a rotura obtenida, 3.4328 KN en este caso, se puede observar que en la Tabla 4 se puede escoger cualquier cable de 6mm de diámetro nominal haciendo referencia a la resistencia a la tracción que ofrecen.

Por este motivo, se escoge finalmente un cable preformado de 6mm de diámetro nominal de la configuración Seale 6x19+1 textil y de resistencia a la tracción de 1600 MPa.

El cable es preformado por las grandes ventajas que tienen estos cables tal y como se describen, especialmente en lo que a duración se refiere. El diámetro de cable es 6mm como mínimo, pero sabiendo que la relación que ha de haber según EN 81-1 entre el diámetro de la polea del limitador de velocidad y el diámetro del cable es de cómo mínimo 30 de la ecuación  $\frac{D}{d} \geq 30$ , esto implica que el diámetro de la polea será menor también, por lo que

los costos de material de polea y de instalación serán menores que para un diámetro de cable mayor.

De este modo, y aplicando la ecuación que figura a continuación se tiene:

$$\frac{D}{d} \geq 30, \quad d=6\text{mm} \quad \Rightarrow D \geq 30 * 6 = 180\text{mm}$$

Así pues, el diámetro de la polea del limitador de velocidad y de la polea tensora será de cómo mínimo 180mm. Una vez conocido el diámetro de cable que va a emplear el limitador de velocidad y su configuración, el siguiente paso se trata de decidir el perfil de garganta de la polea más adecuado.

Observando la tabla de Anexo A.1 ya mostrada, el perfil de garganta de polea ha de ser de entalla no ancha o bien sin entalla, y como se ha explicado anteriormente en el apartado anterior, las gargantas sin entalla presentan mayor duración relativa respecto al resto de perfiles de gargantas de polea así como una mejora de la adherencia y menor rozamiento y deformación del fondo de la garganta.

Conocidos pues el diámetro del cable, el de la polea y el perfil de garganta de la polea a emplear se procede a la evaluación, la presión específica del cable sobre la garganta de las poleas para evitar de este modo el desgaste prematuro de la polea y del cable. Para ello, se tiene la ecuación, que determina la presión específica para las poleas de gargantas semicirculares con o sin entalla es.



$$p = \left( \frac{T}{n \cdot d \cdot D} \right) \cdot \left( \frac{8 \cdot \cos(\beta / 2)}{\pi - \beta - \text{sen}(\beta)} \right) \text{MPa}$$

Dónde:

P= presión específica

T= es la fuerza de frenado que actúa sobre los cables

d= es el diámetro de los cables en mm.

D= es el diámetro de la polea en mm.

n= es el número de cables.

$\beta$  = es el ángulo del arco cortado por la entalla de la garganta semicircular en radianes ( $\beta = 0$  rad. Para gargantas sin entalla).

De este modo la fuerza de actuación  $F_b$  del paracaídas instantáneo ya calculamos

$$T = F_b = 1716.4N$$

$$p = \left( \frac{T}{n \cdot d \cdot D} \right) \cdot \left( \frac{8 \cdot \cos(\beta / 2)}{\pi - \beta - \text{sen}(\beta)} \right) \text{MPa} = \left( \frac{1716.4}{1 \cdot 6 \cdot 180} \right) \cdot \left( \frac{8 \cdot \cos(0 / 2)}{\pi - 0 - \text{sen}(0)} \right) = 4.047 \text{MPa}$$

Y la presión específica evaluada según la ecuación ya dada ha de ser menor a un valor determinado y dicho valor es la presión específica máxima.

$$p_{\max} = \frac{12.5 + 4 \cdot v}{1 + v} = \frac{12.5 + 4 \cdot 1}{1 + 1} = 8.25 \text{MPa}$$

de las soluciones obtenidas se observa

$$p \leq p_{\max}$$

$$4.047 \leq 8.25$$

Se puede observar claramente que  $p \leq p_{\max}$ , por lo que el diseño y el cálculo del sistema limitador de velocidad son correctos.

Como se observa el diámetro dado de tablas es de 6mm y realizando los cálculos cumple entonces se elige un cable de acero séale 6\*19+1.

## 5.5. GUIAS

Las guías conducen la cabina en su trayectoria exacta y le sirven de apoyo en caso de rotura de las cintas, por lo que deben tener una resistencia de acuerdo con el peso total de la cabina más carga y estar perfectamente alineadas.

También el contrapeso tiene guías, que en general no tienen más misión que conducirlo, aunque en algunos casos deben también soportarlo en caso de rotura del sistema de suspensión.

### 5.5.1.1. TIPOS DE PERFILES DE GUIA

El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, de modo que estas guías pueden ser de varios tipos, como se puede observar a continuación: los hay de perfiles T, perfiles V y guías de sección circular

- **GUIA PERFIL EN T**

Actualmente estos perfiles son los más empleados para el guiado de los elementos del ascensor. Ofrecen una buena resistencia mecánica gracias a su considerable sección. Además, la superficie de contacto con los paracaídas del chasis es mayor que en otro tipo de guías, y permite que sea más fácil detener el ascensor en caso de emergencia (actuación del paracaídas del chasis). Por el contrario, estos perfiles son los menos económicos de fabricar.

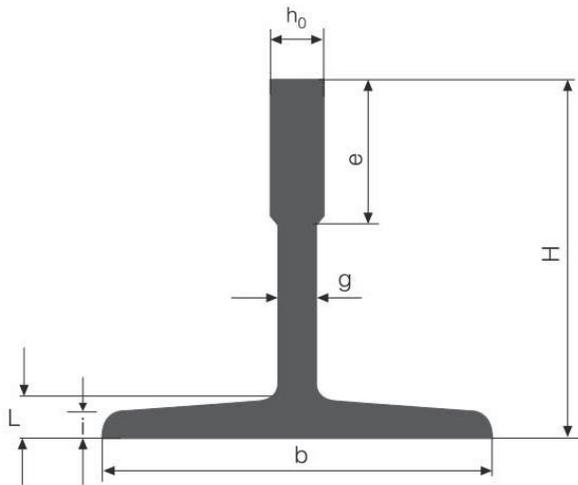
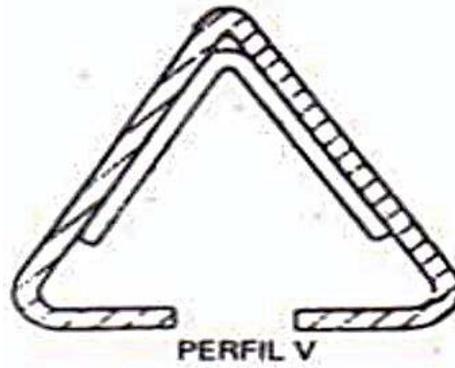


FIGURA 58 Perfiles T para guías

- **GUÍA PERFIL EN V**

Estos perfiles ofrecen una buena resistencia mecánica pero debido a sus caras inclinadas no son idóneos para la actuación del paracaídas del chasis. Por este motivo no se utilizan en la actualidad.



**FIGURA 59 Perfil V para guías**

- **GUÍA PERFIL SECCIÓN CIRCULAR**

Estos perfiles se utilizaban anteriormente con frecuencia gracias a su bajo costo económico e instalación sencilla. Aun así, debido a la poca superficie de contacto en la actuación de las cuñas del paracaídas del chasis dichas guías han caído en desuso.

#### **5.5.1.2. CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS GUÍAS**

- a) La sección de las guías deberá ser suficiente para soportar, con un coeficiente de seguridad igual o mayor que 10, el esfuerzo de frenado de la cabina al ser detenida por el paracaídas.
- b) Deberán, además, resistir sin deformarse más de 5 mm los empujes horizontales que les produzcan las excentricidades de la carga de la cabina.
- c) La fijación de las guías al edificio por medio de bridas se hará de manera que permita la compensación automática o por medio de sencillos ajustes, del acortamiento de la obra producida por los asentamientos, y contracción del hormigón.
- d) La tolerancia de las guías será de 5 mm, cualquiera que sea el recorrido del ascensor.
- e) El número de guías por las que se desplaza la cabina y el contrapeso es 2 para ambas.

#### **5.5.2. CALCULO DE GUÍAS**

Las guías de los ascensores deben tener la suficiente resistencia mecánica para soportar sin romperse ni sufrir deformaciones permanentes, tres clases de esfuerzos que son los que vienen descritos a continuación:

- El empuje horizontal, debido a posibles excentricidades de la carga



- El esfuerzo de frenado, que puede transmitir a las guías la cabina al ser detenida por el paracaídas, brusca o progresivamente, según sea éste de tipo instantáneo o progresivo.
- Esfuerzos de flexión sobre las guías debido a la excentricidad de la fuerza de frenado respecto al eje longitudinal de las guías.

Así pues, se tienen los siguientes perfiles para las guías de cabina y de contrapeso según los cálculos que realizaremos para las guías de la cabina y del contrapeso del ascensor.

#### **5.5.2.1. APOYOS SOBRE LAS GUIAS**

Tanto la cabina como el contrapeso del ascensor eléctrico deben ir equipados en su parte superior e inferior de unos apoyos que tienen como misión servir de enlace entre el elemento móvil de la cabina o contrapeso y la guía, hay dos tipos de apoyo.

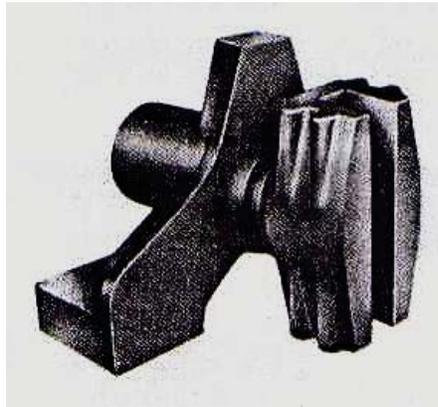
- a) Apoyos deslizantes
- b) Apoyos mediante rodillos

#### **5.5.2.2. APOYOS DESLIZANTES**

Se utilizan en ascensores de velocidad inferior a 2m/s, los apoyos son de con recubrimiento de disulfuro de molibdeno, disponiendo en la superficie de contacto con la guía de un material de bajo coeficiente de rozamiento para disminuir la oposición al movimiento de cabina y contrapeso.

Las guías se deben lubricar para disminuir las fuerzas de rozamiento entre guía y apoyo, normalmente se utilizan lubricadores automáticos de grasa o aceite pesado, y el flujo se regula mediante un tornillo de ajuste.

Este tipo de apoyo presenta problemas en su lubricación ya que resulta extremadamente difícil mantener unas condiciones de trabajo constantes en las superficies de contacto guía apoyo, dado que siempre se acumulara suciedad y polvo, variaciones de temperatura, humedad etc., lo cual hará cambiar las condiciones de estas superficies y por tanto de la lubricación.



**FIGURA 60** Apoyo deslizante para guías

### 5.5.2.3. APOYOS SOBRE RODILLOS

Se usan en ascensores de alta velocidad y también de baja velocidad, debido a su silenciosa marcha y mayor eficiencia de la rodadera frente a las rozaderas en términos de rozamiento.

Se componen de tres rodillos que están en contacto permanente con las guías ya que otros resortes o bases de caucho o poliuretano, el ruido y las vibraciones son mínimas siendo su rodadura óptima en términos de potencia.

Operan en seco y las guías no necesitan lubricación, evitándose acumulaciones de aceite o grasa y eliminando así riesgos de incendio.



**FIGURA 61** Apoyo sobre rodillos para guías

### 5.5.3. CALCULO DE GUIAS DE LA CABINA

Antes de realizar el cálculo pertinente a las guías de la cabina según los esfuerzos a los que están sometidas, es necesario definir previamente el material del que estarán fabricadas. En este caso, se trata de acero de construcción S 275 JR de uso general, Por tanto, su resistencia a la tracción estará comprendida entre 410 y 560MPa, como se muestra en el cuadro N° 12.



**Normas Europeas EN  
Propiedades Mecánicas**

DESIGNACION		Límite Elástico Superior (S/espesor)					Resistencia (Rm n/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (L=5d)			Energía (Kv Min J) Espesor > 10/100		
Simbólica (s/EN 10027-1)	Numérica (Nº EN 10027-2)	< 16	16/40	40/63	63/80	80/100	<100	<40	40/63	63/100	Temp	Media	Indiv
S 235 JR	1.0037	235	225	-	-	-	340/470	24	-	-	20	27	19
S 235 JO	1.0114	234	225	215	215	215	340/470	24	23	22	0	27	19
S 275 JR	1.0044	275	265	255	245	235	410/560	20	19	18	20	27	19
S 275 JO	1.0143	275	265	255	245	235	410/560	20	19	18	0	27	19
S 355 JR	1.0045	355	345	335	325	315	490/630	20	19	18	20	27	19
S 355 JO	1.0553	355	345	335	325	315	490/630	20	19	18	0	27	19

**TABLA 13 Propiedades mecánicas del acero**

Se sabe también que el acero empleado para las guías tiene resistencias de tracción límites de 370MPa como mínimo y 620MPa como máximo. Por este motivo, del acero S 275 JR a emplear para las guías se escoge el de menor resistencia a la tracción, que es el que tiene 410MPa; y como se puede observar, queda comprendido entre los márgenes de los aceros empleados para las guías.

Según la norma UNE EN 81-1 Anexo C2 y C3, el coeficiente de trabajo máximo que puede admitirse para las guías, por los esfuerzos derivados de la actuación del paracaídas no deben rebasar de:

140MPa para guías de acero de 370MPa

210MPa para guías de acero de 620MPa

Los valores intermedios, como en este caso, de 410MPa, se procede a interpolar de manera lineal para hallar su coeficiente de trabajo máximo, como figura a continuación.

140MPa para guías de acero de 370MPa

x MPa para guías de acero de 410MPa

210MPa para guías de acero de 620MPa

Interpolando, para determinar “x”



$$\frac{620 - 370}{210 - 140} = \frac{410 - 370}{x - 140}$$

Resolviendo  $x=151.2\text{MPa}$

De este modo el coeficiente de trabajo máximo para el acero de 410MPa de resistencia a la tracción es de 151.2MPa.

Por otro lado, se sabe que las guías serán de perfil T, de manera que observando las tablas de los perfiles T de la tabla mostrada tabla N° 14, se tienen como perfiles T más pequeños y para cabinas los T-70-70-9/A. Hay 3 de este tipo ANEXO C.1, y se diferencian básicamente en el espesor de las alas y del alma más fina, por lo que se decide escoger el perfil T-70-70-9/A.

Cabina	Sección (cm <sup>2</sup> )	Peso (Kg/m)	e (cm)	I <sub>xx</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	i <sub>yy</sub> (cm)
T70-1/A	9.51	7.42	2.04	41.3	18.65	1.40
T70-2/A	10.51	8.26	2.02	47.43	23.13	1.48
<b>T70-70-9/A</b>	<b>11.25</b>	<b>8.83</b>	<b>2.11</b>	<b>52.81</b>	<b>24.62</b>	<b>1.48</b>

**TABLA 14** Tabla de perfiles para cabina

Concretamente se ha escogido el perfil T-70-70-9/A puesto que este perfil es el más empleado y de entre los tres de este perfil es el que tiene una anchura del alma de abajo mayor y mientras mayor sea mejor, especialmente por el cúmulo de tensiones internas. Y con este perfil se procederá a la comprobación de los esfuerzos que actúan sobre las guías para verificar la validez de este perfil. Si por el contrario no es válido, se procedería a escoger un perfil mayor.

Así pues se tienen las características mecánicas más importantes:

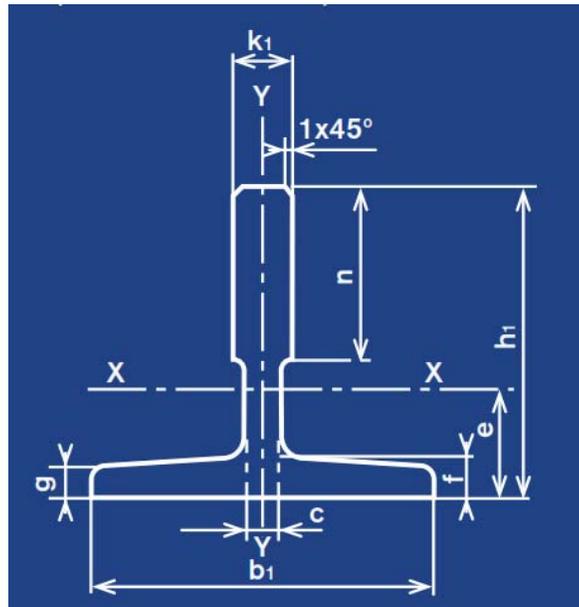


FIGURA 62 Perfil T para guías de la cabina

#### Especificaciones

- Sección transversal:  $A=11.25\text{cm}^2$
- Momento de inercia mínimo:  $I_{yy}=24.62\text{cm}^4$
- Momento de inercia transversal en eje x:  $I_{xx}=52.81\text{cm}^4$
- Radio de giro mínimo:  $i_{yy}=1.48\text{cm}$

Con estos datos se procede inicialmente a determinar el coeficiente de esbeltez, que sigue a continuación, a fin de comprobar la validez de este perfil seleccionado para los esfuerzos de frenado durante la actuación de los paracaídas:

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}} \quad \text{dónde:}$$

$l_k$  es la distancia entre los anclajes de las guías que es 2600mm

$i_{\min}$  es el radio de giro mínimo del perfil de la guía 14.8mm

Reemplazando valores se tiene:

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}} = \frac{2600}{14.8} = 175.67 \approx 176$$

Cuadro 14. Coeficiente  $\omega$  de aumento de las cargas a pandeo, en función de  $\lambda$  para el acero de 370 N/mm



$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
170	4.88	4.94	5.00	5.05	5.11	5.17	5.23	5.29	5.35	5.41	170

**TABLA 15 Coeficiente de pandeo y aumento de cargas acero 370**

Esta tabla se lee de la siguiente forma las decenas en forma vertical y las unidades en forma horizontal

Cuadro 15. Coeficientes  $\omega$  de aumento de las cargas a pandeo, en función de  $\lambda$  para el acero de 620 N/mm

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
170	7.32	7.41	7.49	7.58	7.67	7.76	7.85	7.94	8.03	8.12	170

**TABLA 16 Coeficientes de pandeo y aumento de cargas acero 620**

Estas tablas se encuentran en los anexos C1 y C2

Este valor lo interpolamos linealmente para obtener el coeficiente  $\omega$  de aumento de cargas a pandeo para el acero 410MPa:

$$370MPa \rightarrow \lambda = 176 \rightarrow \omega = 5.23$$

$$410MPa \rightarrow \lambda = 176 \rightarrow \omega = ?$$

$$620MPa \rightarrow \lambda = 176 \rightarrow \omega = 7.85$$

Interpolamos para determinar  $\omega$

$$\frac{620 - 370}{7.85 - 5.23} = \frac{410 - 370}{\omega - 5.23} \quad \text{Resolviendo se tiene: } \omega = 5.65$$

Con este valor se puede determinar el coeficiente de trabajo real con que trabajan las guías con los esfuerzos de frenado del paracaídas según la norma EN 81-1.

- ✓ Se utiliza para guías sin rodillo

$$\sigma_k = \frac{25 \cdot (M_{cabina} + Q)}{A} \cdot \omega$$

- ✓ Se utiliza para guías con rodillo



$$\sigma_k = \frac{15.(M_{cabina} + Q)}{A} . \omega$$

✓ Se utilizan para guías con paracaídas progresivas

$$\sigma_k = \frac{10.(M_{cabina} + Q)}{A} . \omega$$

Este coeficiente de trabajo real es diferente para un tipo de paracaídas u otro, y sabiendo que se emplea un paracaídas instantáneo de rodillos se tiene.

$$\sigma_k = \frac{15.(M_{cabina} + Q)}{A} . \omega$$

El valor obtenido debe ser menor que el coeficiente de trabajo máximo obtenido inicialmente para este tipo de acero, de 410MPa de resistencia a la tracción.

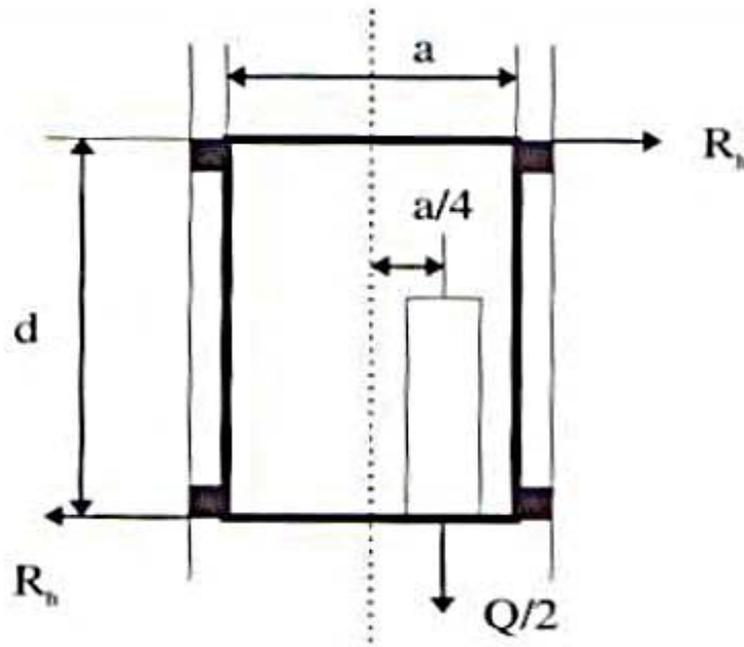
Reemplazando datos se tiene:

$$\sigma_k = \frac{15 * (800 + 600)}{11.25 * 10^2} * 5.65 = 105.46MPa \leq 151.20MPa$$

Como se puede observar, el coeficiente de trabajo real para este perfil de las guías, T-70-70-9/A es menor que el coeficiente de trabajo máximo, por lo que el cálculo a esfuerzo de frenado por la actuación del paracaídas es válido.

Por otro lado, y tal como se ha comentado anteriormente, las guías también se calcularán según si resisten a los empujes horizontales debido a posibles excentricidades de la carga.

Se supone que la mitad de la carga máxima de la cabina ( $Q/2$ ), se sitúa a una distancia desde la proyección vertical del centro de inercia de la carga al plano de simetría de la cabina igual a  $1/4$  de la anchura de ésta ( $a/4$ ).



**FIGURA 63** Fuerzas empujes horizontales debido a la carga en la cabina

Fuente “elevadores principios e innovaciones de Antonio Miravete- pag. 155”

El momento de vuelco producido por la citada carga, debe ser contrarrestado por la reacción (R) de las guías sobre una rozadera, multiplicada por la distancia a la otra rozadera, d. Es decir:

Momentando con respecto al punto “O” donde  $a=b=1.1\text{m}$  y  $c=d=2.1\text{m}$

$$\frac{Q}{2} \cdot \frac{a}{4} = R_h \cdot d \rightarrow R_h = \frac{Q \cdot a}{8 \cdot d}$$

La flecha producida por el empuje horizontal  $R_h$  sobre las guías, en el tramo  $l_k$  limitado por dos apoyos de éstas, siendo  $I_{xx}$  el momento transversal del perfil en T de las guías será:

$$f_h = \frac{R_h \cdot l_k^3}{48 \cdot E \cdot I_{xx}}$$

Donde E es módulo de elasticidad aplicando las ecuaciones anteriores se obtiene lo siguiente:

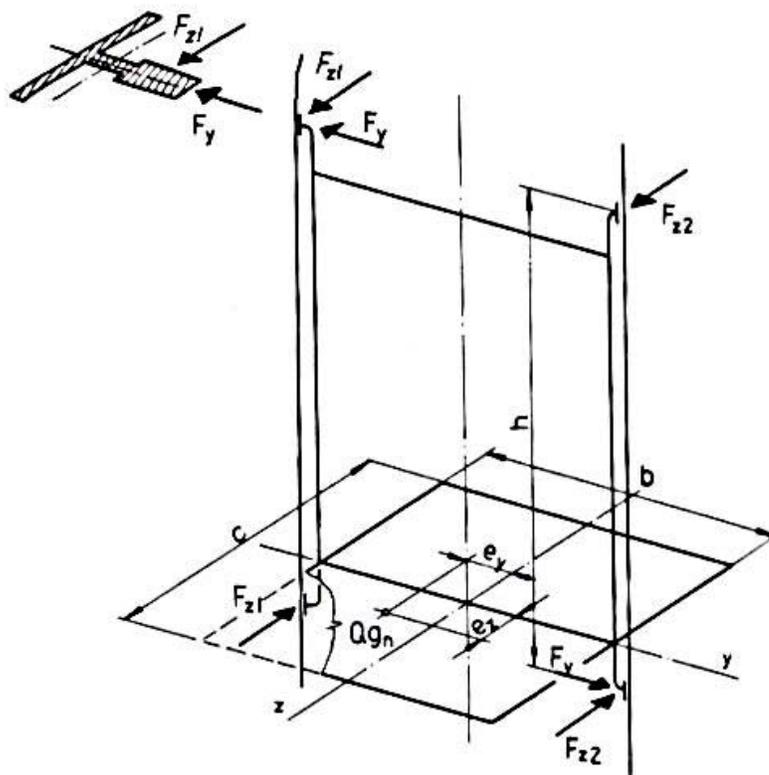
$$R_h = \frac{600 \cdot 9.81 \cdot 1100}{8 \cdot 2100} = 385.393\text{N}$$

$$f_h = \frac{385.393 \cdot 2600^3}{48 \cdot 210000 \cdot 52.81 \cdot 10^4} = 0.93\text{mm}$$



La norma Europea limita la flecha que puede producirse en las condiciones establecidas a 5mm. Como puede observarse, la flecha originada por los esfuerzos horizontales debido a las excentricidades de la carga es claramente inferior a 5mm, por lo que estas guías son aptas para este tipo de esfuerzos.

Respecto a los esfuerzos a flexión, la fuerza de frenada cuando se acciona el limitador de velocidad actúa en un eje longitudinal paralelo a la guía pero en una posición excéntrica creando un momento flector adicional a la fuerza de compresión.



**FIGURA 64** Esfuerzos de flexión debido a la frenada

Fuente “elevadores principios e innovaciones de Antonio Miravete- pag. 163”

Se representa el diagrama de cargas sobre las guías. Las fuerzas pueden calcularse según las expresiones siguientes:

$$F_y = \frac{Q \cdot g \cdot e_y}{h}$$

$$F_z = \frac{Q \cdot g \cdot e_z \cdot (b + 2 \cdot e)}{2 \cdot h \cdot b}$$



Dónde:  $e_y = \frac{b}{4}$  y  $e_z = \frac{b}{4}$  son las excentricidades de la carga

Q es la carga nominal en kg.

h: es la distancia entre rozaderas de las guías, o distancia vertical entre apoyos 2300mm

b es la anchura de la cabina del ascensor 1.1m

c es el largo de la cabina del ascensor 1.4m

La flecha total de una guía debe calcularse teniendo en cuenta la superposición de las flechas parciales originadas por cada fuerza individual.

Por lo tanto, para calcular la flecha en el centro del tramo de la guía entre los apoyos se sabe que se conocen dos términos: uno el correspondiente al desplazamiento debido a la flexión y otro a la torsión.

La flecha a flexión se halla así:

$$f_f = \frac{F_y \cdot l_k^3}{48 \cdot E \cdot I_{xx}}$$

Mientras que la flecha de torsión se obtiene como:

$$f_t = \frac{F_z \cdot l_k \cdot s^2}{G \cdot I_0}$$

Donde “s” y  $I_0$  son datos del perfil T mostrado

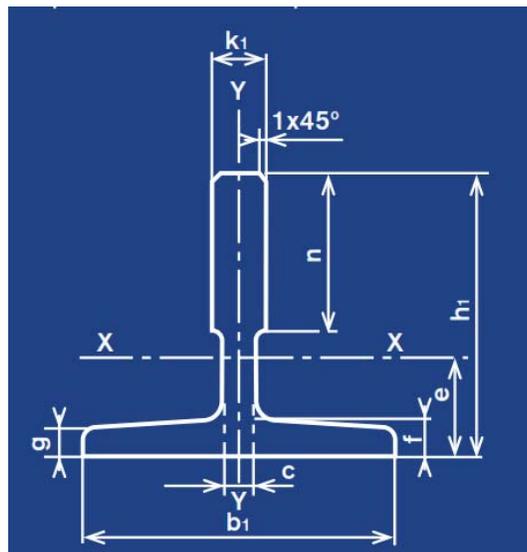


FIGURA 65 Perfil T para guías



Dónde:

$$n=35\text{mm}, \quad g=8.5\text{mm}, \quad c=7.9\text{mm}, \quad e=2.11\text{cm}, \quad h_1=7\text{cm}, \quad b_1=7\text{cm}, \quad k_1=9\text{mm}$$

En función de sus dimensiones, y dichos parámetros del perfil T se hallan según las ecuaciones:

$$s = h_1 - \frac{n}{2} \text{ en mm}$$

$$I_0 = b_1 \cdot g^3 + (h_1 - n - g) \cdot c^3 + n \cdot k_1^3 \text{ en mm}^4$$

Las dimensiones del perfil T para determinar los anteriores parámetros se pueden contemplar en la figura que se muestra, donde las cotas de dicha guía se dan en mm: La flecha total se calcula por la suma de ambas flechas:

$$f = f_f + f_t$$

Así pues, aplicando conjuntamente las anteriores ecuaciones, reemplazando datos se tienen los siguientes valores:

Dónde:  $h=(2.1+0.1+0.1)\text{m}=2.3\text{m}$

h: es distancia vertical entre los apoyos.

$$F_y = \frac{Q \cdot g \cdot e_y}{h} = \frac{Q \cdot g \cdot \frac{b}{4}}{h} = \frac{600 \cdot 9.81 \cdot \frac{1100}{4}}{2300} = 703.76\text{N}$$

$$F_z = \frac{Q \cdot g \cdot e_z \cdot (b + 2 \cdot e_y)}{2 \cdot h \cdot b} = \frac{Q \cdot g \cdot \frac{b}{4} \cdot \left(b + 2 \cdot \frac{b}{4}\right)}{2hb} = \frac{600 \cdot 9.81 \cdot \frac{1100}{4} \cdot \left(1100 + 2 \cdot \frac{1100}{4}\right)}{2 \cdot 2300 \cdot 1100} = 527.82\text{N}$$

$$s = h_1 - \frac{n}{2} = 70 - \frac{35}{2} = 52.5\text{mm}$$

$$I_0 = b_1 \cdot g^3 + (h_1 - n - g) \cdot c^3 + n \cdot k_1^3 = 70 \cdot 8.5^3 + (70 - 35 - 8.5) \cdot 7.9^3 + 35 \cdot 9^3 = 81569\text{mm}^4$$

$$f_f = \frac{F_y \cdot J_k^3}{48 \cdot E \cdot I_{xx}} = \frac{703.76 \cdot 2600^3}{48 \cdot 210000 \cdot 52.81 \cdot 10^4} = 2.32\text{mm}$$

$$f_t = \frac{F_z \cdot J_k \cdot s^2}{G \cdot I_0} = \frac{527.82 \cdot 2600 \cdot 52.5^2}{80000 \cdot 81569} = 0.579\text{mm}$$

Con los datos obtenidos calculamos la flecha total



$$f = f_f + f_t = 2.32 + 0.579 = 2.899mm$$

Como se puede observar la flecha total a flexión y torsión combinadas es claramente inferior a los 5 mm que limita la norma EN 81-1. Por este motivo, estas guías son aptas también para los esfuerzos combinados a flexión y torsión debido a la excentricidad de la fuerza de frenado.

En conclusión, el perfil T -70-70-9/A escogido para las guías sobre las que se moverá la cabina es válido tanto para los esfuerzos debidos a la fuerza de frenado cuando actúa el paracaídas, al empuje horizontal debido a las excentricidades de la carga y a la flexión como consecuencia de la excentricidad de la fuerza de frenado respecto a las guías.

Además, la flecha máxima es inferior a la flecha admisible de 5 mm como fijan las normativas referentes a los ascensores.

#### 5.5.4. CALCULO DE GUIAS DEL CONTRAPESO

El cálculo de las guías del contrapeso es análogo al de las guías de la cabina, con la única diferencia que el perfil T a emplear es más pequeño, evidentemente, puesto que las sollicitaciones para esta guía son menores respecto a las de la cabina

Se ha de destacar que no se tendrán en cuenta los empujes horizontales fruto de las posibles excentricidades de la carga, puesto que el contrapeso al estar formado por bloques de hormigón, la carga no presenta excentricidades y su centro de inercia permanece en el mismo eje de simetría del contrapeso.

El material empleado será el mismo que para las guías de la cabina, es decir, acero S275 según UNE 10025-94, y con grado de soldabilidad JR a 20 °C.

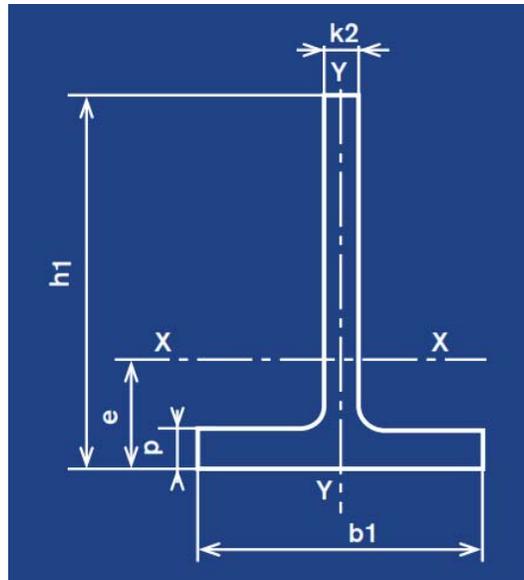
La distancia entre los anclajes de estas guías será de  $\ell_k = 1300mm$  la mitad de 2600mm ya que al ser perfiles con sección menor y con menor momento de inercia que los empleados para las guías se reduce el efecto del pandeo.

Para comenzar se decide escoger el perfil más pequeño de los empleados para guías de contrapeso, es decir el T45/A. Se procede como en el caso anterior para la cabina, verificando los esfuerzos que actúan sobre la guía y comprobando las flechas admisibles originadas por dichos esfuerzos.



Contrapeso	Sección (cm <sup>2</sup> )	Peso (Kg/m)	e (cm)	I <sub>xx</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	i <sub>yy</sub> (cm)
<b>T45/A</b>	<b>4.25</b>	<b>3.34</b>	<b>1.31</b>	<b>8.08</b>	<b>3.84</b>	<b>0.95</b>
T50/A	4.75	3.73	1.43	11.24	5.25	1.05
T65/A	6.24	4.9	1.71	20.09	10.92	1.32

**TABLA 17 Perfil T para guías de contrapeso**



**FIGURA 66 Perfil T para guías del contrapeso**

Las características mecánicas más importantes son:

Sección transversal:  $A=4.25\text{cm}^2$

Momento de Inercia mínimo:  $I_{yy}=3.84\text{cm}^4$

Momento de inercia transversal en eje x:  $I_{xx}=8.08\text{cm}^4$

Radio de giro mínimo:  $i_{yy}=0.95\text{cm}$

Aplicando las ecuaciones e interpolando para obtener el coeficiente  $\omega$  de aumento de cargas a pandeo, se tiene lo siguiente:

$$\lambda = \frac{l_k}{i_y} = \frac{1300}{9.5} = 136.84 \approx 137$$

Cuadro 14. Coeficiente  $\omega$  de aumento de las cargas a pandeo, en función de  $\lambda$  para el acero de 370 N/mm.



$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
130	2.85	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.17	3.22	3.26	130

**TABLA 18 Aumento de cargas a pandeo para acero 370N/mm**

Esta tabla se lee de la siguiente forma las decenas en forma vertical y las unidades en forma horizontal

Cuadro 15. Coeficientes  $\omega$  de aumento de las cargas a pandeo, en función de  $\lambda$  para el acero de 620 N/mm

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
130	4.28	4.35	4.41	4.48	4.55	4.62	4.69	4.75	4.82	4.89	130

**TABLA 19 Aumento de cargas a pandeo para acero 620N/mm**

$$370MPa \rightarrow \lambda = 137 \rightarrow \omega = 3.17$$

$$410MPa \rightarrow \lambda = 137 \rightarrow \omega = ?$$

$$620MPa \rightarrow \lambda = 137 \rightarrow \omega = 4.75$$

Interpolando

$$\frac{620 - 370}{4.75 - 3.17} = \frac{410 - 370}{\omega - 3.17} \text{ de aquí se tiene } \omega = 3.423$$

La ecuación se ha modificado como se puede apreciar a continuación, puesto que la masa que interviene en el contrapeso es su propia masa, Z:

$$\sigma_k = \frac{15 \cdot M_{\text{contrapeso}}}{A} \cdot \omega \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_k = \frac{15 \cdot 1100}{4.25 \cdot 10^2} \cdot 3.423 = 132.885 \leq 151.20MPa$$

Y como se puede observar, el coeficiente de trabajo real para este perfil de las guías, T45/A es menor que el coeficiente de trabajo máximo, por lo que el cálculo a esfuerzo de frenado por la actuación del paracaídas es válido también.

Respecto a los esfuerzos a flexión debidos a la fuerza de frenado en una situación excéntrica paralela al eje longitudinal de las guías, el cálculo es también análogo al de las guías de la cabina.



Dónde:

$h=2.6+0.1+0.1=2.8m$  es la distancia vertical entre apoyos.

$b=1.3m = 1300mm$  es el ancho del bastidor del contrapeso.

$n=20mm$ ,  $g=5mm$ ,  $c=5mm$ ,  $e=1.31cm$ ,  $h_1=45cm$ ,  $b_1=45cm$ ,  $k_1=8mm$

Así pues, aplicando las ecuaciones se tiene:

$$F_y = \frac{Q \cdot g \cdot e_y}{h} = \frac{Q \cdot g \cdot \frac{b}{4}}{h} = \frac{1100kg * 9.81m / s^2 * \frac{1300cm}{8}}{2600cm} = 570.67N$$

$$F_z = \frac{Q \cdot g \cdot e_z \cdot (b + 2e_y)}{2hb}$$

Se puede ver que en las ecuaciones han habido unas modificaciones: la carga que genera las fuerzas  $F_z$  y  $F_y$  se deben a la masa del contrapeso y la distancia entre rozaderas del contrapeso es de  $h = 2800mm$ . Por otro lado, las excentricidades  $e_x$  y  $e_y$  son iguales esta vez a  $1/8$  de la anchura del contrapeso, ya que las excentricidades de la fuerza de frenado en las guías de contrapeso son menores que para las guías de la cabina.

$$F_z = \frac{Q \cdot g \cdot \frac{b}{4} \cdot (b + 2 \cdot \frac{b}{4})}{2hb} = \frac{1100 * 9.81 * \left(\frac{1300}{8}\right) * \left(1300 + 2 * \left(\frac{1300}{8}\right)\right)}{2 * 2800 * 1300} = 391.41N$$

$$s = h_1 - \frac{n}{2} = 45 - \frac{20}{2} = 35mm$$

$$I_0 = b_1 \cdot g^3 + (h_1 - n - g) \cdot c^3 + n \cdot k_1^3$$

$$I_0 = 45 \cdot 5^3 + (45 - 20 - 5) * 5^3 + 10 * 4.8^3 = 9231mm^4$$

$$f_f = \frac{F_y \cdot I_k^3}{48 \cdot E \cdot I_{xx}}$$

$$f_f = \frac{570.67 * 1300^3}{48 * 210000 * 20.09 * 10^4} = 0.62mm$$

$$f_t = \frac{F_z \cdot I_k \cdot s^2}{G \cdot I_0}$$



$$f_t = \frac{391.41 * 1300 * 35^2}{80000 * 9231} = 0.844mm$$

$$f = f_f + f_t = 0.62 + 0.844 = 1.464mm$$

De nuevo, la flecha total debida a flexión y torsión combinadas es inferior a los 5mm que limita la norma EN 81-1. Por este motivo, estas guías también son aptas también para los esfuerzos combinados a flexión y torsión combinadas debido a la excentricidad de la fuerza de frenado.

Para concluir, el perfil T45/A escogido para el contrapeso es válido para los esfuerzos de compresión generados por la fuerza de frenado fruto de la actuación de los paracaídas y para los esfuerzos de flexión y torsión combinados debido a la excentricidad que presenta dicha fuerza de frenado sobre las guías. Además, la flecha total admisible es claramente inferior a los 5mm.

### 5.5.5. CALCULO DEL BASTIDOR DE LA CABINA

Se denomina bastidor a la estructura resistente sobre la que se fijan todos los elementos funcionales que conforman la cabina del ascensor.

La Norma EN 81-1 establece que debe ser diseñada con un coeficiente de seguridad de 5, en acero y mediante uniones remachadas, de pernos o soldada siempre y cuando garantice la seguridad.

El cálculo se deberá realizar teniendo en cuenta las diferentes situaciones de trabajo a las que podrá verse sometido y que son las siguientes:

- Operación normal de funcionamiento.
- Actuación del mecanismo paracaídas.
- Impacto contra el sistema de amortiguación.

El proceso consistirá en realizar el dimensionado bajo operación normal de funcionamiento y validarlo a continuación para las otras situaciones de trabajo posibles.

Toda la estructura, tanto de la cabina como del contrapeso, estará formada por perfiles fabricados en acero de construcción para uso general según norma Europea S275 JR.

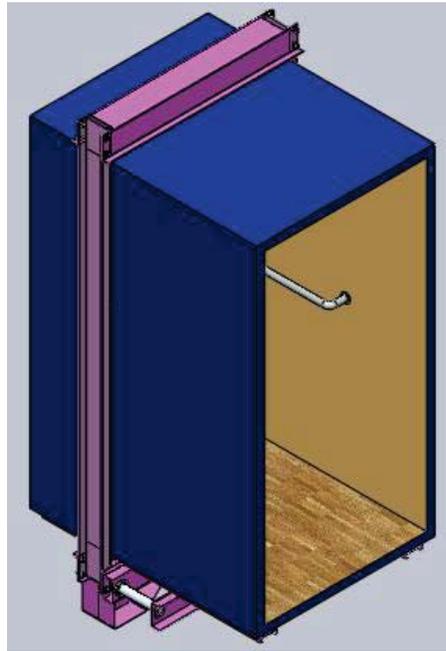


FIGURA 67 Cabina y sus bastidores

#### 5.5.5.1. OPERACIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO

El larguero superior está sujeto a una fuerza de tracción  $F$  por las cintas de suspensión, justo en su centro de inercia. Puesto que el bastidor es simétrico y también la carga se localiza simétricamente en el eje vertical del bastidor, los momentos internos en los extremos del larguero superior  $M_1$  serán idénticos además de los momentos internos en los extremos del larguero inferior  $M_2$ .

El larguero inferior está sometido a la carga nominal repartida uniformemente, de valor “ $q$ ”

$$F = (M_{cabina} + Q) \cdot g$$

$$q = \frac{(M_{cabina} + Q) \cdot g}{b}$$

Dónde:  $b=1.2m$  largo del bastidor

Para llevar a cabo los cálculos, se toma cada elemento del bastidor por separado, considerándolos como vigas continuas y empotradas, de tal manera que los momentos internos obtenidos serán de empotramiento perfecto.

Por otro lado, La Norma EN 81-1 establece que debe ser diseñada con un coeficiente de seguridad de 5, en acero y mediante uniones remachadas, de pernos o soldada siempre y

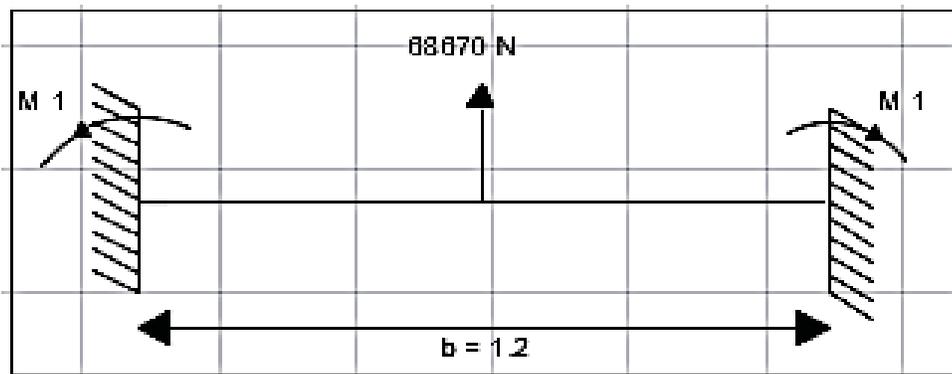


cuando garantice la seguridad para garantizar así la resistencia a los esfuerzos a los que estarán sometidos los perfiles de acero que componen el bastidor del ascensor.

De este modo y comenzando por el larguero superior sometido a la fuerza de tracción  $F$ , y aplicando la ecuación se tiene el siguiente diagrama.

$$F = (M_{cabina} + Q) \cdot g$$

$$F = (M_{cabina} + Q) \cdot g \cdot (f \cdot s) = (800 + 600) \cdot 9.81 \cdot 5 = 68670 N$$



**FIGURA 68 Diagrama de fuerza que actúan sobre larguero superior**

Como se puede observar en el dibujo, la fuerza  $F$  que actúa sobre el larguero superior genera dos momentos iguales y de sentido contrario de empotramiento perfecto en cada extremo,  $M_1$  de valor:

$$M_1 = \frac{1}{8} \cdot F \cdot b$$

Reemplazando datos se tiene

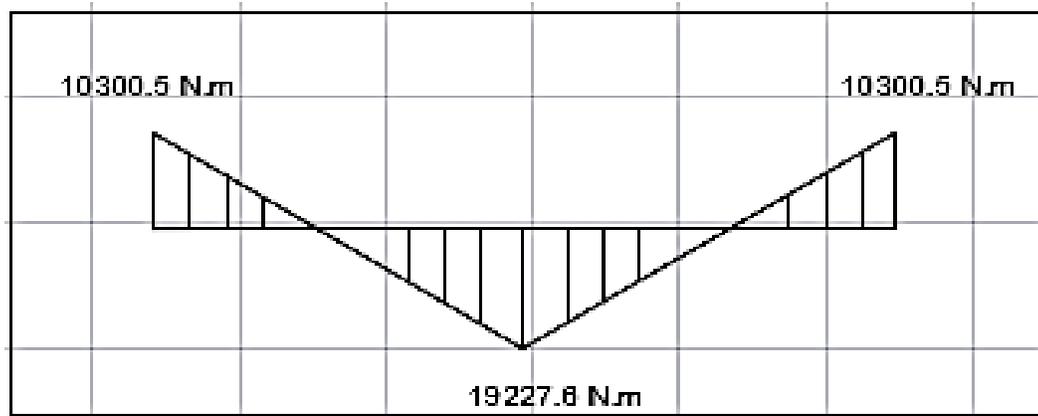
$$M_1 = \frac{1}{8} \cdot (68670) \cdot 1.2 = 10300.5 N \cdot m$$

$$q = \frac{(M_{cabina} + Q) \cdot g}{b} = \frac{(800 + 600)}{1.2} \cdot 9.81 = 11445 N / m$$

Luego determinamos el momento flector

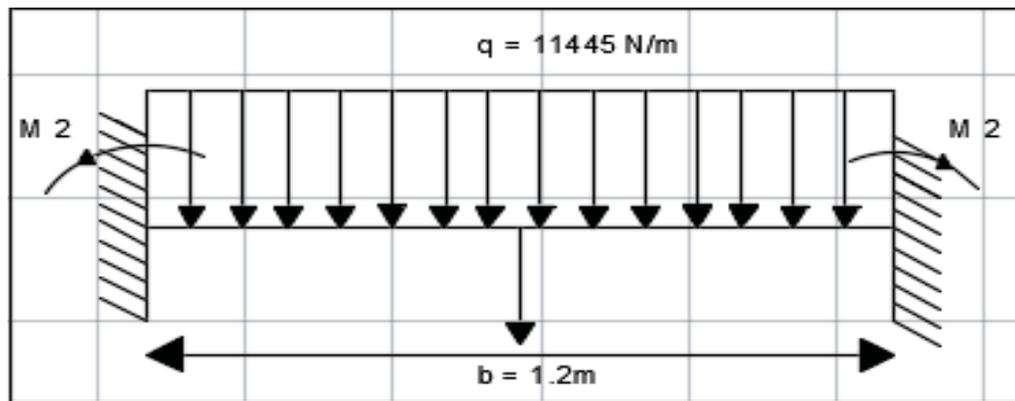
$$M_1' = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b - M_2$$

$$M_1' = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot (600 + 800) \cdot 9.81 \cdot 1.2 - 1373.4 = 19227.6 Nm$$



**FIGURA 69** Diagrama de momentos flectores en larguero superior

Procediendo de manera análoga para el larguero inferior, y aplicando la ecuación para obtener el valor de la carga repartida se tiene el siguiente dibujo.



**FIGURA 70** Diagrama, fuerzas y momentos en larguero inferior

La carga repartida “q” que actúa sobre el larguero inferior genera dos momentos de empotramientos iguales y de sentido contrarios en cada extremo del larguero inferior,  $M_2$  de valor:

$$q = \frac{(M_{cabina} + Q) \cdot g}{b} = \frac{(800 + 600) \cdot 9.81}{1.2} = 11445 \text{ N/m}$$

$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot q \cdot b^2$$

$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot (11445) \cdot 1.2^2 = 1373.4 \text{ Nm}$$

$$M_2' = 5 \cdot \frac{1}{8} \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b - M_2$$

$$M_2' = 5 \cdot \frac{1}{8} \cdot (600 + 800) \cdot 9.81 \cdot 1.2 - 1373.4 = 8927.1 \text{ Nm}$$

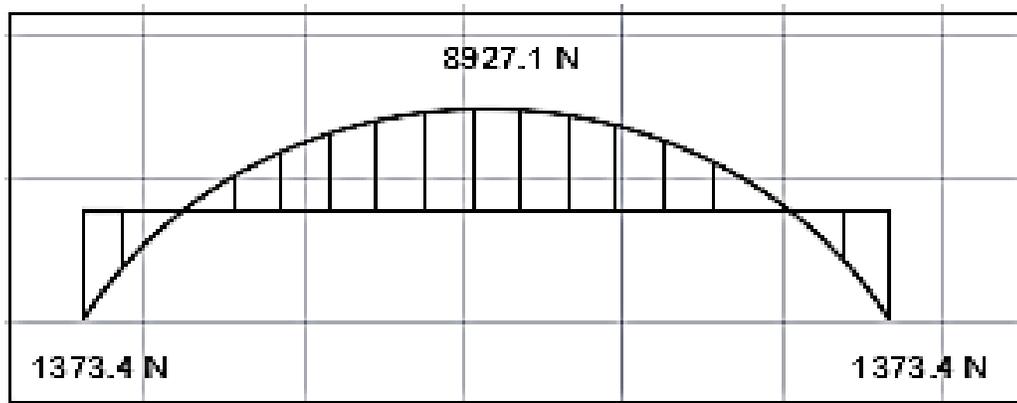


FIGURA 71 Diagrama de momentos flectores en larguero inferior

Sabiendo que los momentos flectores de cada extremo de los largueros se transfieren a los extremos de los dos postes se tienen los siguientes postes con los siguientes diagramas de momentos flectores.

$$M_{postes} = M_2 + M_2'$$

$$M_{postes} = 1373.4 + 8927.1 = 10300.5 Nm$$



FIGURA 72 Diagramas de momentos flectores en los postes

Ya con estos valores calculados y el diagrama de momentos flectores para cada componente del bastidor se procede al dimensionado de los mismos a través del criterio de la tensión normal debida a flexión máxima, y se escogen los perfiles necesarios. Así pues, comenzando por el larguero superior se tiene:

$$M_{max} = 19227.6 Nm$$



**Características mecánicas mínimas de los aceros UNE EN 10025**

DESIGNACIÓN	Espesor nominal t (mm)				Temperatura del ensayo Charpy °C
	Tensión de límite elástico			Tensión de rotura	
	f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )			f <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63	3 ≤ t ≤ 100	
<b>S235JR</b>					20
<b>S235J0</b>	235	225	215	360	0
<b>S235J2</b>					-20
<b>S275JR</b>					20
<b>S275J0</b>	275	265	255	410	0
<b>S275J2</b>					-20
<b>S355JR</b>					20
<b>S355J0</b>	355	345	335	470	0
<b>S355J2</b>					-20
<b>S355K2</b>					-20 <sup>(1)</sup>
<b>S450J0</b>	450	430	410	550	0

<sup>(1)</sup> Se le exige una energía mínima de 40J.

**TABLA 20 Características mecánicas del acero S275JR UNE EN 10025**

$$\sigma_{adm} = \sigma_e = 275MPa \quad (\text{Dato del material S 275 JR})$$

Sabiendo que se tiene que cumplir y aplicando se tiene:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

$$W_z \geq \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{19227.6Nm}{275N/mm^2} \geq 69.92cm^3$$

$W_z$  es el momento resistente y tomaremos 86.4 de tablas Anexo D.1

Con este dato, y sabiendo que se empleara para el larguero superior un perfil UPN, se consultan las tablas y se observa que el perfil UPN 140 es el primero que cumple con esta condición. Pero como se colocan un perfil UPN se calcula el módulo resistente resultante de la figura mostrada, donde las cotas figuran en mm, y se plantea la posibilidad de emplear un perfil UPN100, ya que es suficiente.

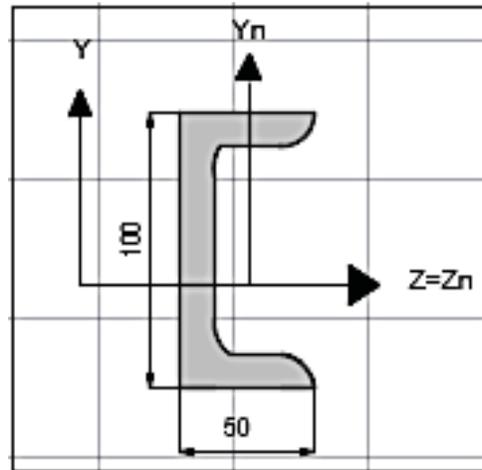


FIGURA 73 Perfil UPN 100

Para hallar el momento resistente resultante se ha de determinar el centro de masas del conjunto y los momentos de inercia. El centro de masas del conjunto se halla en el origen de coordenadas establecido por la simetría en ambos ejes.

Conociendo los datos del perfil UPN 100 Anexo D.1 y aplicando las dos ecuaciones se tiene que:

PERFIL	A(cm <sup>2</sup> )	h(mm)	b(mm)	I <sub>y</sub> (cm <sup>4</sup> )	W <sub>z</sub> (cm <sup>3</sup> )	I <sub>z</sub> (cm <sup>4</sup> )	c(cm)	θ (mm)
UPN 80	11	80	45	19.4	26.5	106	1.45	6.0
UPN 100	13.5	100	50	29.3	41.2	206	1.55	6.0
UPN 120	17	120	55	43.2	60.7	364	1.60	7.0

TABLA 21 Características técnicas de los perfiles UPN 100

Calculando

$$I'_z = 2.I_z = 2 * 206 = 412 \text{ cm}^4$$

Para hallar ahora los momentos resistentes resultantes, cabe decir que sólo interesa hallar el referido al eje Z, puesto que es al que se hace referencia cuando se determina éste mediante el momento flector máximo y la tensión admisible. Así pues:

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} \quad y_{\max} = h - b$$

$$W'_z = \frac{412}{10 - 5} = 82.4 \text{ cm}^3 \geq 69.91 \text{ cm}^3$$



Como se puede observar, el momento resistente resultante respecto el eje Z para el perfil UPN 100 cumple con la ecuación por lo que en principio es válido el perfil UPN escogido para el larguero superior.

Se escoge un larguero superior en situación normal de operación UPN 100 ok.

- ✓ Para el larguero inferior y procediendo de manera análoga al larguero superior se tiene:

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{1373.4Nm}{275N/mm^2} = 4.99cm^3$$

Tabla de Anexo D.1

PERFIL	A(cm <sup>2</sup> )	h(mm)	b(mm)	Iy(cm <sup>4</sup> )	Wz(cm <sup>3</sup> )	Iz(cm <sup>4</sup> )	c(cm)	$\theta$ (mm)
UPN 80	11	80	45	19.4	26.5	106	1.45	6.0
UPN 100	13.5	100	50	29.3	41.2	206	1.55	6.0
UPN 120	17	120	55	43.2	60.7	364	1.60	7.0

**TABLA 22 Características técnicas de los perfiles UPN 80**

Según el momento resistente nos aproximamos a un perfil UPN 80 es válido, puesto que observando las tablas mostrada anteriormente de perfiles normalizados el momento resistente tiene como valor  $W_z = 26.5cm^3$ .

Entonces se escoge dos perfiles UPN 80 en situación normal de operación ok.

- ✓ Respecto a los dos postes del bastidor el procedimiento es análogo. Sabiendo que el momento máximo que actúa para cada poste es de  $M_{\max} = 10300.5Nm$ , el cálculo se hará sólo para un poste.

De este modo:

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{10300.5Nm}{275N/mm^2} \geq 37.45cm^3$$



Observando de nuevo las tablas normalizadas de perfiles de acero anteriormente ya dada, se observa que el primer perfil UPN que cumple esta condición es el UPN 100, con un valor de momento resistente respecto el eje z de  $W_z = 41.2cm^3$ .

Hallando análogamente como los perfiles superiores e inferior en situación normal de operación se escoge un perfil UPN 80 que cumple.

$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 80 es  $I_z=106$

$$I'_z = 2 * 106 = 212cm^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{max}} = \frac{212}{8 - 4.5} = 60.57cm^3 \geq 37.45cm^3$$

Cumple por ende escogeremos un perfil UPN 80 para los postes

Se escogerá dos perfiles para postes UPN 80 en situación normal de operación ok

Graficando toda la estructura de su diagrama de momentos flectores resultante como se muestra.

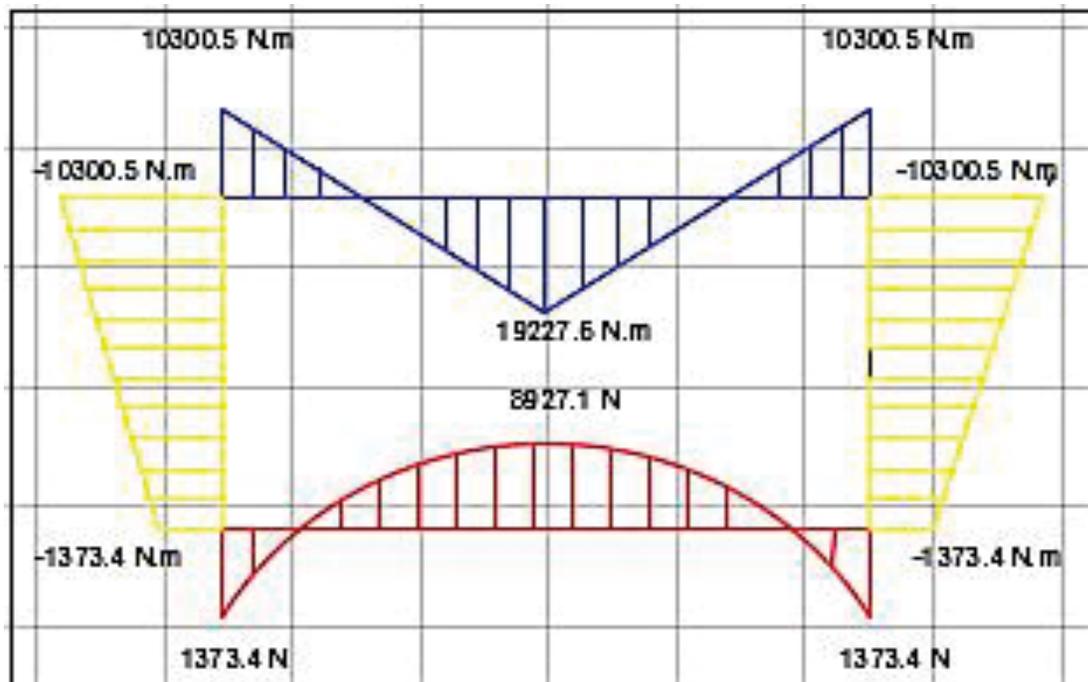


FIGURA 74 Momentos flectores en toda la estructura



### 5.5.5.2. ACTUACION DE LOS PARACAIDAS TRAS LA FRENADA DE EMERGENCIA

Este caso se presenta cuando el ascensor, debido a una emergencia o por rotura de las cintas de suspensión o del grupo tractor, los paracaídas que tiene instalados actúan de modo que frenan el movimiento de descenso de la cabina. En este caso, las fuerzas que actúan sobre el bastidor vienen por un factor  $\psi$  que es un factor adimensional que tiene que ver con la aceleración de actuación del paracaídas:

$$\text{Donde } a = \frac{1}{8} \cdot g,$$

a: es aceleración de frenado

$\psi$ : factor de aceleración de paracaídas

$$\psi = 1 + \frac{a}{g} = 1 + \frac{1.225}{9.81} = 1.125$$

Aplicando la ecuación, el valor de  $a = 1.225 \text{ m/s}^2$  corresponder a la aceleración de la frenada cuando actúa el paracaídas.

Como el bastidor es simétrico y también la carga se localiza simétricamente en el eje vertical del bastidor, y las fuerzas de frenado son simétricas, los momentos internos en los extremos del larguero superior “ $M_1$ ” serán idénticos además de los momentos internos en los extremos del larguero inferior “ $M_2$ ”

De este modo, el larguero superior actúa una carga repartida “q” y las fuerzas de frenado F. Para el cálculo de los perfiles en esta situación de cargas se procede análogamente como en la situación anterior, es decir, considerando cada elemento como una viga continua empotrada y dada las fuerzas con *coeficiente de seguridad 5*.

De este modo, y comenzando por el larguero inferior y aplicando las ecuaciones se tienen los siguientes valores y se muestran estas fuerzas en:

$$q = \frac{\psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g}{b} = \frac{5 \cdot 1.125 \cdot (600 + 800) \cdot 9.81}{1.3} = 59425.96 \text{ N / m}$$

Donde b=1.3m medida del larguero inferior

$$F = \frac{1}{2} \cdot \psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g = 5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.125 \cdot (600 + 800) \cdot 9.81 = 38626.875 \text{ N}$$

En la figura que se muestra a continuación, se puede observar de cómo se generan momentos internos de empotramiento en cada extremo de la viga,  $M_2$  de valores iguales pero de sentidos contrarios cuyo valor viene dado por la siguiente ecuación.

$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot q \cdot b^2 = \frac{1}{12} * (59425.96) * (1.3)^2 = 8369.156 \text{ N} / \text{m}$$

Con el valor calculado del momento de empotramiento,  $M_2$  se tiene el siguiente diagrama de momentos flectores para el larguero inferior.

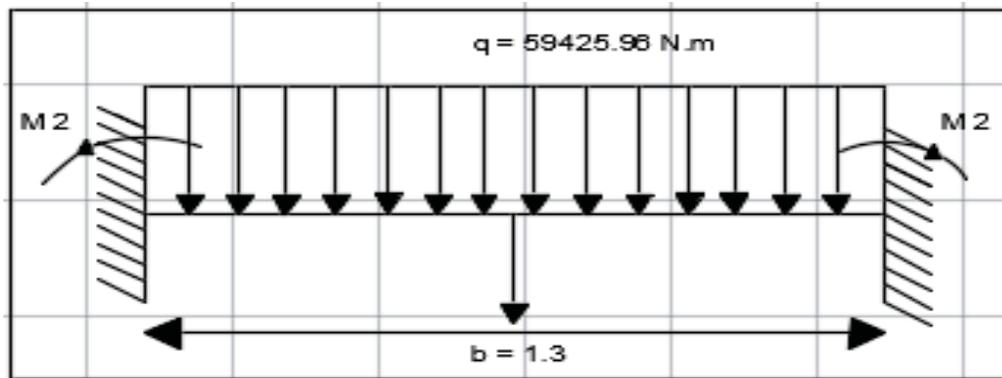


FIGURA 75 Fuerzas y momentos en el larguero inferior

Calculamos el  $M_2$ .

$$M_2^{\min} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot b^2 - M_2 = \frac{1}{8} * (59425.96) * (1.3)^2 - 8369.156 = 4184.578 \text{ Nm}$$

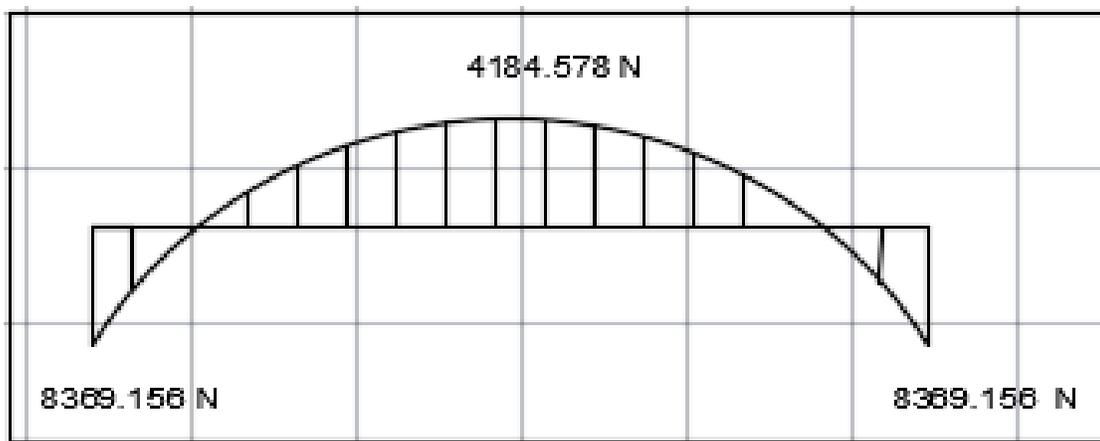


FIGURA 76 Diagrama de momentos flectores en larguero inferior

Con el diagrama de momentos flectores del larguero inferior se procede al dimensionado del mismo procediendo análogamente como para la situación de cargas anterior y aplicando las ecuaciones ya dadas y sabiendo que se empleará un perfil UPN se tiene lo siguiente:



$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{8369.156 Nm}{275 N / mm^2} \geq 30.43 cm^3$$

Con este valor y observando las tablas, el primer perfil UPN que cumple esta condición es el UPN 100, puesto que  $W_z = 41.2 cm^3$ , como en el caso anterior se plantea la posibilidad de emplear dos perfiles UPN 80 ya que es suficiente. De esta manera, se colocan 2 perfiles UPN 80, se calcula el módulo resistente resultante.

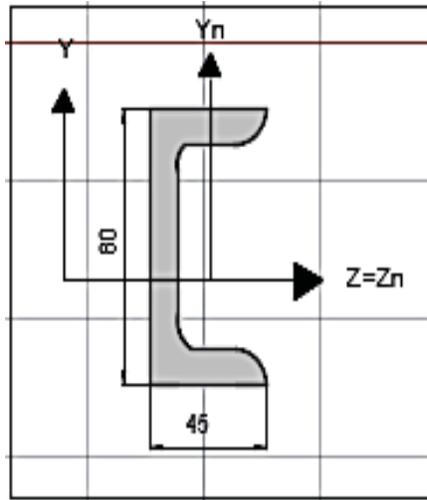


FIGURA 77 Perfil UPN 80

De las tablas de Anexo D.1.

PERFIL	A(cm <sup>2</sup> )	h(mm)	b(mm)	Iy(cm <sup>4</sup> )	Wx(cm <sup>3</sup> )	Iz(cm <sup>4</sup> )	c(cm)	$\theta$ (mm)
UPN 80	11	80	45	19.4	26.5	106	1.45	6.0
UPN 100	13.5	100	50	29.3	41.2	206	1.55	6.0
UPN 120	17	120	55	43.2	60.7	364	1.60	7.0

TABLA 23 Características técnicas del perfil UPN 80, 100, 120

Procediendo como para el caso anterior se tiene:\

$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 80 es  $I_z=106$

$$I'_z = 2 * 106 = 212 cm^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} = \frac{212}{8 - 4.5} = 60.57 cm^3 \geq 30.43 cm^3$$



De esta manera se observa que los perfiles UPN 80 son válidos y en un principio se escogen perfiles de estas medidas.

Entonces escogeremos dos perfiles UPN 80 para el inferior en la actuación del paracaídas ok.

A continuación, se procede al dimensionado de los postes izquierdo y derecho sabiendo que el momento máximo que actúa en los mismos es  $M_2$  calculando anteriormente, como la carga es simétrica y los momentos  $M_2$  son iguales en cada poste se hará el cálculo solo para un poste.

Así pues aplicando nuevamente las ecuaciones dadas y sabiendo que es un perfil UPN el que se empleara para los postes se tiene:

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{8369.156 Nm}{275 N / mm^2} \geq 30.43 cm^3$$

Si se observan las tablas ya dadas anteriormente para los perfiles de acero normalizados, se tiene que el primer perfil que cumple con esta condición es el UPN 100 con  $W_z = 41.2 cm^3$

Como se colocan dos postes UPN se calcula el modulo resistente resultante de la figura resultante, se plantea la posibilidad de emplear dos postes UPN 100 ya que estos son suficientes.

$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 80 es  $I_z=106$

$$I'_z = 2 * 106 = 212 cm^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} = \frac{212}{8 - 4.5} = 60.57 cm^3 \geq 30.43 cm^3$$

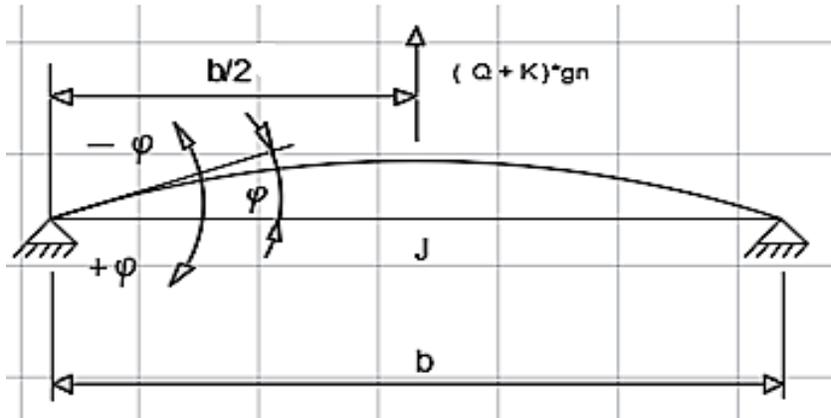
Cumple, por ende escogeremos dos perfiles UPN 80 para los postes, en la actuación de los paracaídas ok.

Para hallar el valor del momento  $M_1$  y poder dimensionar así el larguero superior se puede obtener a partir de las dos siguientes ecuaciones que vienen a continuación.

$$M_1 = \frac{\psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{12} \cdot \left( \frac{\ell \cdot I_1 \cdot I_2}{\ell^2 \cdot I_1 \cdot I_3 + 2b\ell(I_1 \cdot I_2 + I_2 \cdot I_3) + 3b^2 \cdot I_2^2} \right)$$

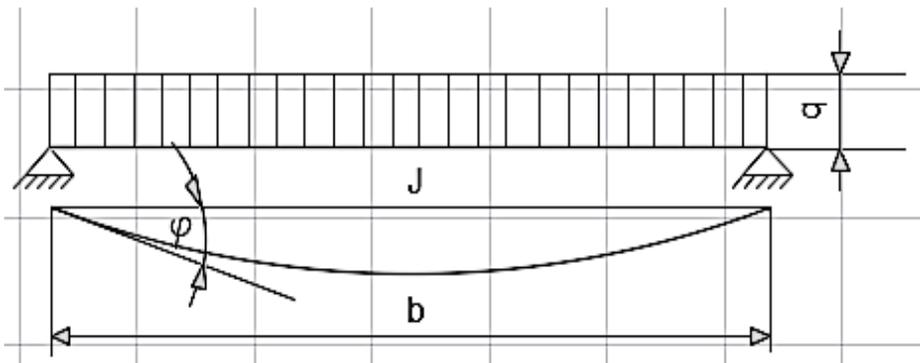
$$M_2 = \frac{\psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{12} \cdot \left( \frac{2\ell \cdot I_1 \cdot I_2 + 3b^2 \cdot I_2^2}{\ell^2 \cdot I_1 \cdot I_3 + 2b\ell(I_1 \cdot I_2 + I_2 \cdot I_3) + 3b^2 \cdot I_2^2} \right)$$

Las dos ecuaciones anteriores se deducen por medio de la igualdad de los ángulos de distorsión en el extremo izquierdo del larguero superior con la parte superior de los postes, y por igualdad de los ángulos de distorsión del extremo izquierdo del larguero inferior con la parte inferior de los postes. Se puede apreciar en las siguientes figuras.



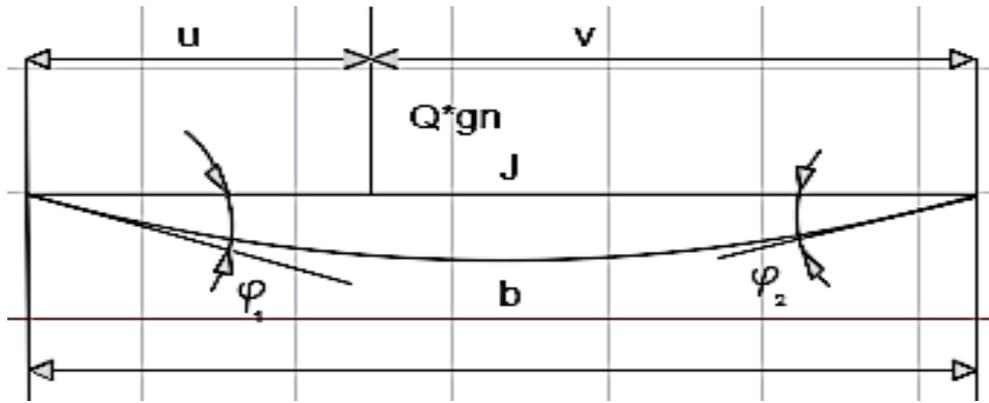
$$\varphi = \frac{(Q + K) * g_n * b^2}{16 * E * J}$$

FIGURA 78 Viga biapoyada con carga puntual en el centro



$$\varphi = \frac{(Q + K) * g_n * b^2}{24 * E * J}$$

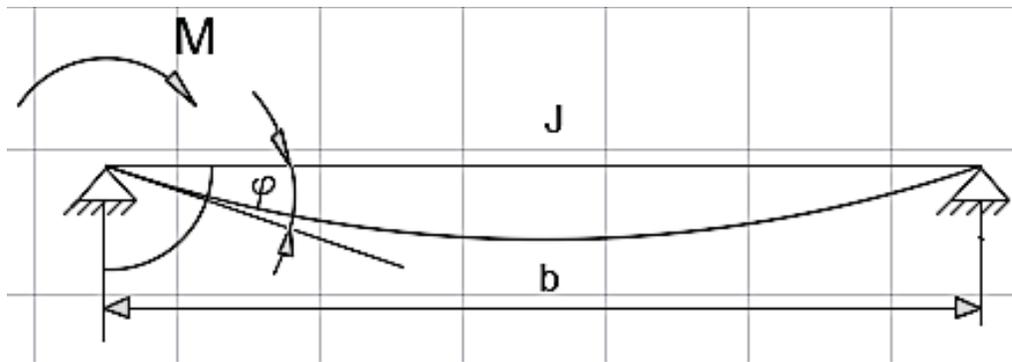
FIGURA 79 Viga biapoyada con carga uniformemente repartida



$$\varphi_1 = \frac{Q * g_n * v}{6 * b * E * J} * (b^2 - v^2)$$

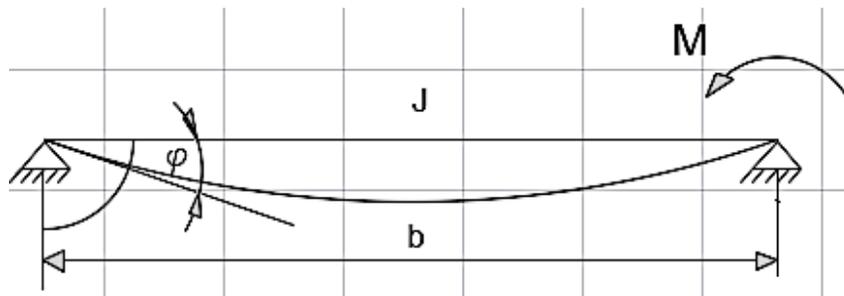
$$\varphi_2 = \frac{Q * g_n * u * v * (b + u)}{6 * b * E * J}$$

FIGURA 80 Viga con carga puntual en posición generalizada



$$\varphi = \frac{M * b}{3 * E * J}$$

FIGURA 81 Momento interno en el extremo donde se halla el ángulo de distorsión



$$\varphi = \frac{M * b}{6 * E * J}$$

FIGURA 82 Momento interno en el extremo opuesto de donde se halla el ángulo de distorsión

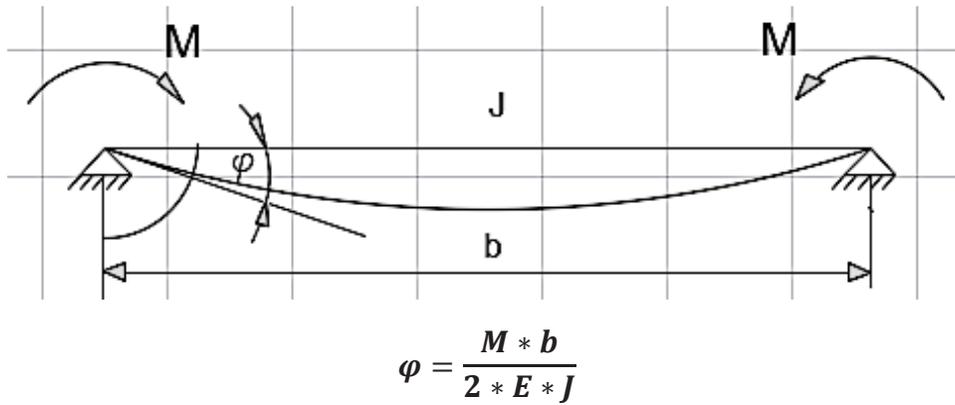


FIGURA 83 Momentos internos del mismo valor en cada extremo

De esta manera viendo las figuras anteriores mostradas, se llegan a las ecuaciones a través de las cuales se deducen los valores de los momentos  $M_1$  y  $M_2$ :

$$-\frac{(Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{16 \cdot E \cdot I_1} + \frac{M_1 \cdot b}{2 \cdot E \cdot I_1} = -\frac{M_1 \cdot \ell}{3 \cdot E \cdot I_2} - \frac{M_2 \cdot \ell}{6 \cdot E \cdot I_2}$$

$$\frac{(Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{24 \cdot E \cdot I_3} + \frac{M_2 \cdot b}{2 \cdot E \cdot I_3} = \frac{M_2 \cdot \ell}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{M_1 \cdot \ell}{6 \cdot E \cdot I_2}$$

De modo que resolviendo ambas ecuaciones y despejando  $M_1$  y  $M_2$  se llegan a las ecuaciones anteriormente mencionadas. Conocidos los valores de  $M_2$  y de los siguientes parámetros, se aplica las ecuaciones dadas y reemplazando los valores dados se halla el valor de  $I_1$  del perfil UPN 80

$$b = 1.2m \text{ y } M_2 = 8369.15Nm$$

A=Long. Del larguero por su profundidad

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\ell = \frac{V}{A} = \frac{m}{A \rho} = \frac{600}{1.2 * 0.127 * 7850} = 0.502m$$

$$\ell = 0.502m$$

$$I_2 = 19.4cm^4 = 1.94 * 10^{-7} m^4$$

$$I_3 = 2 * 106 = 212cm^4 = 2.12 * 10^{-6} m^4$$

$$M_2 = \frac{\psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{12} \cdot \left( \frac{2\ell \cdot I_1 \cdot I_2 + 3b^2 \cdot I_2^2}{\ell^2 \cdot I_1 \cdot I_3 + 2b\ell(I_1 \cdot I_2 + I_2 \cdot I_3) + 3b^2 \cdot I_2^2} \right)$$



$$8369.156 = \frac{1.125 * (600 + 800) * 9.81 * (1.2)^2}{12} \cdot \left( \frac{2 * 0.502 * I_1 * 1.94 * 10^{-7} + 3 * (1.2)^2 * (1.94 * 10^{-7})^2}{0.502^2 * I_1 * 2.12 * 10^{-6} + 2 * 1.2 * 0.502 * (I_1 * 1.94 * 10^{-7} + 1.94 * 10^{-7} * 2.12 * 10^{-6}) + 3 * (1.2)^2 * (1.94 * 10^{-7})^2} \right)$$

Y tenemos valor de  $I_1$  se tiene:

$$I_1 = 2.632 * 10^{-6} m^4 = 263.2 cm^4$$

Ahora se halla  $M_1$  en la ecuación dada anteriormente y reemplazando el valor de  $I_1$  se tiene:

$$M_1 = \frac{\psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{12} \cdot \left( \frac{\ell \cdot I_1 \cdot I_2}{\ell^2 \cdot I_1 \cdot I_3 + 2b\ell(I_1 \cdot I_2 + I_2 \cdot I_3) + 3b^2 \cdot I_2^2} \right)$$

$$M_1 = \frac{1.125 * (600 + 800) * 9.81 * (1.2)^2}{12} \cdot \left( \frac{0.502 * 2.632 * 10^{-6} * 1.94 * 10^{-7}}{0.502^2 * 2.632 * 10^{-6} * 2.12 * 10^{-6} + 2 * 1.2 * 0.502 * (2.632 * 10^{-6} * 1.94 * 10^{-7} + 1.94 * 10^{-7} * 2.12 * 10^{-6}) + 3 * (1.2)^2 * (1.94 * 10^{-7})^2} \right)$$

Hallamos el valor de  $M_1 = 316.11 Nm$

Con este valor se confirma la hipótesis que el momento  $M_2$  que actúa sobre los dos postes es la máxima, y además, ese momento es constante en todo el larguero superior.

Además, según el valor obtenido de  $I_1 = 263.2 cm^4$ , se puede dimensionar el larguero superior, ya que si se sabe que se emplean perfiles UPN se puede observar que el perfil UPN más cercano a tener un valor similar es el UPN 120 con un momento de inercia respecto el eje z de  $364 cm^4$  este valor se encuentra en la tabla de UPN 120. Anexo D.1

Se escogerá un perfil UPN 120 para el larguero superior en la actuación del paracaídas ok.

- ✓ Para el dimensionado, pues, de los postes se procede de forma análoga, teniendo en cuenta el momento máximo en cada poste y aplicando la ecuación:

$$W_z \geq \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{8369.156 Nm}{275 N / mm^2} \geq 30.43 cm^3$$

De modo que observando de nuevo las tablas de perfiles UPN, el más cercano es el UPN 100 la que se decide escoger un perfil de UPN 80 donde:



$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 80 es  $I_z=106$

$$I'_z = 2 * 106 = 212 \text{ cm}^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} = \frac{212}{8 - 4.5} = 60.57 \text{ cm}^3 \geq 30.43 \text{ cm}^3$$

Como se observa que el momento resultante es mayor que 60.57 y cumple por ende escogeremos dos perfiles UPN 80 para los postes, para la actuación del paracaídas ok

En la figura que se muestra a continuación se puede ver el diagrama de momentos flectores para la estructura del bastidor del ascensor y para este estado de cargas:

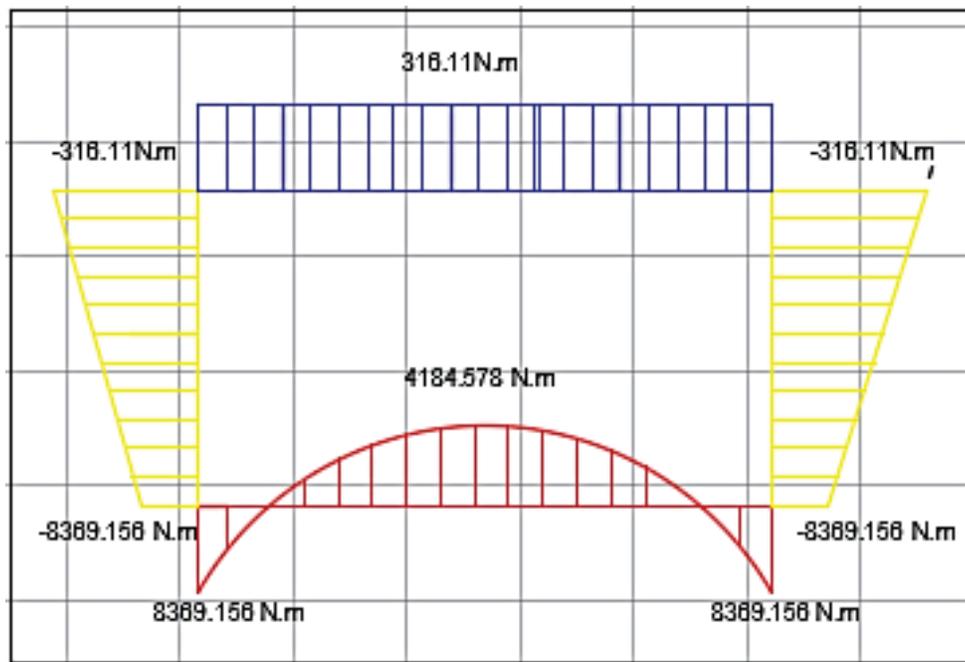


FIGURA 84 Momentos flectores en toda la estructura

### 5.5.5.3. CHOQUE CON LOS AMORTIGUADORES DEL FOSO

Este caso se presenta cuando el ascensor cae por rotura de las cintas de suspensión y los paracaídas por algún motivo u otro no han actuado, y se produce el choque contra los amortiguadores de cabina ubicados en el foso.

Como se halló ya en el cálculo de amortiguadores, existen dos amortiguadores en el foso para la cabina, y la fuerza de cada uno se halló por medio de las ecuaciones ya dadas

resultando una fuerza para cada amortiguador de 27468 N. Pero si se actúa con un coeficiente de seguridad 5, se tiene que la fuerza de cada amortiguador es de 137340 N.

Tanto la fuerza de los amortiguadores como la carga repartida actúan sobre el larguero inferior. Como el bastidor es simétrico y las cargas también, los momentos internos en los extremos del larguero superior  $M_1$  serán idénticos además de los momentos internos en los extremos del larguero inferior  $M_2$ .

De esta manera, y procediendo análogamente como en las dos situaciones anteriores de carga en la estructura, y considerando cada componente del bastidor como una viga continua y empotrada se tiene, y comenzando por el larguero inferior con las siguientes figuras mostradas:

Dónde:

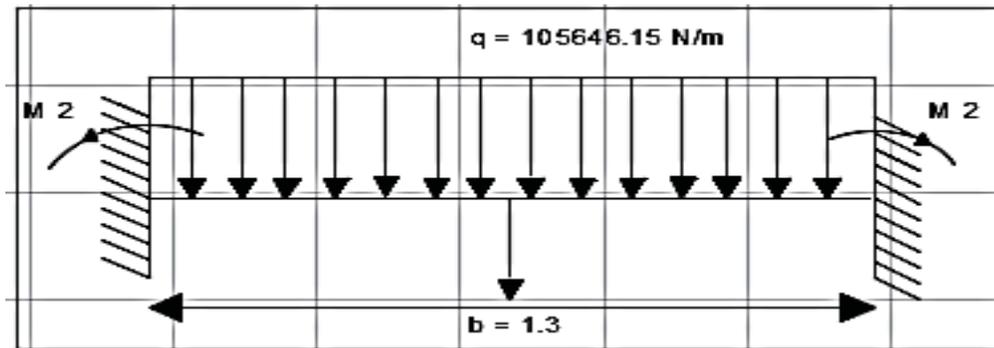


FIGURA 85 Fuerzas y momentos debidos a la carga repartida

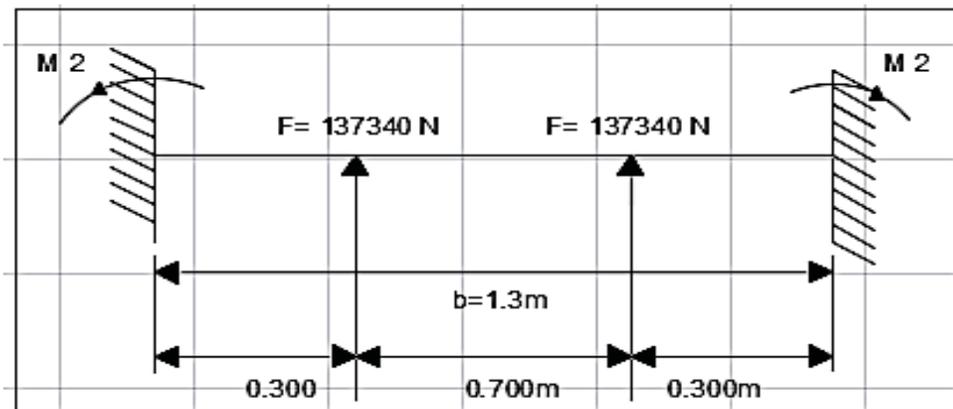


FIGURA 86 Fuerzas y momentos debidos al choque con los amortiguadores

El momento de empotramiento total en el larguero inferior será la suma de los momentos de empotramiento resultantes en cada caso visto en las dos figuras anteriores, quedando



evidente que dichos momentos de empotramiento serán iguales y de sentidos contrarios en cada extremo del larguero inferior.

Comenzando por el caso en que solo actúa la carga repartida, por medio de las ecuaciones

Dadas anteriores se tiene el valor de  $M_2^a$  y se tiene el siguiente diagrama de momentos flectores para el larguero inferior.

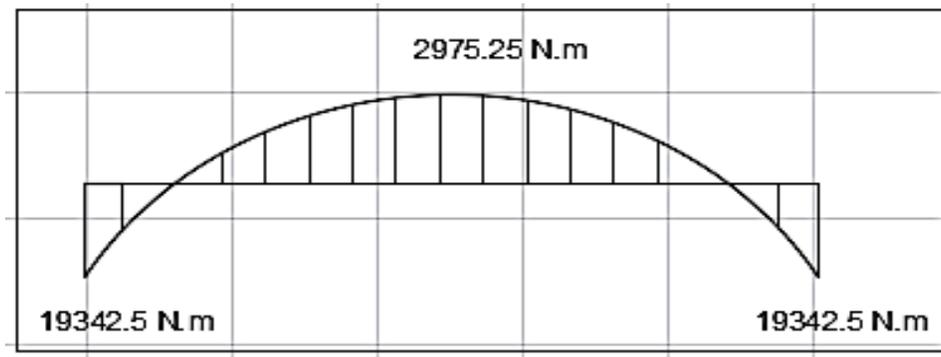
$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot F \cdot b^2$$

$$M_2 = \frac{1}{12} (137340)(1.3)^2 = 19342.5 Nm$$

Y también hallamos

$$M_2^{a, \min} = \frac{1}{8} * f \cdot s * F b^2 - M_2$$

$$M_2^{a, \min} = \frac{1}{8} * 5 * 27468 * 1.3^2 - 19342.5 = 2975.25 N.m$$



**FIGURA 87 Diagrama de momentos flectores en larguero inferior debidos a carga repartida**

Respecto al caso en que se produce el choque con los dos amortiguadores se tiene a través de las ecuaciones dadas en el siguiente diagrama de momentos flectores:

Donde:

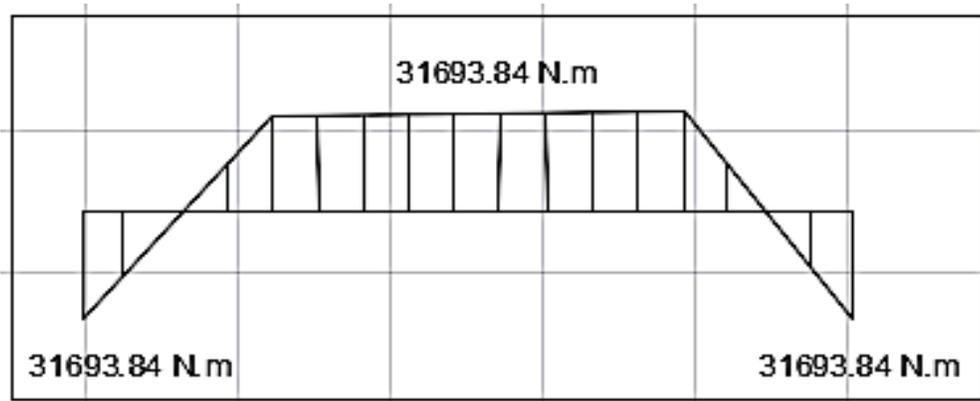
$$M_2^b = \frac{F \cdot a \cdot (b - a)}{b} =$$

a: distancia de la pared del foso al resorte

b: larguero inferior de la cabina.

Reemplazando se tiene:

$$M_2^b = \frac{F.a.(b-a)}{b} = \frac{13734 * 0.300 * (1.3 - 0.300)}{1.3} = 31693.84 N.m$$



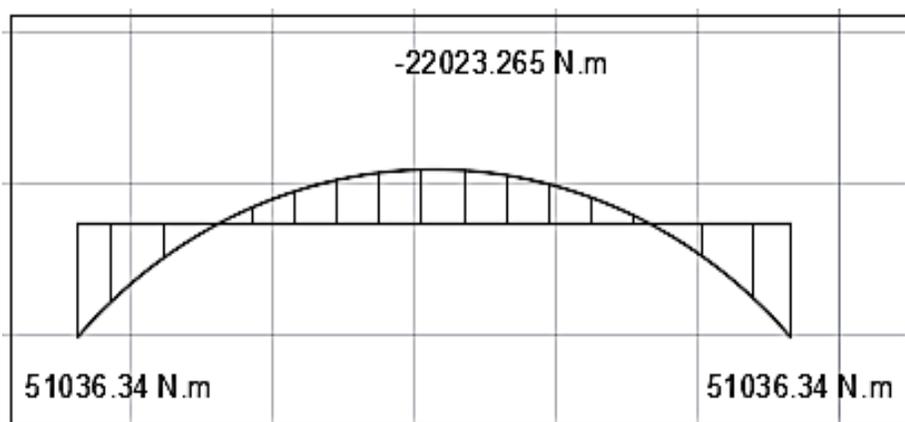
**FIGURA 88** Diagrama de momentos flectores en larguero inferior debido a la fuerza de muelles

De modo que el diagrama de momentos flectores resultante de la figura que se muestra por medio del principio de superposición será la suma de los dos diagramas de momentos flectores, los debidos a la carga repartida de la figura anterior y los debidos al choque con los amortiguadores de la figura anterior.

Suma de momentos del diagrama

$$M_{\max} = 19342.5 + 31693.84 = 51036.34 Nm$$

$$M_2^{\min} = \frac{1}{8} * (137340) * 1.3^2 - 51036.34 = -22023.265 N.m$$



**FIGURA 89** Momentos flectores resultantes en larguero inferior



Con el diagrama de momentos flectores resultante se puede pasar a determinar el perfil UPN necesario para el larguero inferior, así que procediendo como anteriormente se ha hecho para su elección en las dos situaciones de carga anteriores se tiene, aplicando la ecuación.

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{51036.34 Nm}{275 N/mm^2} \geq 185.58 cm^3$$

Observando este valor y la tabla de perfiles normalizados, el perfil UPN que cumple a priori esta condición es el UPN 200, puesto que  $W_z = 191 cm^3$ . Pero al haber de colocar dos perfiles UPN se decide emplear la posibilidad de emplear perfiles UPN inferiores al obtenido, que podrían ser dos perfiles UPN 160.

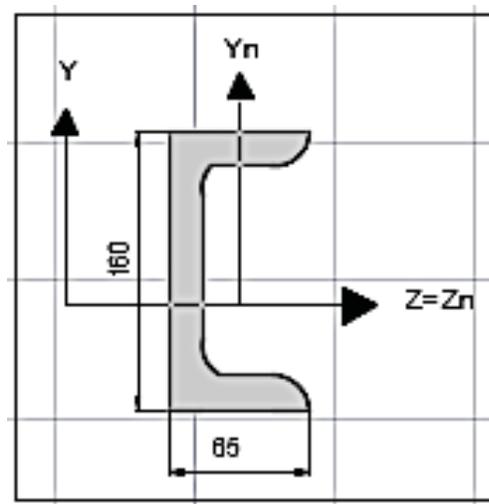


FIGURA 90 Perfil UPN 160

Similarmente a los casos anteriores se tiene:

$$I_z = 925 cm^4$$

$$I'_z = 2 * 925 = 1850 cm^4$$

$$W'_z = \frac{1850}{16 - 6.5} = 194.73 cm^3 \geq 185.58 cm^3$$

Con el valor obtenido y visto que cumple con la condición impuesta por la ecuación anterior dada, en un principio se escogería un par de perfiles UPN 160 para el larguero inferior.

Se escogerán dos perfiles UPN 160 para larguero inferior en el choque con los amortiguadores ok.



- ✓ De forma análoga y teniendo el momento máximo en el poste es  $M_{\max} = 51036.34Nm$  se procede al dimensionado del poste aplicando la ecuación.

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{51036.34Nm}{275N/mm^2} \geq 185.58cm^3$$

Observando la tabla de perfiles normalizados, el perfil UPN más inmediato que cumple con la condición impuesta por la ecuación por la ecuación dada es el UPN 200, ya que su momento resistente toma como valor  $W_z = 191cm^3$ , se plantea la posibilidad de escoger dos perfiles UPN 160 para los postes del bastidor, calculamos.

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 160 es  $I_z=925cm^4$

$$I'_z = 2 * 925 = 1850cm^4$$

$$W'_z = \frac{1850}{16 - 6.5} = 194.73cm^3 \geq 185.58cm^3$$

Entonces se escogerá dos perfiles UPN 160 para los postes del choque con los amortiguadores. Ok

- ✓ Finalmente, para el dimensionado del larguero superior, se debería conocer el valor del momento de empotramiento  $M_1$ . La manera de determinar dicho valor viene dada por la ecuación que se muestra en adelante, que se deduce a través de la igualdad de los ángulos de distorsión en el extremo izquierdo del larguero superior con la parte superior de los postes, y por igualdad de los ángulos de distorsión del extremo izquierdo del larguero inferior con la parte inferior de los postes, tal como se ha comentado en el apartado anterior, entonces se tiene la fórmula.

$$-\frac{F \cdot b^2}{16 \cdot E \cdot I_3} + \frac{F \cdot b^2}{24 \cdot E \cdot I_3} + \frac{M_2 \cdot b}{2 \cdot E \cdot I_3} = -\frac{M_2 \cdot \ell}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{M_1 \cdot \ell}{6 \cdot E \cdot I_2}$$

Sabiendo que el larguero inferior tiene un momento de inercia de  $I_3 = 85.3cm^4$  y que los postes de perfil UPN 160 tiene un momento de inercia de valor  $I_2 = 85.3cm^4$  y luego  $b=1.2m$  y calculando.

A=Long. Del larguero por su profundidad

$$\rho = 7850kg/m^3 \text{ densidad del acero}$$



$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\ell = \frac{V}{A} = \frac{m}{A\rho} = \frac{600}{1.2 * 0.127 * 7850} = 0.50m$$

$$\ell = 0.500m$$

y reemplazando tales parámetros en la ecuación dada se obtiene el valor del momento  $M_1$ .

$$-\frac{F.b^2}{16.E.I_3} + \frac{F.b^2}{24.E.I_3} + \frac{M_2.b}{2.E.I_3} = -\frac{M_2.\ell}{3.E.I_2} + \frac{M_1.\ell}{6.E.I_2}$$

$$-\frac{137340 * (1.2)^2}{16.E * 85.3} + \frac{137340 * (1.2)^2}{24.E * 85.3} + \frac{51036.34 * (1.2)}{2.E * 85.3} = -\frac{51036.34 * 0.50}{3.E * 85.3} + \frac{M_1 * 0.50}{6.E * 85.3}$$

$$M_1 = 71674.63Nm$$

Con este valor obtenido se puede proceder a dimensionar el larguero superior y los postes se deberían redimensionar, puesto que con el valor del momento  $M_1$  el valor máximo del momento es 53840.7N·m. Por lo tanto, comenzando a redimensionar los postes se tiene

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} \geq \frac{71674.63Nm}{275N / mm^2} \geq 260.63cm^3$$

Observando de nuevo la tabla de perfiles normalizados UPN, el más próximo que cumple con esta condición es el UPN 240, por lo que se escoge uno de estas dimensiones.

Por otro lado, respecto al larguero superior y aplicando también las ecuaciones ya dadas se obtiene la misma condición anterior para el valor que ha de tener el momento resistente, por lo que en un principio se escogería también un perfil UPN 200. Pero al emplearse 2 perfiles UPN es probable que sea suficiente con emplear 2 perfiles más pequeños. Probando por 2 perfiles UPN 200 y en la figura mostrada se tiene:

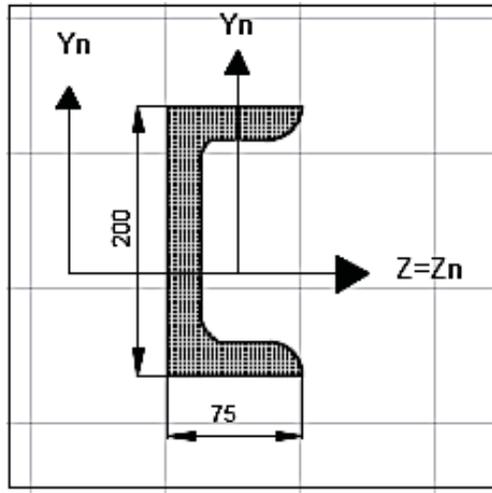


FIGURA 91 Perfil UPN 200

De modo que observando de nuevo las tablas de Anexo D.1 de perfiles UPN, el más cercano es el UPN 240 la que se decide escoger un perfil de UPN 200 donde:

$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 200 es  $I_z=1910$

$$I'_z = 2 * 1910 = 3820 \text{ cm}^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} = \frac{3820}{20 - 7.5} = 305.6 \text{ cm}^3 \geq 260.63 \text{ cm}^3$$

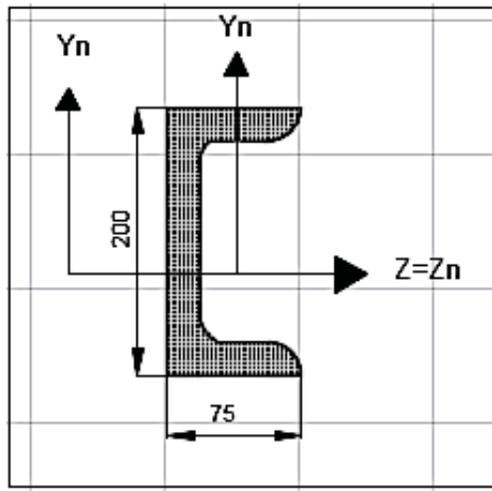


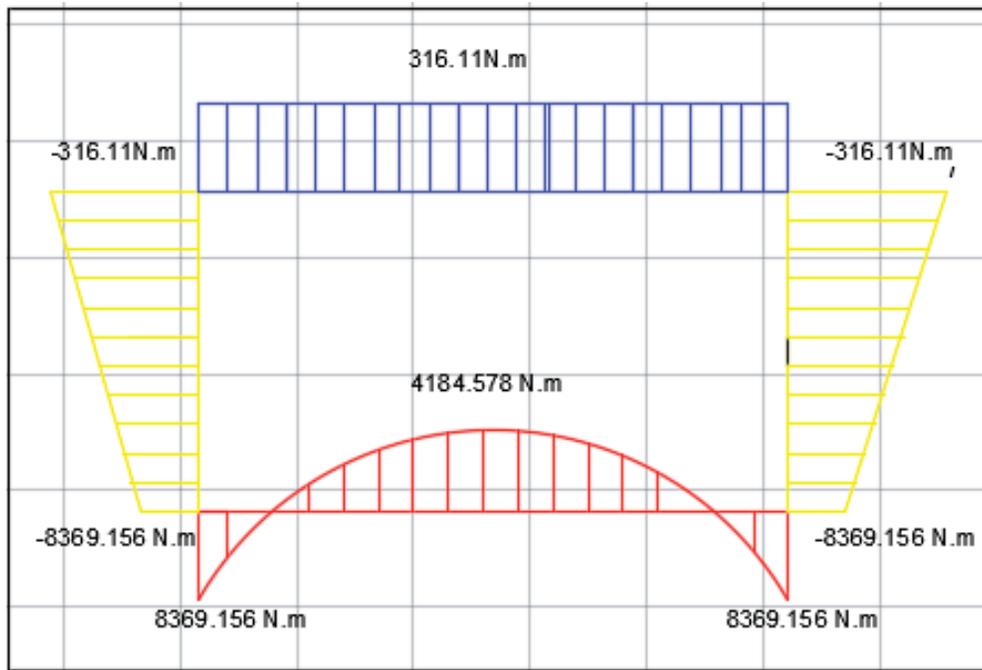
FIGURA 92 Perfil UPN 200

Seleccionaremos un perfil UPN 200 para el larguero superior en el choque con los amortiguadores ok.

Con el valor obtenido y visto que cumple con la condición impuesta por la ecuación ya



dada, se escogerían un par de perfiles UPN 200 para el larguero superior. Como en la siguiente figura mostrada, se puede observar el diagrama de momentos flectores resultantes en todos los componentes de la estructura del bastidor de la cabina.



**FIGURA 93 Momentos flectores en toda la estructura**

Para concluir se realiza la selección sobre los perfiles escogidos para los postes y los largueros superior e inferior. De esta manera se escogerá el perfil de acero normalizado para cada componente en función de las solicitaciones más críticas de entre las 3 situaciones de carga descritas para el cálculo del bastidor de la cabina. Para realizar la selección se elabora la siguiente tabla mostrada donde para cada estado de carga y para cada componente se tienen los perfiles de acero normalizados escogidos para cada uno de ellos.

RESUMEN DEL BASTIDOR DE LA CABINA	SITUACION NORMAL DE OPERACION	ACTUACION DEL PARACAIDAS	CHOQUE CON LOS AMORTIGUADORES
LARGUERO SUPERIOR	1xUPN 100	1xUPN 120	1xUPN 200
POSTES	2xUPN 80	2xUPN 80	2xUPN 160
LARGUERO INFERIOR	2xUPN 80	2xUPN 80	2xUPN 160

**CUADRO 20 Cuadro comparativo de los perfiles UPN**



Como se puede apreciar en la tabla dada, la situación de carga más desfavorable es la tercera, es decir, cuando se produce el choque con los amortiguadores del foso, puesto que los perfiles empleados son más grandes que para los dos casos anteriores.

De esta manera, y globalmente se decide escoger para cada componente del bastidor de la cabina los siguientes perfiles de acero normalizados.

- Larguero superior: 1xUPN 200
- Postes: 2xUPN 200
- Larguero inferior: 2x UPN 200

### 5.5.6. CALCULO DEL BASTIDOR DEL CONTRAPESO

El contrapeso, al igual que la cabina dispone de un bastidor en su estructura para soportar los bloques de fundición que constituyen el contrapeso. El cálculo de los perfiles de acero normalizados que forman el esqueleto del contrapeso es análogo al de la cabina, puesto que los esfuerzos que actúan son los mismos con la única diferencia que los perfiles empleados son distintos tal como se verá a continuación. Los bloques de fundición que forman el contrapeso y que permiten el equilibrado de la cabina y parte de su carga se disponen sobre una estructura resistente que los sostiene: el bastidor de contrapeso.

Generalmente cuando se diseña la estructura del bastidor, de la misma manera que sucede cuando se escoge la geometría de los bloques, se intenta que ambas se adapten entre sí de manera que el bastidor no sólo sostenga los bloques sino que también los sujete impidiendo que se muevan. Es habitual que se utilice para el contrapeso un bastidor formado por perfiles UPN en su totalidad uno por cada larguero y poste.

Aunque el proceso de cálculo es para el bastidor del contrapeso prácticamente el mismo que para la cabina es necesario citar algunas diferencias:

- En todas las ecuaciones se debe sustituir la masa correspondiente a la cabina más su carga nominal por la masa del contrapeso de 1100 kg.
- Ambos largueros se componen de dos perfiles UPN que trabajan respecto al eje Z; los postes son perfiles UPN que trabajan respecto Y.
- El sistema de amortiguación del contrapeso también está formado por dos resortes.

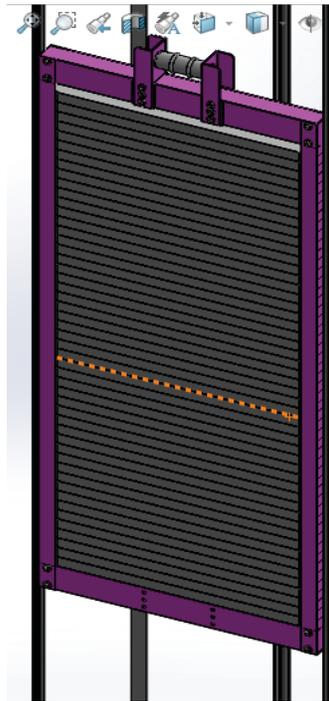


FIGURA 94 Bastidor del contrapeso

### 5.5.6.1. OPERACIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO

El cálculo es idéntico al bastidor de la cabina, y por tanto se prescindirá de muchas de las explicaciones, puesto que las mismas en referencia a la cabina son extrapolables al contrapeso, De esta manera y para comenzar, se tiene el siguiente diagrama de fuerzas en la figura mostrada para el larguero superior, en el que la fuerza de tracción se ha obtenido según la ecuación dada, con la variante de que la masa en este caso es la del contrapeso.

$$F = M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot fs$$

$$F = 1100 \cdot 9.81 \cdot 5 = 53955N$$

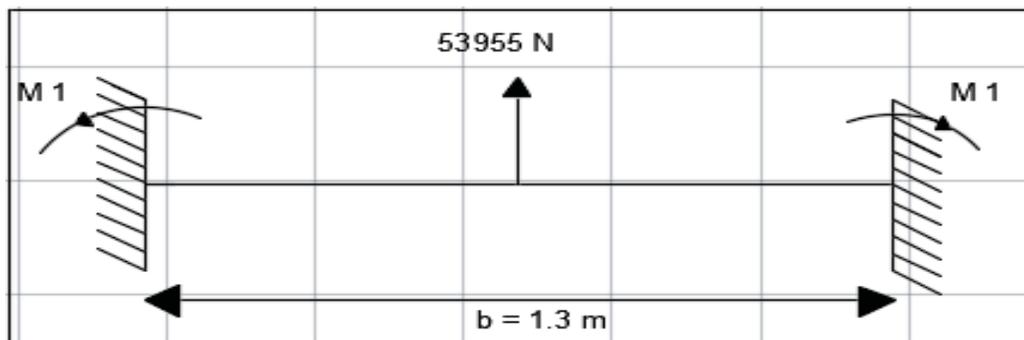


FIGURA 95 Fuerzas y momentos que actúan en el larguero superior



En la figura se muestra el diagrama de momentos flectores del larguero superior, cuyos valores que se observan se han obtenido similarmente según las ecuaciones dadas:

$$M_1 = \frac{1}{8} \cdot F \cdot b = \frac{1}{8} * 53955 * 1.3 = 8767.68 Nm$$

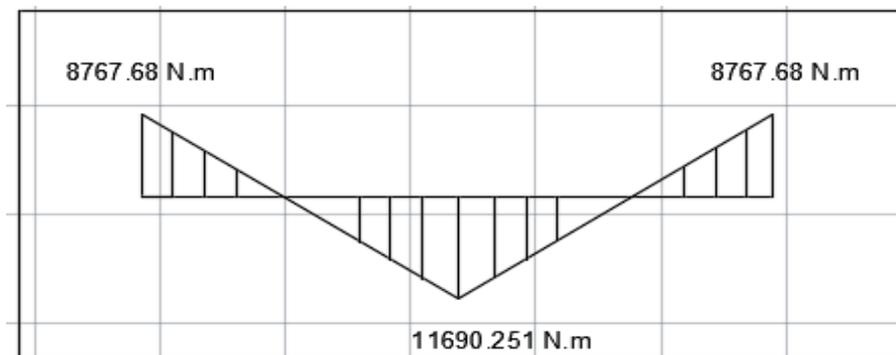
$$q = \frac{M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot fs}{b} = \frac{1100 * 9.81 * 5}{1.3} = 41503.84 N / m$$

$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot q \cdot b^2 = \frac{1}{12} * (41503.84) * (1.3)^2 = 5845.124 Nm$$

Luego calculamos

$$M_1' = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot b - M_2$$

$$M_1' = 5 * \frac{1}{4} * (1100 * 9.81 * 1.3) - 5845.124 = 11690.251 Nm$$



**FIGURA 96 Diagrama de momentos flectores en el larguero superior**

Respecto a los esfuerzos que actúan en el larguero inferior de la figura mostrada se tiene lo siguiente, en el que la carga repartida se ha obtenido según la ecuación dada, donde la masa ahora es la del contrapeso:

$$q = \frac{M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot fs}{b} = \frac{1100 * 9.81 * 5}{1.3} = 41503.84 N / m$$

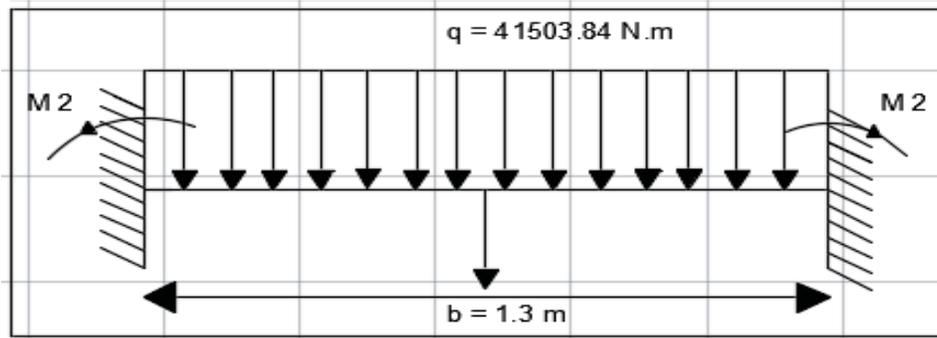


FIGURA 97 Fuerzas y momentos en el larguero inferior

A continuación se muestra el diagrama de momentos flectores del larguero inferior, en el que los valores que figuran se han obtenido según las ecuaciones ya anteriormente dadas:

$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot q \cdot b^2 = \frac{1}{12} \cdot (41503.84) \cdot (1.3)^2 = 5845.12 \text{ N.m}$$

$$M_2' = 5 \cdot \frac{1}{8} \cdot M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot b - M_2 = 5 \cdot \frac{1}{8} \cdot (1100 \cdot 9.81 \cdot 1.3) - 5845.12 = 2922.57 \text{ Nm}$$

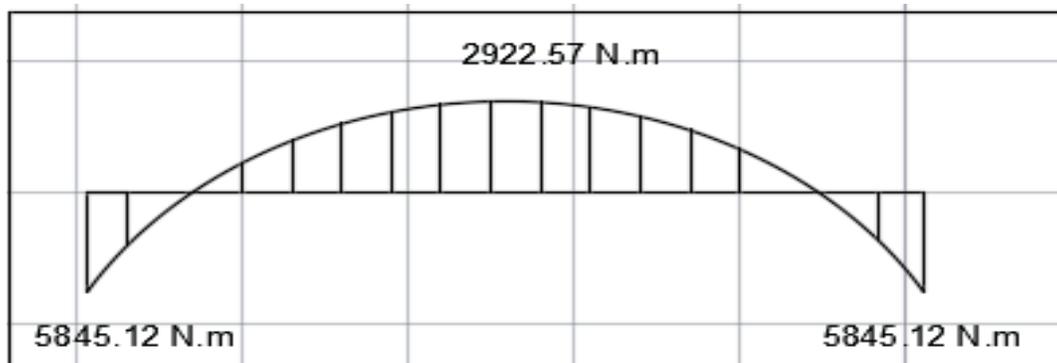
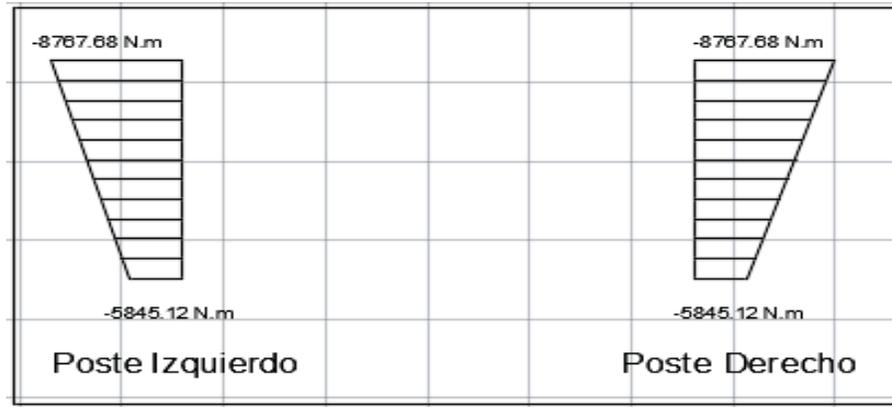


FIGURA 98 Diagrama de momentos flectores de larguero inferior

Respecto a los dos postes, y sabiendo que los momentos flectores M1 y M2 de valores 8767.68Nm y 5845.12Nm, respectivamente se transmiten desde los largueros a los postes, se tienen en las figuras mostradas del diagrama de momentos flectores para ambos postes.



**FIGURA 99** Diagrama de momentos flectores en ambos postes

Una vez se tienen los diagramas de momentos flectores se procede al dimensionado de cada elemento del bastidor del contrapeso, empleando en este caso perfiles UPN tanto para los dos largueros y los postes.

- ✓ De esta manera, y comenzando por el larguero superior se tiene que cumplir la ecuación:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{11690.251Nm}{275N/mm^2} = 42.51cm^3$$

Según las tablas de anexo D.1, el primero que cumple con esa condición es el perfil UPN 120, con un valor de  $W_z = 60.7cm^3$ , de manera que en principio se escoge este perfil para el larguero superior.

De forma análoga como se hizo los cálculos en la cabina, se plantea la posibilidad de utilizar un perfil UPN 100.

$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 100 es  $I_z=206$

$$I'_z = 2 * 206 = 412cm^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} = \frac{412}{10-5} = 82.4cm^3 \geq 42.51cm^3$$

Entonces se escogerá un perfil UPN 100 ya que  $82.4cm^3$  es mayor o igual que  $42.51cm^3$ , para larguero superior en situación normal de operación ok.

- ✓ En cuanto al larguero inferior se procede en forma análoga, entonces:



$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{5845.12 Nm}{275 N/mm^2} = 21.25 cm^3$$

Que según la tabla de anexo D.1, el primer perfil que cumple con la condición es el perfil UPN 80 con un valor de  $W_z=26.5 cm^3$ .

Entonces se escogerá un perfil UPN 80 para el larguero inferior para situación normal de operación ok.

✓ Hallando los perfiles UPN para los postes en forma análoga, como antes:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{8767.68 Nm}{275 N/mm^2} = 31.88 cm^3$$

De manera que observando la tabla de perfiles para los UPN se tiene que el primero en cumplir la condición impuesta por la ecuación dada es el perfil UPN100 con un valor de  $W_z = 41.2 cm^3$ .

Como se observa cumple, entonces se tomara los dos postes de perfil UPN 100 en situación normal de operación. Ok

De esta manera se tiene un diagrama de momentos flectores de toda la estructura del bastidor para este primer caso.

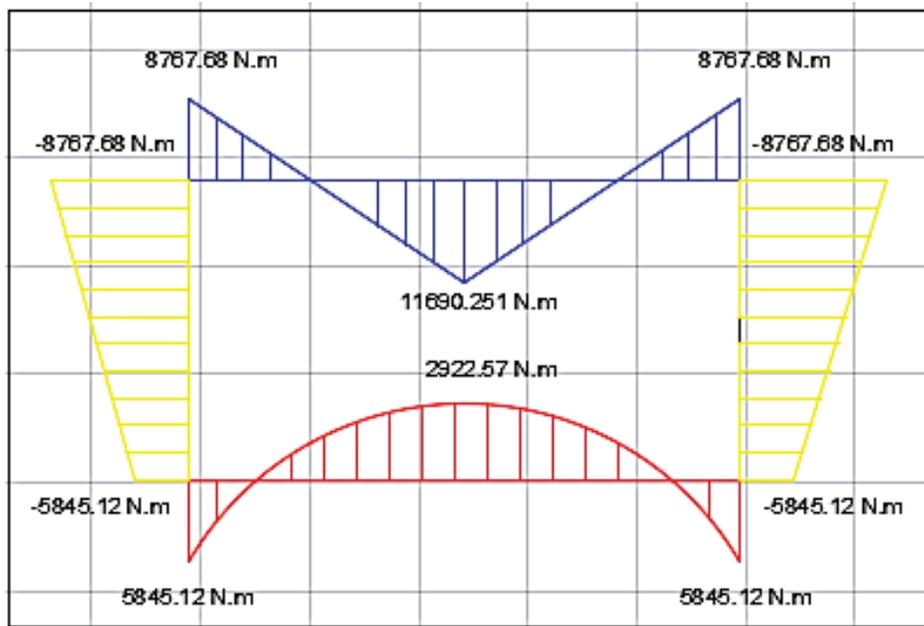


FIGURA 100 Diagrama de momentos flectores en toda la estructura

### 5.5.6.2. ACTUACION DE LOS PARACAIDAS TRAS LA FRENADA DE EMERGENCIA

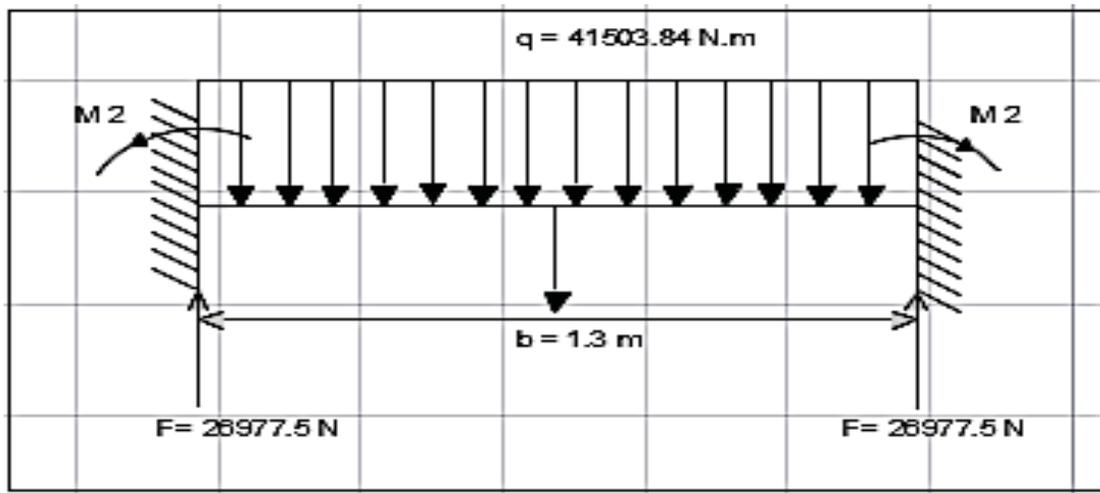
Comenzando por el larguero inferior se tiene el siguiente diagrama de fuerzas sobre dicho componente de la estructura.

$$F = M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot fs$$

$$F = 1100 \cdot 9.81 \cdot 5 = 53955N$$

$$q = \frac{M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot fs}{b} = \frac{1100 \cdot 9.81 \cdot 5}{1.3} = 41503.84N / m$$

Como las fuerzas que actúan en los bordes son iguales entonces se tiene el diagrama de carga repartida y sus fuerzas.



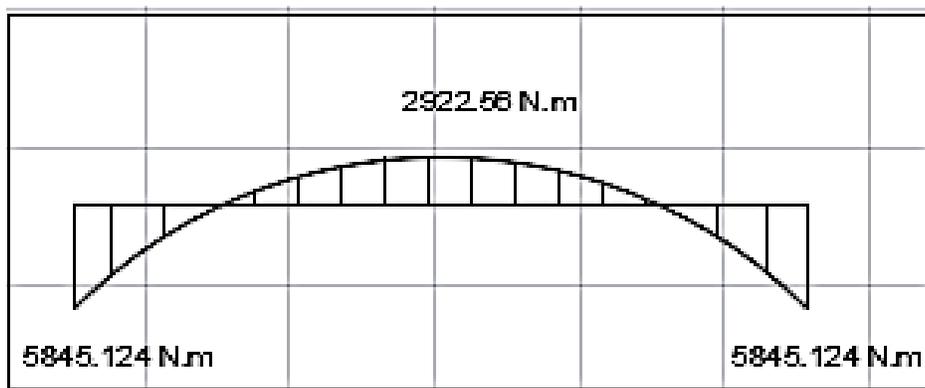
**FIGURA 101** Fuerzas y momentos en el larguero inferior

Donde los valores que se observa en el diagrama se han obtenido según las ecuaciones mostradas a continuación:

Seguidamente se tiene el diagrama de momentos flectores para el larguero inferior de modo que los valores obtenidos provienen de las ecuaciones dadas anteriormente.

$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot q \cdot b^2 = \frac{1}{12} * (41503.84) * (1.3)^2 = 5845.124 Nm$$

$$M'_2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot b^2 - M_2 = \frac{1}{8} * (59950) * (1.3)^2 - 5845.124 = 2922.56 Nm$$



**FIGURA 102** Diagrama de momentos flectores de larguero inferior

Se procede al dimensionado del larguero inferior con las ecuaciones dadas anteriormente como se ha realizado para el resto de casos se tiene:



$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{5845.124Nm}{275N/mm^2} = 21.25cm^3$$

Donde el primer perfil UPN que cumple esta condición según la tabla del anexo D.1 es el perfil UPN 80 con valores de  $W_z = 26.5cm^3$ .

Como se observa cumple, entonces se tomara un perfil UPN 80 en la actuación de paracaídas para larguero inferior.

En cuanto al dimensionado de los dos postes, el momento  $M_2$  que actúa en el larguero inferior se transmite al poste y se procede como en el anterior caso suponiendo que en los postes  $M_2$  es mayor que  $M_1$ :

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{5845.74Nm}{275N/mm^2} = 21.25cm^3$$

En este caso el primer perfil UPN que cumple con esta condición es el UPN 80 con un valor de  $W_z = 26.5cm^3$ .

Entonces se seleccionara dos perfiles UPN 80 para los postes de la actuación de paracaídas ok.

- ✓ Para el dimensionado del larguero superior se procede como para el dimensionado del mismo para la cabina, aplicando las ecuaciones ya dadas y conociendo los siguientes parámetros se tiene:

$$M_2 = 4046.625N.m$$

De tabla anexo D.1. para perfil UPN 80

$$I_2 = 19.4cm^4$$

$$I_3 = 19.4cm^4$$

$$b = 1.3m$$

Determinamos



A=Long. Del larguero por su profundidad

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\ell = \frac{V}{A} = \frac{m}{A\rho} = \frac{600}{1.3 * 0.0762 * 7860} = 0.77m$$

$$\ell = 0.77m$$

$$I_2 = 19.4cm^4 = 1.94 * 10^{-7} m^4$$

$$I_3 = 19.4cm^4 = 1.94 * 10^{-7} m^4$$

$$M_2 = \frac{\psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{12} \cdot \left( \frac{2\ell \cdot I_1 \cdot I_2 + 3b^2 \cdot I_2^2}{\ell^2 \cdot I_1 \cdot I_3 + 2b\ell(I_1 \cdot I_2 + I_2 \cdot I_3) + 3b^2 \cdot I_2^2} \right)$$

Reemplazando datos se tiene:

$$4046.625 = \frac{1.125 * (600 + 800) * 9.81 * (1.3)^2}{12} \cdot \left( \frac{2 * 0.77 * I_1 * 1.94 * 10^{-7} + 3 * (1.3)^2 * (1.94 * 10^{-7})^2}{0.77^2 * I_1 * 1.94 * 10^{-7} + 2 * 1.3 * 0.77 * (I_1 * 1.94 * 10^{-7} + 1.94 * 10^{-7} * 1.94 * 10^{-7}) + 3 * (1.3)^2 * (1.94 * 10^{-7})^2} \right)$$

Y tenemos valor de  $I_1$  se tiene:

$$I_1 = 4.63 * 10^{-6} m^4 = 43.63cm^4$$

Ahora se halla  $M_1$  en la ecuación dada anteriormente y reemplazando el valor de  $I_1$  se tiene:

$$M_1 = \frac{\psi \cdot (Q + M_{cabina}) \cdot g \cdot b^2}{12} \cdot \left( \frac{\ell \cdot I_1 \cdot I_2}{\ell^2 \cdot I_1 \cdot I_3 + 2b\ell(I_1 \cdot I_2 + I_2 \cdot I_3) + 3b^2 \cdot I_2^2} \right)$$

$$M_1 = \frac{1.125 * (600 + 800) * 9.81 * (1.3)^2}{12} \cdot \left( \frac{0.77 * 4.63 * 10^{-6} * 1.94 * 10^{-7}}{0.77^2 * 4.63 * 10^{-6} * 1.94 * 10^{-7} + 2 * 1.3 * 0.77 * (4.63 * 10^{-6} * 1.94 * 10^{-7} + 1.94 * 10^{-7} * 1.94 * 10^{-7}) + 3 * (1.3)^2 * (1.94 * 10^{-7})^2} \right)$$

$$M_1 = 591.24N.m$$

Como se puede ver, efectivamente se cumple  $M_1 \leq M_2$  por lo que la hipótesis anterior es correcta y por tanto es válida.

El perfil más próximo que cumple es UPN 140 para el larguero superior en la actuación de paracaídas. Con un  $W_z = 86.4cm^3$



De forma análoga como se hizo los cálculos en la cabina, se plantea la posibilidad de utilizar un perfil UPN 120.

$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 120 es  $I_z=364$

$$I'_z = 2 * 364 = 728 \text{ cm}^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} = \frac{728}{12 - 5.5} = 112 \text{ cm}^3 \geq 86.4 \text{ cm}^3$$

Entonces escogeremos un perfil UPN 120 para el larguero superior ok.

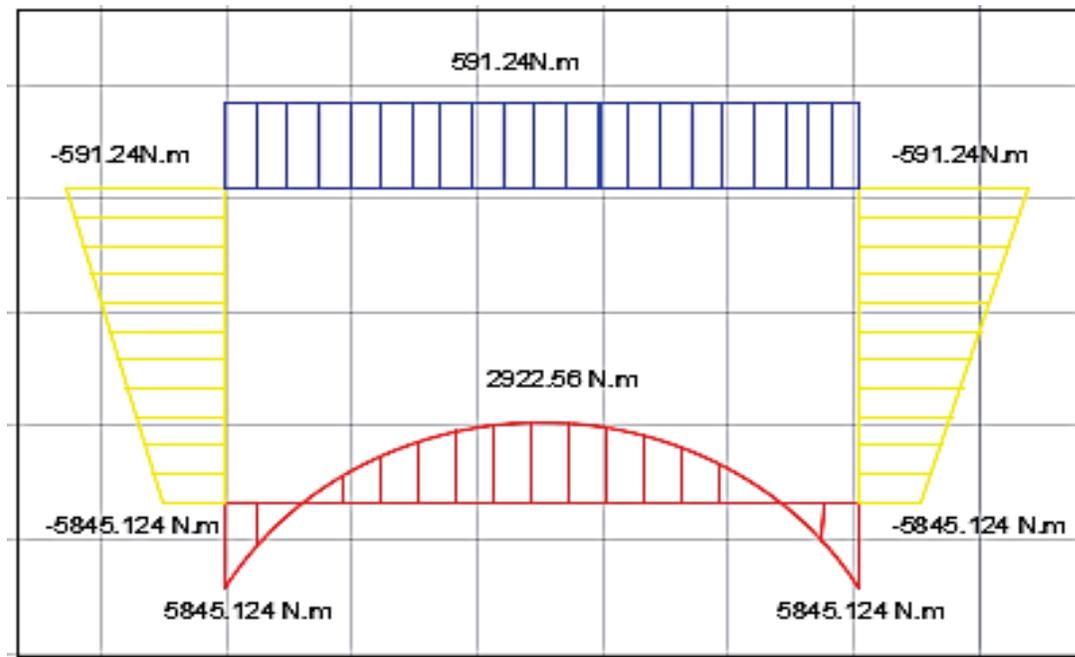


FIGURA 103 Diagrama de momentos flectores en toda la estructura

### 5.5.6.3. CHOQUE CON LOS AMORTIGUADORES DEL FOSO

De forma similar se tienen los diagramas de fuerzas y momentos siguientes, uno debido a la carga repartida y otro debido a las fuerzas que actúan sobre el bastidor cuando se produce el choque con los dos amortiguadores de foso del contrapeso.

$$q = \frac{M_{\text{contrapeso}} \cdot g \cdot fs}{b} = \frac{1100 * 9.81 * 5}{1.3} = 41503.84 \text{ N / m}$$

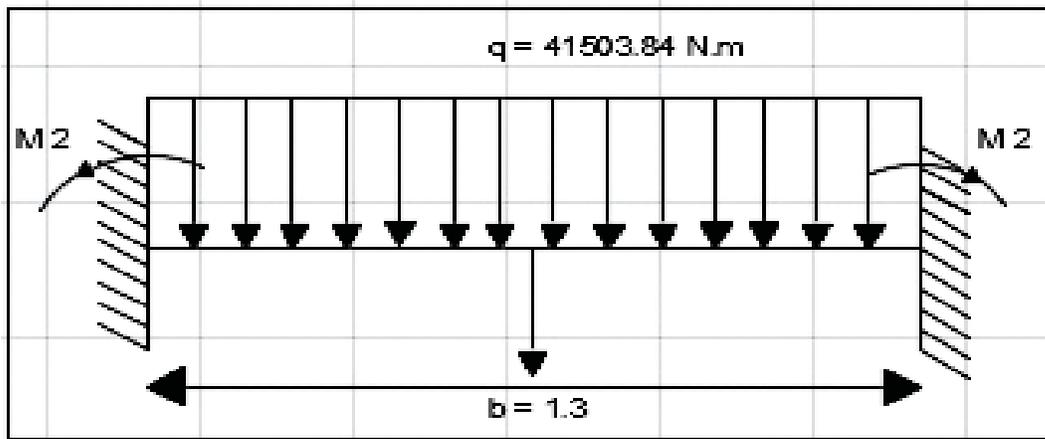


FIGURA 104 Fuerzas y momentos en el larguero inferior debido a la carga repartida

$$F_{\max} = \frac{4 * 1100 * 9.81}{2} = 21582N$$

Como el factor de seguridad es 5. Entonces nuestra fuerza máxima en el foso del contrapeso es  $F_{\max} = 5 * 21582 = 107910N$

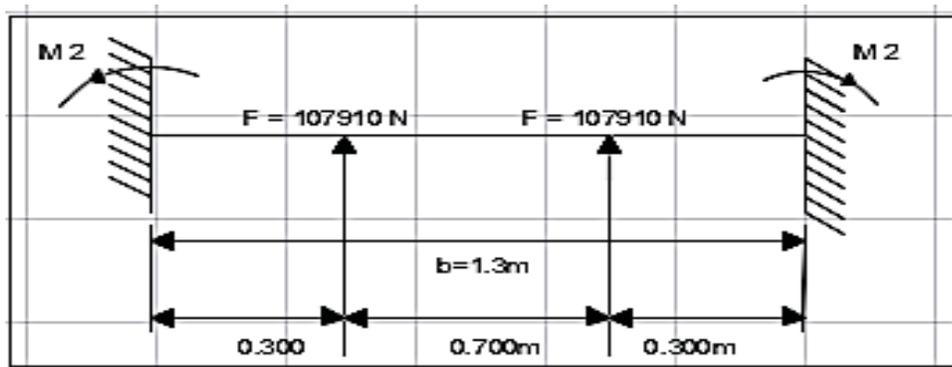
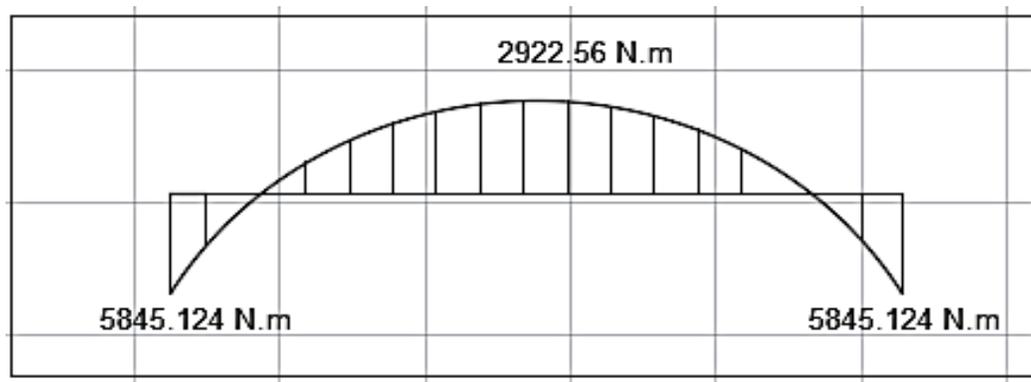


FIGURA 105 Fuerzas y momentos en el larguero inferior debido al choque con los amortiguadores

Seguidamente dibujando el diagrama de momentos flectores para cada esfuerzo por separado y con referencia se muestran las dos figuras, y se tienen los siguientes diagramas.



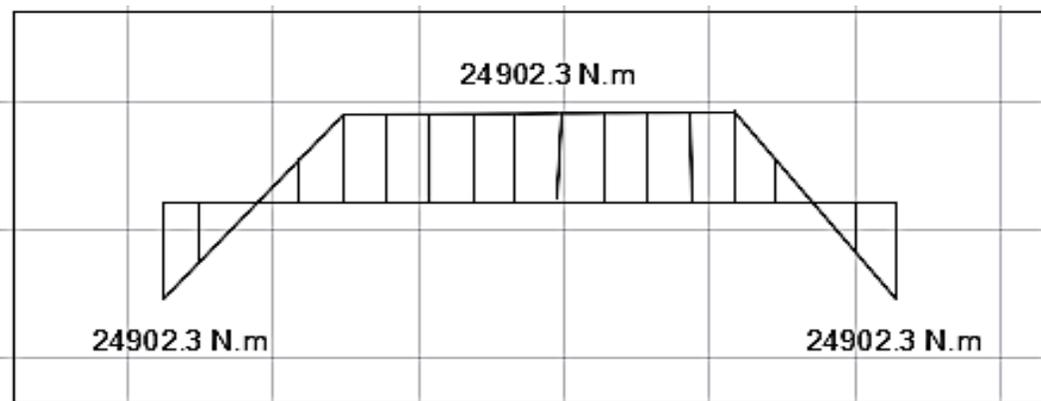
**FIGURA 106** Diagrama de momentos flectores debido a la carga repartida en el larguero inferior

Los valores de los momentos flectores se obtienen de aplicar de nuevo las ecuaciones, las dos primeras correspondientes para las figuras anteriores que se mostró:

$$M_2 = \frac{1}{12} \cdot q \cdot b^2 = \frac{1}{12} * (41503.84) * (1.3^2) = 5845.12 N.m$$

$$M_2^{\min} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot b^2 - M_2 = \frac{1}{8} * (41503.84) * (1.3^2) - 5845.12 = 2922.56 N.m$$

$$M_2^b = \frac{F \cdot a \cdot (b - a)}{b} = \frac{107910 * 0.300 * (1.3 - 0.300)}{1.3} = 24902.3 N.m$$



**FIGURA 107** Diagrama de momentos flectores debido al choque con amortiguadores de foso en el larguero inferior

De este modo y haciendo la suma de los diagramas de momentos flectores de las figuras anteriores por el principio de superposición, se obtiene el diagrama de momentos flectores total del larguero inferior.

$$M_{\max} = 5845.124 + 24903.3 = 30747.43 Nm$$



$$M_2^{\min} = \frac{1}{8} \cdot F_{\max} \cdot b^2 - M_{\max}$$

$$M_2^{\min} = \frac{1}{8} * (107910) * (1.3^2) - 30747.43 = -7941.44 Nm$$

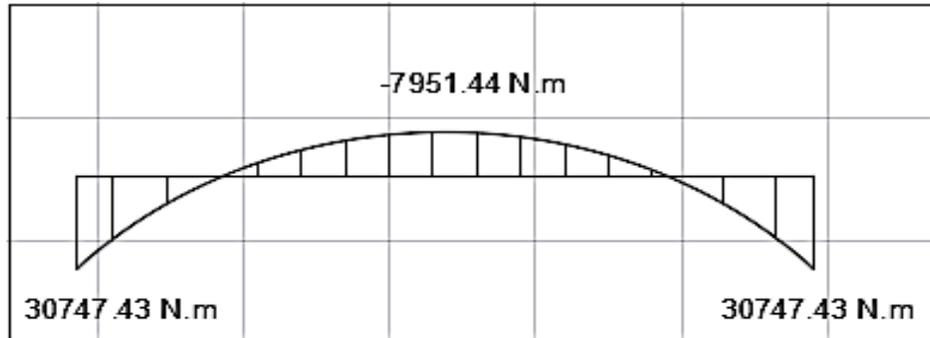


FIGURA 108 Diagrama de momentos flectores, total en el larguero inferior

- ✓ Con el diagrama de momentos flectores anterior del larguero inferior se pasa al dimensionado del mismo aplicando de nuevo la siguiente ecuación.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{30747.43 Nm}{275 N / mm^2} = 111.80 cm^3$$

de manera que el perfil UPN más cercano a esta condición es el UPN 160 con un valor de  $W_z = 116 cm^3$

se da la posibilidad de seleccionar un perfil UPN 140 para el perfil inferior.

$$I_z' = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 140 es  $I_z=605$

$$I_z' = 2 * 605 = 1210 cm^4$$

$$W_z' = \frac{I_z'}{y_{\max}} = \frac{1210}{14 - 6} = 151.25 cm^3 \geq 111.8 cm^3$$

Entonces se seleccionara un perfiles UPN 140 para el larguero inferior con choque con los amortiguadores en el foso ok.

- ✓ A continuación se procede al dimensionado de los postes con las ecuaciones dadas

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$



$$W_z \geq \frac{M_{\max}}{\sigma_{adm}} = \frac{30747.43 Nm}{275 N/mm^2} = 111.80 cm^3$$

Donde el perfil UPN más cercano a esta condición es el UPN 160 con un valor de  $W_z = 116 cm^3$ .

De forma análoga como se hizo los cálculos en la cabina, se plantea la posibilidad de utilizar un perfil UPN 120.

$$I'_z = 2 * I_z$$

Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 120 es  $I_z=364$

$$I'_z = 2 * 364 = 728 cm^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{\max}} = \frac{728}{12 - 5.5} = 112 cm^3 \geq 111.8 cm^3$$

Se selecciona dos postes de perfil UPN 120 para el choque con los amortiguadores.

- ✓ Seguidamente, se procede al dimensionado del larguero superior, pero para ello se debe conocer el momento  $M_1$  y con ello el valor del momento de inercia  $I_1$ , entonces el modo de operar es similar a los anteriores, mediante el empleo de las ecuaciones que se deducen por medio de los ángulos de distorsión según se ha comentado anteriormente.

De esta manera, y mencionando de nuevo la siguiente ecuación y los parámetros necesarios para su resolución y obtener así el valor de  $M_1$ .

$$-\frac{F \cdot b^2}{16 \cdot E \cdot I_3} + \frac{F \cdot b^2}{24 \cdot E \cdot I_3} + \frac{M_2 \cdot b}{2 \cdot E \cdot I_3} = -\frac{M_2 \cdot \ell}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{M_1 \cdot \ell}{6 \cdot E \cdot I_2}$$

$$b = 1.3m$$

$$\ell = \frac{m}{\rho A} = \frac{1100}{7860 * 1.3 * 0.127} = 0.847m$$

$$\ell = 0.847m$$

$$I_2 = 29.3 cm^4 \text{ Perfil UPN 120}$$

$$I_3 = 62.7 cm^4 \text{ Perfil UPN 140}$$

Sustituyendo valores hallamos  $M_1$



$$-\frac{107910 * (1.3)^2}{16.E * 62.7} + \frac{107910 * (1.3)^2}{24.E * 62.7} + \frac{5845.12 * 1.3}{2.E * 62.7} = -\frac{5845.12 * 0.847}{3.E * 29.3} + \frac{M_1 * 0.847}{6.E * 29.3}$$

$$M_1 = 10444.22 N.m$$

Donde se puede comprobar que  $M_2 < M_1$  así aplicando la siguiente ecuación se puede dimensionar el larguero superior:

$$W_z \geq \frac{M_1}{\sigma_{adm}} = \frac{10444.22 N.m}{275 N / mm^2} = 37.98 cm^3$$

De esta manera según este valor el perfil UPN que cumple con esta condición más próximo es el UPN 100 cuyo valor de  $W_z = 41.2 cm^3$

Se da la posibilidad de seleccionar un perfil UPN 80 para el perfil superior.

$$I'_z = 2 * I_z$$

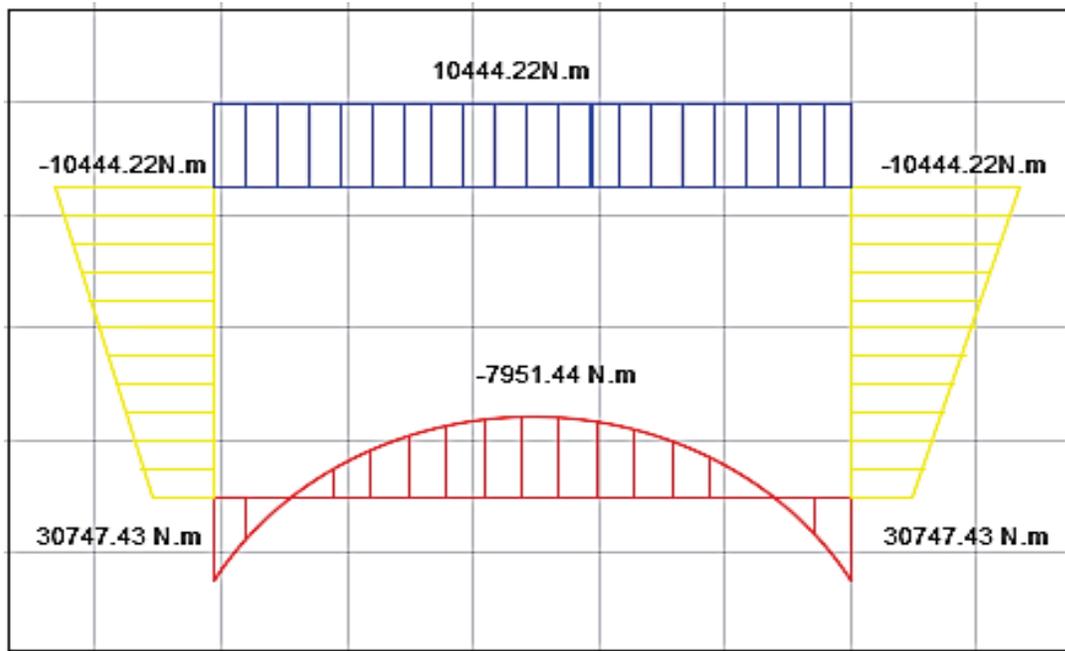
Donde se conoce que su  $I_z$  del perfil UPN 80 es  $I_z = 106$

$$I'_z = 2 * 106 = 212 cm^4$$

$$W'_z = \frac{I'_z}{y_{max}} = \frac{212}{8 - 4.5} = 60.57 cm^3 \geq 37.98 cm^3$$

Entonces se seleccionara un perfil UPN 80 para el perfil superior con choque con los amortiguadores en el foso ok.

En la figura se muestra el diagrama de momentos de toda la estructura.



**FIGURA 109 Momentos flectores en toda la estructura del bastidor**

Para concluir esta parte de cálculo se realizara la selección de los perfiles normalizados de acero definitivos para la estructura del bastidor, como se realizó para el caso de la cabina. El modo de proceder es similar y se escogerán los perfiles definitivos correspondientes al caso más crítico como se muestra la siguiente tabla.

RESUMEN DEL BASTIDORES DEL CONTRAPESO	Situación normal de operación	Actuación de paracaídas	Choque con los amortiguadores
<b>Larguero superior</b>	UPN 100	UPN 120	UPN 80
<b>Postes</b>	2xUPN 100	2xUPN 80	2xUPN 140
<b>Larguero inferior</b>	UPN 80	UPN 80	UPN 160

**CUADRO 21 Perfiles UPN para cada estado de carga y cada componente**

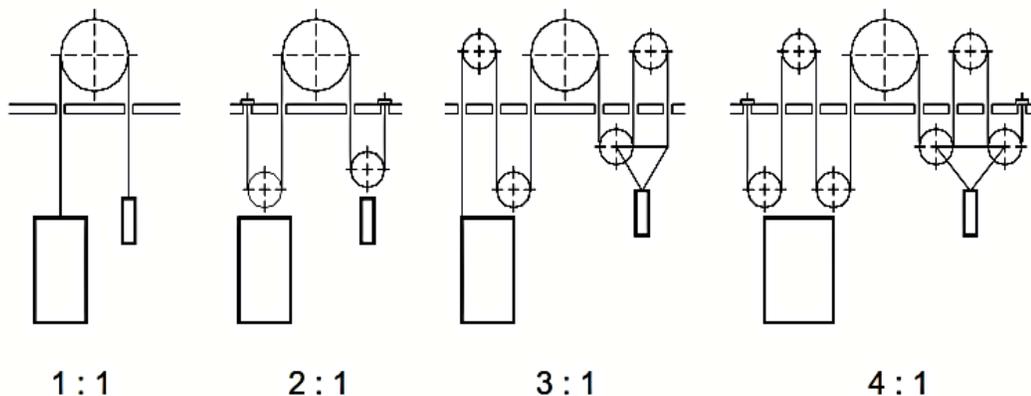
Según se puede observar en la tabla, el caso más crítico es el caso en que se produce el choque con los amortiguadores del foso, puesto que los perfiles calculados son mayores y los esfuerzos también. De esta manera, cabe decir también que el hecho de emplear perfiles UPN 160 en los postes, condiciona que los largueros, tanto superior como inferior sean de perfil UPN 160 para que en el momento del montaje queden alineados y los bloques de fundición bien encajados.

Así pues se concluye con que los perfiles para cada componente son:

- Larguero inferior UPN 160
- Larguero superior UPN 160
- Postes UPN 160.

## 5.6. SISTEMA DE SUSPENSION

La suspensión de un ascensor es la relación entre la velocidad lineal de la polea tractora y la velocidad de la cabina. Dependiendo del tipo de suspensión del que se trate, cables o las cintas planas de poliuretano irán amarrados a uno u otro lugar.



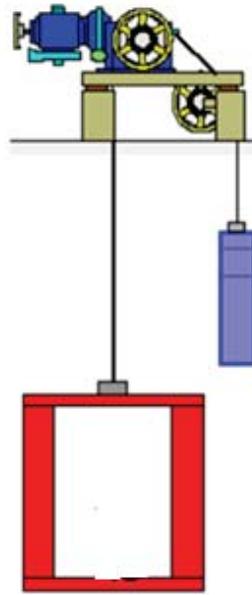
**FIGURA 110** Diferentes suspensión de ascensores mecánicos

Existen dos tipos de suspensión:

- Suspensión directa
- Suspensión diferencial

### a).SUSPENSION DIRECTA

Es aquella en la que la velocidad de la polea tractora es la misma que la velocidad de la cabina, es decir si la velocidad de la polea es de 1m/s la velocidad de la cabina también es de 1m/s, en este caso se dice que la suspensión se 1:1 y las cintas planas se amarran directamente al bastidor de la cabina y al contrapeso.



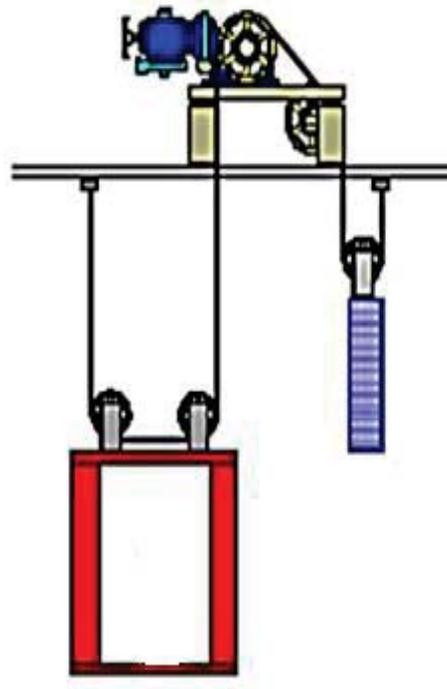
**FIGURA 111 Suspensión 1:1 la máquina y la cabina tienen la misma velocidad**

#### **b).SUSPENSION DIFERENCIAL**

En este caso la velocidad de la polea tractora es mayor que la velocidad de la cabina, que es una, dos, tres o cuatro veces inferior a la de la polea tractora, esto se consigue mediante un sistema de poleas. En este caso la suspensión es 2:1, 3:1 o 4:1, es decir, la velocidad de la polea tractora es dos, tres o cuatro veces superior a la de la cabina.

La suspensión diferencial también influye en el par motor de la máquina y en la carga sobre el eje de la máquina. La carga que debe soportar el eje y la potencia requerida de la maquina en suspensión 2:1 es la mitad que en suspensión 1:1.

Así por ejemplo, se utilizara la misma máquina y con la misma potencia para mover un ascensor de 800 kg a 1m/s en suspensión directa que para mover otro ascensor de 1600 kg 0.5m/s en suspensión 2:1.



**FIGURA 112 Suspensión 2:1 la maquina tiene el doble de velocidad que la cabina**

*Fuente: tesis “diseño e instalación y puesta en marcha de un ascensor eficientemente sostenible” Autor: Jorge Manuel Garrido Rubio*

## 5.6.1. CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LAS CINTAS PLANAS

### 5.6.1.1. FUERZAS EN EL SISTEMA DE ELEVACION

El sistema de elevación es el sistema que comprende el cableado de tracción que mantiene en suspensión el sistema cabina-contrapeso, que junto con el motor de tracción y las poleas tractoras se encargan de las maniobras de subida y bajada del ascensor.

En este sistema trascendental para el ascensor, es indispensable realizar una evaluación de fuerzas y esfuerzos en los cableados, con el fin de verificar entre otras cosas, el cumplimiento de las normativas europeas referidas a ascensores, la norma EN81 para comenzar, se debe observar la Figura 114, donde se muestra un esquema simple sobre las fuerzas que actúan en cada ramal de la polea tractora:

- $T_1$ : es la fuerza del ramal más cargado en N
- $T_2$ : es la fuerza del ramal menos cargado en N
- $\alpha$ : es el ángulo del arco abrazado por la cintas a lo largo de la polea
- $M_{cab}$ ,  $Q$  y  $M_{contr}$  son las masas de la cabina, carga útil y contrapeso, respectivamente:

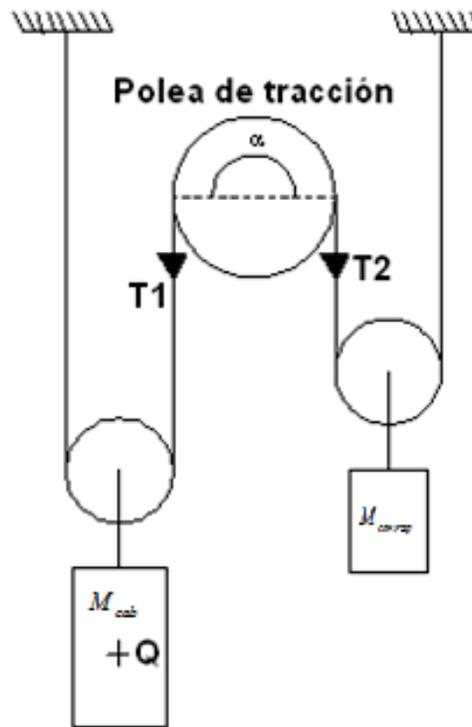


FIGURA 113 Fuerzas en el sistema de elevación 2:1

Figura del esquema de cálculo de fuerzas en polea de tracción

$$m_L = L_{cint} * \lambda_{cint}$$

Dónde:

$m_L$  : Masa de las cintas de suspensión “kg”

$L_{cint}$  : Longitud total de las cintas planas de suspensión 45m

$\lambda_{cint}$  : Densidad lineal de las cintas planas en  $\lambda_{cint} = 0.405 \text{ kg} / \text{m}$

Seguidamente se determina el factor de seguridad de las cintas

$$fs = \frac{\text{resistencia de roptura}}{\text{carga limite de trabajo}}$$

Resistencia a la ruptura es igual a 3200kg “fuente OTIS ASCENSORES Y MONTACARGAS 2014”

Carga limite igual a masa de la cabina más carga nominal más carga del contrapeso

$$Q_{lim} = M_{cabina} + Q + M_{contrapeso}$$

$$Q_{lim} = 800 + 600 + 1100 = 2500 \text{ kg}$$

La mínima cantidad de cintas que se necesita para la instalación de un ascensor según la norma EN-81 es de 2. E nuestro caso escogeremos 3 y comprobaremos.



$$f_s = \frac{3200 * 3}{2500} = 3.84 \approx 4$$

Para calcular el número de cintas tendremos:

$$\#cintas = \frac{Q_{lim} * f_s}{Q_{ruptura}} = \frac{2500 * 4}{3200} = 3.125 \approx 3$$

Entonces escogeremos 3 cintas para nuestro diseño

$$m_L = L_{cint} * \lambda_{cint} = 45m * 0.405kg / m * 3 = 54.675kg$$

Los valores de  $T_1$  y  $T_2$  dependen de la carga útil y del peso de la cabina o del contrapeso respectivamente, el peso del cable y el factor del cable. Sin embargo, si se emplean cables de compensación se deben tener en cuenta su peso así como las fuerzas de tracción existentes en ellos. Pero este no es el caso, y por tanto no se tendrán en cuenta para los cálculos de las fuerzas en cada ramal de la polea:

Las expresiones de cálculo de los valores de  $T_1$  y  $T_2$  se hallan como viene a continuación:

$$T_1 = \left[ \frac{M_{cabina} + Q}{i} + m_L \right] .g$$

$$T_2 = \frac{M_{contrapeso}}{i} .g$$

No obstante, a pesar del esquema del cálculo de las fuerzas  $T_1$  y  $T_2$  este esquema es conocido para cualquier configuración de cables, cintas y poleas, por lo que en la figura mostrada se muestra el esquema real del sistema de elevación.

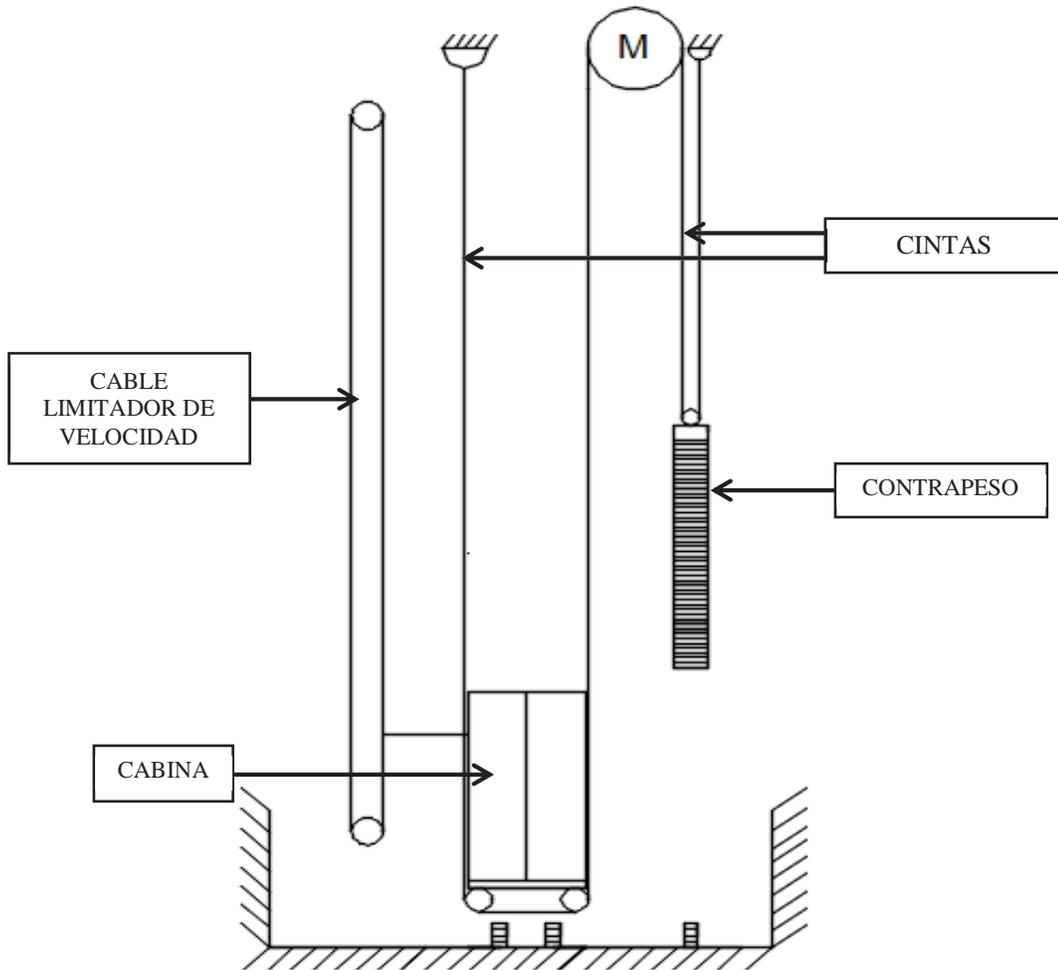


FIGURA 114 Sistema de elevación en el nuevo diseño

Figura de esquema real del sistema de elevación

$$T_1 = \left[ \frac{M_{cabina} + Q}{i} + m_L \right] \cdot g$$

$$T_1 = \left[ \frac{800 + 600}{2} + 54.675 \right] \cdot 9.81 = 7403.36N$$

$$T_2 = \frac{M_{contrapeso}}{i} \cdot g$$

$$T_2 = \frac{1100}{2} \cdot 9.81 = 5390N$$

Sin embargo a pesar de los valores de  $T_1$  y  $T_2$  se debe verificar la siguiente condición de adherencia, según la norma EN-81 en los dos casos siguientes:

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



Siendo

$C_1$ : Coeficiente que tiene en cuenta la aceleración de la gravedad, aceleración de frenada y condiciones particulares de la instalación

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

Pero, se pueden tomar valores mínimos de  $C_1$  en función de la velocidad nominal:

- 1.10 para velocidades nominales:  $V(n) \leq 0.63m/s$
- 1.15 para velocidades nominales  $0.63m/s < V(n) \leq 1.0m/s$
- 1.20 para velocidades nominales  $1.0m/s < V(n) \leq 1.6m/s$
- 1.25 para velocidades nominales  $1.6m/s < V(n) \leq 2.5m/s$

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

$C_2 = 1$  Para gargantas semicirculares o entalladas

$C_2 = 1.2$  Para gargantas en V

$f$ : coeficiente de fricción de los cables en las gargantas de la polea de tracción:

Para gargantas entalladas o semicirculares.

$$f = \frac{4 \cdot \mu \cdot \left(1 - \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)\right)}{\pi - \beta - \sin \beta}$$

Donde

$\mu$  Es el coeficiente de rozamiento entre las poleas y las cintas

$\beta$  Es el ángulo de la garganta entallada o semicircular de la polea de tracción en radianes

$\beta = 0$  para gargantas semicirculares.

$\alpha$  Es el ángulo de arrollamiento de las cintas sobre polea de tracción en radianes.

1. Cabina cargada con el 125% de la carga nominal bajando a la planta baja
2. Cabina vacía subiendo a la planta más alta

Teniendo en cuenta esta información extraída de la norma EN-81, y aplicando las ecuaciones ya dadas, se tienen los siguientes valores de los parámetros comentados en la página anterior:



$\mu = 0.35$ , que es el coeficiente de rozamiento entre las poleas de fundición y el poliuretano del cual están hechas las cintas planas.

$\beta = 0$  Se puede dar este valor puesto que la polea es lisa y se puede dar por válido este valor de  $\beta$ .

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

$C_1 = \frac{9.81+1.225}{9.81-1.225} = 1.2857$ , se escoge este valor en lugar de  $C_1 = 1.15$  para una velocidad nominal de  $v=1\text{m/s}$ , puesto que se desea comprobar la adherencia en el peor caso posible.

$C_2 = 1$ , se puede tomar este valor puesto que la polea es lisa, y como el valor más grande de  $C_2 = 1.2$  no habrá mucha diferencia con el resultado obtenido.

$$f = \frac{4 \cdot \mu \cdot \left(1 - \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)\right)}{\pi - \beta - \sin \beta}$$

$$f = \frac{4 \cdot 0.35 \cdot \left(1 - \sin\left(\frac{0}{2}\right)\right)}{\pi - 0 - \sin 0} = 0.573$$

Con los valores anteriores calculados, se aplica la ecuación:

$$\frac{T_1}{T_2} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ a fin de comprobar la condición de adherencia entre las cintas planas y las}$$

poleas en los dos casos descritos

a) Cabina cargada con el 125% de la carga nominal bajando a la planta baja: en este caso el ramal más cargado toman los valores siguientes respectivamente:

$$T_1 = 1.25Q + M_{\text{cabina}} + m_L$$

$$T_1 = 1.25 \cdot 600 + 800 + 54.675 = 1604.675\text{kg}$$

$$T_2 = M_{\text{contrapeso}} = 1100\text{kg}$$

Así aplicando la condición general de adherencia de la ecuación



$$\frac{T_1}{T_2} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ se tiene:}$$

$$\frac{1604.675}{1100} * 1.2857 * 1 \leq e^{0.573 * \left(\frac{\pi}{180} * (180)\right)}$$

$$1.8755 \leq 6.05$$

Se puede observar que en este caso, las condiciones de adherencia impuestas por la norma EN-81 se verifican, y por tanto, el diseño y cálculo de las cintas de suspensión es válido.

### b) Cabina vacía subiendo a la planta más alta

En este caso el ramal más cargado y menos cargado toman los valores siguientes respectivamente:

$$T_1 = M_{\text{contrapeso}} + m_L$$

$$T_1 = 1100 + 54.675 = 1154.675 \text{ kg}$$

$$T_2 = M_{\text{cabina}} = 800 \text{ kg.}$$

Aplicando de nuevo la ecuación:

$$\frac{T_1}{T_2} \cdot C_1 \cdot C_2 \leq e^{f \cdot \alpha} \text{ Y reemplazando datos se tiene:}$$

$$\frac{1154.675}{800} * 1.2857 * 1 \leq e^{0.573 * \left(\frac{\pi}{180} * (180)\right)}$$

$$1.855 \leq 6.05$$

En este caso también se verifica la condición de adherencia impuesta por EN-81, y por tanto el diseño y cálculo son válidos.

Tras estos cálculos y la comprobación de la adherencia según la norma EN-81, seguidamente se realiza la comprobación de la adherencia con los valores hallados de

$T_1$  y  $T_2$ .

$$\frac{7403.361}{5390} * 1.2857 * 1 \leq e^{0.573 * \left(\frac{\pi}{180} * (180)\right)}$$

$$1.766 \leq 6.05 \text{ Ok}$$

A continuación, se procede a la selección del modelo de las cintas planas de suspensión. Para ello, es indispensable tener el valor de las fuerzas,  $T_1$  y  $T_2$  calculadas y definir por tanto un diámetro para la polea de tracción y el modelo a emplear de las cintas planas de suspensión.

En este caso, el valor más grande de la fuerza de uno de los ramales en la polea tractora es  $T_1 = 7403.36N$  ya calculado anteriormente y se divide dicho valor por 10mm se obtiene:

$$F_{acul} = \frac{T_1}{10} * fs = \frac{7403.36N}{10mm} * 4 = 2961.34N / mm$$

Donde 4 es el coeficiente de seguridad que se aplica para cintas planas.

Según se puede observar en el gráfico que aparece en las siguientes, en el eje de ordenadas se entra por el valor de la fuerza del ramal más grande y dicho valor se divide por 10mm.

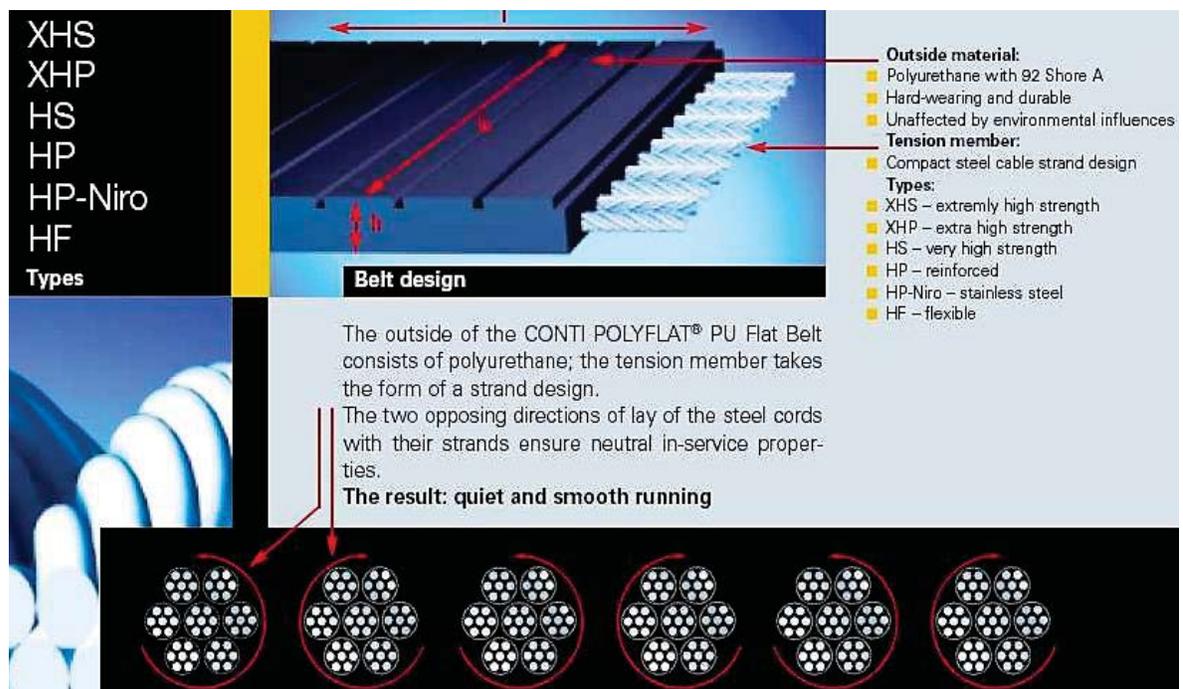


FIGURA 115 Cinta plana poliuretano

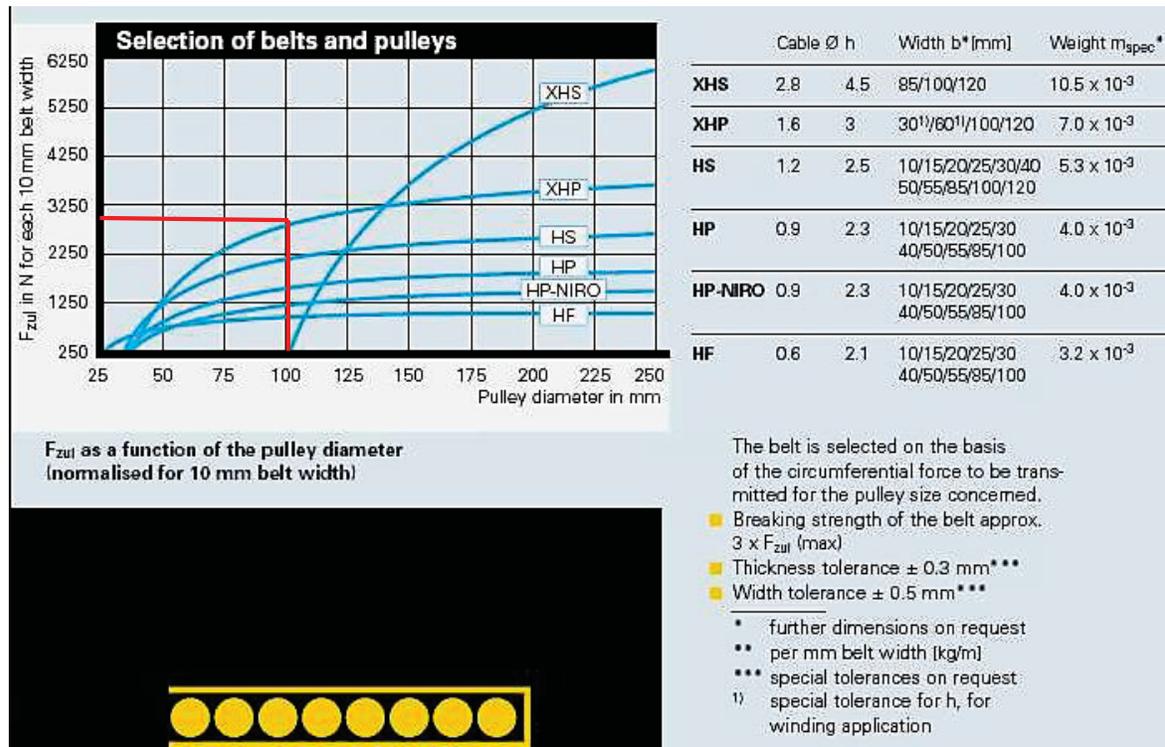


FIGURA 116 Selección cinta plana poliuretano

Se accede a la gráfica de la anterior figura 117, este valor permite seleccionar el modelo cinta plana XHP, que corresponde a la cinta de alta resistencia extra. Además, permite seleccionar cualquier diámetro de polea, que puede ser perfectamente desde 40mm a 100mm.

De este modo, se decide seleccionar un diámetro de polea de tracción de 80mm. Luego, si se observa el catálogo de las cintas de la figura anterior, para el modelo XHP, la anchura mínima a escoger es de 30mm, espesor 3mm, que son capaces de soportar hasta 3200kg de peso cada una.

Y ya para concluir, se sabe que el diámetro de los hilos de acero es de 1.6mm de la figura 117, y el de polea de tracción es de 80mm. Ahora se debe comprobar que la relación entre ambos diámetros cumple con la norma EN-81, sea cual sea el número de cintas,

$$\frac{D_{polea}}{D_{cables}} \geq 40 \Rightarrow \frac{80}{1.6} = 50 \geq 40$$

y efectivamente resulta ser que cumple con un diámetro 80mm según norma EN-81.



### 5.6.1.2. CINTA SELECCIONADO

Aunque en sistemas de elevación para grandes cargas se usa únicamente cableado metálico en la industria del ascensor.

Las cintas de suspensión formados por alambres trefilados de alta resistencia y reducido diámetro contenidos en una matriz de sección rectangular de material no metálico como poliuretano son el principal ejemplo.



**FIGURA 117** Cinta de suspensión Poliuretano

Esta cinta plana presenta una serie de ventajas respecto a los cables convencionales muy significativas que constituyen la principal razón que nos ha conducido que en el presente diseño se haya optado por su uso.

- Elimina vibraciones proporcionando un funcionamiento más suave, silencioso y un buen confort para el usuario.
- Ofrecen una resistencia equivalente o superior respecto al cableado convencional pero con una mayor flexibilidad. Esto significa poder instalar poleas de menor diámetro lo que reduce las inercias de rotación y en último término la potencia del motor necesaria.
- No se precisa del uso de lubricantes en las cintas por lo que se simplifican las tareas de mantenimiento.
- Su mayor ligereza y su recubrimiento de poliuretano garantizan un desgaste menor en su contacto con las poleas y por tanto una vida útil de hasta el doble o triple respecto a los cables de aceros convencionales

- Es un sistema de suspensión más compacta, ecológico, económico, y confortable para el usuario justificando ampliamente su empleo.

### 5.6.1.3. TENSIONES Y DEFORMACIONES EN LAS CINTAS

Una vez conocidas las fuerzas a las que están sometidas las cintas planas y sus medidas tras su selección es necesario determinar las tensiones que soportan sus secciones y las deformaciones a las que están sometidas.

Para hallar las tensiones y deformaciones se realizará mediante la ley de Hooke y suponiendo que las cintas tienen un comportamiento lineal.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Siendo:

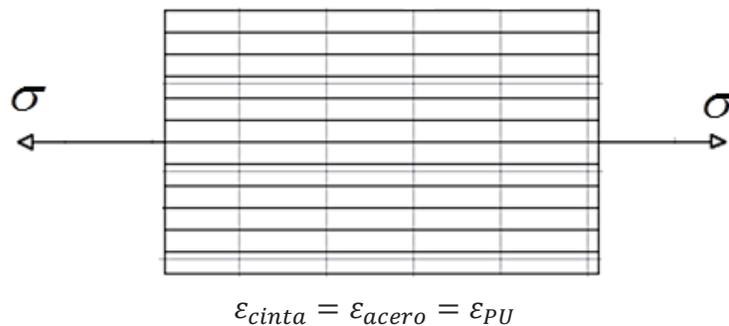
$\sigma$  Tensión a la que está sometida la sección del material en MPa

$E$  Módulo de elasticidad o de Young del material en MPa

$\varepsilon$  Deformación unitaria del material al estar sometido a tensión

Puesto que las cintas de poliuretano están rellenas de hilos de acero trefilados de alta resistencia, previamente se debe determinar el módulo de Young resultante de las cintas, así como otras propiedades mecánicas de interés como el límite elástico.

Para ello, se plantea una situación de isodeformación, es decir, la deformación del material compuesto (PU + hilos de acero) es igual a la deformación sufrida por los hilos de acero y del poliuretano. Además, la tensión aplicada es paralela a las fibras, que en este caso son los hilos de acero.



**FIGURA 118 Tensión y deformación de la cinta plana**

Figura de Situación de isodeformación con tensión paralela a las fibras



Una vez vista la figura anterior se supone que la matriz en este caso es el poliuretano, mientras que las fibras son los hilos de acero contenidos en su interior. Para determinar pues, el módulo de Young resultante de la cinta y la tensión admisible se deben aplicar las siguientes ecuaciones.

$$E_{cinta} = E_{PU} \cdot V'_{PU} + E_{acero} \cdot V'_{acero}$$

$$\sigma_{cinta} = \sigma_{PU} \cdot V'_{PU} + \sigma_{acero} \cdot V'_{acero}$$

Siendo:

$V'_{PU}$  y los tantos por ciento en volumen que ocupan dichos componentes en la cinta

$V_{acero}$  Volumen de los hilos del acero de la cinta poliuretano

$V_{cinta}$  Volumen de la cinta de poliuretano

$E_{PU}$  y  $E_{acero}$  los módulos de Young en MPa de los respectivos componentes

$\sigma_{PU}$  y  $\sigma_{acero}$  las tensiones admisibles en MPa de dichos componentes.

$D_h$  es diámetro del hilo de acero

Tomando una muestra de cinta 250mm de largo y de 30mm de anchura y 3mm de espesor se procede a la determinación de su volumen total.

$$V_{cinta} = L \cdot b \cdot e = 250 \cdot 30 \cdot 3 = 22500 \text{mm}^3$$

$$\# \text{ de hilos de acero} = \frac{\text{anchura}}{\text{espesor}} = 10 \text{ hilos}$$

La cinta contiene en su interior 10 hilos de acero de diámetro  $D_h = 1.6 \text{mm}$  de manera que el volumen que ocupan estos hilos se puede hallar según las ecuaciones.

$$V_{acero} = \pi \cdot \frac{D_h^2}{4} \cdot L = \pi \cdot \frac{1.6^2}{4} \cdot 250 \cdot 10 = 5026.56 \text{mm}^3$$

Teniendo los valores anteriores se puede hallar ahora el tanto por ciento en volumen que ocupa cada componente en la cinta

$$V'_{acero} = \frac{V_{acero}}{V_{cinta}} \cdot 100 = \frac{5026.56}{22500} \cdot 100 = 22.34\%$$

$$V'_{PU} = \frac{V_{cinta} - V_{acero}}{V_{cinta}} \cdot 100 = \frac{22500 - 5026.56}{22500} \cdot 100 = 77.66\%$$



Teniendo los valores anteriores y conociendo el valor del módulo de Young de los componentes que componen las cintas, poliuretano y acero, se puede proceder a determinar el módulo de Young resultante de la cinta, aplicando las ecuaciones.

$$E_{acero} = 210000MPa, E_{PU} = 400MPa, \sigma_{PU} = 20MPa, \sigma_{acero} = 1320MPa$$

$$E_{cinta} = E_{PU} \cdot V'_{PU} + E_{acero} \cdot V'_{acero}$$

$$E_{cinta} = 400MPa * \frac{77.66}{100} + 210000MPa * \frac{22.34}{100} = 47224.64MPa$$

$$\sigma_{cinta} = \sigma_{PU} \cdot V'_{PU} + \sigma_{acero} \cdot V'_{acero}$$

$$\sigma_{cinta} = 20MPa * \frac{77.66}{100} + 1320MPa * \frac{22.34}{100} = 335.15MPa$$

Para aplicar finalmente la ley de Hooke, se debería conocer a qué tensión máxima está sometida la sección de la cinta.

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{S}$$

Se sabe que:

$$F_{max} = T_1 = 7403.36 * 4 = 29613.44N$$

Con un coeficiente de seguridad de 4

$$S = b.e = 30 * 3 = 90mm^2$$

Por lo tanto

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{S} = \frac{7403.36N}{90mm^2} = 329.03MPa \leq 335.15MPa$$

Que como se puede observar, la tensión máxima es inferior a la admisible y por lo tanto resiste a la tracción sometida, Aplicando ahora la ley de Hooke, se puede determinar la deformación longitudinal sufrida por las cintas en tanto por ciento.

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{max}}{E} = \frac{329.03}{47224.64} = 0.00696 = 0.00696 * 100 = 0.696\%$$

Este resultado de deformación sufrida por la cinta es la misma que la sufrida por el acero y

el poliuretano, de manera que la cinta trabaja dentro de los límites admisibles y por lo tanto, es válida su elección.

## 5.7. SELECCIÓN DE MOTOR DE TRACCIÓN

### 5.7.1. MOTOR

El motor de tracción es uno de los elementos más importantes en una instalación de ascensores, ya que es el órgano que se encarga de transmitir la fuerza al conjunto para que se produzca el movimiento tanto ascendente como descendente de la cabina.



**FIGURA 119** Motor de tracción para ascensores

La correcta elección del motor es determinante a la hora de realizar el estudio de eficiencia energética que se desarrolla, para la elección de este elemento, hay que determinar tres parámetros características de todos los motores como:

- La potencia necesaria
- La fuerza aplicada al eje del motor
- El par necesario de arranque

Para determinar estos tres parámetros para el cálculo del motor se han utilizado los parámetros siguientes:

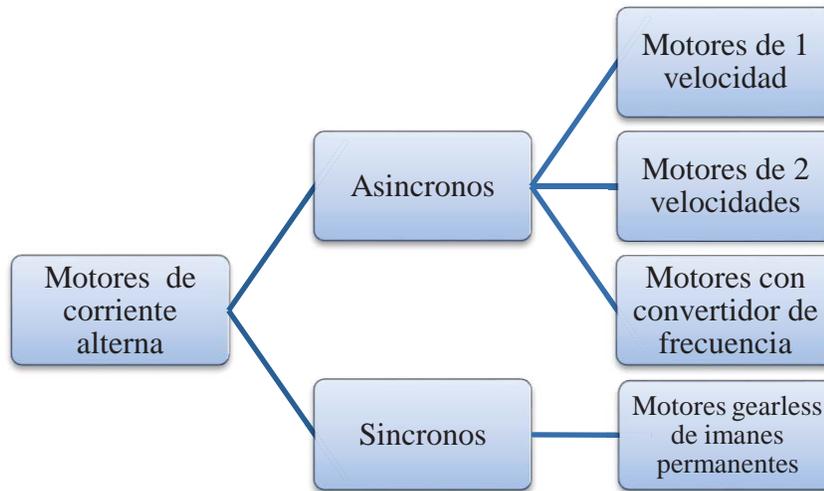
- Masa de cabina y sus bastidores
- Carga nominal del pasajero
- Masa del contrapeso
- Masa de las cintas planas
- Velocidad nominal
- Diámetro de la polea de tracción
- Rendimiento



El motor de tracción es el componente que suministra la potencia necesaria para llevar a cabo los movimientos de subida y bajada, tanto con y sin la carga nominal, y además ayuda a vencer la fuerza de rozamiento que hay entre las cintas de suspensión y las poleas. Se sabe que el motor de tracción ha de poder funcionar a diversas velocidades a fin de facilitar el confort y suavizar la marcha de los pasajeros durante el uso del ascensor.

Los motores eléctricos empleados en ascensores se puede clasificar en:

- A) MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA
- B) MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA



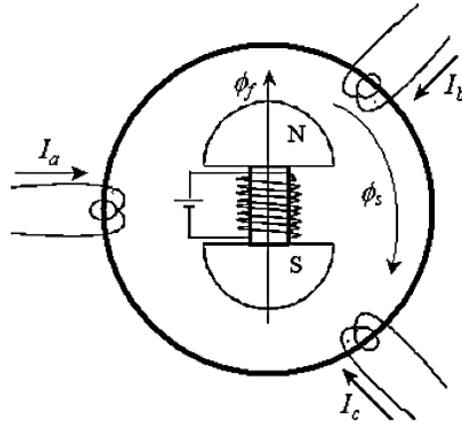
El par motor necesario para que se produzca el arranque y adecuado funcionamiento del ascensor deberá ser suficiente como para vencer el momento de torsión resultante en la polea, las inercias de rotación, la inercia debida al movimiento lineal acelerado y las fuerzas de rozamiento que aparezcan. La serie de cargas a considerar para el cálculo de la potencia y el par de arranque son:

- La fuerza peso debida a la masa de la cabina con plena carga.
- La fuerza peso debida a la masa del contrapeso
- La fuerza de inercia lineal que se debe vencer para acelerar el sistema
- Las fuerzas de rozamiento que aparecen debido al movimiento relativo entre las diferentes partes en contacto del ascensor cabina y contrapeso con las guías.
- El momento de torsión a vencer o par resistente.

### 5.7.2. MOTOR SINCRONO

Este motor tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta.

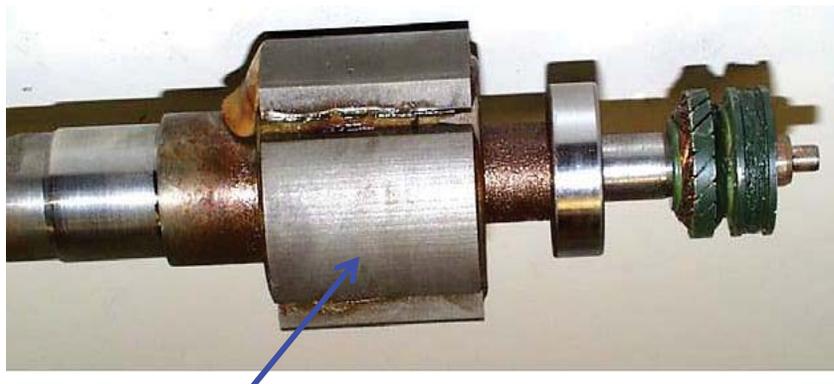
El motor síncrono, utiliza el mismo concepto de un campo magnético giratorio producido por el estator, pero ahora el rotor consta de electroimanes o de imanes permanentes que giran sincrónicamente con el campo del estator.



**FIGURA 120** Esquema de un motor síncrono

Esquema de un motor síncrono

El motor síncrono es utilizado en aquellos casos en los que se desee velocidad constante. El motor síncrono utiliza el mismo concepto de un campo magnético giratorio producido por el estator, pero ahora el rotor consta de electroimanes o de imanes permanentes que giran sincrónicamente con el campo del estator.



Imán permanente

**FIGURA 121** Rotor con imán permanente

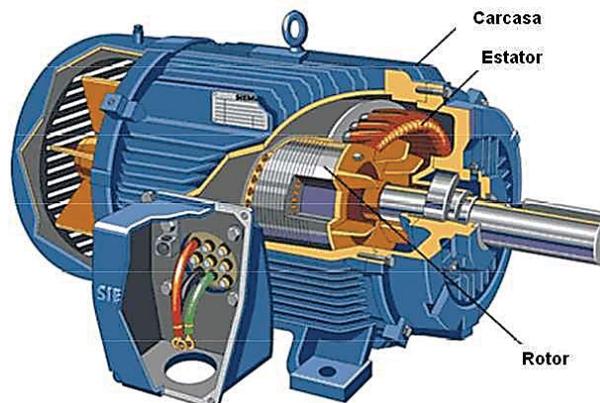


**FIGURA 122** Vista interior de motor síncrono

La selección deberá realizarse a partir de la situación más desfavorable, es decir la que suponga una mayor necesidad de par y potencia motor, que corresponde al instante del arranque y hasta que es alcanzada la velocidad nominal.

### 5.7.3. MOTOR ASINCRONO

Los motores de corriente alterna asíncronos está basado en los fenómenos de inducción electromagnética descritos por la ley de Faraday. Sus características lo han convertido en la maquina electromagnética de mayor aplicación en la ingeniería siendo el motor de uso extendido en la industria. Como su nombre indica su alimentación se realiza mediante corriente alterna trifásica para bajas potencias también se hace uso de sistemas monofásicos de frecuencia 50 a 60Hz según la zona.



**FIGURA 123** Motor Asíncrono

El arranque en estos motores puede realizarse de manera directa, por conexión estrella – triangulo por resistencias estatoricas o por autotransformador. Cada una de ellas tiene sus



características y es adecuada para unas determinadas potencias pero su descripción detallada queda fuera del alcance de la presente tesis.

En todo caso el circuito de fuerza encargado de proporcionar el suministro eléctrico desde la red al motor deberá incorporar los correspondientes componentes de seguridad eléctricos, como fusibles y relés magneto térmicos y los contactos contralados por un circuito de maniobra.

#### 5.7.4. MOTOR GEARLESS

#### CARACTERISTICAS TECNICAS DE MOTORES SINCRONOS DE IMANES PERMANENTES

- Relación constante velocidad giro/frecuencia, deslizamiento cero
- Relación constante par giro/corriente
- Alta calidad de regulación debido a la simplicidad del modelo del motor
- Maquina compacta por carecer de corriente de magnetización
- Al no existir conmutación mecánica (motor DC), no requiere mantenimiento como en motor AC

SE ESCOGE PARA NUESTRO ASCENSOR UN MOTOR GEARLESS DIANA



FIGURA 124 Motor Gearless para cintas planas

#### VENTAJAS DE LAS MAQUINAS GEARLESS

- Sin mantenimiento (cambio de aceite)
- Escaso nivel de sonoro
- Mayor ahorro energético



- Elevadas velocidades de viaje
- Tamaños de máquinas más compacta.

### 5.7.5. CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS ASCENSORES EXISTENTES EN CUSCO

De los 5 ascensores que hemos tomado como muestra se tiene en los siguientes cuadros:

- ✓ Calculo promedio de kW\*h, se toma como muestra cinco recibos de facturación de energía “Electro Sur este S.A. - Cusco”

#### Recibo 1

$$1\text{kw}^*\text{h}=\text{S}/ 0.5865$$

#### Recibo 2

$$1\text{kw}^*\text{h}=\text{S}/ 0.5646$$

#### Recibo 3

$$1\text{kw}^*\text{h}= \text{S}/0.5816$$

#### Recibo 4

$$1\text{kw}^*\text{h}=\text{S}/ 0.5745$$

#### Recibo 5

$$1\text{kw}^*\text{h}=\text{s}/ 0.5803$$

Hallando el kw\*h promedio

$$\overline{\text{kw}^*\text{h}} = \frac{0.5865 + 0.5646 + 0.5816 + 0.5745 + 0.5803}{5} = \text{S} / . 0.5775$$

Los cuadros que a continuación se muestran ya calculados, son datos reales que se tomó de un año de facturación de los 5 ascensores, este dato se obtuvo de Electro Sur Cusco



- ✓ Calculo de la potencia del Ascensor Orona en Cusco de 8 pasajeros 6 paradas

CONSUMO DE ENERGIA DE ASCENSOR ORONA		
NOMBRE: NINA G. VENANCIO		
DIRECCION: URB. DIGNIDAD NACIONAL J-2		
LECTURAS	MONTOS	
FECHA	ENERGIA (kW*h)	TOTAL
15/06/2015	63.37662338	S/.36.60
14/07/2015	142.1645022	S/.82.10
13/08/2015	185.7142857	S/.107.25
14/09/2015	284.0692641	S/.164.05
15/10/2015	443.8961039	S/.256.35
14/11/2015	180.0865801	S/.104.00
15/12/2015	410.4761905	S/.237.05
13/01/2016	234.6320346	S/.135.50
13/02/2016	433.7662338	S/.250.50
14/03/2016	215.2380952	S/.124.30
13/04/2016	378.961039	S/.218.85
13/05/2016	64.36	S/. 88.20

**CUADRO 22 Consumo de energía ascensor Orona**

Del cuadro 22 mostrado se toma la energía consumida más crítica de un mes

Energía critica = 443.8961kw\*h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en 1dia=1.5h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en un mes = 30\*1.5h=45h

$$P = \frac{\text{Energía consumida del ascensor en un mes}}{\text{tiempo de trabajo del ascensor en un mes}}$$

$$P = \frac{443.8961kw * h}{45h} = 9.864kw$$



- ✓ Calculo de la potencia del ascensor Schindler en Cusco 8 pasajeros, 8 paradas.

CONSUMO DE ENERGIA DEL ASCENSOR SCHINDLER		
NOMBRE: GRUPO DEGOL S.A.C		
DIRECCION: LARAPA GRANDE TORRE EL DIAMANTE		
LECTURAS	MONTOS	
FECHA	ENERGIA (kw*h)	TOTAL
07/06/2015	495.5844156	S/. 286.20
08/07/2015	277.4025974	S/. 160.20
07/08/2015	230.2164502	S/. 132.95
07/09/2015	259.3939394	S/. 149.80
07/10/2015	282.5108225	S/. 163.15
08/11/2015	259.047619	S/. 149.60
09/12/2015	288.3982684	S/. 166.55
06/01/2016	188.0519481	S/. 108.60
05/02/2016	200.2597403	S/. 115.65
05/03/2016	216.1904762	S/. 124.85
05/04/2016	226.7532468	S/. 130.95
05/05/2016	190.5627706	S/. 110.05

**CUADRO 23 Consumo de energía ascensor Schindler**

Del cuadro 23 mostrado se toma la energía consumida más crítica de un mes

Energía critica = 495.5844kw\*h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en 1 día=1.6h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en un mes = 30\*1.6h=48h

$$P = \frac{\text{Energía consumida del ascensor en un mes}}{\text{tiempo de trabajo del ascensor en un mes}}$$

$$P = \frac{495.5844kw * h}{48h} = 10.324kw$$



- ✓ Calculo de la potencia del ascensor Otis en Cusco 8 pasajeros, 6 pisos.

CONSUMO DE ENERGIA DEL ASCENSOR OTIS		
NOMBRE: MALPARTIDA J DE CORRALES		
DIRECCION: AV. GASTON ZAPATA 406 - SANTA ROSA		
LECTURAS	MONTOS	
FECHA	ENERGIA kw*h	TOTAL
29/06/2015	380.0865801	S/.219.50
27/07/2015	107.4458874	S/.62.05
27/08/2015	273.6796537	S/.158.05
28/09/2015	293.3333333	S/.169.40
29/10/2015	269.7835498	S/.155.80
28/11/2015	310.4761905	S/.179.30
28/12/2015	302.9437229	S/.174.95
29/01/2016	259.3073593	S/.149.75
27/02/2016	219.8268398	S/.126.95
29/03/2016	270.1298701	S/.156.00
29/04/2016	281.3852814	S/.162.50
31/05/2016	302.5108225	S/.174.70

**CUADRO 24 Consumo de energía ascensor Otis**

Del cuadro 24 mostrado se toma la energía consumida más crítica de un mes

Energía critica = 380.0865kw\*h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en 1dia=1.46h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en un mes = 30\*1.46h=43.8h

$$P = \frac{\text{Energía consumida del ascensor en un mes}}{\text{tiempo de trabajo del ascensor en un mes}}$$

$$P = \frac{380.0865kw * h}{43.8h} = 8.676kw$$



- ✓ Calculo de la potencia del ascensor AS Ascensores en Cusco 6 pasajeros, 6 pisos.

CONSUMO DE ENERGIA DE ASCENSOR AS ASCENSORES		
NOMBRE: OPORTO NÚÑEZ M. LEONOR		
DIRECCION: APV. JOSE JARA PANTIGOSO H-4		
LECTURAS	MONTOS	
FECHA	ENERGIA (kW*h)	TOTAL
07/06/2015	168.6580087	S/. 97.40
08/07/2015	177.4891775	S/.102.50
07/08/2015	157.4891775	S/. 90.95
07/09/2015	209.8701299	S/. 121.20
07/10/2015	186.4069264	S/.107.65
08/11/2015	169.95671	S/.98.15
09/12/2015	175.9307359	S/.101.60
06/01/2016	221.038961	S/.127.65
06/02/2016	244.3290043	S/.141.10
06/03/2016	204.3290043	S/.118.00
06/04/2016	201.4718615	S/.116.35
06/05/2016	192.2943723	S/.111.05

**CUADRO 25 Consumo de energía ascensor AS Ascensores**

Del cuadro 25 mostrado se toma la energía consumida más crítica de un mes

Energía critica = 244.329kw\*h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en 1dia=1.2h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en un mes = 30\*1.2h=36h

$$P = \frac{\text{Energía consumida del ascensor en un mes}}{\text{tiempo de trabajo del ascensor en un mes}}$$

$$P = \frac{244.329kw * h}{36h} = 6.787kw$$



- ✓ Calculo de la potencia del ascensor Otis en Cusco 6 pasajeros, 6 pisos.

CONSUMO DE ENERGIA DE ASCENSOR OTIS		
NOMBRE: ARROYO VERA MARGOT		
DIRECCION : URBANIZACION PROGRESO H-6		
LECTURAS	MONTOS	
FECHA	ENERGIA (kW*h)	TOTAL
29/06/2015	217.9220779	S/.125.85
27/07/2015	111.1688312	S/.64.20
27/08/2015	175.7575758	S/.101.50
28/09/2015	154.8051948	S/.89.40
29/10/2015	88.48484848	S.51.10
28/11/2015	117.2294372	S/.67.70
28/12/2015	118.7878788	S/.68.60
28/01/2016	103.1168831	S/.59.55
26/02/2016	95.58441558	S/.55.20
28/03/2016	112.5541126	S/.65.00
28/04/2016	115.4112554	S/.66.65
30/05/2016	107.965368	S/.62.35

**CUADRO 26 Consumo de energía ascensor Otis**

Del cuadro 26 mostrado se toma la energía consumida más crítica de un mes

Energía crítica = 217.922kw\*h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en 1dia=1.1h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en un mes = 30\*1.1h=33h

$$P = \frac{\text{Energía consumida del ascensor en un mes}}{\text{tiempo de trabajo del ascensor en un mes}}$$

$$P = \frac{217.922kw * h}{33h} = 6.603kw$$



### 5.7.6. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR DEL NUEVO DISEÑO

Para la correcta elección del motor es determinante a la hora de realizar el estudio de eficiencia energética, para la elección del motor en nuestro nuevo diseño ascensor se toma tres parámetros característicos de todos los motores como son:

- Potencia necesaria
- Fuerza aplicada al eje del motor
- Par de arranque necesario

Parámetros que tomaremos para el cálculo de nuestro nuevo motor.

- Carga de la cabina (kg)
- Carga del contrapeso (kg)
- Peso de las cintas planas (kg)
- Velocidad nominal
- Diámetro de la polea de tracción
- Rendimiento

Primero se procede al cálculo de la potencia, en la que para su cálculo se debe conocer la carga desequilibrada, la velocidad nominal y el rendimiento de la instalación.

$$P_{ascensor} = \frac{F_{deseq} \cdot v_{nom}}{\eta_{inst}}$$

Dónde:

$F_{deseq}$  Es la fuerza de desequilibrio, debida en las masas de desequilibrio

$v_{nom}$  Es la velocidad nominal de subida y bajada del ascensor.

$\eta_{inst}$  Es el rendimiento de la instalación

Los siguientes datos son conocidos para nuestro ascensor anteriormente ya citados:

Masa de la cabina:  $M_{cabina} = 800kg$

Carga nominal:  $Q = 600kg$

Masa del contrapeso:  $M_{contrapeso} = 1100kg$



Velocidad nominal:  $v = 1 \text{ m/s}$

Rendimiento de instalación  $\eta_{inst} = 0.90$ , es el valor estimado entre 0.82 y 0.98 según fabricante.

Con estos datos citados determinamos las masas de desequilibrio, con la siguiente ecuación

$$m_{deseq} = M_{cabina} + Q - M_{contrapeso}$$

$$m_{deseq} = 800 + 600 - 1100 = 300 \text{ kg}$$

$$P_{ascensor} = \frac{F_{deseq} \cdot v_{nom}}{\eta_{inst}} = \frac{300 * 9.81 * 1}{0.90} = 3270 \text{ W} = 3.270 \text{ kW}$$

De modo que consultando un catálogo de motores síncronos de imanes permanentes de tabla 25 se tiene que se empleará un motor de potencia nominal de 4.3 kW para este ascensor que tiene una suspensión 2:1.

Diana													Aufzugs- und Gebäudetechnik			
VERTIMA																
Typ Type	L1	L2	L3	v (m/s)	Q (kg)	Frequenz Frequency Hz	r/min	P (kW)	In (A)	U (V)	BMF (V)	Selle Ropes	Aufhängung Suspension	Torque (Nm)	Gewicht Weight (kg)	Max. Brems- moment (Nm)
Diana-6.3-320-2S	551	372	186	0.63	320	13	74	1.4	3.4	320	270	≤5	2:1	185	170	463
Diana-10-320-2S	551	372	186	1	320	20	116	2.2	5.3	320	270		2:1	185	170	
Diana-6.3-400-2S	581	402	201	0.63	400	13	74	1.8	4	320	265	≤6	2:1	230	225	575
Diana-10-400-2S				1		20	116	2.8	6.2	320	270		2:1	230	225	
Diana-16-400-2S				1.6		31	185	4.5	9.4	320	270		2:1	230	225	
Diana-6.3-450-2S				0.63		450	13	74	2	4.4	320		265	≤6	2:1	
Diana-10-450-2S	1	20	116	3.1	6.9		320	270	2:1	255	242					
Diana-16-450-2S	1.6	31	185	4.9	10.5		320	270	2:1	255	242	638				
Diana-6.3-630-2S				0.63		13	74	2.8	6.1	320	265		2:1	355	270	
Diana-10-630-2S				1		20	116	4.3	9.3	320	270		2:1	355	270	
Diana-16-630-2S	616	437	218.5	1.6	630	31	185	6.9	14.6	320	270	≤8	2:1	355	270	888
Diana-17.5-630-2S				1.75		34	203	7.5	15.4	320	270		2:1	355	270	
Diana-20-630-2S				2		39	232	8.6	17.4	320	270		2:1	355	270	

**TABLA 24 Características técnicas del motor Gearless**

Pero se debe conocer también la velocidad de régimen del receptor y observar que la velocidad angular nominal de giro del motor es suficiente. De este modo, conociendo la frecuencia de giro del motor, a base de consultar los catálogos se tiene.

$$\omega_{motor} = 2\pi \cdot f$$

Donde f es la frecuencia de giro del motor en Hz, que está en la tabla 25.

Y determinamos la velocidad angular de giro nominal a la que gira el motor.



$$\omega_{motor} = 2\pi \cdot 20 = 40\pi = 125.66 \frac{rad}{s} \cdot \frac{1 rev}{2\pi rad} \cdot \frac{60s}{1 min} = 1200rpm$$

Y conociendo el radio de la polea de tracción, y la velocidad nominal de subida y bajada se puede conocer la velocidad angular de giro del receptor.

$$v_{nom} = \omega_{receptor} \cdot R_{polea}$$

y radio de la polea ya tenemos de dato  $R_{polea} = 40mm$  y  $v_{nom} = 1m/s$  reemplazando estos datos en la ecuación:

$$1m/s = \omega_{receptor} * 40 * 10^{-3}$$

$$\omega_{receptor} = 25rad/s$$

$$\omega_{receptor} = 25 \frac{rad}{s} \cdot \frac{1 rev}{2\pi rad} \cdot \frac{60s}{1 min} = 238.732 rpm$$

Se puede observar que la polea de tracción, u órgano receptor gira a 238.732 rpm, un valor menor a la velocidad angular nominal de giro del motor de 1200 rpm. Por este motivo, el motor seleccionado es correcto, y mediante un variador de frecuencia se puede obtener dicha velocidad de giro y esos valores se obtienen mediante la tabla mostrada.

Diana											Aufzugs- und Gebäudetechn.					
VERTIMA																
Typ Type	L1	L2	L3	V (m/s)	Q (kg)	Frequenz Frequency Hz	r/min	P (kW)	In (A)	U (V)	BMF (V)	Selle Ropes	Aufhängung Suspension	Torque (Nm)	Gewicht Weight (kg)	Max. Brems- moment (Nm)
Diana-6.3-320-2S	551	372	186	0.63	320	13	74	1.4	3.4	320	270	≤5	2:1	185	170	463
Diana-10-320-2S	551	372	186	1	320	20	116	2.2	5.3	320	270		2:1	185	170	
Diana-6.3-400-2S	581	402	201	0.63	400	13	74	1.8	4	320	265	≤6	2:1	230	225	575
Diana-10-400-2S				1		20	116	2.8	6.2	320	270		2:1	230	225	
Diana-16-400-2S				1.6	31	185	4.5	9.4	320	270	2:1	230	225			
Diana-6.3-450-2S				0.63	450	13	74	2	4.4	320	265	≤6	2:1	255	242	638
Diana-10-450-2S	1	20	116	3.1		6.9	320	270	2:1	255	242					
Diana-16-450-2S	1.6	31	185	4.9		10.5	320	270	2:1	255	242		638			
Diana-6.3-630-2S				0.63		13	74	2.8	6.1	320	265		2:1	355	270	
Diana-10-630-2S				1		20	116	4.3	9.3	320	270		2:1	355	270	
Diana-16-630-2S	616	437	218.5	1.6	630	31	185	6.9	14.6	320	270	≤8	2:1	355	270	888
Diana-17.5-630-2S				1.75		34	203	7.5	15.4	320	270		2:1	355	270	
Diana-20-630-2S				2		39	232	8.6	17.4	320	270		2:1	355	270	

**TABLA 25 características técnicas de motor Gearless**

Por otro lado, también se debería determinar el par receptor necesario y verificar que el par motor nominal sea mayor al receptor, porque de lo contrario el motor no será capaz de



arrancar el ascensor y los devanados del motor acabarían quemándose por los picos de intensidad.

$$P_{ascensor} = \Gamma_{asce} \cdot \omega_{rec}$$

Donde  $\Gamma_{asce} = \Gamma_{receptor}$

De manera que reemplazando los valores ya conocidos en la ecuación anterior se tiene:

$$3270 = \Gamma_{asce} \cdot 25 \quad \text{De aquí se tiene}$$

$$\Gamma_{asce} = 130.8 Nm$$

Como se observa de la tabla 26 el valor de  $\Gamma_{motor} = 355 N.m$  el valor del par del receptor es menor y por tanto será posible el arranque del ascensor.

Determinando el número de polos

$$rpm = \frac{f}{p}$$

rpm=116rev/min de la tabla 26.

P= pares de polos

F= frecuencia es 20 Hz tabla 26

$$p = \frac{20Hz}{116 rev/min} = \frac{20Hz}{116 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60seg} * \frac{2\pi}{1rev}}$$

$$p = 1.64 \text{ pares de polos} \approx 2 \text{ pares de polos}$$

Finalmente, se concluye que el motor escogido inicialmente en términos de potencia para el ascensor de suspensión 2:1 es válido en términos de velocidad angular de giro y de par. De este modo, consultando el catálogo mostrado en Anexo E.1 se tienen las siguientes prestaciones de dicho motor a seleccionar MOTOR GEARLESS DIANA SAE 01700 DIANA -10-630-2S.

$$P_{motor} = 4.3 kW$$

$$\Gamma_{motor} = 355 N.m$$

$$I = 9.3 A$$



$$U = 270V - 320V$$

$$p = 2 \text{ pares de polos}$$

$$f = 20Hz$$

## 5.8. CALCULO DEL PAR DE FRENADA

El ascensor deberá disponer de un freno electromecánico de tambor o de disco que actúe automáticamente en los siguientes casos:

A.-en caso de ausencia de energía en la red eléctrica.

B.-en caso de ausencia de energía en los circuitos de maniobra.

De acuerdo a la Norma EN – 81.

Además la norma establece que el par de frenado proporcionado debe de ser capaz de detener el ascensor con una carga equivalente del 125% de la carga nominal, bloqueándolo después de la parada y sin que la deceleración haya sido superior a la resultante de la actuación del paracaídas o del impacto con los amortiguadores.

El para frenado se compone de dos partes: la componente estática necesaria para bloquear el sistema después de la detención y la componente dinámica para absorber la energía cinética de todas las partes móviles del sistema.

$$M_F = M_{est} + M_{din}$$

El desarrollo del cálculo deberá realizarse como es habitual del caso más desfavorable o de mayor riesgo que es aquel en que la cabina debe de ser detenida en el piso mas bajo.

El par estático de frenada se obtiene de la siguiente expresión:

$$M_{est} = \frac{(1.25 * Q + M_{cab} - M_{contr}) * g * D_p * n_s}{2 * i_G}$$

$$i_G = \frac{n}{n_V}$$

Es la relación de transmisión puede obtenerse del cálculo del cociente entre la velocidad de giro del elemento receptor – polea y la del elemento tractor – motor eléctrico.

Dónde:



$n_s$ : Eficiencia mecánica del sistema

$i_G$ : Relación de transmisión

$D_p$ : Diámetro de la polea del limitador de velocidad

Q: carga nominal

$n$ : Velocidad de giro del motor (rpm)

$n_V$ : Velocidad de giro de la polea (rpm)

El rendimiento o eficiencia mecánica del sistema es un valor que puede obtenerse de la siguiente ecuación.

$$n_s = n_p * n_m$$

$n_p$ : Rendimiento del sistema de poleas

$n_m$ : Rendimiento del acoplamiento entre el motor y polea de tracción.

Hasta hace poco en el parque de ascensores en cusco la instalación de máquinas eléctricas trifásicas asíncronas sin variador de frecuencia, en la que la diferencia entre la velocidad de giro del motor y la de la polea era elevado y por eso se requería de un reductor. Sin embargo en nuestro diseño se incorpora un motor Gearless síncrono de imanes permanentes controlada por variador de frecuencia, esto permite que el cociente dado sea unitario,  $n = n_V$  motor y polea comparten una misma velocidad, donde:

$$i_G = \frac{n}{n_V} = 1$$

Este resultado es obvio puesto que uno de los principales ventajas de este tipo de motores es poder prescindir del reductor cosa que sería imposible si las velocidades de giro del motor y polea no coincidiesen, al escoger este tipo de maquina se determinó también la relación de transmisión que es 1.

La eficiencia del sistema de poleas habitualmente es muy elevada entre 0.82 y 0.98 por lo cual se decide adoptar un valor de 0.96 por otra parte, puesto que el enlace entre motor y polea es directo, se toma un valor de eficiencia de enlace motor-polea unitario, seguidamente hallamos el rendimiento mecánico.

$$n_p = 0.96 \quad n_m = 1 \quad \text{de aquí se tiene} \quad n_s = 0.96 * 1 = 0.96$$

Calculamos la componente estática de par de frenada:

$$M_{est} = \frac{(1.25 * Q + M_{cab} - M_{contr}) * g * D_p * n_s}{2 * i_G}$$



$$M_{est} = \frac{(1.25 * 600 + 800 - 1100) * 9.81 * 0.18 * 0.96}{2 * 1} = 381.41 Nm$$

La siguiente ecuación nos permite determinar el par frenado dinámico.

$$M_{din} = \sum_i (I_z * \alpha) = (I_1 + I_2 + I_3) * \alpha$$

Dónde:

$I_1$ : momento de inercia de rotor y motor, del tambor o disco de freno y del piñón del reductor, tornillo sin fin en kg.m<sup>2</sup>.

$I_2$ : momento de inercia de la corona del reductor, tornillo sin fin y de la polea de tracción en kg.m<sup>2</sup>.

$I_3$ : momento de inercia de todas las partes del sistema en movimiento lineal en kgm<sup>2</sup>

$\alpha$ : es la aceleración angular en rad/s.

Motor, disco de freno y polea forman un único bloque cuya inercia es un dato técnico que proporciona el fabricante y la inercia de tornillo y la corona de reductor es cero dado que no se incorpora. De este modo la suma de las inercias primera y segunda es la resultante del motor eléctrico proporcionada por el fabricante.

$$I_1 + I_2 = 1.92 + 0 = 1.92 \text{ kgm}^2 \quad \text{donde } I_1 = 1.92 \text{ del anexo E.2 tabla}$$

$$I_3 = \frac{(1.25 * Q + M_{cab} - M_{contr}) * D_p^2 * n_s}{2 * i_G^2}$$

$$I_3 = \frac{(1.25 * 600 + 800 - 1100) * 0.18^2 * 0.96}{2 * 1} = 7 \text{ kg.m}^2$$

Una deceleración lineal en la cabina y contrapeso ya sea por parada convencional en planta o fallo de suministro de energía supone también una deceleración angular en la polea que puede ser calculada mediante aplicación directa de las ecuaciones cinemáticas del movimiento circular acelerado. Para el paro no son admitidas aceleraciones tan elevadas como para el arranque de manera que el tiempo de parada debe ser algo mayor fijado en la selección del motor de tracción que es de 0.8 s como máximo.

De esta manera se calcula el tiempo de parada  $C1 = 1.15$  según la Norma EN -81

$$C1 = \frac{g + a}{g - a}$$



$$1.15 = \frac{9.81 + a}{9.81 - a}$$

$a = 0.684$  *deseleracion*

$$v = v_0 + a * \Delta t$$

$$1 = 0 + 0.684 * \Delta t \quad \Delta t = 1.462s$$

La deceleración angular experimentaran los elementos en rotación del sistema de poleas y ejes se obtiene de:

$$\alpha = \frac{\pi * n}{30 * \Delta t}$$

$n =$  *velocidad angular en rpm del receptor*

$\Delta t =$  *variacion del tiempo s.*

$$\alpha = \frac{\pi * 238.73}{30 * 1.462} = 17.1rad/s$$

Conocidos los datos ya determinados y sus momentos de inercia, deceleración angular, calculamos el momento dinámico.

$$M_{din} = \sum_i (I_z * \alpha) = (I_1 + I_2 + I_3) * \alpha$$

$$M_{din} = (1.92 + 7) * 17.1 = 152.532Nm$$

Seguidamente se encontrara el valor de momento o par frenado total que deberá proporcionar el sistema frenado.

$$M_F = M_{din} + M_{est} = 152.532 + 381.413 = 533.945Nm$$

Del catálogo Anexo E.2 motores Gearless, nos dan un par frenado máximo siendo este 888Nm con este valor no existe ningún problema en cuanto a la capacidad de detención del ascensor por el par frenado calculado.

$$M_F = 533.945 < 888Nm \text{ Cumple.}$$

## 5.9. RODAMIENTOS

Los rodamientos son elementos mecánicos que aseguran un enlace móvil entre dos entre dos elementos de un mecanismo, uno que se encuentra en rotación con respecto a otro, siendo su función principal el de permitir la rotación relativa de dichos elementos bajo carga, con precisión y con un rozamiento mínimo.



El proceso general de diseño de los rodamientos, deben considerarse una gran cantidad de factores, tales como rozamiento, transferencia de calor, fatiga de los materiales, resistencia a la corrosión, propiedades de los materiales, forma y tipo de lubricación, tolerancia, velocidades de funcionamiento, tipos de montaje, uso y costo.

Para determinados componentes del ascensor, como, las poleas de cabina, polea de contrapeso, la polea de tracción como de reenvío requieren la presencia de rodamientos para reducir así la fricción entre dichos rodamientos y los ejes de los que disponen tales componentes citados. Con los rodamientos se cambia la fricción por una rodadura, lo que supone un menor desgaste por los puntos de apoyo de los ejes de los componentes anteriormente citados y por tanto una mayor durabilidad. Sin embargo, los rodamientos que se dimensionarán son los del limitador de velocidad, polea tensora, polea de tracción, todos los rodamientos serán de las mismas dimensiones.

### 5.9.1. RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS SKF

Estos rodamientos se usan en una variedad de aplicaciones particularmente amplia, son de diseño sencillo, no desmontable, adecuados para alta velocidad de funcionamiento y requieren poca atención en servicio.

Son energicamente eficientes de mayor vida útil para un rendimiento optimizado en el campo, también optimizados para prolongar la vida útil y reducir el consumo de energía o energicamente eficientes, ofrecen más del doble de vida útil al tiempo que reducen el consume de energía.

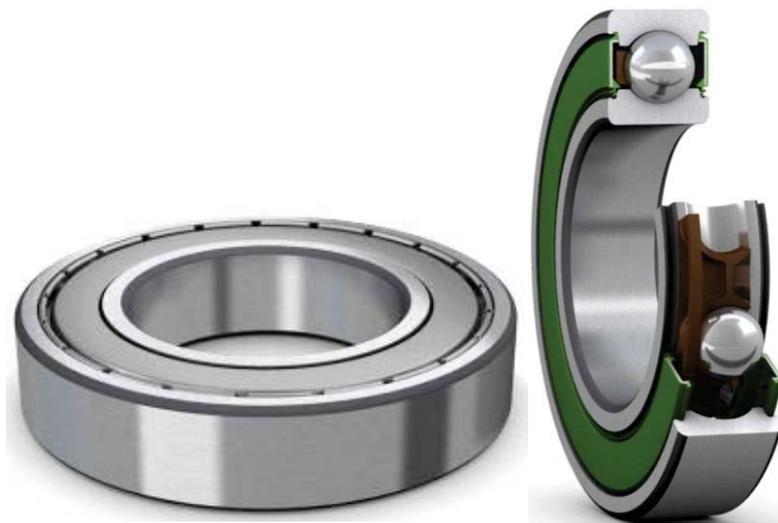


FIGURA 125 Rodamiento rígido de bolas

### BENEFICIOS:

- Mayor vida útil de los rodamientos
- Mayor vida útil de la grasa
- Menor temperatura de funcionamiento
- Capacidad para velocidades más altas
- Rendimiento continuo
- Menor consumo de energía

### 5.9.2. CALCULO DE RODAMIENTO

Del diagrama de cuerpo libre se tiene los cálculos



FIGURA 126 Diagrama de cargas sobre el eje de la polea

$$F_r = 150kg$$

$$\frac{F_a}{F_r} < e \quad F_a = 0$$

Donde  $x=1$ ,  $y=0$  de tablas de Hori

Calculando carga equivalente

$$P = xF_r + yF_a$$

$$P = 1 * 150$$

$$P = 150kg$$



FIGURA 127 Diagrama de cargas equivalentes

$v = \omega * r$  Dónde:  $D=0.08\text{m}$   $r=0.04\text{m}$  datos de diámetro y radio de la polea

$$\omega = \frac{1\text{m/s}}{0.04} = 25\text{rad/s}$$

$$\omega = n = 25 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{\text{rev}}{2\pi\text{rad}} * \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 238.73\text{rpm}$$

### 5.9.3. DURACION NOMINAL REQUERIDA PARA LOS RODAMIENTOS DE DIFERENTES CLASES DE MAQUINAS

Para determinar la duración es necesario recurrir a la experiencia, los valores indicados en la tabla mostrada pueden ser considerados como normalmente admisibles.



CLASES DE MAQUINAS	DURACION EN HORAS DE FUNCIONAMIENTO $L_h$
<i>Instrumentos Y Aparatos De Poco Uso</i> Aparatos de demostración, dispositivos para maniobra de puertas correderas	500
<i>Máquinas para servicio como intermitente cuando eventuales perturbaciones en el servicio son de poca importancia:</i> Maquinas herramientas manuales, aparatos de elevación para talleres, maquinas movidas a mano en general, máquinas agrícolas, grúas de montaje, aparatos domésticos.	4000 – 8000
<i>Máquinas para servicio intermitente, cuando eventuales perturbaciones en el servicio son de mucha importancia:</i> Maquinas auxiliares para centrales de fuerza, equipos de transporte para fabricación continúa en cadena, <b>ASCENSORES</b> , grúas para carga general, maquinas herramientas de poco uso.	8000 -12000
<i>Máquinas para 8 horas de servicio diario, no totalmente utilizados.</i> Motores eléctricos estacionarios, engranajes para usos generales.	12000 - 20000
<i>Máquinas para 8 horas de servicio diario, totalmente utilizados.</i> Máquinas para talleres industriales en general, grúas para trabajo continuo, ventiladores, transmisiones intermediarias.	20000 - 30000

**CUADRO 27 Duración nominal requerida para los rodamientos en horas de funcionamiento**

La relación entre la duración en millones de revoluciones y la duración en horas de funcionamiento es expresada por la fórmula:

$$L = \frac{60 * n * L_h}{10^6}$$

$L_h$ : Duración nominal en horas de funcionamiento

n: velocidad en revoluciones por minuto.

Hallando  $L_h$  para el ciclo de vida de los rodamientos en un tiempo de 20 años lo que supone una duración en horas de:

$$L_h = 20 \text{ años} * \frac{365 \text{ dias}}{1 \text{ año}} * \frac{1.5 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} = 10950 \text{ horas}$$

1.5 horas es el tiempo de trabajo de un ascensor en un día según nuestro calculo en tráfico vertical.



Nos encontramos en el rango de duración de horas entre 8000 a 12000 según el cuadro 27.

*Fuente Hori pag 150.*

$$L = 60 * 10^{-6} * n * L_h$$

$$L = 60 * 10^{-6} * 238.73 * 10950$$

$$L = 156.845 \text{ millones / rev}$$

Hallando la capacidad de base dinámica del rodamiento

$$C = P \cdot L^{1/p}$$

L: duración nominal expresada en millones de revoluciones

C: capacidad de base dinámica del rodamiento

P: carga equivalente sobre el rodamiento

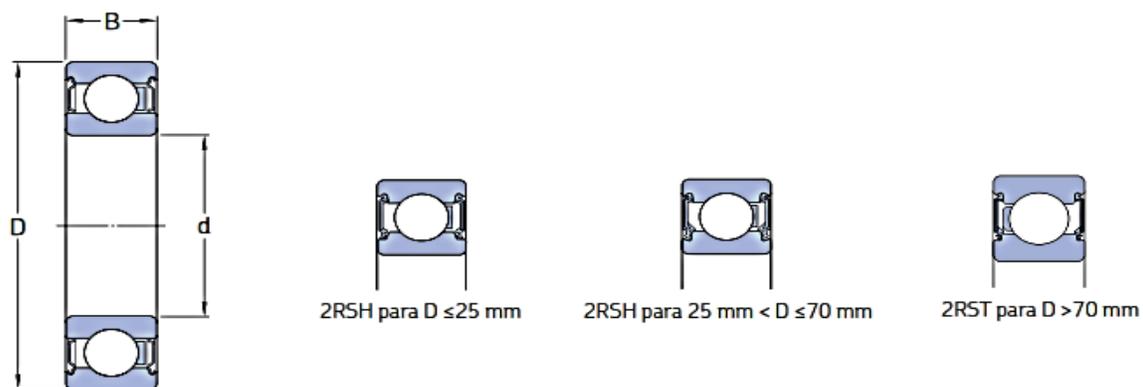
p: 3 para rodamientos de bolas

$$C = 150 * (156.845)^{1/3}$$

$$C = 808.937 \approx 809 \text{ kgf}$$

$$C = 809 \text{ kgf} * 9.81 = 7.9336 \text{ kN}$$

La capacidad de base dinámica requerida para hallar el tipo de rodamiento en tablas SKF.





Rodamiento No	d(mm)	D(mm)	B(mm)	R(mm)	C (kg) dinámica	Co (kg) estática	RPM máx.
16007	35	62	9	0.5	965	735	13000
16008	40	68	9	0.5	1040	850	10000
16009	45	75	10	1	1220	1000	10000
16010	50	80	10	1	1270	1080	8000
16011	55	90	11	1	1530	1340	8000

**TABLA 26 Características técnicas del rodamiento de bolas SKF**

De acuerdo a la capacidad de base dinámica (C) y teniendo como condición de que el diámetro máximo del rodamiento debe ser: 75mm. Concluimos que el rodamiento adecuado es “el de rodamiento de bolas rígidas SKF 16009”.

Cabe señalar que nuestra nueva condición de acuerdo al rodamiento seleccionado tendremos diámetro del eje  $d=45\text{mm}$ .

### **5.10. CHAVETAS**

La chaveta o cuña es un elemento mecánico que evita el movimiento relativo entre el eje y otro elemento mecánico en un sistema de transmisión (ejes, poleas volantes u otros).

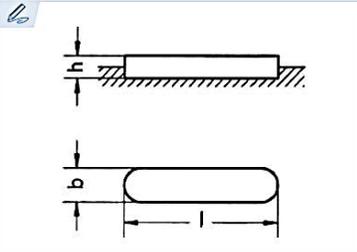
Las dimensiones de la mayoría de las chavetas están estandarizadas en los normas internacionales, así en la norma DIN se encuentra el código DIN 6885-6886 o en la norma americana ANSI B 17.1.

Las chavetas se fabrican de bajo contenido de carbono, generalmente son de acero SAE 1045 y vienen en barras con perfil cuadrado en milímetros o en pulgadas.



DIN 6885 A INOX





**Chaveta paralela de ajuste**  
*Parallel keys*  
Clavette parallèle d'ajustage  
Chaveta paralela de ajuste

**Acero Inoxidable 316 Ti**  
*316 Ti Stainless steel*  
Acier inoxydable 316 Ti  
Aço Inoxidável 316 Ti

**Tolerancia b: h9**  
*b Tolerance: h9*  
Tolérance b: h9  
Tolerância b: h9

**Tolerancia h: h9 o h11 según DIN 6880**  
*h Tolerance: h9 or h11 according DIN 6880*  
Tolérance h: h9 ou h11 suivant DIN 6880  
Tolerância h: h9 ou h11 conforme a norma DIN 6880

**Resistencia mínima a la tracción: 600 N/mm<sup>2</sup>**  
*Minimum tensile strength: 600 N/mm<sup>2</sup>*  
Résistance minimum à la rupture: 600 N/mm<sup>2</sup>  
Resistência mínima à tração: 600 N/mm<sup>2</sup>

**Ref.?**

ejemplo  
example  
exemple  
exemplo

Ref. = 56A - XX - XX - XXX

b      h      l

DIN 6885 A 316Ti 8x7x50  
Ref. = 56A-8-7-50

Artículo en stock.  
Available in stock.  
Produit en stock.  
Artigo em estoque.

Medidas especiales bajo consulta.  
Special dimensions on request.  
Sur demande autres dimensions.  
Medidas especiais sob consulta.

FIGURA 128 Chaveta para ejes

### 5.10.1. CALCULO DE CHAVETAS DEL EJE TRACTOR

Los cálculos para la selección de las chavetas y pasadores adecuados para el eje de la polea tractora y los ejes, en función de los esfuerzos a transmitir en dicho eje.

La polea tractora va unida al eje tractor y dicha polea no tiene movimiento relativo de rotación respecto el eje tractor. También dicho eje se une a un acoplamiento que se acopla con el eje del motor y el acoplamiento no tiene tampoco movimiento relativo de rotación respecto el eje. Para ello, se deben colocar chavetas con el fin de asegurar la unión en rotación del eje y la polea, y del eje tractor y eje del motor con el acoplamiento.

Comenzando por la unión del eje de la polea, se debe conocer el diámetro nominal del eje, que en este caso es de  $d_{eje} = 45mm$  Además, se debe conocer también el par nominal que se transmite es de  $\Gamma_{asc} = 130.8N.m$  según ya se determinó anteriormente conocidos estos datos, se toman las dimensiones de la chaveta a colocar, que como el diámetro del eje es de 45 mm, son estas las dimensiones.



Diámetro del árbol d, mm	Medida nominal de la chaveta, mm		Medida nominal del chavetero, mm				
	b x h	Chafilán S		Profundidad		Radio r	
		máx	mín	En el árbol <sub>t1</sub>	En el cubo <sub>t2</sub>	máx	mín
6 a 8	2 x 2			1.2	1.0		
8 a 10	3 x 3	0.25	0.16	1.8	1.4	0.16	0.08
10 a 12	4 x 4			2.5	1.8		
12 a 17	5 x 5			3.0	2.3		
17 a 22	6 x 6	0.40	0.25	3.5	2.8	0.25	0.16
22 a 30	7 x 7			4.0	3.3		
22 a 30	8 x 7			4.0	3.3		
30 a 38	10 x 8			5.0	3.3		
38 a 44	12 x 8			5.0	3.3		
44 a 50	14 x 9	0.60	0.40	5.5	3.8	0.40	0.25
50 a 58	16 x 10			6.0	4.3		
58 a 65	18 x 11			7.0	4.4		
65 a 75	20 x 12			7.5	4.9		
75 a 85	22 x 14			9.0	5.4		
85 a 95	25 x 14	0.60	0.60	9.0	5.4	0.60	0.40
95 a 110	28 x 16			10.0	6.4		
110 a 130	32 x 18			11.0	7.4		

TABLA 27 Características técnicas de chavetas

- Anchura:  $b = 14 \text{ mm}$
- Altura:  $h = 9 \text{ mm}$
- Altura desde la base del apoyo de chaveta hasta el diámetro  $t_1 = 5.5 \text{ mm}$
- Altura desde el perímetro del eje hasta la polea  $t_2 = 3.8 \text{ mm}$

Luego, sabiendo que la presión máxima del acero es de 90MPa, y aplicando la siguiente ecuación, se dimensiona la longitud que ha de tener la chaveta a colocar.

$$p = \frac{M_t}{(h - t_1) \cdot \frac{d_{\text{eje}}}{2} \cdot L} \leq p_{\text{max}}$$

$$p = \frac{130.8 \text{ Nm}}{(14 - 5.5) \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \frac{45 \text{ mm}}{2} \cdot L} \leq 90 \text{ MPa}$$

$$L \geq 7.59 \text{ mm}$$



Entonces tomaremos una longitud de chaveta más grande y normalizada y que cumpla con la condición obtenida.

b	2	3	4	5		6		8		10		12		14		16		18		20		22	
h	2	3	4	3	5	4	6	5	7	6	8	6	8	6	9	7	10	7	11	8	12	9	14
I	06	06	08	12	10	14	•10	18	•12	22	•14	28	•20	36	•25	45	•30	50	•45	56	•55	63	•60
	08	08	10	14	12	16	•12	20	•14	25	•15	32	•22	40	•28	50	•32	56	•50	63	•56	70	•63
	10	10	12	16	14	18	14	22	•15	28	•16	36	•25	45	•30	56	•35	63	•55	70	•60	80	•65
	12	12	14	18	•15	20	•15	25	•16	32	•18	40	•28	50	•32	63	•36	70	•56	80	•63	90	•70
	14	14	•15	20	16	22	16	28	18	36	•20	45	•30	56	•35	70	•40	80	•60	90	•65	100	•75
	•15	•15	16	22	18	25	18	32	20	40	•22	50	•32	63	36	80	45	90	63	100	70	110	80
	16	16	18	25	20	28	20	36	22	45	25	56	•35	70	40	90	50	100	•65	110	•75	125	•85
	18	18	20	28	22	32	22	40	25	50	28	63	36	80	45	100	•55	110	70	125	80	140	90
	20	20	22	32	25	36	25	45	28	56	•30	70	40	90	50	110	56	125	•75	140	•85	160	•95
	•22	•22	25	36	28	40	28	50	•30	63	32	80	45	100	•55	125	•60	140	80	160	90	180	100
	•25	•25	28	40	•30	45	•30	56	32	70	•35	90	50	110	56	140	63	160	•85	180	•95	200	110
	•28	•28	•30	45	32	50	32	63	•35	80	36	100	•55	125	•60	160	•65	180	90	200	100	220	•120
	•30	•30	32	50	•35	56	•35	70	36	90	40	110	56	140	63	180	70	200	•95	220	110	250	125
	•32	•32	•35	56	36	63	36	80	40	100	45	125	•60	160	•65		•75		100		•120		•130
	•35	•35	36		40	70	40	90	45	110	50	140	63		70		80		110		125		140
	•36	•36	40		45		45		50		•55		•65		•75		•85		•120		•130		•150
			45		50		50		•55		56		70		80		90		125		140		160
			•50		•55		•55		56		•60		•75		•85		•95		•130		•150		•170
					56		56		•60		63		80		90		100		140		160		180
					•60		•60		63		•65		•85		•95		110		•150		•170		200
				•63		63		•65		70		90		100		•120		160		180		220	
				•65		•65		70		•75		•95		110		125		•170		200		250	
						70		•75		80		100		•120		•130		180		220			
						•75		80		•85		110		125		140		200					

**TABLA 28 Longitudes de chavetas con diferentes longitudes**

En este caso se decide optar una longitud de chaveta de 25mm, claramente superior al valor obtenido además normalizada.

Pero como la polea es muy larga, de longitud 240 mm, se decide colocar 2 chavetas, una en cada extremo y así se asegura la fijación de la pulea con el eje sin necesidad de emplear una chaveta muy larga.

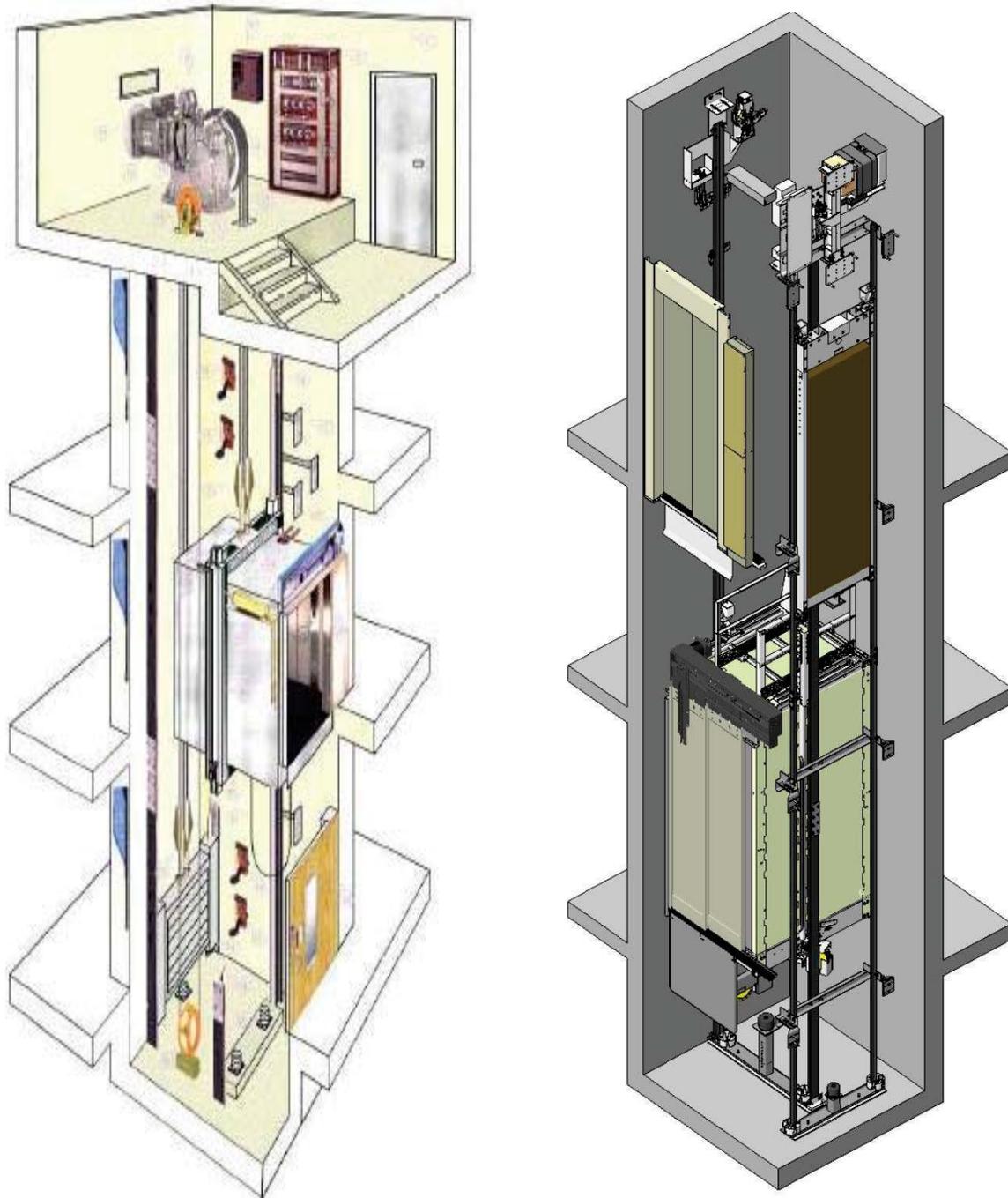


FIGURA 129 Ascensor convencional, ascensor sin cuarto de maquinas



## CAPITULO VI

### 6. MANTENIMIENTO DEL ASCENSOR

Sabemos que los ascensores tienden a ser elementos muy importantes, más que nada en aquellos edificios y viviendas donde hay mucha cantidad de pisos, por lo consiguiente, más que nada cuando el número de pisos es muy grande, pero el uso constante de los ascensores a veces trae consigo una serie de inconvenientes que hay que tener en cuenta, que si se trata con tiempo y anticipación no van a existir problemas, y los mismos se solucionan mediante el mantenimiento de ascensores.

La idea es detallar información acerca de este procedimiento que debe realizarse en determinados periodos de tiempo y que se vuelve fundamental para garantizar el buen funcionamiento de los ascensores. No cualquier persona es capaz de realizar el mantenimiento de ascensores, este tipo de trabajo está reservado para personas que han estudiado de la materia o que por lo contrario saben o tienen experiencia de estos tipos de trabajos. Lo ideal siempre, es saber cómo funcionan los mismos, y la experiencia hará que se puedan detectar de manera más simple los problemas que ocurren en los ascensores.

#### 6.1. SOBRE EL MANTENIMIENTO DEL ASCENSOR

Las empresas mantenedoras deberán realizar visitas para el mantenimiento en los plazos siguientes:

- Ascensores en viviendas unifamiliares: cada 4 meses.
- Ascensores de velocidad inferior a 0,15 m/seg.: cada 4 meses.
- Ascensores de edificios comunitarios con uso residencial de 6 paradas o menos: cada 6 semanas.
- Ascensores de edificios públicos de 4 paradas o menos y menos de 20 años de antigüedad: cada 6 semanas.
- Resto de ascensores: cada mes.

La empresa mantenedora deberá entregar al titular un boletín donde quede reflejado los datos fundamentales de la actuación de mantenimiento efectuada



## **SOBRE MODIFICACIONES IMPORTANTES:**

Se consideran como importantes las modificaciones expresamente indicadas en la ITC, clasificadas en función de los elementos y del tipo de ascensor.

Estas modificaciones pueden ser llevadas a cabo por el instalador, el fabricante o la empresa de mantenimiento.

Una modificación importante conllevará la certificación de conformidad y la comunicación por parte del titular o de la empresa actuante.

## **6.2. ALCANCE DE LAS INSPECCIONES**

### **A.-PUERTAS DE ACCESO AL HUECO Y SUS DISPOSITIVOS DE ENCLAVAMIENTO.**

#### **A.1.-PUERTAS DE ACCESO AL HUECO.**

- Características de las puertas.
- Estado de las puertas.
- Detección de la presencia de la cabina.

### **B.-DISPOSITIVOS DE ENCLAVAMIENTO EN LAS PUERTAS Y CERRADURAS.**

- Características de las cerraduras.
- Estado de las cerraduras.
- Funcionamiento de las cerraduras.
- Indicadores de planta.
- Pulsadores de piso.

### **C.-ELEMENTOS DE SUSPENSIÓN Y AMARRES.**

- Cintas planas.
- Amarres de cinta.
- Otros.



## **D.- LIMITADOR DE VELOCIDAD, PARACAÍDAS DE CABINA, BASTIDOR Y GUÍAS.**

- Accesibilidad del limitador.
- Estado del limitador.
- Cable del limitador.
- Paracaídas de cabina.
- Bastidor de cabina.
- Guías de cabina y sus fijaciones.
- Protección de sobre velocidad en subida.
- Otros.

## **E.-CABINA.**

- Estado general de conservación.
- Alumbrado.
- Alarma, parada de emergencia, posibilidad de apertura de puertas y comunicación bidireccional.
- Rótulos y placas.
- Puertas de cabina.
- Techo de cabina.
- Juego entre órganos fijos y móviles.
- Sistemas salvavidas (en huecos abiertos).
- Otras condiciones de seguridad (guardapiés, espejos, pesa cargas, puertas de socorro,...).
- Otros.

## **F.- CONTRAPESO, SUS GUÍAS Y PARACAÍDAS.**

- Contrapeso.
- Guías del contrapeso.
- Paracaídas del contrapeso (cuando sea obligatorio).
- Protecciones de los contrapesos que se desplazan por patios.
- Otros.



## **G.-AMORTIGUADORES DE CABINA Y CONTRAPESO.**

- Existencia y localización de amortiguadores hidráulicos, resortes o topes elásticos.
- Estado de los amortiguadores y sus fijaciones.
- Altura de los amortiguadores de cabina.
- Otros.

## **H.- MANDOS Y OTROS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.**

### **H.1.-MANDOS.**

- Interruptor de parada en techo de cabina.
- Botonera de inspección.
- Interruptor de parada en foso y enchufe.

### **H.2.-OTROS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD.**

- Red equipotencial de puesta a tierra.
- Finales de carrera.
- Dispositivo de parada en los niveles extremos.
- Prioridades y dispositivo de retardo temporización.
- Protección contra defectos eléctricos.
- Seguridad de movimiento de la cabina.
- Otros.

### **I.-HUECO.**

- Iluminación.
- Ventilación.
- Recorridos libres de seguridad.
- Foso.
- Acceso bajo foso sin paracaídas en contrapeso.
- Otros.

### **J.- GRUPO TRACTOR.**

- Accesos.
- Motor eléctrico



- Otras condiciones, ventilación, temperatura, instrucciones, accesos ajenos al servicio
- Instalación eléctrica.
- Eje
- elementos de freno, aparato electromecánico.
- Estado general de la máquina.
- Accionamiento de emergencia.
- Otros.

### **K.-ASCENSORES SIN CUARTO DE MÁQUINAS**

- Maquinaria dentro del hueco.
- Zonas de trabajo en la cabina o en techo.
- Zona de trabajo en foso.
- Zona de trabajo en una plataforma.
- Zonas de trabajo fuera del hueco.
- Maquinaria fuera del hueco.
- Dispositivos para maniobras de emergencia y ensayos.
- Otros.

### **6.3. POR EL PROFESIONAL CALIFICADO**

#### **A.-CADA MES:**

- Limpieza del foso del recinto del ascensor.
- Comprobación del funcionamiento de la instalación de alumbrado del recinto del ascensor, reparándose los defectos encontrados.
- Comprobación del funcionamiento del teléfono interior.
- Limpieza del cuarto de máquinas evitando que caiga suciedad al recinto.

#### **B.-CADA 6 MESES:**

- Revisión y subsanación de los problemas que surjan en los ascensores eléctricos, al menos en los siguientes elementos



- Puertas de acceso y su enclavamiento.
- Cable de tracción y sus amarres.
- Grupo tractor y mecanismo de freno.
- Paracaídas y limitador de velocidad.
- Topes elásticos y amortiguadores.
- Alarma y parada de emergencia.
- Cabina y su acceso.
- Contrapeso.
- Circuitos eléctricos de seguridad, señalización y maniobras que afectan a la seguridad.
- Hueco del ascensor.
- Puertas de acceso y su enclavamiento.
- Cintas de tracción, y sus amarres.
- Grupo tractor.
- Topes elásticos y amortiguadores.
- Alarma y parada de emergencia.
- Cabina y su acceso.
- Circuitos eléctricos de seguridad, señalización y maniobras que afectan a la seguridad.
- Hueco del ascensor.



## CAPITULO VII

### 7. CALCULO DE AHORRO ENERGETICO

En nuestra investigación de buscar la eficiencia energética que es una necesidad de reducir la factura eléctrica del ascensor en un contexto económico en que los usuarios buscan ahorrar hasta el último céntimo.

Para lo cual calculamos de cómo conseguir una instalación más eficiente en ascensores en función de su consumo energético y se estimara la ganancia energética de la nueva instalación en comparación con las instalaciones convencionales.

Los motores Gearless instalados en nuestro nuevo diseño son motores síncronos que disponen de unos imanes permanentes de alta capacidad magnética y cuyo objetivo es incrementar al máximo el par de motor a bajas velocidades utilizando la mínima potencia de esta manera se reduce el consumo en cada inicio de operación del ascensor.

Para reducir el consumo de energía en la iluminación de la cabina se opta por sustituir los tradicionales tubos fluorescentes por placa LEDS.

#### 7.1. AHORRO ENERGÉTICO EN LA TRACCIÓN

Un ascensor eléctrico con un motor de 5kW y un uso bajo, una hora al día puede consumir casi 2000 kW\*h al año, uno hidráulico más el doble, pero también hay que tener en cuenta que el ascensor no solo consume cuando está en funcionamiento. La parada total de un ascensor se consigue solo pasados unos minutos según el equipo y siempre que se haya programado una maniobra con la función de ahorro de energía en reposo que apague los sistemas de potencia y la señalización para reducir el consumo al mínimo, una maniobra de reposo programado con esta función puede ahorrar desde un 30% hasta un 50% de la energía principal en reposo.

Esta opción es especialmente recomendable en ascensores de bajo uso y representa una de las principales fuentes de ahorro, lo habitual es que no se haya programado con criterios de máximo ahorro energético.

Otras opciones para disminuir el gasto energético de la tracción del ascensor es ajustar la potencia con variadores de frecuencia y las velocidades de tracción, pocas empresas de ascensores plantean esa opción.



### 7.1.1. AHORRO DE ENERGÍA

Los nuevos componentes electrónicos y electromecánicos utilizados en las modernizaciones de ascensores hacen que la inversión se vaya amortizando por si sola con el eficiente consumo energético de los nuevos componentes es decir, los antiguos motores y tableros de control consumen 4 veces más energía que los actuales y esa eficiencia se traduce en un ahorro constante de dinero por tanto mes a mes la inversión va retornando en ahorro.

#### ➤ VENTAJAS DE ILUMINACION LEDS

- Buen confort para el viajero
- Brilla más que los fluorescentes
- No genera calor
- Resistencia a los golpes y vibraciones
- Encendido instantáneo y sin pestañeo
- Consumo reducido de energía.

Para el cálculo de ahorro de energía en el uso de la maquina Gearless tomaremos como referencia una maquina convencional, como mencionados anteriormente en 5.7.5.

### 7.2. CALCULO ESTIMADO DEL AHORRO

$$P_{ei} = P_{si} + P_{perdidas\ i}$$

$$n_i = \frac{P_{si}}{P_{ei}}$$

$P_{si}$  = potencia entregada a la salida por la maquina  $i$

$P_{ei}$  = potencia consumida en la entrada de la maquina  $i$

$P_{perdidas\ i}$  = perdidas de la maquina  $i$

$\eta_i$  = Eficiencia de la maquina  $i$

Ahora calculamos la eficiencia de una maquina convencional con variador de velocidad.

Dónde:

0.8 es la eficiencia del motor eléctrico



0.65 es la eficiencia de reductora sin variador.

Estos datos son una media de esta tipología dentro del parque de ascensores existentes.

Por otra parte la eficiencia de una maquina Gearless no es inferior al 82%

$$82\% \leq \eta_{Gearless} \leq 98\%$$

$$\eta_{ascen} = 0.90$$

Entonces la eficiencia de la maquina convencional es:

$$\eta_{maq. conv.} = \eta_{mot. electr} * \eta_{reduc. sin var.}$$

$$\eta_{maq. conv} = 0.8 * 0.65 = 0.52$$

Ahora hallamos el ahorro en función de sus eficiencias

$$Ahorro = P_{e1} - P_{e2} = \frac{P_{s1}}{n_1} - \frac{P_{s2}}{n_2} = 1 - \frac{\eta_{maq. conv}}{\eta_{maq. Gearless}}$$

$$Ahorro = 1 - \frac{0.52}{0.90} = 0.4222 = 42.22\%$$

Tenemos un ahorro de 42.22% con respecto a las maquinas convencionales

Si en nuestra ciudad del Cusco, los ascensores existentes tendrían maquinas Gearless, tendríamos un ahorro de:

- Primero calcularemos el ahorro mensual y anual utilizando motores Gearless síncronos de imanes permanentes.

Calculamos el promedio de costo de los ascensores mencionados anteriormente.

$$Monto_{prom. asc.} = \frac{256.35 + 286.20 + 219.50 + 141.10 + 125.85}{5}$$

$$Monto_{prom. asc} = s/205.8$$

$$1kW * h = s/.0.5775$$

$$E. prom. = s/205.8 \left( \frac{1kW * h}{s/.0.5775} \right)$$

$$E. prom. = 356.36kW$$

Este es la energía que se consume en un mes en los ascensores tomados como muestra.

Del ahorro obtenido que es de 42.22%, según su eficiencia energética hallaremos el ahorro de energía.

$$x = \frac{42.22\% * 356.36kW * h}{100\%} = 150.46kW * h \text{ Ahorro en un mes en un ascensor.}$$



$$x_{105 \text{ asc}} = 150.46kW * h * 105 = 15798.63kW * h$$

El resultado obtenido es el ahorro en kW\*h en la ciudad del Cusco

Anualmente tendremos un ahorro de  $15798.63kW * h * 12 = 189583.52kW * h$ .

Este resultado transformamos en soles se obtiene:

$$Ahorro_{(soles \text{ anual})} = 189583.52kW * h * \left( \frac{s/.0.5775}{1kW * h} \right)$$

$$Ahorro_{soles \text{ anual}} = s/.109484.48$$

$$Ahorro_{soles \text{ mensual}} = \frac{s/.109484.48}{12}$$

$$Ahorro_{soles \text{ mensual}} = s/.9123.706$$

Estos ahorros obtenidos tanto anual como mensual son fuera de trabajos de mantenimiento del ascensor.

Mantenimiento de los ascensores de 6 paradas en residencias es de s/350 soles, lo que hace un ahorro anual por ascensor de s/.2800 soles.

Ahorro en mantenimiento de los ascensores tomados como muestra de los 105 es:

$$Ahorro_{mant.105 \text{ asc.}} = s/.2800 * 105 = s/.294000$$

El ahorro total en energía y mantenimiento es:

$$Ahorro_{total \text{ anual asc}} = Ahorro_{soles \text{ anual}} + Ahorro_{mant.105 \text{ asc.}}$$

$$Ahorro_{total \text{ anual asc.}} = s/.109484.48 + s/.294000 = s/.403484.48$$

### 7.3. ANALISIS ECONÓMICO

El análisis económico del proyecto determinara, cuál es su rentabilidad, es decir determinara si los beneficios que se obtienen con la ejecución del proyecto son mayores a todos los costos de inversión que tenemos que hacer para la ejecución del mismo.

Para cuantificar en qué medida el proyecto es beneficioso, aplicaremos los indicadores económicos como son: el VAN, TIR, etc.



### **7.3.1. COSTOS DIRECTOS.**

Los costos directos corresponden a la mano de obra del personal (mano de obra directa “MOD”), materiales y equipos directamente involucrados en la construcción y puesta en marcha de la planta.

Los costos que corresponden a los sueldos, gratificaciones y demás beneficios (compensación de tiempo de servicios “CTS”, ES SALUD, entre otros) de ley que tienen los trabajadores.

### **7.3.2. COSTOS INDIRECTOS DE SERVICIO O GASTOS GENERALES.**

Dentro de los costos indirectos agruparemos los mismos de acuerdo a lo siguiente:

- Mano de obra indirecta (MOI)
- Suministro o materiales indirectos
- Depreciación
- Gastos indirectos
- Gastos varios
  
- **GASTOS ADMINISTRATIVOS**

Los gastos o costos administrativos corresponden al valor por concepto de sueldos y los beneficios de ley del personal.

## **7.4. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO.**

Para la evaluación del presente proyecto usaremos los indicadores de rentabilidad (VAN y TIR) las cuales en conjunto nos permitirá decidir si es recomendable ejecutar el proyecto.

### **7.4.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)**

Es un indicador económico que permite calcular el valor neto presente de una inversión a partir de una tasa de descuento y una serie de pagos futuros (valores negativos) e ingresos (valores positivos). Para determinar el valor de este indicador usaremos la función VNA que



viene dentro del programa Microsoft Excel, este formal calcula el VAN en base a la siguiente fórmula.

$$VAN = VNA = \sum_{j=1}^n \frac{\text{valores } j}{(1 + \text{tasa})^j}$$

Dónde:

Valores  $j$  = Beneficios (“+” o “-” de los periodos en Análisis); para nuestro caso estos valores corresponden a los beneficios netos de los años (0 a 10).

Tasa = Tasa de descuento (tasa de interés o costo de oportunidad del proyecto “COK”)

Después de obtener el valor correspondiente al VAN, la realización del proyecto dependerá de los criterios siguientes:

- $VAN > 0$  El proyecto analizado devuelve beneficios económicos al final del periodo de evaluación de la inversión.
- $VAN = 0$  No existe beneficios ni pérdidas económicas al final del periodo de evaluación de la inversión.
- $VAN < 0$  Al final del periodo de evaluación de la inversión tendremos pérdidas económicas.

#### 7.4.2. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno es una tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio anual que genera el capital que permanece invertido en el proyecto. Se calcula a partir de la fórmula del VAN, haciendo  $VAN = 0$  y tomando la tasa como incógnita es decir el TIR.

Asumiendo ( $VAN = 0$ ) y ( $\text{tasa} = \text{TIR}$ ).

$$VAN = VNA = 0 = \sum_{j=1}^n \frac{\text{valores}}{(1 + \text{tasa})^j}$$

Tenemos la ecuación del TIR:

$$0 = \sum_{j=1}^n \frac{\text{valores}}{(1 + \text{TIR})^j}$$



Para obtener el valor del TIR, se ha usado Microsoft Excel. El valor obtenido debe ser interpretado, comparando el TIR versus el COK, para ello se tiene las siguientes condiciones:

- $TIR > COK$  el rendimiento de la inversión en el proyecto nos genera un interés superior al interés que nos ofrece una entidad financiera.
- $TIR = COK$  el rendimiento de la inversión en el proyecto genera un interés igual al que ofrece las entidades bancarias.
- $TIR < COK$  el rendimiento de la inversión en el proyecto es menor al que nos produciría el dejar el dinero en una entidad financiera.

### 7.4.3. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

En este capítulo se realizara el estudio de rentabilidad del proyecto con la finalidad de determinar si la realización de esta tesis es rentable y beneficiosa, o por lo contrario no aportara ningún beneficio. Para ello, se establecerán los flujos de caja en un horizonte de 6 años y se calcularan los parámetros de evaluación de rentabilidad de inversiones como son el VAN, el TIR.

### 7.5. COMPONENTES A ADQUIRIR

Los elementos de compra tienen como costo su precio de venta y a continuación se muestra una tabla donde se recogen con detalle los nombres de los componentes, sus unidades presentes en el proyecto, sus costos unitarios y el coste total de todos los elementos de compra.



### 7.5.1. METRADO DE LOS COMPONENTES A ADQUIRIR

METRADO DE DISEÑO						
Nº	COMPONENTE	REFERENCIA	CANTIDAD	UNIDAD	Precio Unitario (\$)	PRECIO TOTAL(\$)
1	MOTOR SÍNCRONO DE 4.4 KW DE TRACCIÓN	SAE01400,DIANA-6.3-450	1	Glb.	3200	3200
2	CUADRO DE MANIOBRAS	JCR54825HG	1	Glb.	7500	7500
3	CABINA COMPLETA MODERNO	CP2345HY	1	Glb.	9800	9800
4	CINTAS PLANAS DE ELEVACIÓN * 50M	M6F85XHS	150	m	4.2	630
5	PARACAÍDAS DE CABINA Y CONTRAPESO	DYNATECH IN3000	2	Glb.	215	430
6	PERFILT-70-70-9/A CALIBRA DO DE L=3M	B44Z5021	12	ml.	40	480
7	RODAMIENTO RÍGIDO DE BOLAS	SKF16009	6	Glb.	120	720
8	MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE LAS CINTAS	OTIS PULSE GEN2	1	Glb.	130	130
9	PLACAS DE SOPORTE DE GUÍAS DE CONTRAPESO	SAVERA GROUP	6	Glb.	45	270
10	PERFIL UPN 200 * 6M	U44Z5011	6	ml.	63.33	380
11	FIJACIÓN REFORZADA PARA GUÍAS DE CONTRAPESO	SAVERA GROUP	80	Glb.	3.5	280
12	PLACAS DE SOPORTE DE GUÍAS DE CABINA	SAVERA GROUP	6	Glb.	1.2	7.2
13	CABLE SEALE DEL LIMITADOR DE VELOC 6X19+1 ALMA TEXTIL C/U =	Y1TYL6GSGD062	36	ml.	6.83	246
14	PERFILT-45/A CALIBRADO DEL=1.5M	B44Z5021	27	ml.	5.33	144
15	PERFIL UPN160 * 6M	U44Z5011	24	ml.	15.83	380
16	RELÉ DE PROTECCIÓN DEL MOTOR	SC-511	1	Glb.	165	165
17	GUIADORES(CABINA Y CONTRAPESO)	REF.300063ETN	24	Glb.	7	168
18	CONTACTO DE SOBREVELOCIDAD	DR1000	4	Glb.	43	172
19	DISPOSITIVOS DE FINAL DE RECORRIDO	OTIS	8	Glb.	18.5	148
20	PROTECTOR DE LLUVIA DE LOS SENSORES DE INFRARROJOS	JCAP534.115402	17	Glb.	8.5	144.5
21	SUPLEMENTO PARA FIJACIÓN PARA GUÍAS DE CONTRAPESO	SAVERA GROUP	40	Glb.	2.65	106
22	PESACARGAS DE CABINA	DYNATECHECO	6	Glb.	82	492
23	COMPONENTE PARA GUÍAS DE CONTRAPESO	SAVERA GROUP	40	Glb.	0.9	36
	<b>TOTAL (\$)</b>					<b>26028.39</b>

**Cuadro 28 Componentes del ascensor**

### 7.5.2. COSTO DE MONTAJE

Otros costos que se deben de tener en cuenta son los costos de montaje, ya que una vez que se adquieren los componentes que se compran, se requiere de personal experto y calificado en instalar y montar dichos componentes.

Para cuantificar dichos costos, se deben contratar a 2 técnicos para que se encarguen del montaje para que instalen los componentes que se compran y que realizaran dicho trabajo a razón de 8 horas al día con un salario diario de S/.10/h, durante 30 días laborales

$$\text{Costo de montaje} = 2 * 8 * 10 * 30 = S/.4800$$



En cuanto a los componentes eléctrico, electrónicos, se encarga un electricista que trabaja 12 días laborales a razón de 8 horas diarias con un salario de S/15/h, y que se dedica a realizar las conexiones eléctricas de la instalación del ascensor, conectar y configurar el armario de cuadro de maniobra. Así el costo de instalación eléctrica es:

$$\text{Costo eléctrico-electrónico} = 1 * 8 * 15 * 12 = \text{S/} . 1440$$

Mientras tanto, el costo total de montaje es la suma de los dos costos anteriores cuyo valor es:

$$\text{Costo total de montaje} = \text{S/} . 4800 + \text{S/} . 1440 = \text{S/} . 6240 = \$ 1891$$

### 7.5.3. COSTO DE PERSONAL

Respecto a los costos de personal se tiene en cuenta los costos fijos que van relacionados con el cuerpo técnico del proyecto y el cuerpo administrativo. En lo que se refiere al cuerpo técnico se dispone del Ingeniero residente de proyectos quien es el encargado de planificar y gestionar todos los plazos y desarrollo técnico del proyecto de tesis.

Además el Ingeniero de proyectos se dispone del técnico del departamento de desarrollo y al técnico de mantenimiento que estando bajo la tutela del ingeniero de proyectos, se encarga de realizar los cálculos de comprobación, el dibujo de los planos, fechas de las pruebas de funcionamiento correcto del ascensor y de probar físicamente el funcionamiento correcto del ascensor respectivamente.

Por otro lado, están presentes las personas del cuerpo del cuerpo administrativo de la oficina, quienes se encargan de realizar la redacción de los informes, la impresión de los documentos y preparar la venta del producto.

Así, en la cuadro 29 se recoge el número de horas del personal que se ha dedicado para la realización de este proyecto de tesis. Mencionado también el costo por hora trabajado y el costo total que se estima:



PERSONAL	HORAS DEDICADAS(H)	PRECIO DE CADA HORA (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Ingeniero Residente	200	30	6000
Técnico del Dep. de desarrollo	400	12	4800
Técnico de mantenimiento	13	10	130
Cuerpo administrativo	60	8	480
<b>TOTAL</b>	<b>673</b>	<b>60</b>	<b>11410</b>

**Cuadro 29 Costo personal**

Como se puede observar en el cuadro 29 anterior, el número total de horas dedicada por parte del personal es 673, estas horas son el tiempo fijado para realizar el proyecto de tesis, por otro lado, se observa que el costo del personal es de \$11,410.00, estos son costos fijos.

Entonces los costos fijos ascienden \$.11, 410.00

Al ser fijos estos costos, inciden en el precio de todos los ascensores fabricados, y sabiendo que de manera aproximada se venden unos 6 ascensores al año y que en cada año se venderán 3 unidades de más hasta llegar a 21 unidades en el año 6 del tiempo, se tiene el costo de personal que afecta a cada máquina de forma muy aproximada:

$$\text{Costo de Personal} = \frac{11410}{60} = \$190.16$$

#### 7.5.4. COSTO TOTAL

El costo total del ascensor es la suma de todos los costos anteriores

#### Costo del proyecto en Dólares (\$)

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO (\$)</b>	
<b>COSTO COMPONENTES DEL ASCENSOR</b>	<b>26028.70</b>
<b>PERSONAL</b>	<b>190.16</b>
<b>COSTO DE MONTAJE</b>	<b>1891.00</b>
<b>TOTAL (\$)</b>	<b>28109.86</b>
<b>PRECIO INCLUIDO IGV 19%</b>	<b>33450.73</b>

**Cuadro 30 Costo total del proyecto**



### 7.6. RENTABILIDAD DE LA MAQUINA

Para establecer los flujos de caja necesarios y evaluar así la rentabilidad de la máquina, se deben cuantificar los pagos totales como los cobros, también totales. Para ello, se ha comentado anteriormente que el primer año se venden 6 unidades y cada año van aumentando en 3 unidades hasta llegar a los 21. Para comenzar a establecer los ingresos, se ha de aplicar un precio de venta, que corresponderá al 19% del costo total del ascensor, correspondiente al IGV. de esta manera:

$$\text{Precio de venta} = \text{Costo total} + \text{Beneficio Industrial}$$

$$\text{Precio de venta} = \$28109.86 + \$28109.86 * 19/100 = \$33,450.73$$

De este modo los ingresos de cada año figuran en la siguiente tabla

Año	1	2	3	4	5	6
Ventas	6	9	12	15	18	21
Ingresos (\$)	200,704.4	301056.59	401408.78	501760.97	602113.16	702465.35

**Tabla 32 Ingresos anuales**

Una vez conocido los ingresos para cada año se pueden establecer los movimientos de fondos a base de cuantificar los pagos y los cobros por medio de la siguiente tabla donde se añadió un nuevo costo fijo de \$/. 1000 dólares anuales en referencia a los gastos relacionados al nuevo producto, como son el material publicitario, actualización de páginas web del producto, como aspectos destacados de este costo.

CUADRO RESUMEN DE COSTOS							
Tiempo	0	1	2	3	4	5	6
Ventas		6	9	12	15	18	21
Inversion del personal (\$)	11400						
Costo Fijo (\$)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
Costo Variable		68400	102600	136800	171000	205200	239400
Total de Pagos (\$)		69400	103600	137800	172000	206200	240400
Precios Ascensor (\$)	33450,73						
Ingresos (\$)		199704,38	300056,57	400408,76	500760,95	601113,14	701465,33
Movimiento Fondos (\$)		32284,0633	49009,4283	65734,7933	82460,1583	99185,5233	115910,888
Impuesto (19%) (\$)		6133,97203	9311,79138	12489,6107	15667,4301	18845,2494	22023,0688
Beneficio Neto (\$)		26150,0913	39697,637	53245,1826	66792,7283	80340,2739	93887,8196
Flujo de Caja		26150,0913	39697,637	53245,1826	66792,7283	80340,2739	93887,8196
Fondos Acumulados	11400	14750,0913	24947,5457	28297,637	38495,0913	41845,1826	52042,637

**Cuadro 30 resumen de costos**



Costo Variable = ascensores que se venden por año por el costo fijo (inversión del personal)  
Ingresos= Precio del ascensor multiplicado por el número de ascensores que se vende al año  
menos el costo fijo (\$/. 1000)

### 7.7. CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS ASCENSORES EXISTENTES EN CUSCO

- ✓ Calculo promedio de kw\*h, se toma como muestra cinco recibos de facturación de energía “Electro Sur este S.A.A”

#### Recibo 1

$$1kw*h=S/ 0.5865$$

#### Recibo 2

$$1kw*h=S/ 0.5646$$

#### Recibo 3

$$1kw*h= S/0.5816$$

#### Recibo 4

$$1kw*h=S/ 0.5745$$

#### Recibo 5

$$1kw*h=s/ 0.5803$$

Hallando el kw\*h promedio

$$\overline{kw*h} = \frac{0.5865 + 0.5646 + 0.5816 + 0.5745 + 0.5803}{5} = S / . 0.5775$$



- ✓ Calculo de la potencia del Ascensor Elevatronic en Cusco de 8 pasajeros 6 paradas

CONSUMO DE ENERGIA DE ASCENSOR ELEVATRONIC		
NOMBRE: NINA G. VENANCIO		
DIRECCION: URB. DIGNIDAD NACIONAL J-2		
LECTURAS	MONTOS	
FECHA	ENERGIA (kW*h)	TOTAL
15/06/2015	63.37662338	S/.36.60
14/07/2015	142.1645022	S/.82.10
13/08/2015	185.7142857	S/.107.25
14/09/2015	284.0692641	S/.164.05
15/10/2015	443.8961039	S/.256.35
14/11/2015	180.0865801	S/.104.00
15/12/2015	410.4761905	S/.237.05
13/01/2016	234.6320346	S/.135.50
13/02/2016	433.7662338	S/.250.50
14/03/2016	215.2380952	S/.124.30
13/04/2016	378.961039	S/.218.85
13/05/2016	152.73	S/. 88.20

**Cuadro 31 Consumo de energía Ascensor Elevatronic**

Del cuadro 31 mostrado se toma la energía consumida más crítica de un mes

Energía critica = 443.8961kw\*h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en 1dia=1.5h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en un mes = 30\*1.5h=45h

$$P = \frac{\text{Energia consumida del ascensor en un mes}}{\text{tiempo de trabajo del ascensor en un mes}}$$

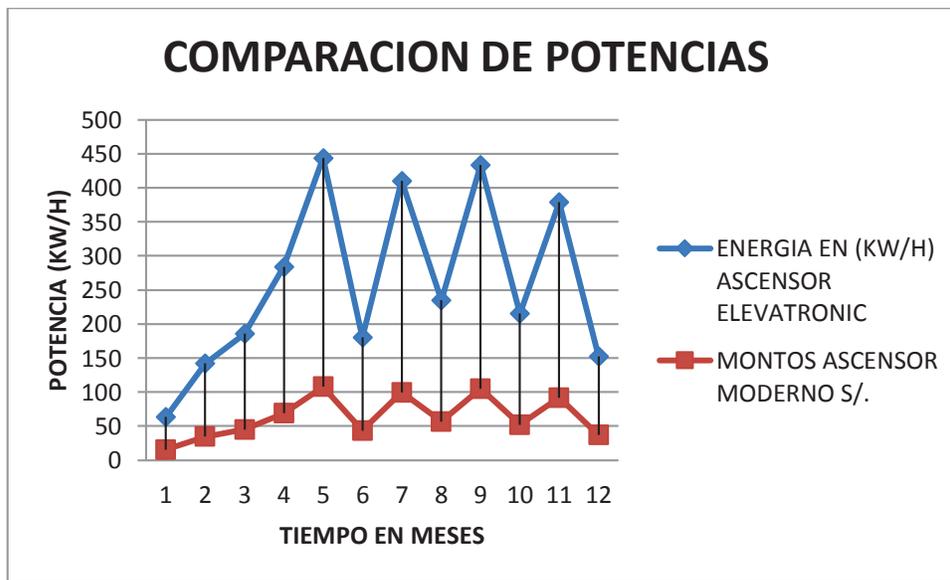
$$P = \frac{443.8961kw * h}{45h} = 9.864kw$$



COMPARACION DEL ASCENSOR ELEVATRONIC Y EL NUEVO DISEÑO				
ASCENSOR	POTENCIA (KW)	PASAJEROS	PRECIO (\$)	PRECIO DEL KW/H
ELEVATRONIC	10	8	35820	0.5775
DISEÑO MODERNO	4.2	8	33450.73	0.5775

ENERGIA EN (KW/H) ASCENSOR ELEVATRONIC	MONTOS ASCENSOR ELEVATRONIC S/.	DISEÑO MODERNO EN (KW/H)	MONTOS ASCENSOR MODERNO S/.
63.37662338	36.60	26.62	15.37
142.1645022	82.10	59.71	34.48
185.7142857	107.25	78.00	45.05
284.0692641	164.05	119.31	68.90
443.8961039	256.35	186.44	107.67
180.0865801	104.00	75.64	43.68
410.4761905	237.05	172.40	99.56
234.6320346	135.50	98.55	56.91
433.7662338	250.50	182.18	105.21
215.2380952	124.30	90.40	52.21
378.961039	218.85	159.16	91.92
152.73	88.20	64.15	37.04

**Cuadro 31 Consumo de energía y montos Ascensor Elevatronic, datos de Electro Sur este.**



**Figura 130 Comparación de potencias ascensores Elevatronic y el moderno**

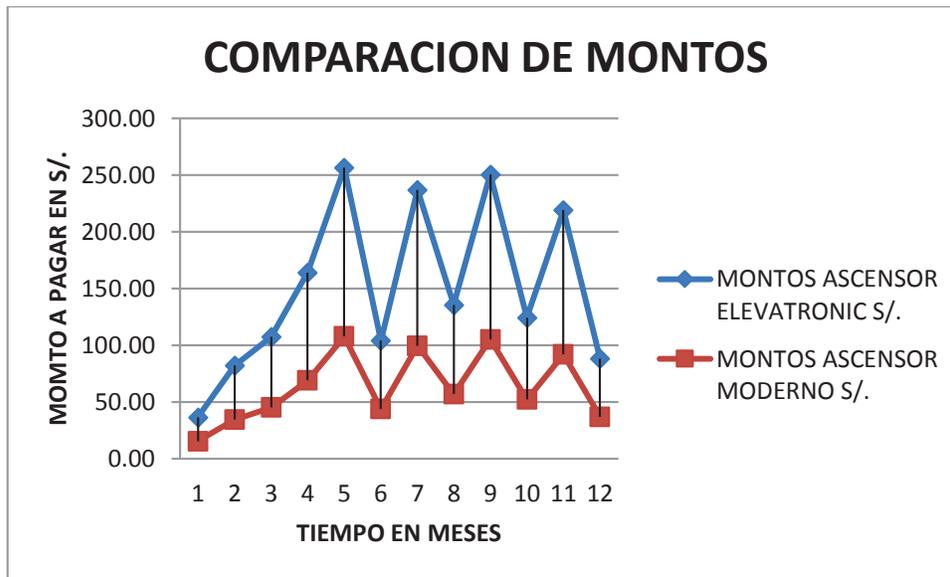


Figura 131 Comparación de montos ascensores elevatronico y el moderno

- ✓ Calculo de la potencia del ascensor Otis en Cusco 8 pasajeros, 6 pisos.

CONSUMO DE ENERGIA DEL ASCENSOR OTIS		
NOMBRE: MALPARTIDA J DE CORRALES		
DIRECCION: AV. GASTON ZAPATA 406 - SANTA ROSA		
LECTURAS	MONTOS	
FECHA	ENERGIA kw*h	TOTAL
29/06/2015	380.0865801	S/.219.50
27/07/2015	107.4458874	S/./62.05
27/08/2015	273.6796537	S/./158.05
28/09/2015	293.3333333	S/./169.40
29/10/2015	269.7835498	S/./155.80
28/11/2015	310.4761905	S/./179.30
28/12/2015	302.9437229	S/./174.95
29/01/2016	259.3073593	S/./149.75
27/02/2016	219.8268398	S/./126.95
29/03/2016	270.1298701	S/./156.00
29/04/2016	281.3852814	S/./162.50
31/05/2016	302.5108225	S/./174.70

Cuadro 32 Consumo de energía ascensor Otis



Del cuadro 32 mostrado se toma la energía consumida más crítica de un mes

Energía crítica = 380.0865kw\*h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en 1dia=1.46h

Tiempo de funcionamiento del ascensor en un mes = 30\*1.46h=43.8h

$$P = \frac{\text{Energía consumida del ascensor en un mes}}{\text{tiempo de trabajo del ascensor en un mes}}$$

$$P = \frac{380.0865kw * h}{43.8h} = 8.676kw$$

COMPARACION DE LOS ASCENSORES OTIS Y EL NUEVO DISEÑO				
ASCENSOR	POTENCIA (KW)	PASAJEROS	PRECIO (\$)	PRECIO DEL KW/H
OTIS	9	8	38445.99	0.5775
DISEÑO MODERNO	4.2	8	33450.73	0.5775

ENERGIA EN (KW/H) ASCENSOR OTIS	MONTOS ASCENSOR OTIS S/.	DISEÑO MODERNO EN (KW/H)	MONTOS ASCENSOR MODERNO S/.
380.0865801	219.50	177.37	102.43
107.4458874	62.05	50.14	28.96
273.6796537	158.05	127.72	73.76
293.3333333	169.40	136.89	79.05
269.7835498	155.80	125.90	72.71
310.4761905	179.30	144.89	83.67
302.9437229	174.95	141.37	81.64
259.3073593	149.75	121.01	69.88
219.8268398	126.95	102.59	59.24
270.1298701	156.00	126.06	72.80
281.3852814	162.50	131.31	75.83
302.5108225	174.70	141.17	81.53

**Cuadro 33 Consumo de energía y montos del ascensor Otis, datos de Electro Sur Este**

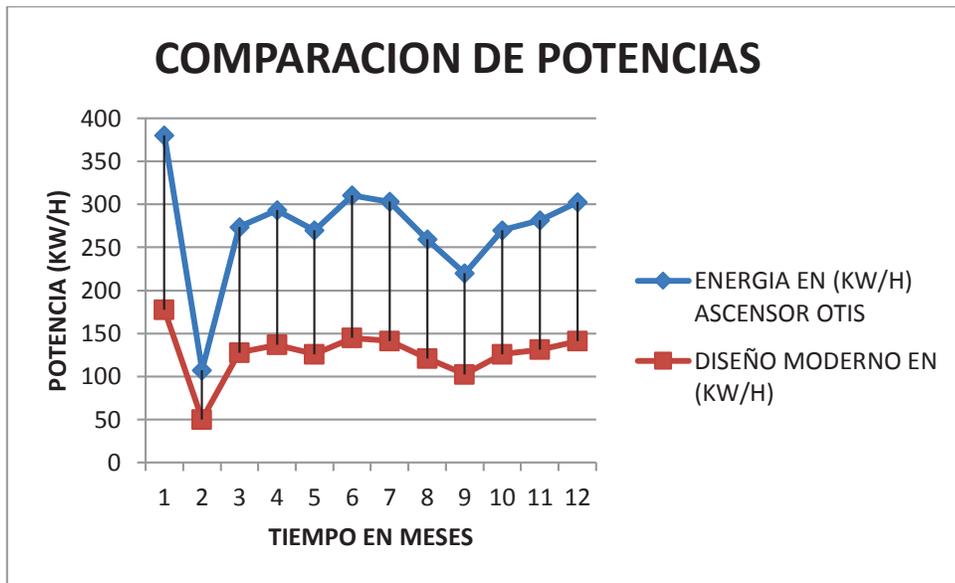


Figura 132 Comparación de potencias ascensores Otis y el moderno

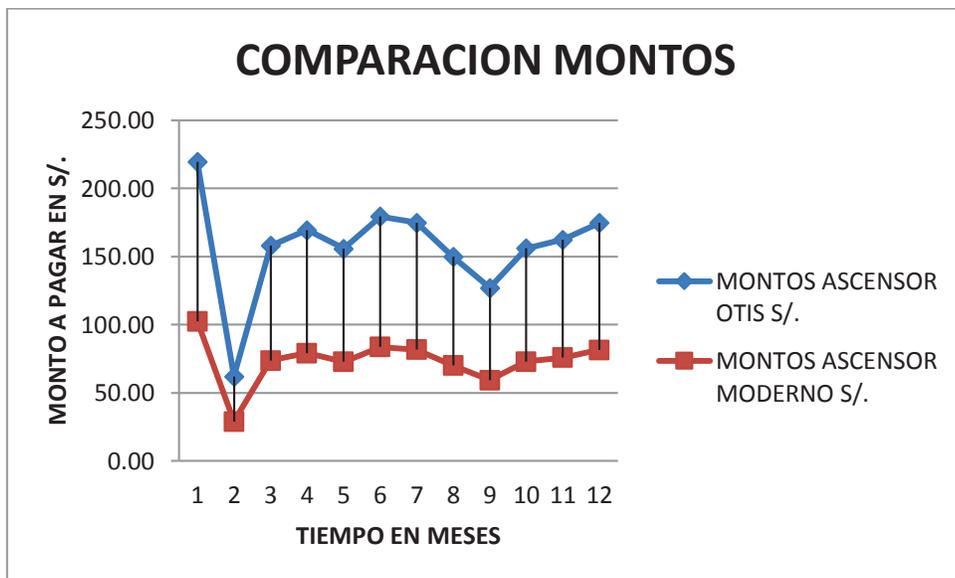


Figura 133 Comparación de potencias ascensores Otis y el moderno



## 7.8. COTIZACIONES DE ASCENSORES PARA CUSCO, CON CURTO DE MAQUINAS Y SIN CUARTO DE MAQUINAS

**1ra Cotización Para 6 Paradas, 8 Pasajeros.**

06 MESES Y MEDIO

### **III. COSTO POR UN ASCENSOR DE PROCEDENCIA ESPAÑOLA**

**A. ASCENSOR SIN CUARTO DE MAQUINAS DE 6 PARADAS, MODELO EROS, CABINA DECORADA EN ESPEJOS DE 1000 x 1200mm, PUERTAS EN TERMINACIÓN DE IMPRIMACIÓN EPOXI DE 800mm. y SEÑALIZACIÓN EN CABINA y PLANTA BAJA. PARA 08 PERSONAS, CARGA UTIL 630 KG**

<b>VALOR DE VENTA</b>	<b>DÓLAR \$</b>	<b>32,580.67</b>
<b>I.G.V. 18%</b>		<b>5,864.52</b>
<b>PRECIO DE VENTA</b>	<b>DÓLAR \$</b>	<b>38,771.00</b>

**NOTA:**

- Costo adicional por cabina en acero inoxidable.....\$ 2 000.00
- Costo adicional por puertas en inox por piso, \$ 320.00 x 07Pisos.....\$ 2 240.00
- Costo adicional por señalización por piso, \$ 250.00 x 6Pisos .....\$ 1 500.00
- Costo adicional por motor Gearles (sin cuarto de máquinas).....\$ 3 000.00

**FORMA DE PAGO**

- 20%.....a la firma del contrato.
- 25%..... a los 30 días de la firma del contrato.
- 25%..... a los 60 días de la firma del contrato.
- 15%..... a los 90 días (llegada del ascensor al Perú).
- 15%..... al término de los trabajos.

**IV. VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DÍAS**

Todos los detalles se muestran en el ANEXO G.



**2DA COTIZACIÓN DE ASCENSOR 6 PARADAS 8 PASAJEROS**

**II. PLAZO DE ENTREGA**

06 MESES Y MEDIO

**III. COSTO POR UN ASCENSOR DE PROCEDENCIA ESPAÑOLA**

- A. ASCENSOR CON CUARTO DE MAQUINAS DE 11 PARADAS, MODELO EROS, CABINA DECORADA EN ESPEJOS 1100mm X 1400mm, PUERTAS EN TERMINACIÓN DE IMPRIMACIÓN EPOXI DE 800. Y SEÑALIZACIÓN EN CABINA Y PLANTA BAJA. PARA 08 PERSONAS, CARGA UTIL 630 KG.**

VALOR DE VENTA	DÓLAR \$	39,858.47
I.G.V. 18%		7,174.53
PRECIO DE VENTA	DÓLAR \$	47,033.00

- B. ASCENSOR CON CUARTO DE MAQUINAS DE 11 PARADAS, MODELO EROS, CABINA DECORADA EN ESPEJOS 1400mm X 1400mm, PUERTAS EN TERMINACIÓN DE IMPRIMACIÓN EPOXI DE 900mm. Y SEÑALIZACIÓN EN CABINA Y PLANTA BAJA. PARA 10 PERSONAS, 800 KG.**

VALOR DE VENTA	DÓLAR \$	44,278.81
I.G.V. 18%		7,970.19
PRECIO DE VENTA	DÓLAR \$	52,249.00

**NOTA:**

- Costo adicional por cabina en acero inoxidable.....\$ 2000.00
- Costo adicional por puertas en inox por piso, \$ 320.00 x 11Pisos...\$ 3520.00
- Costo adicional por señalización por piso, \$ 250.00 x 10Pisos .....\$ 2500.00
- Costo adicional por motor Gearles (sin cuarto de máquinas).....\$ 3000.00

**3RA COTIZACIÓN DE ASCENSOR 6 PARADAS, 8 PASAJEROS**



**PRECIO:** Por el suministro e instalación de un (01) ascensor 3VF- 450 CCM EV-Elevatronic (ESPAÑA) con las características señaladas:

**PRECIO : US\$ 27,813.56 +**  
**I.G.V. 18 % : US\$ 5,006.44**  
**PRECIO DE VENTA : US\$ 32,820.00**

**Nota:** El precio indicado incluye el transporte de los equipos a la ciudad de Cusco, así como los gastos de estadía del personal encargado de la instalación.

**Alternativa:** Ascensor con mismas características generales que el cotizado pero de tipo Sin Cuarto de Máquina (SCM), tendrá un costo de:

US\$ 35,820.00 incl. I.G.V.



## 4TA COTIZACIÓN DE ASCENSORES

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DE ASCENSOR

*Venderemos e instalaremos con los detalles siguientes y consistentes de:*

<b>CANTIDAD</b>	<i>Un (01) GEN2 REGEN - Otis China (Sin cuarto de máquinas)</i>
<b>TIPO</b>	<i>Pasajeros</i>
<b>CAPACIDAD Y VELOCIDAD</b>	<i>630 kg (8personas) a 1m/s</i>
<b>RECORRIDO</b>	<i>-1°,1° al 6° piso, 18m aprox.</i>
<b>PARADAS Y ABERTURAS</b>	<i>Seis (6) paradas y seis (6) aberturas</i>
<b>FUERZA ELECTRICA</b>	<i>220 V, trifásica, 60 Hz, más línea en tierra propia.</i>
<b>CONTROL</b>	<i>Micro procesado de voltaje y frecuencia variables (VVVF) Dentro del pozo</i>
<b>OPERACIÓN</b>	<i>Automática colectiva en subida y bajada.</i>
<b>MAQUINA (Dentro del ducto)</b>	<i>Motor sincrónico de imán permanente PM sin reductor dentro del pozo</i>
<b>CABINA</b>	<i>1.10 m de frente por 1.40 m de fondo, medidas interiores. Modelo Otis</i>
<b>SEGURIDAD CONTRA CAIDAS AMORTIGUADORES OPERADOR DE PUERTAS</b>	<i>De acción progresiva De resortes instalados en la fosa. Automático para puertas de cabina y piso de velocidad voltaje y frecuencia variable (VVVF).</i>
<b>ENTRADA PARA LOS PISOS</b>	<i>Del tipo automático de apertura central de 1.10m por 2.10m.</i>



PRECIO Y FORMA DE PAGO

- 1) Proponemos vender e instalar cinco (05) ascensores, cuyas especificaciones técnicas anteceden, por un precio de:

(05) Asc. 630Kg. C/U	US\$	39,349.57
<b>VALOR DE VENTA</b>	<b>US\$</b>	<b>157,398.28</b>
<b>I.G.V. 19%</b>		<b>29,905.67</b>
<b>PRECIO DE VENTA</b>	<b>US\$</b>	<b>187,303.95</b>

Este precio ha sido calculado al tipo de cambio de 6.67934.CNY (China Yuan Renminbi) por US\$ (dólar USA), por lo que cualquier variación de valor entre estas monedas, dará lugar a un reajuste en el precio de este contrato sobre el 74 % de su valor total, correspondiente al material importado, esto será aplicable hasta la fecha de colocado el pedido.

- 2) **Forma de Pago:**

30% a la firma del contrato.

30% a nuestro aviso de embarque de los materiales.

20% a la llegada de los materiales a la obra.



## TERMINOLOGIA DE ASCENSORES

**Amortiguador:** elemento destinado a servir de tope comprimible al final de recorrido y que está constituido por un sistema de frenado por fluido, resorte u otro dispositivo equivalente.

**Anclajes:** Conjunto de elementos destinados a fijar componentes de un equipo a un elemento estructural.

**Ascensor:** Aparato elevador instalado permanentemente que se desplaza a lo largo de rieles guía y sirve niveles definidos. Utiliza cabinas cuyas dimensiones y constitución permiten el acceso de personas.

**Ascensor de adherencia:** Ascensor cuya tracción se logra por adherencia de los cables sobre las gargantas de la polea motriz de la máquina.

**Ascensor de arrastre:** Ascensor con suspensión por cadena o por cables cuya tracción no se realiza por adherencia.

**Ascensor inclinado:** Elevador que se desplaza por medio de rieles inclinados respecto del nivel horizontal, constituido por una sola cabina o carro y cuya tracción se realiza mediante adherencia o arrastre.

**Alimentación eléctrica:** tensión eléctrica suministrada para el funcionamiento.

**Auto nivelación:** Operación que permite, después de la parada, el reajuste del engrase durante las operaciones de carga y descarga mediante correcciones sucesivas.

**Bases de los equipos:** Estructura secundaria destinada a soportar la máquina del ascensor y transmitir los esfuerzos a la estructura del edificio.

**Bastidor de cabina:** Estructura metálica que soporta la cabina y su carga, y a la que se fijan los elementos de suspensión, rodadura, guiado y seguridad; puede constituir parte integrante de la misma cabina.

**Bastidor de contrapeso:** Estructura metálica que soporta el contrapeso y a la que se fijan los elementos de suspensión, rodadura y guiado.

**Cabina:** Recinto formado por el conjunto de: paredes llenas, techo, piso y puertas, si hubiere, destinado al transporte de personas y/o carga.

**Carro:** elemento del elevador formado por cabina, marco estructural y plataforma.

**Cable o cadena de compensación:** Cable o cadena empleada para compensar el peso de los cables de tracción. Sus extremos se fijan a la parte inferior de la cabina y del contrapeso.

**Cables viajeros:** Conjunto de cables que une eléctricamente la cabina con el gabinete de control.

**Caja de elevadores:** Recinto por el cual se desplaza la cabina y el contrapeso, si existe, delimitado por construcción de piso, paredes y cielo.

**Carga nominal:** Capacidad máxima de la cabina en kilogramos, para la cual se ha construido el elevador.



**Control automático:** conjunto de dispositivos mediante los cuales se controla el funcionamiento de un grupo de elevadores.

**Control de corriente alterna de velocidad:** sistema de control que integra elementos necesarios para la velocidad del elevador.

**Construcción abierta:** Tipo de construcción donde su composición, no supone superficie llena en su totalidad.

**Cubo:** área del edificio destinada a alojar uno o más elevadores, espacio por el cual se desplaza el carro del elevador.

**Contrapesos:** Masa destinada a equilibrar, en un porcentaje determinado, el peso de la cabina.

**Cuarto de máquinas:** Local donde se hallan los elementos motrices y/o su aparellaje.

**Cuarto de poleas:** Local que no contiene órgano tractor pero sí poleas y eventualmente limitador de velocidad y aparatos eléctricos.

**Elevador:** Aparato destinado al transporte vertical de personas y/o carga.

**Elevador de acceso restringido:** Elevador cuya cabina y plano de rodadura se encuentran emplazados dentro de un recinto privado y cerrado, sin acceso a personas no autorizadas ni capacitadas.

**Elevador de carga:** aparato instalado en forma permanente, que sirve de niveles definidos y que su uso es exclusivo de transporte de carga.

**Elevador de pasajeros:** aparato instalado de forma permanente, formado por un carro cuyas dimensiones y formas permiten el acceso a personas y que se desplaza por medio de guías verticales.

**Elevador de uso restringido:** Elevador cuyo funcionamiento se encuentra supeditado a la acción de un sistema de bloqueo accionado por personal autorizado y capacitado.

**Elevador embarque frontal:** Elevador inclinado que dispone solo de dos paradas terminales, superior e inferior, y que realiza la carga y descarga de pasajeros en la misma dirección del movimiento de la cabina.

**Espacio de trabajo:** Sectores del elevador destinados a realizar labores de mantenimiento, reparaciones e inspección.

**Escotilla:** Recinto de un edificio por el cual se desplaza la cabina y el contrapeso. Este espacio queda delimitado por el fondo del pozo, los muros y el cielo.

**Estribos:** Estructura metálica que soporta a la cabina o al contrapeso y a la que se fijan los elementos de suspensión. Esta estructura puede constituir parte integrante de la misma cabina.

**Foso:** Es el espacio del pozo que se extiende desde la parada de nivel del primer piso inferior hasta el fondo en el cual se ubican los amortiguadores, poleas, cables de compensación.



**Funicular:** Elevador que se desplaza por medio de rieles inclinados respecto del nivel horizontal, constituido por dos cabinas con movimiento de vaivén, que están unidos entre sí por uno o más cables tractores y donde el efecto de contrapeso se realiza una en función de la otra.

**Gabinete de control:** Mueble metálico que contiene el tablero de control.

**Guardacabos:** Dispositivo que evita la salida de los cables de suspensión de las gargantas de las poleas.

**Guardapiés:** Tablero que contiene una parte vertical lisa a plomo con el borde de los umbrales de las puertas de piso o de la cabina y debajo de ellos.

**Guías:** Elementos destinados a guiar la cabina o contrapeso, si existe.

**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.

**Interruptor de sobrepaso:** es un sensor que genera una señal para detener el elevador después que el mismo sobrepasa el último piso y/o inferior servidos.

**Limitador de velocidad:** Dispositivo que ordena la detención de la máquina cuando esta alcanza una velocidad establecida, y si es necesario provoca el accionamiento del paracaídas.

**Material plegado:** Material doblado en frío mediante un proceso mecánico

**Nivelación:** Operación que permite mejorar la precisión de parada de la cabina al nivel de los pisos.

**Paracaídas del ascensor:** Dispositivo mecánico destinado a detener e inmovilizar la cabina o el contrapeso sobre los rieles guía en caso de exceso de velocidad durante el descenso o ruptura de los elementos de suspensión.

**Pasajero:** Persona transportada por un ascensor.

**Paracaídas instantáneo:** Paracaídas cuya acción de frenado es prácticamente inmediata.

**Paracaídas progresivo:** Paracaídas con el que la desaceleración se produce por una acción frenante y para el que se diseñan disposiciones especiales para limitar las fuerzas sobre la cabina o el contrapeso a un valor admisible.

**Plataforma montacargas:** Elevador exclusivo para transporte de carga, cuyo recinto para transportar consiste en una plataforma abierta, sin techo ni paredes.

**Pasada de losa:** Orificio en la losa de un edificio que permite el paso de cables u otros elementos entre la sala de máquinas y la escotilla.

**Placa de empalme:** Plancha metálica de superficie mecanizada que se instala en la unión de dos rieles guía, apernadas a sus espaldas, con la finalidad de unirlos y garantizar una superficie continua de desplazamiento de la cabina y del contrapeso.

**Placa de retención:** Elemento auxiliar para guiar en sus rieles, el contrapeso o la cabina, en caso de falla del elemento guía principal.



**Pisadera:** Elemento horizontal inferior de la entrada, base para el marco de puerta y se extiende a todo el ancho del recorrido de la puerta.

**Plano de rodadura:** Superficie por la que se desplaza la cabina y contrapeso, si existe, en un ascensor inclinado o funicular.

**Pozo:** Es el espacio destinado al desplazamiento vertical de la cabina a través de los distintos niveles de la edificación que se extiende desde el piso del foso hasta el techo.

En el recorrido del pozo se encuentran las puertas de acceso correspondiente a los diferentes pisos que permiten la entrada y salida de los pasajeros a la cabina. Incluye el foso y el espacio superior.

**Puertas plegadizas:** Puerta de cabina cuya acción de apertura y cierre se realiza a través de un plegado de la misma.

**Puerta del carro o del cubo:** es la parte deslizante en el carro o la parte embisagrada o deslizante en la pared del cubo, que cubre el espacio que permite el acceso al carro o al piso.

**Recorrido:** Es la distancia vertical medida entre los niveles de piso terminado de las paradas superior e inferior de un ascensor.

**Recorrido libre de seguridad:** Distancia disponible, en los finales de recorrido de la cabina o del contrapeso que permite el desplazamiento de estos, más allá de sus niveles extremos.

**Rieles guía:** Elementos longitudinales destinados a guiar el movimiento de la cabina y del contrapeso de un ascensor.

**Sala de máquinas:** Recinto cerrado donde se ubican las máquinas de un ascensor.

**Sala de poleas:** Recinto que no contiene órgano tractor pero sí poleas, y eventualmente limitador de velocidad y aparatos eléctricos.

**Solicitaciones de acuña miento:** Solicitaciones generadas por la acción del paracaídas sobre los rieles y transmitidas a la estructura del edificio.

**Sobrepaso:** distancia vertical desde el nivel del piso terminado de la última parada hasta la losa/techo.

**Superficie llana:** Tipo de construcción donde su composición no permite ser traspasados por elemento alguno de cualquier dimensión

**Superficie mecanizada:** Superficie procesada mecánicamente para obtener dimensiones precisas.

**Superficie Útil:** Es la superficie de la cabina que pueden ocupar los pasajeros o la carga durante el funcionamiento del ascensor, medida a un metro por encima del pavimento y sin tener en cuenta los pasamanos, si existen. En el caso de una cabina sin puerta, no se contará en el cálculo de la superficie útil una banda de 0,1 metros de ancho en la zona de cada pisadera de cabina.

**Suspensión.-** Conjunto de los elementos (cables, cadenas y accesorios) que sostienen y mueven la cabina y el contrapeso cuando existe, accionados por el grupo tractor.



**Tapa trampas:** Puerta horizontal de acceso.

**Umbral de piso:** espacio bajo el dintel.

**Usuario:** Persona que utiliza los servicios del ascensor o montacargas.

**Usuario autorizado y capacitado:** Persona autorizada por el propietario o administrador, para controlar un determinado ascensor o montacargas, que ha recibido las instrucciones relativas a su uso.

**Velocidad nominal:** Velocidad de la cabina para la que ha sido construido el aparato y para la cual el suministrador garantiza su funcionamiento normal.

**Zona de desenclavamiento:** Distancia por encima y por debajo del nivel de detención de la cabina que permite la apertura de la puerta de piso.



## CONCLUSIONES

- Todos los elementos estructurales dimensionados en nuestro diseño de estructuras, tracción, cabina, contrapeso, sistema suspensión cumplen con la norma UNE-EN 81-1, los cálculos realizados que presentan tienen características de elementos más rígidos y duraderos que encontramos en el mercado local y nacional, como las guías y las cintas de tracción presentan unos coeficientes de seguridad más elevados a los anteriores diseños existentes, debido a que los nuevos elementos que disponen de unas características mejores y que permiten mayores cargas con menores esfuerzos estas mejoras hacen que la vida a fatiga aumente notablemente al haber reducido los esfuerzos.
- Los cálculos realizados con nuestro nuevo motor Gearless, de eficiencia energética el consumo de energía se ha reducido al 42.22% en comparación con los ascensores ya existentes y en lo que demostramos que los equipos a escoger motor Gearless, cintas planas, variador de frecuencia, iluminación leds en cabina con apagado automático son óptimos en su consumo y reducción de energía, en costos ahorramos por mes S/. 9123.70, anualmente se llega a un ahorro de S/. 109484.48.
- En nuestro nuevo diseño de ascensor se tiene mayor capacidad y calidad en el servicio de transporte vertical, trae como resultado un aumento en la confiabilidad, seguridad, rendimiento de equipos, aumento de capacidad de transporte, tiempos de espera son menores y se mejora la calidad de servicio a satisfacción de los usuarios, nos ofrece un buen confort con paradas y arranques suaves ascensor eléctrico moderno.
- Si todos los ascensores tomados como muestra en la ciudad del Cusco serian motores Gearless tendríamos ahorros en mantenimiento de S/.294000 anuales. Lo cual indica que en nuestro diseño de ascensores es óptimo a comparación de los ascensores eléctricos convencionales.



## RECOMENDACIONES

- Que en las próximas tesis a desarrollarse se les recomienda que sean múltiples con las ingenierías afines, a la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, para su buen desarrollo y aplicación.
- Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad del Cusco, hacer cumplir las normas, de instalar y hacer uso de ascensores modernos a consumo eficiente de energía, ya que es una necesidad en el transporte vertical de 5 paradas a más.
- Se recomienda hacer un recalcu para 8 a 10 y 12 pisos para edificios o condominios, que se están construyendo en la ciudad del Cusco ya que el crecimiento vertical aumenta anualmente.



## BIBLIOGRAFÍA.

- ✓ Alva Dávila Fortunato, Diseño de Elementos de Maquinas I, segunda edición, Lima Perú 1999.
- ✓ Alva Dávila Fortunato, Diseño de Elementos de Maquinas II, segunda edición. Lima – Perú 1999.
- ✓ Beer Jhonson, P. Ferdinand, Resistencia de materiales, tercera edición. Mc Graw Hill Interamericana 2003.
- ✓ Benjamín Barriga G, Metodología del Diseño Mecánico - PUCP
- ✓ Faires, Diseño de Maquinas
- ✓ Gonzales Ruiz. Agustín Instalación De Ascensores, Edit. Fund. Confemetal 2009 – España
- ✓ Hibbeler, R.C Mecánica de Materiales, segunda edición, Mc Graw Hill Interamericana 2001.
- ✓ Larrode Emilio; Miravete Antonio, Elevadores Principio e Innovaciones Editorial Barcelona 1996 – España.
- ✓ Ledo Ovies, José M. Ascensores – Ingeniería Editorial Barcelona 2006-España
- ✓ Pablo Comesaña Costas, Pablo. Montaje e Instalación De Ascensores Y Montacargas Edit. Ideas Propias Editorial 2004 – España.
- ✓ Shigley Joseph E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Octava Edición, McGraw-Hill
- ✓ Tedesco, Carlos Francisco. Ascensores Electrónicos y Variadores de velocidad Edit. Tecnibook 2001 – España.



## TESIS CONSULTADAS

- ✓ Diseño de un controlador lógico de un ascensor para un edificio de cuatro pisos usando un Micro controlador de propósito general Félix Alonso Agapito Córdova
- ✓ Desarrollo De Un Software Para La Elección Y Diseño De Elementos De Un Ascensor, Delift, Mediante La Herramienta Guide De Matlab D. Alberto Toril Castro
- ✓ Optimización del Sistema de Ascensores de un Hospital, por medio del Estudio de Tráfico Vertical Por Br. Cesar A. Mitrotti V.
- ✓ Diseño, Instalación Y Puesta En Marcha De Ascensor Eficientemente Sostenible En Un Edificio De Viviendas, Ya Existente Autor: Jorge Manuel Garrido Rubio
- ✓ Modernización de una instalación existente de ascensores  
Autor: d. Víctor Blanco Blázquez.

## PAGINAS WEB CONSULTADAS

- ✓ Historia del Ascensor Eléctrico:  
[www.google.com.pe/#q=historia+del+ascensor+electrico](http://www.google.com.pe/#q=historia+del+ascensor+electrico)
- ✓ Ascensor: [www.wikipedia.org/wiki/Ascensor.es](http://www.wikipedia.org/wiki/Ascensor.es)
- ✓ Ascensor Eléctrico: [www.monografa-de-ascensor-elctrico.es](http://www.monografa-de-ascensor-elctrico.es)
- ✓ Ascensores Otis: [www.otis.com](http://www.otis.com)
- ✓ Ascensores Eléctricos:  
<http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/ascensor%20electrico.htm>
- ✓ Ascensor proyectos tecnológicos:  
<http://elblogdelprofesordetecnologia.blogspot.pe/2010/03/ascensor.html>
- ✓ Norma EN-81: [www.google.com.pe/#q=normas+europeas+para+ascensores](http://www.google.com.pe/#q=normas+europeas+para+ascensores)
- ✓ Ascensores seguros: <http://www.20minutos.es/noticia/2637322/0/ascensores-mas-seguros/2016-nueva-directiva/europea/>



- ✓ Ahorro de energía: <http://aulagreencities.coamalaga.es/ascensores-eficiencia-energetica-y-clasificacion-segun-vdi-4707/>
- ✓ Eleva tu ascensor ahorrando energía: [www.madrid.org](http://www.madrid.org).

## ARTÍCULOS CONSULTADOS

- ✓ Manual de eficiencia energética en aparatos elevadores.
- ✓ La mecánica del ascensor Enor
- ✓ Guía práctica sobre ahorro y eficiencia energética en edificios
- ✓ Catálogo de ascensores sin sala de máquinas Orona 3G 1010
- ✓ Catálogos de ascensores Otis gen2 comfort
- ✓ PM synchronous gearless motors for elevators
- ✓ Guía técnica de ascensores
- ✓ Catálogos de ascensores Orona
- ✓ Catalogo componentes para ascensores Raloe
- ✓ Catálogos de ascensores Gearless
- ✓ Catálogos de ascensores Schindler
- ✓ Catálogo de modernización de ascensores Schindler 6300
- ✓ Catalogo gen2 flex.

## SOFTWARE UTILIZADOS

- ✓ Auto cad 2014
- ✓ Sap2000
- ✓ Solid works 2015
- ✓ Microsoft Office 2010 (Word, Excel, Power Point)



# ANEXOS



Anexo A

Anexo A.1

E.1.1. CABLES DE ACERO CABOS DE AÇO

DIÁMTERO	SEALE								TYCLIFT 8MC		RIOSTRA	
	CASAÑ		CASAÑ GALVANIZ.		CYE GALVANIZ.		CYE		CYE		CASAÑ	
	8 x 19 + 1		6 x 19 + 1		6 x 19 + 1		8 x 19 + 1		8x 19S + (5 x 7+1)		1 x 7 + 0	
gr/m.	CÓDIGO	gr/m.	CÓDIGO	gr/m.	CÓDIGO	gr/m.	CÓDIGO	gr/m.	CÓDIGO	gr/m.	CÓDIGO	
4	-	-	55	YC04G	-	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	66	YC05G	-	-	-	-	-	-	-	
6	-	-	124	YC06G	125	YCCE06D	-	-	-	-	-	
	-	-				YCCE06I	-	-	-	-	-	-
8	220	YB08D	-	-	-	-	222	YCCE08D	240	YCTY08D	310	YCR08G
		YB08I	-	-	-	-		YCCE08I				
9	225	YB09D	-	-	-	-	260	YCCE09D	310	YCTY09D	-	-
		YB09I	-	-	-	-		YCCE09I			-	-
10	350	YB10D	-	-	-	-	347	YCCE10D	380	YCTY10D	-	-
		YB10I	-	-	-	-		YCCE10I			-	-
11	420	YB11D	-	-	-	-	420	YCCE11D	450	YCTY11D	-	-
		YB11I	-	-	-	-		YCCE11I			-	-
12	500	YB12D	-	-	-	-	470	YCCE12D	540	YCTY12D	-	-
		YB12I	-	-	-	-		YCCE12I			-	-
13	550	YB13D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		YB13I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



**Anexo B**

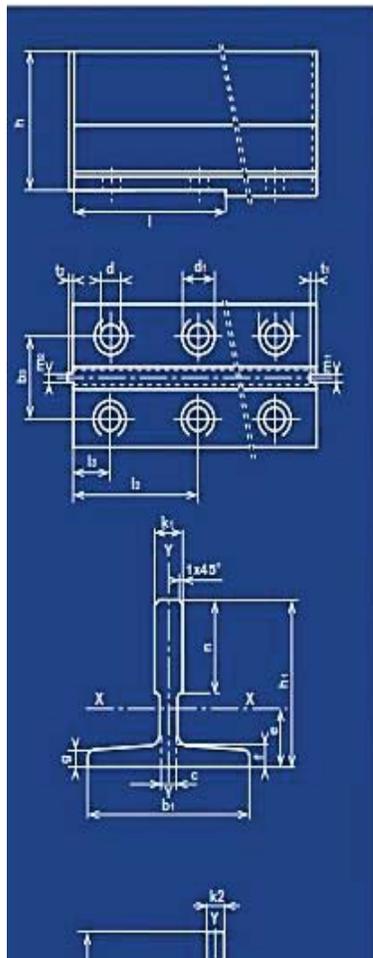
(Continuación)

Material	RESISTENCIA (N/mm <sup>2</sup> )											Propiedades y ejemplos de aplicación
	$\sigma_B$	$\sigma_T$	HB	tracc.-comp.		flexión		torsión		E	G	
				$\sigma_{Ful}$	$\sigma_{Ab}$	$\sigma_{Ful}$	$\sigma_{FAb}$	$\tau_{Ful}$	$\tau_{FAb}$			
<b>8. Aceros para resortes según DIN 17221 y DIN 17222 (bonificados)</b>												
55Si7	1300 a 1500	1100	hasta 2350	700	430	1000	560	480	350	2,1·10 <sup>5</sup>	8·10 <sup>4</sup>	Para resortes helicoidales y muelles de hoja sometidos a cargas medias.
50CrV4	1350 a 1700	1200	hasta 2350	750	470	1100	620	530	390	2,1·10 <sup>5</sup>	8·10 <sup>4</sup>	Para resortes helicoidales a torsión y resortes de plato sometidos a cargas altas.
65SiCr5	1500 a 1700	1350	hasta 2400	800	490	1150	640	550	400	2,1·10 <sup>5</sup>	8·10 <sup>4</sup>	Para muelles de barra de torsión y resortes helicoidales a flexión de altas resistencia mecánica y constante de rigidez.
<b>9. Fundiciones aleadas de cobre según DIN 1705 y DIN 1709</b>												
G-SnBz14	200 a 250	140 a 170	hasta 1150							9,2·10 <sup>4</sup>	3·10 <sup>4</sup>	Para coronas helicoidales de gran dureza y muy alta resistencia al desgaste sin cargas de impacto. Para soportes de husillos de máquinas-herramienta y cojinetes de deslizamiento.
G-SnBz12	240 a 280	120 a 160	hasta 950							9,5·10 <sup>4</sup>	3·10 <sup>4</sup>	Material standard para ruedas de tornillo sin fin de alta velocidad y altísima carga.
Rg5	150 a 240	80 a 100	hasta 700			35		25		9,5·10 <sup>4</sup>	3,5·10 <sup>4</sup>	Elementos de grifería (válvulas y accesorios), cojinetes sometidos a cargas medianas.
SoMs60	600 a 650	300	hasta 1600			240		140		10·10 <sup>4</sup>	4·10 <sup>4</sup>	Bronce al manganeso para exigencias de buena resistencia mecánica y además resistentes a la corrosión.
SoMs75	800	600	hasta 2200							10,5·10 <sup>4</sup>	4·10 <sup>4</sup>	Bronce al manganeso para las más altas sollicitaciones estáticas y dinámicas, buenas características para deslizamiento.
<b>10. Aluminios y fundiciones aleadas de aluminio según DIN 1725</b>												



Anexo C

Anexo C.1



CARACTERISTICAS TECNICAS / TECHNICAL CHARACTERISTICS

CALIBRADA S CONTRAPESO / COUNTERWEIGHT	Sección Section cm <sup>2</sup>	Peso Weight Kg/m	e cm	I <sub>xx</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>xx</sub> cm <sup>3</sup>	I <sub>yy</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>yy</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>yy</sub> cm	
									CALIBRADA S CABLE GUIDE
T45/A	4,25	3,34	1,31	8,08	2,53	1,38	3,84	1,71	0,95
T50/A	4,75	3,73	1,43	11,24	3,15	1,54	5,25	2,1	1,05
T65/A	6,24	4,9	1,71	20,09	5,44	1,79	10,92	3,36	1,32
T70-1/A	9,51	7,47	2,04	41,3	9,24	2,09	18,65	5,35	1,40
T70-2/A	10,52	8,26	2,02	47,43	9,63	2,12	23,13	6,61	1,48
T70-70-9/A	11,25	8,83	2,11	52,81	10,79	2,16	24,62	7,02	1,48
T75-3/A	10,99	8,63	1,86	40,35	9,29	1,92	26,49	7,06	1,55
T80-80-9/A	13,56	10,65	2,32	80,2	14,21	2,44	38,83	9,7	1,69
T82/A	10,9	8,55	1,98	49,4	10,2	2,13	30,5	7,4	1,67
T89/A	15,7	12,3	2,02	59,52	14,25	1,95	52,4	11,8	1,83
T90/A	17,25	13,55	2,61	102,0	20,87	2,43	52,6	11,8	1,75
T125-11/A	14,39	11,29	1,65	56,46	10,97	1,98	107,88	17,26	2,74
T75-3/B	10,99	8,63	1,86	40,35	9,29	1,92	26,49	7,06	1,55
T78/B	9,82	7,7	1,65	29,9	7,56	1,74	26,1	6,71	1,63
T82/B	10,9	8,55	1,98	49,4	10,2	2,13	30,5	7,4	1,67
T89/B	15,7	12,3	2,02	59,52	14,25	1,95	52,4	11,8	1,83
T90/B	17,25	13,55	2,61	102,0	20,87	2,43	52,6	11,8	1,75
T114/B	20,85	16,37	2,87	179	29,7	2,93	109	19,1	2,29
T125/B	22,83	17,9	2,43	151	26,2	2,57	159	25,4	2,64
T127-1/B	22,64	17,77	2,75	186,2	30,4	2,87	148	23,4	2,56
T127-2/B	28,63	22,48	2,47	198,4	30,9	2,63	230	36,2	2,83
T140-1/B	35,2	27,6	3,24	404	53,4	3,39	310	44,3	2,97
T140-2/B	43,22	33,92	3,47	457	68,0	3,25	358	51,2	2,88
T140-3/B	58,57	46	4,38	953	114,6	4,03	486	69,4	2,88



CARACTERISTICAS TECNICAS / TECHNICAL CHARACTERISTICS										
C A L I B R A D A S · C O L D D R A W N	CONTRAPESO / COUNTERWEIGHT CABINA / CAR	Sección	Peso	e	$I_{xx}$	$W_{xx}$	$i_{xx}$	$I_{yy}$	$W_{yy}$	$i_{yy}$
		Section cm <sup>2</sup>	Weight Kg/m	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
C E P I L L A D A S · P L A N E D	T45/A	4,25	3,34	1,31	8,08	2,53	1,38	3,84	1,71	0,95
	T50/A	4,75	3,73	1,43	11,24	3,15	1,54	5,25	2,1	1,05
	T65/A	6,24	4,9	1,71	20,09	5,44	1,79	10,92	3,36	1,32
	T70-1/A	9,51	7,47	2,04	41,3	9,24	2,09	18,65	5,35	1,40
	T70-2/A	10,52	8,26	2,02	47,43	9,63	2,12	23,13	6,61	1,48
	T70-70-9/A	11,25	8,83	2,11	52,81	10,79	2,16	24,62	7,02	1,48
	T75-3/A	10,99	8,63	1,86	40,35	9,29	1,92	26,49	7,06	1,55
	T80-80-9/A	13,56	10,65	2,32	80,2	14,21	2,44	38,83	9,7	1,69
	T82/A	10,9	8,55	1,98	49,4	10,2	2,13	30,5	7,4	1,67
	T89/A	15,7	12,3	2,02	59,52	14,25	1,95	52,4	11,8	1,83
	T90/A	17,25	13,55	2,61	102,0	20,87	2,43	52,6	11,8	1,75
	T125-L1/A	14,39	11,29	1,65	56,46	10,97	1,98	107,88	17,26	2,74
	T75-3/B	10,99	8,63	1,86	40,35	9,29	1,92	26,49	7,06	1,55
T78/B	9,82	7,7	1,65	29,9	7,56	1,74	26,1	6,71	1,63	
T82/B	10,9	8,55	1,98	49,4	10,2	2,13	30,5	7,4	1,67	
T89/B	15,7	12,3	2,02	59,52	14,25	1,95	52,4	11,8	1,83	
T90/B	17,25	13,55	2,61	102,0	20,87	2,43	52,6	11,8	1,75	
T114/B	20,85	16,37	2,87	179	29,7	2,93	109	19,1	2,29	
T125/B	22,83	17,9	2,43	151	26,2	2,57	159	25,4	2,64	
T127-1/B	22,64	17,77	2,75	186,2	30,4	2,87	148	23,4	2,56	
T127-2/B	28,63	22,48	2,47	198,4	30,9	2,63	230	36,2	2,83	
T140-1/B	35,2	27,6	3,24	404	53,4	3,39	310	44,3	2,97	
T140-2/B	43,22	33,92	3,47	457	68,0	3,25	358	51,2	2,88	
T140-3/B	58,57	46	4,38	953	114,6	4,03	486	69,4	2,88	



Anexo C.2

Tablas de la NORMA UNE-EN-81

Coefficiente de pandeo omega ( $\omega$ ) en función de la esbeltez ( $\lambda$ )

Coefficientes  $\omega$  de aumento de las cargas a pandeo, en función de  $\lambda$  para el acero de 370 N/mm

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
20	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	20
30	1.08	1.09	1.09	1.10	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.13	30
40	1.14	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.19	1.20	40
50	1.21	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	50
60	1.30	1.31	1.32	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40	60
70	1.41	1.42	1.44	1.45	1.46	1.48	1.49	1.50	1.52	1.53	70
80	1.55	1.56	1.58	1.59	1.61	1.62	1.64	1.66	1.68	1.69	80
90	1.71	1.73	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.84	1.86	1.88	90
100	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	2.02	2.05	2.07	2.09	100
110	2.11	2.14	2.16	2.18	2.21	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39	110
120	2.43	2.47	2.51	2.56	2.60	2.64	2.68	2.72	2.77	2.81	120
130	2.85	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.17	3.22	3.26	130
140	3.31	3.36	3.41	3.45	3.50	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	140
150	3.80	3.85	3.90	3.95	4.00	4.06	4.11	4.16	4.22	4.27	150
160	4.32	4.38	4.43	4.49	4.54	4.60	4.65	4.71	4.77	4.82	160
170	4.88	4.94	5.00	5.05	5.11	5.17	5.23	5.29	5.35	5.41	170
180	5.47	5.53	5.59	5.66	5.72	5.78	5.84	5.91	5.97	6.03	180
190	6.10	6.16	6.23	6.29	6.36	6.42	6.49	6.55	6.62	6.69	190
200	6.75	6.82	6.89	6.96	7.03	7.10	7.17	7.24	7.31	7.38	200
210	7.45	7.52	7.59	7.66	7.73	7.81	7.88	7.95	8.03	8.10	210
220	8.17	8.25	8.32	8.40	8.47	8.55	8.63	8.70	8.78	8.86	220
230	8.93	9.01	9.09	9.17	9.25	9.32	9.41	9.49	9.57	9.65	230
240	9.73	9.81	9.89	9.97	10.05	10.14	10.22	10.30	10.39	10.47	240
250	10.55										



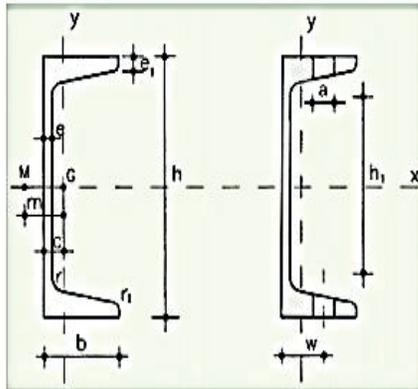
Coefficientes  $\omega$  de aumento de las cargas a pandeo, en función de  $\lambda$  para el acero de 620 N/mm

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
20	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.11	20
30	1.11	1.12	1.12	1.13	1.14	1.15	1.15	1.16	1.17	1.18	30
40	1.19	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	40
50	1.28	1.30	1.31	1.32	1.33	1.35	1.36	1.37	1.39	1.40	50
60	1.41	1.43	1.44	1.46	1.48	1.49	1.51	1.53	1.54	1.56	60
70	1.58	1.60	1.62	1.64	1.66	1.68	1.70	1.72	1.74	1.77	70
80	1.79	1.81	1.83	1.86	1.88	1.91	1.93	1.95	1.98	2.01	80
90	2.05	2.10	2.14	2.19	2.24	2.29	2.33	2.38	2.43	2.48	90
100	2.53	2.58	2.64	2.69	2.74	2.79	2.85	2.90	2.95	3.01	100
110	3.06	3.12	3.18	3.23	3.29	3.35	3.41	3.47	3.53	3.59	110
120	3.65	3.71	3.77	3.83	3.89	3.96	4.02	4.09	4.15	4.22	120
130	4.28	4.35	4.41	4.48	4.55	4.62	4.69	4.75	4.82	4.89	130
140	4.96	5.04	5.11	5.18	5.25	5.33	5.40	5.47	5.55	5.62	140
150	5.70	5.78	5.85	5.93	6.01	6.09	6.16	6.24	6.32	6.40	150
160	6.48	6.57	6.65	6.73	6.81	6.90	6.96	7.06	7.15	7.23	160
170	7.32	7.41	7.49	7.58	7.67	7.76	7.85	7.94	8.03	8.12	170
180	8.21	8.30	8.39	8.48	8.58	8.67	8.76	8.86	8.95	9.05	180
190	9.14	9.24	9.34	9.44	9.53	9.63	9.73	9.83	9.93	10.03	190
200	10.13	10.23	10.34	10.44	10.54	10.65	10.75	10.85	10.96	11.06	200
210	11.17	11.28	11.38	11.49	11.60	11.71	11.82	11.93	12.04	12.15	210
220	12.26	12.37	12.48	12.60	12.71	12.82	12.94	13.05	13.17	13.28	220
230	13.40	13.52	13.63	13.75	13.87	13.99	14.11	14.23	14.35	14.47	230
240	14.59	14.71	14.83	14.96	15.08	15.20	15.33	15.45	15.58	15.71	240
250	15.83										



ANEXO D

D.1



- A = Área de la sección
- $S_x$  = Momento estático de media sección, respecto a X
- $I_x$  = Momento de inercia de la sección, respecto a X
- $W_x = 2I_x : h$ . Módulo resistente de la sección, respecto a X
- $i_x = \sqrt{I_x : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto a X
- $I_y$  = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
- $W_y = I_y : (b - c)$ . Mínimo módulo resistente de la sección, respecto a Y
- $i_y = \sqrt{I_y : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto a Y
- $I_t$  = Módulo de torsión de la sección
- c = Posición del eje Y
- m = Distancia al centro de esfuerzos cortantes
- a = Diámetro del agujero del roblón normal
- w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
- $h_1$  = Altura de la parte plana del alma
- p = Peso por m
- u = Perímetro

Perfil	Dimensiones							Términos de sección								Agujeros			Peso			
	h mm	b mm	e mm	$e_1$ mm	$r_1$ mm	$h_1$ mm	u mm	A cm <sup>2</sup>	$S_x$ cm <sup>3</sup>	$I_x$ cm <sup>4</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>	$i_x$ cm	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$i_y$ cm	$I_t$ cm <sup>4</sup>	c cm	m cm	w mm	a mm	p kg/m	
UPN 80	80	45	6,0	8,0	4,0	46	312	11,0	15,9	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	2,24	1,45	2,67	25	13	8,64	C
UPN 100	100	50	6,0	8,5	4,5	64	372	13,5	24,5	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	2,96	1,55	2,93	30	13	10,60	P
UPN 120	120	55	7,0	9,0	4,5	82	434	17,0	36,3	364	60,7	4,62	43,2	11,10	1,59	4,30	1,60	3,03	30	17	13,40	P
UPN 140	140	60	7,0	10,0	5,0	98	489	20,4	51,4	605	86,4	5,45	52,7	14,80	1,75	6,02	1,75	3,37	35	17	16,00	P
UPN 160	160	65	7,5	10,5	5,5	115	546	24,0	68,8	925	116,0	6,21	85,3	18,30	1,89	7,81	1,84	3,56	35	21	18,80	P
UPN 180	180	70	8,0	11,0	5,5	133	611	28,0	89,6	1350	150,0	6,95	114,0	22,40	2,02	9,98	1,92	3,75	40	21	22,00	P
UPN 200	200	75	8,5	11,5	6,0	151	661	32,2	114,0	1910	191,0	7,70	148,0	27,00	2,14	12,60	2,01	3,94	40	23	25,30	P
UPN 220	220	80	9,0	12,5	6,5	167	716	37,4	146,0	2690	245,0	8,48	197,0	33,60	2,30	17,00	2,14	4,20	45	23	29,40	P
UPN 240	240	85	9,5	13,0	6,5	184	775	42,3	179,0	3600	300,0	9,22	248,0	39,60	2,42	20,80	2,23	4,39	45	25	33,20	P
UPN 260	260	90	10,0	14,0	7,0	200	834	48,3	221,0	4820	371,0	9,99	317,0	47,70	2,56	23,70	2,36	4,66	50	25	37,90	P
UPN 280	280	95	10,0	15,0	7,5	216	890	53,3	266,0	6280	448,0	10,90	399,0	57,20	2,74	33,20	2,53	5,02	50	25	41,80	P
UPN 300	300	100	10,0	16,0	8,0	232	950	58,8	316,0	8030	535,0	11,70	495,0	67,80	2,90	40,80	2,70	5,41	55	25	46,20	P



**2.3.1 Catálogo Arcelor.**

Se relacionan las series de perfiles estructurales con indicación de los extremos de cada serie. Conviene resaltar la presencia de perfiles “nuevos” si tomamos como referencia la NBE-EA95, tales como los UPE que presentan alas con lados paralelos para una mayor sencillez en las uniones o las series HL, HD o HP que derivan de la básica HE.

<b>IPE</b>	<b>IPN</b>	<b>HE</b>	<b>HL</b>	<b>HD</b>	<b>HP</b>	<b>UPE</b>	<b>UPN</b>	<b>U</b>
páginas/pages/ pagine 50-55	páginas/pages/ pagine 56-57	páginas/pages/ pagine 58-65	páginas/pages/ pagine 66-67	páginas/pages/ pagine 68-71	páginas/pages/ pagine 74-77	páginas/pages/ pagine 80-81	páginas/pages/ pagine 82-83	páginas/pages/ pagine 84-85
Perfiles I de alas paralelas	Perfiles I de alas inclinadas	Perfiles H de alas anchas	Perfiles H de alas extra anchas	Pilares de alas anchas	Perfiles H de alas anchas y caras paralelas para pilares	Perfiles U de alas paralelas	Perfiles U de alas inclinadas	Perfiles U de alas inclinadas
IPE80 IPE750  <u>Otros:</u> IPE A IPE O	IPN80 IPN600	HE100 HE1000  <u>Otros:</u> HE A HE AA HE M	HL920 HE1100	HD260 HD400	HP200 HP400	UPE80 UPE400  <u>Otros:</u> UAP	UPN80 UPN400	U 40 U 65



ANEXO E

ANEXO E.1

Diana		Aufzugs- und Gebäudetechnik																
		VERTIMA																
Art. Nr. Id No.	Typ Type	L1	L2	L3	V (m/s)	Q (kg)	Frequenz Frequency Hz	min	P (kW)	I <sub>n</sub> (A)	U (V)	BLUF (V)	Seile Ropes	Aufhängung Suspension	Torque (Nm)	Gewicht Weight (kg)	Max. Brems- moment (Nm)	GD <sup>2</sup> (kg m <sup>2</sup> )
SAE01600	Diana-6.3-320-25	551	372	166	0.63	320	13	74	1.4	3.4	320	270	53	2-1	165	170	463	1.62
SAE01200	Diana-10-320-25	551	372	166	1	320	20	116	2.2	5.3	300	270		2-1	185	170		1.62
SAE02400	Diana-6.3-400-25				0.63		13	74	1.8	4	320	265		2-1	230	223		1.75
SAE02500	Diana-10-400-25				1	400	20	116	2.8	6.2	320	270		2-1	230	223	575	1.75
SAE02600	Diana-16-400-25				1.6		31	165	4.5	9.4	300	270		2-1	230	223		1.75
SAE01300	Diana-6.3-450-25	561	402	201	0.63	450	13	74	2	4.4	320	265		2-1	255	242	638	1.76
SAE01400	Diana-10-450-25				1		20	116	3.1	6.9	320	270		2-1	255	242		1.76
SAE01500	Diana-16-450-25				1.6		31	165	4.9	10.5	300	270		2-1	255	242	638	1.76
SAE01600	Diana-6.3-630-25				0.63		13	74	2.8	6.1	320	265		2-1	335	270		1.92
SAE01700	Diana-10-630-25				1		20	116	4.3	9.3	300	270		2-1	335	270		1.92
SAE01800	Diana-16-630-25	616	437	216.5	1.6	630	31	165	6.9	14.6	300	270		2-1	335	270	868	1.92
SAE01900	Diana-17.5-630-25				1.75		34	203	7.5	15.4	320	270		2-1	335	270		1.92
SAE02000	Diana-20-630-25				2		39	232	8.6	17.4	300	270		2-1	335	270		1.92
SAE02700	Diana-6.3-800-25				0.63		13	74	3.5	7.6	320	265		2-1	450	300		2.14
SAE02800	Diana-10-800-25				1		20	116	5.5	11.7	320	270		2-1	450	300		2.14
SAE02900	Diana-16-800-25	656	477	238.5	1.6	800	31	165	8.7	16.3	300	270		2-1	450	300	1123	2.14
SAE03000	Diana-17.5-800-25				1.75		34	203	9.6	19.9	320	270		2-1	450	300		2.14
SAE03100	Diana-20-800-25				2		39	232	10.9	21.5	300	270		2-1	450	300		2.14
SAE03100	Diana-20-800-25				2		39	232	10.9	21.5	320	270		2-1	450	300		2.14
SAE03200	Diana-6.3-1000-25				0.63		13	74	4.3	9.5	320	265		2-1	560	335		2.29
SAE03300	Diana-10-1000-25				1		20	116	6.6	14.2	320	270		2-1	560	335		2.29
SAE03400	Diana-16-1000-25	696	507	253.5	1.6	1000	31	165	10.8	21.9	320	270		2-1	560	335	1420	2.29
SAE03500	Diana-17.5-1000-25				1.75		34	203	11.9	23.6	320	270		2-1	560	335		2.29
SAE03600	Diana-20-1000-25				2		39	232	13.6	26	320	270		2-1	560	335		2.29
SAE03700	Diana-6.3-1250-25				0.63		13	74	5.4	11.9	320	265		2-1	700	360		2.64
SAE03800	Diana-10-1250-25	786	607	303.5	1	1250	20	116	8.5	17.2	320	270		2-1	700	360	1750	2.64
SAE03900	Diana-16-1250-25				1.6		31	165	13.6	28.6	320	270		2-1	700	360		2.64

Änderungen vorbehalten Copyright © 2006 Vertima GmbH, Aufzugs- und Gebäudetechnik, Weifshagen



ANEXO E.2

Diana Aufzugs- und Gebäudetechnik  
**VERTIMA**

Art. Nr. Id No.	Typ Type	L1	L2	L3	V (m/s)	Q (kg)	Frequenz Frequency Hz	r/min	P (kW)	In (A)	U (V)	BMF (V)	Selle Ropes	Aufhängung Suspension	Torque (Nm)	Gewicht Weight (kg)	Max. Brems- moment (Nm)	GD <sup>2</sup> (kg·m <sup>2</sup> )
SAE04000	Diana-17.5-1250-2S	786	607	303,5	1.75	1250	34	203	14.9	29.4	320	270	≤9	2:1	700	380	1750	2.84
SAE04100	Diana-20-1250-2S				2		39	232	17	32.9	320	270		2:1	700	380		2.84
SAE04200	Diana-6.3-320-2F	551	372	186	0.63	320	13	74	1.4	3.4	320	270	3	2:1	185	170	463	1.62
SAE04300	Diana-10-320-2F	551	372	186	1	320	20	116	2.2	5.3	320	270		2:1	185	170		1.62
SAE04400	Diana-6.3-400-2F				0.63	400	13	74	1.8	4	320	265		2:1	230	225		1.75
SAE04500	Diana-10-400-2F				1		20	116	2.8	6.2	320	270	4	2:1	230	225	575	1.75
SAE04600	Diana-16-400-2F				1.6		31	185	4.5	9.4	320	270		2:1	230	225		1.75
SAE04700	Diana-6.3-450-2F	581	402	201	0.63		13	74	2	4.4	320	265	4	2:1	255	242		1.76
SAE04800	Diana-10-450-2F				1	450	20	116	3.1	6.9	320	270		2:1	255	242	638	1.76
SAE04900	Diana-16-450-2F				1.6		31	185	4.9	10.5	320	270		2:1	255	242		1.76
SAE05000	Diana-6.3-630-2F				0.63		13	74	2.8	6.1	320	265		2:1	355	270		1.92
SAE05100	Diana-10-630-2F				1		20	116	4.3	9.3	320	270		2:1	355	270		1.92
SAE05200	Diana-16-630-2F	616	437	218.5	1.6	630	31	185	6.9	14.6	320	270	5	2:1	355	270	888	1.92
SAE05300	Diana-17.5-630-2F				1.75		34	203	7.5	15.4	320	270		2:1	355	270		1.92
SAE05400	Diana-20-630-2F				2		39	232	8.6	17.4	320	270		2:1	355	270		1.92

ANEXO F

ANEXO F.1

UNIONES CON CHAVETAS Y UNIONES ESTRIADAS

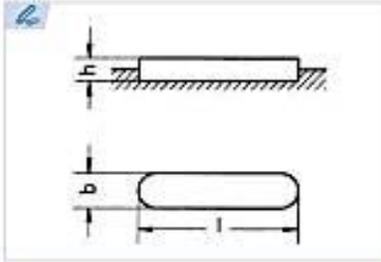
Tabla 5. 1. Dimensiones de chavetas prismáticas estandarizadas [3].

Diámetro del árbol d, mm	Medida nominal de la chaveta, mm		Medida nominal del chavetero, mm				
	b x h	Chafilán S		Profundidad		Radio r	
		máx	mín	En el árbol	En el cubo t <sub>2</sub>	máx	mín
6 a 8	2 x 2			1.2	1.0		
8 a 10	3 x 3	0.25	0.16	1.8	1.4	0.16	0.08
10 a 12	4 x 4			2.5	1.8		
12 a 17	5 x 5			3.0	2.3		
17 a 22	6 x 6	0.40	0.25	3.5	2.8	0.25	0.16
22 a 30	7 x 7			4.0	3.3		
22 a 30	8 x 7			4.0	3.3		
30 a 38	10 x 6			5.0	3.3		
38 a 44	12 x 6			5.0	3.3		
44 a 50	14 x 9	0.60	0.40	5.5	3.8	0.40	0.25
50 a 58	18 x 10			6.0	4.3		
58 a 65	18 x 11			7.0	4.4		
65 a 75	20 x 12			7.5	4.9		
75 a 85	22 x 14			9.0	5.4		
85 a 95	25 x 14	0.60	0.60	9.0	5.4	0.60	0.40
95 a 110	28 x 18			10.0	6.4		
110 a 130	32 x 18			11.0	7.4		
130 a 150	38 x 20			12.0	8.4		
150 a 170	40 x 22	1.2	1.00	13.0	9.4	1.0	0.7
170 a 200	45 x 25			15.0	10.4		
200 a 230	50 x 28			17.0	11.4		

ANEXO F-2



**DIN 6885 A**



**Chaveta paralela de ajuste**  
Parallel keys  
Clavette parallèle d'ajustage  
Chaveta paralela de ajuste

**Acero C45+C (F-114)**  
Steel C45+C (F-114)  
Acier C45+C (F-114)  
Aço C45+C (F-114)

**Tolerancia b: h9**  
b Tolerance: h9  
Tolérance b: h9  
Tolerância b: h9

**Tolerancia h: h9 o h11 según DIN 6880**  
h Tolerance: h9 or h11 according DIN 6880  
Tolérance h: h9 ou h11 suivant DIN 6880  
Tolerância h: h9 ou h11 conforme a norma DIN 6880

**Resistencia mínima a la tracción: 600 N/mm²**  
Minimum tensile strength: 600 N/mm²  
Résistance minimum à la rupture: 600 N/mm²  
Resistência mínima à tração: 600 N/mm²

• Medidas fuera de norma DIN.  
Dimensions outside DIN standard.  
Dimensions hors norme DIN  
Medidas fora de norma DIN.

También disponibles en acero inoxidable.  
Also available in stainless steel.  
Également disponible en acier inoxydable.  
Também disponíveis em aço inoxidável.

• Otras medidas bajo consulta y en stock.  
Other dimensions in stock and on request.  
Autres dimensions sur demande et en stock.  
Outras medidas, disponíveis sob consulta e em estoque.

! Las longitudes en negrita son las más utilizadas.  
Bold numbers represent the most commonly used lengths.  
En noir les dimensions les plus utilisées.  
Os comprimentos em negrito são os mais utilizados.

**Ref. ?**

ejemplo  
example  
exemple

Ref. = 51A - XX - XX - XXX  
          b      h      l

**DIN 6885 A 8x7x50**  
Ref. = 51A-8-7-50

b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22									
h	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22									
06	06	08	12	10	14	+10	18	+12	22	+14	28	+20	36	+25	45	+30	50	+45	56	+55	63	+60
08	08	10	14	12	16	+12	20	+14	25	+15	32	+22	40	+28	50	+32	56	50	63	56	70	63
10	10	12	16	14	18	14	22	+15	28	+16	36	+25	45	+30	56	+35	63	+55	70	+60	80	+65
12	12	14	18	+15	20	+15	25	+16	32	+18	40	28	50	+32	63	+36	70	56	80	63	90	70
14	14	+15	20	16	22	16	28	18	36	+20	45	+30	56	+35	70	+40	80	+60	90	+65	100	+75
+15	+15	16	22	18	25	18	32	20	40	22	50	32	63	36	80	45	90	63	100	70	110	80
16	16	18	25	20	28	20	36	22	45	25	56	+35	70	40	90	50	100	+65	110	+75	125	+85
18	18	20	28	22	32	22	40	25	50	28	63	36	80	45	100	+55	110	70	125	80	140	90
20	20	22	32	25	36	25	45	28	56	+30	70	40	90	50	110	56	125	+75	140	+85	160	+95
+22	22	25	36	28	40	28	50	+30	63	32	80	45	100	+55	125	+60	140	80	160	90	180	100
+25	25	28	40	+30	45	+30	56	32	70	+35	90	50	110	56	140	63	160	+85	180	+95	200	110
+28	28	+30	45	32	50	32	63	+35	80	36	100	+55	125	+60	160	+65	180	90	200	100	220	+120
+30	+30	32	50	+35	56	+35	70	36	90	40	110	56	140	63	180	70	200	+95	220	110	250	125
+32	32	+35	56	36	63	36	80	40	100	45	125	+60	160	+65		+75		100		+120	+130	
+35	+35	36		40	70	40	90	45	110	50	140	63		70		80		110		125	140	
+36	36	40		45		45		50		+55	+65		+75		+85		+120		+130		+150	
		45		50		50		+55		56	70		80		90		125		140		160	
		+50		+55		+55		56		+60	+75		+85		+95		+130		+150		+170	
				56		56		+60		63	80		90		100		140		160		180	
				+60		+60		63		+65	+85		+95		110		+150		+170		200	
				+63		63		+65		70	90		100		+120		160		180		220	
				+65		+65		70		+75	+95		110		125		+170		200		250	
						70		+75		80	100		+120		+130		180		220			
						+75		80		+85	110		125		140		200					
								+85		90	+120		+130		+150							
								90		+95	125		140		160							
								+95		100	+130		+150		180							
								+100		110	140		160		+200							
								+110		+120	+150		+180									
								+120		+125	+160		+200									
								+125		+130	+180											



**PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE ASCENSOR DE PASAJEROS  
ELECTROMECAÁNICO**

**CLIENTE:** Dr. Manuel Suasnaver Kadagand  
Ing. Rodrigo Ramos Pipa  
**PROYECTO:** RESIDENCIAL GOLD SAN FRANCISCO  
**DIRECCIÓN:** Urb. San Francisco  
**COTIZACIÓN N°:** 000138

Por el servicio de venta e instalación de **UN ASCENSOR**, de 06 paradas, 08 personas, capacidad 630 Kg, de acuerdo a las características y detalles siguientes:

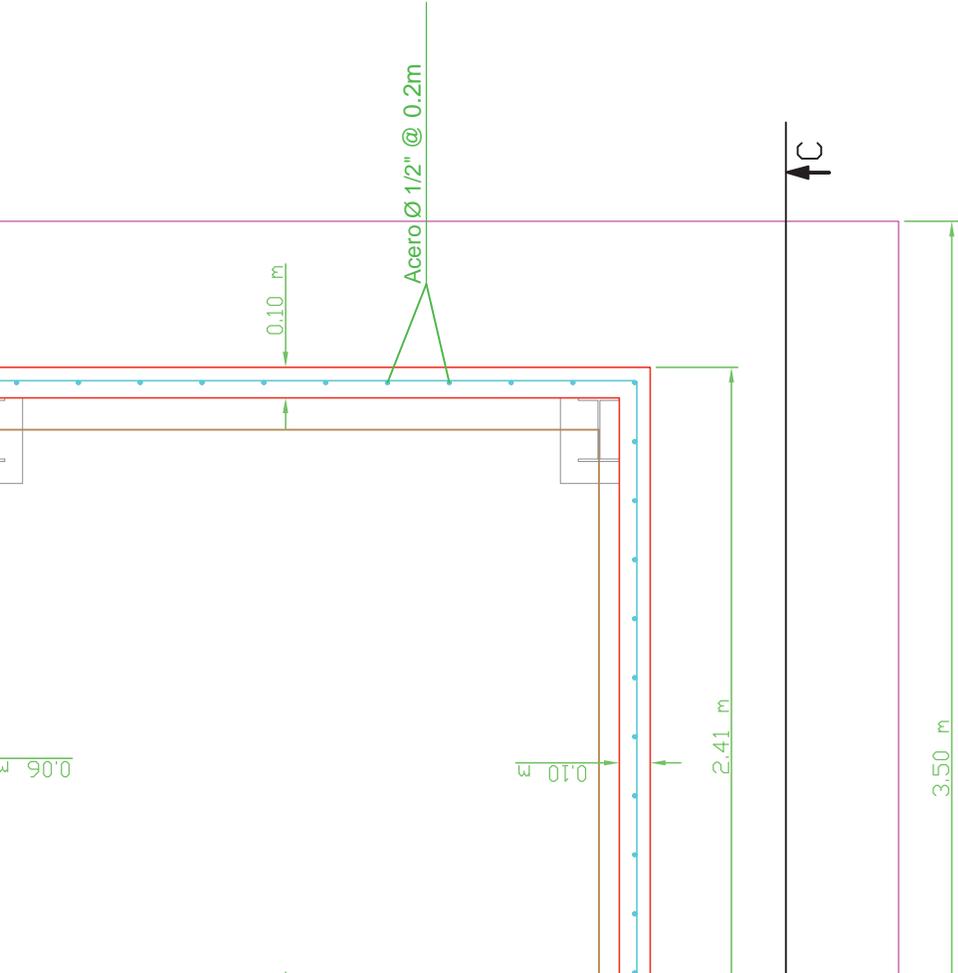
**I. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL EQUIPO (PROCED. ESPAÑOLA)**

<b>CANTIDAD</b>	01 ASCENSOR
<b>MARCA</b>	GENERAL ELEVADORES
<b>PROCEDENCIA</b>	ESPAÑA
<b>TIPO</b>	ELECTRICO SIN CUARTO DE MAQUINAS
<b>CAPACIDAD</b>	630 kg - 08 personas
<b>PARADAS / ACCESOS</b>	06   06 ACCESOS
<b>RECORRIDO</b>	20.00 METROS
<b>DENOMINACION DE LAS PARADAS</b>	1,2,3,4,5,6
<b>CUADRO DE MANIOBRA:</b>	Cuadro de Maniobra, 06 paradas realizado a base de circuitos integrados gobernados por microprocesador con componentes de alta tecnología, alojados en armario especial con puerta de seguridad. Suministro de la instalación completa de caja de protecciones a maniobra. Maniobra "Selectiva en bajada" y/o subida según sea el caso.

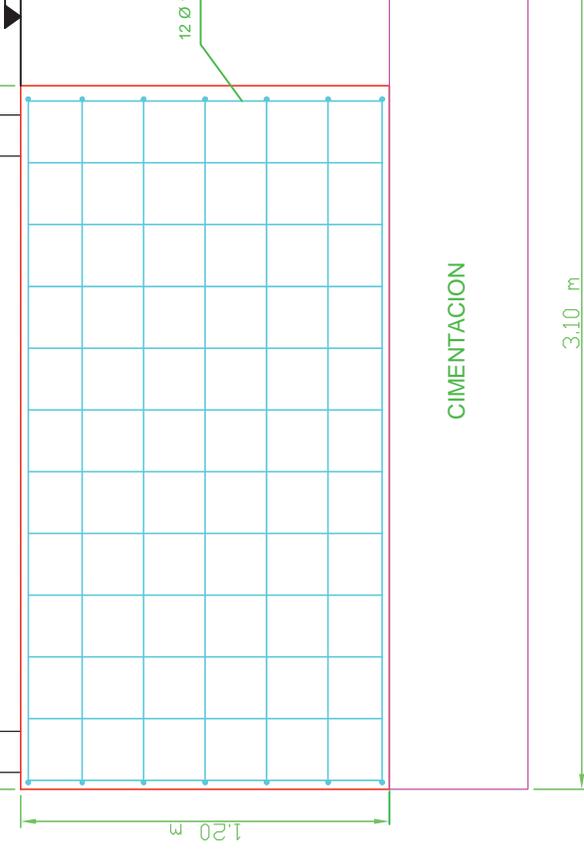
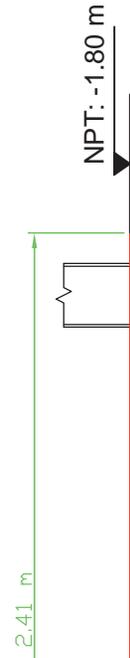


# PLANOS





### VISTA DE PLANTA



### CORTE D-D

## ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### CONDICIONES DE DISEÑO

- C'A :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; para estructuras esbeltas y cimiento
- C'S :  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ; para concretos masivos
- C'C :  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ P.G.}$ ; para anclajes, apoyos

#### ACERO

VARILLAS CORRUGADAS, GRADO 60 :  $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DEL SUELO

$q_{ad} = 0.75 - 1.1 \text{ kg/cm}^2$  (verificar en plano de geotecnia)

#### ACABADOS

- Emboquillado : mortero cemento-arena fina 1:4 (superficies al
- Trazado con mortero cemento-arena fina 1:4 + impermeabiliz (para superficies en contacto con el agua)



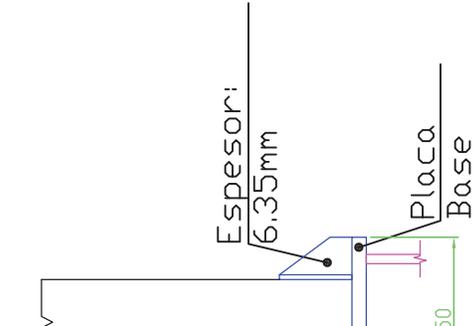
UNIVERSIDAD NACIONAL  
SAN ANTONIO ABADE DE  
CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A C  
DE ENERGÍA

PLANO:

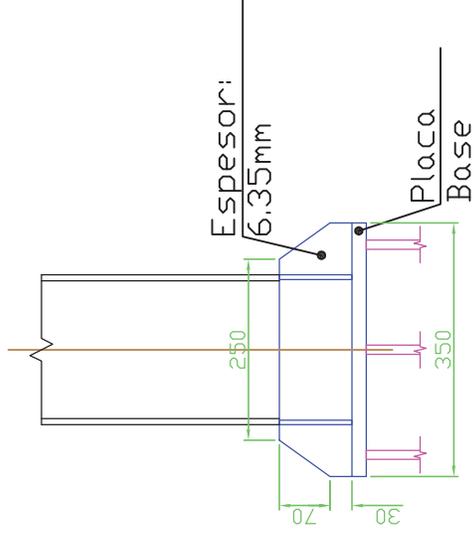
PLANO DEL FOSO DEL ASCENSOR

CIMENTACION



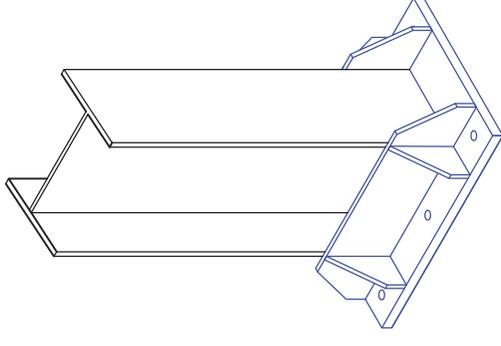
VISTA FRONTAL ANCLAJE DE

COLUMNAS

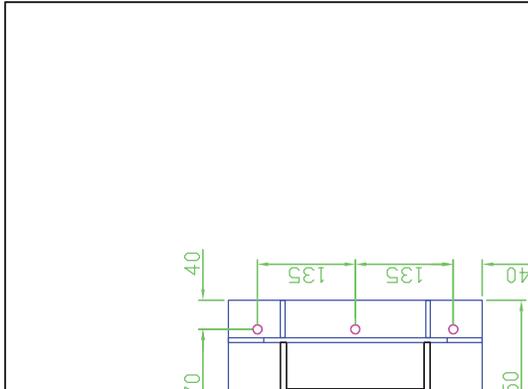


VISTA FRONTAL ANCLAJE DE

COLUMNAS

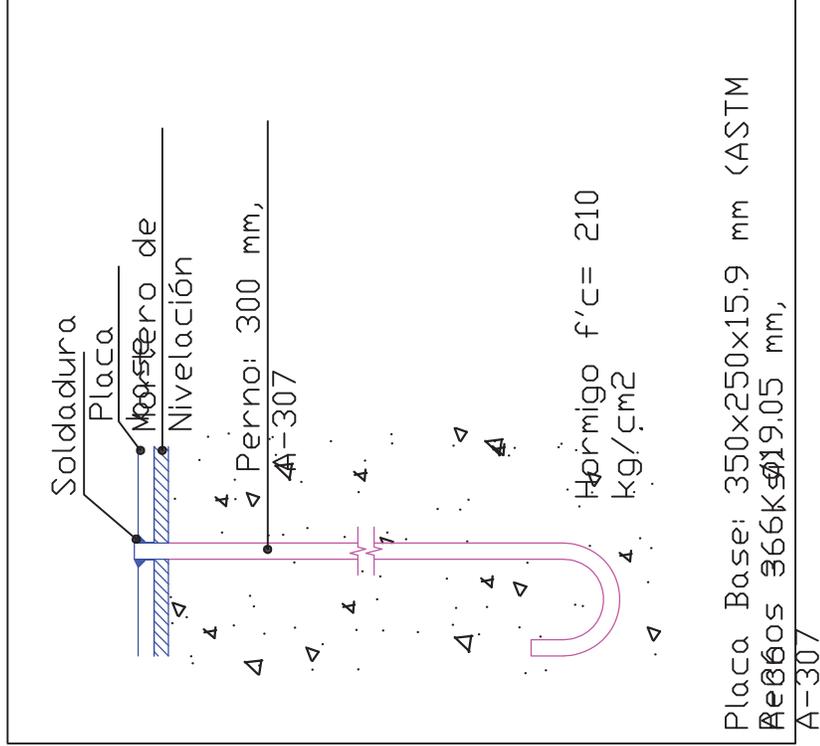


ISOMETRICO ANCLAJE DE COL



VISTA FRONTAL ANCLAJE DE

COLUMNAS



Soldadura

Placa

Mortero de Nivelación

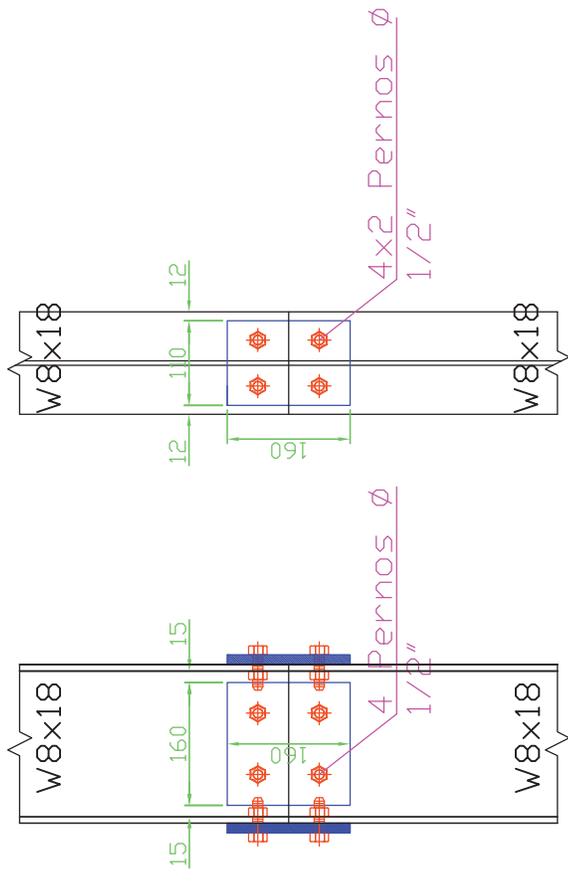
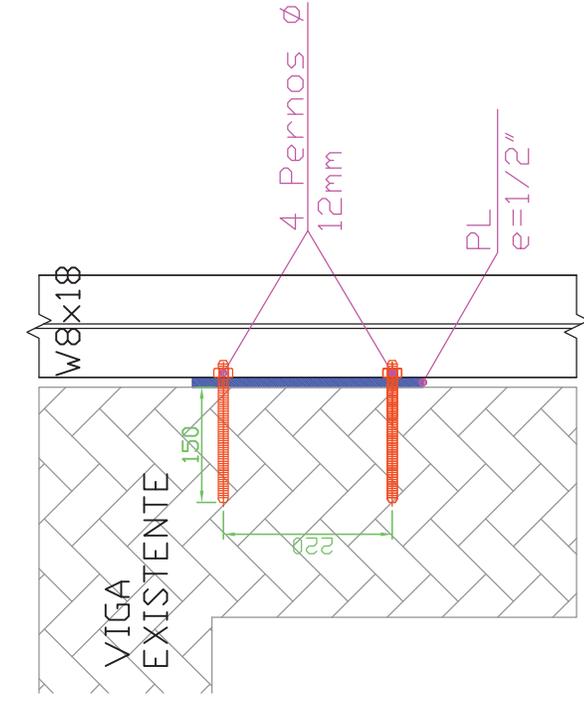
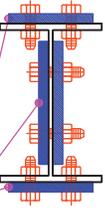
Perno: 300 mm, A-307

Hormigo  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>

Placa Base: 350x250x15.9 mm (ASTM A-307)  
 Perros 366K519.05 mm, A-307



ANTE

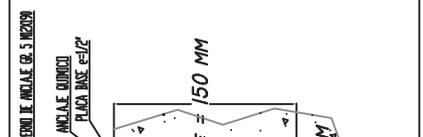


COLUMNA-VIGA INFRAESTRUCTURA

DETALLE EMPATE COLUMNAS

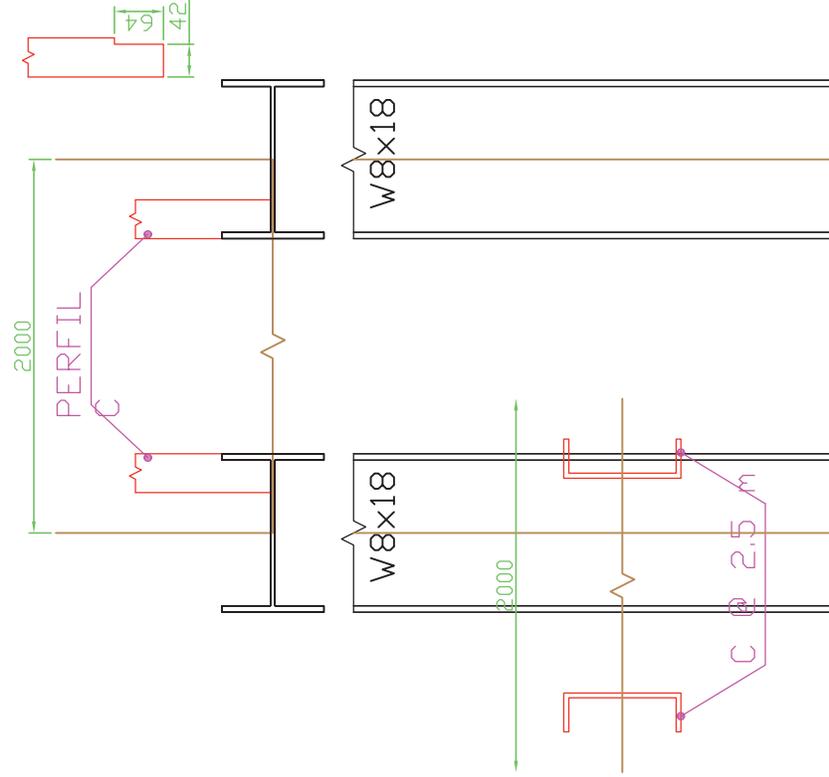
ISOMETRIC

ANCLAJE



ANCLAJE

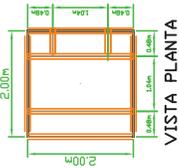
L = 190mm  
 1/2KT  
 80°C  
 N ISO 898-1



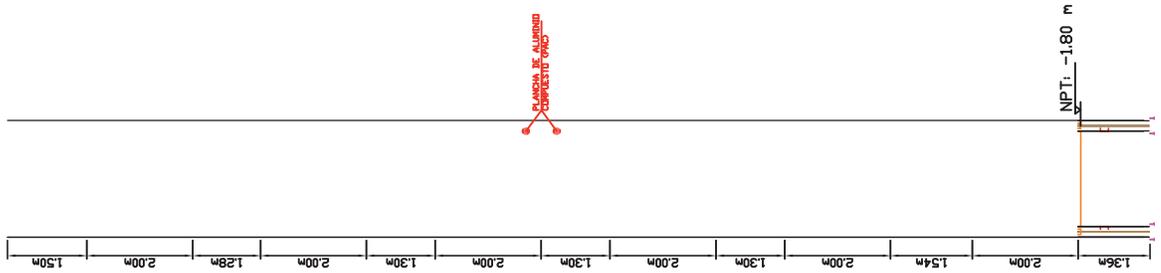
UNIVERSIDAD NACIONAL  
 DE SAN ANTONIO ABAD  
 DEL CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A C  
 DE ENERGÍA

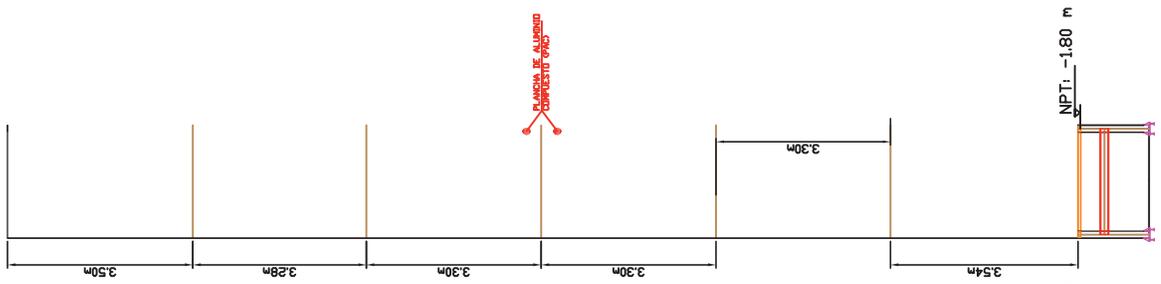
PLANO: PLANOS DETALLES DE ANCLAJES INFRAESTRUCTURA



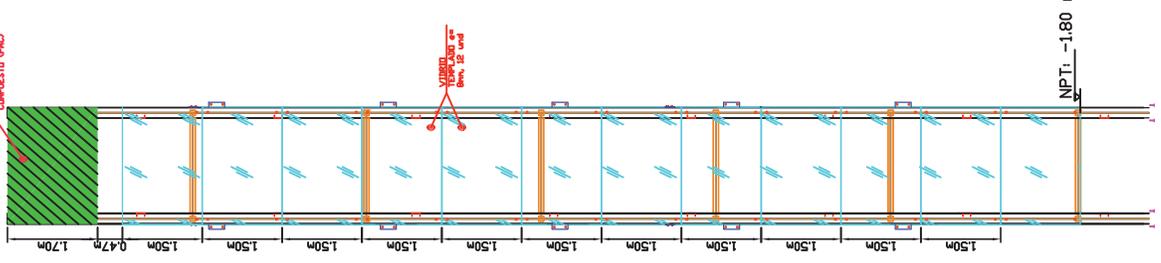
VISTA PLANTA



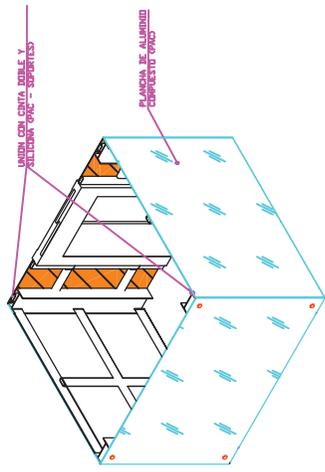
VISTA LATERAL



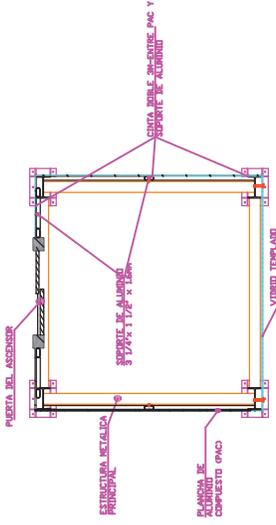
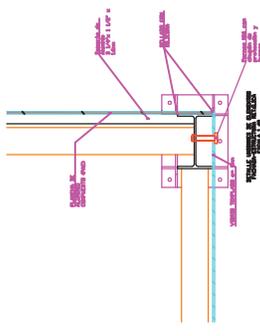
VISTA LATERAL



VISTA POSTERIOR



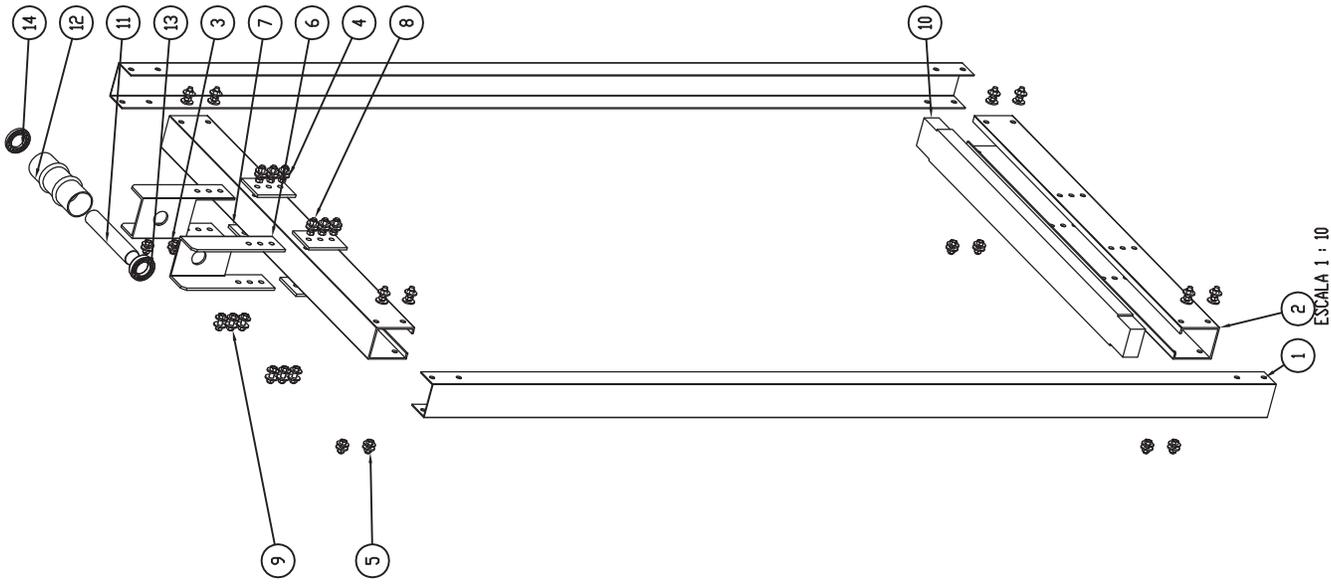
VISTA ISOMETRICA DE FACHADA  
UNION VENTILADO Y PVC -  
ESTRUCTURA



VISTA DE FACHADA  
UNION VENTILADO Y PVC -  
ESTRUCTURA PVC -  
ESCALA 1:25

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**DETALLE DE UNION DE SUS PANELES**  
- El perfil de aluminio (PVC) se unirá a la estructura metálica a través de una cinta adhesiva de PVC en estado líquido de espesor entre 1.5mm y 2.0mm, asegurando que los puntos de unión estén bien sellados y resistentes a la intemperie. La cinta se aplicará a lo largo de toda la longitud de la unión.  
- Las juntas se sellarán con la siguiente espesura mínima y máxima de 1.5mm y 2.0mm, respectivamente.  
- El PVC, con espesores de 1.5mm y 2.0mm.



Nº DE ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	LARGUERO LATERAL 4x 3x1,25	LONGITUD 2.8 m	2
2	LARGUERO SUPERIOR 4x3x1,25	LONGITUD 1.3 m	2
3	B18,67M - M12 x 1,75 x 30 Indented HHMS ---		16
4	B18,22M - Plain washer, 12 mm, regular		56
5	B18,241M - Hex Nut, Style 1, M12 x 1,75 --D-		16
6	BANCAIDA_PULEA	CHAPA DE 1/4 PULG	2
7	CHAPAK3x5x8mm	CHAPA DE 1/4 PULG	4
8	B18,67M - M12 x 1,75 x 40 Indented HHMS ---		12
9	B18,241M - Hex Nut, Style 1, M12 x 1,75 --D-		12
10	PESAS	MATERIAL-CONCRETO	50
11	EJE-CONTRAPESO	EJE MASISO	1
12	PULEA-CONTRAPESO	EJE HUECO	1
13	Rodamiento de bolas DIN 625 -- 6009		1
14	Rodamiento de bolas DIN 625 -- 16009		1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO

INSTITUTO : CUSCO  
FACULTAD : CUSCO  
DEPARTAMENTO : CUSCO  
CARRERA : CUSCO

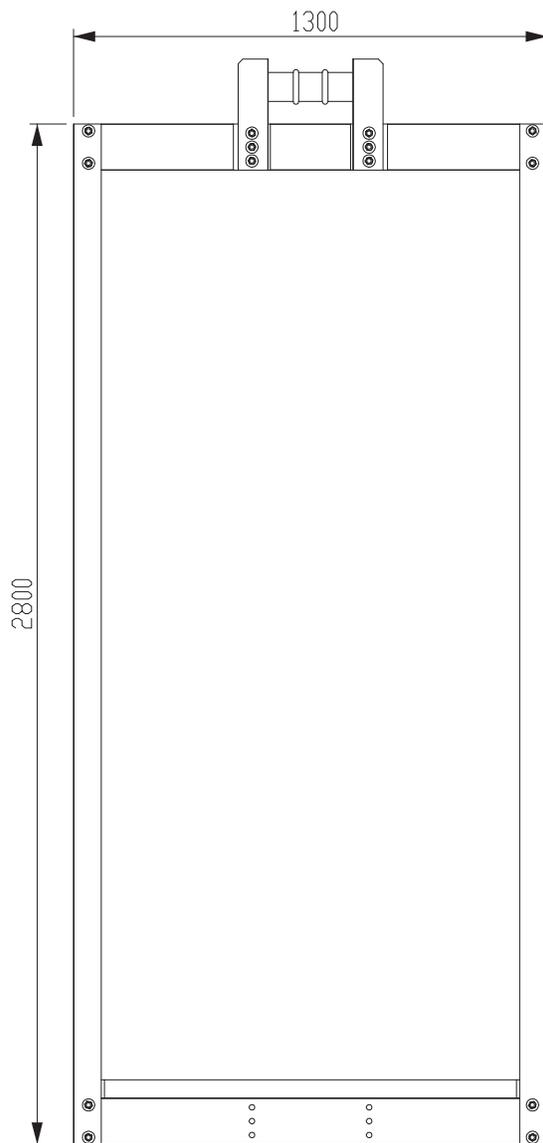
TESIS: DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGÍA

PLANO: VISTA EXPLOSIONADA DE CONTRAPESO

ESCALA: ESCALA INDICADA

FECHA: JULIO-2015  
LABOR: CNT-01

RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYUTUMA  
BACH. ADELGAZ RODRIGO RAMOS PIPA  
ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL



ESCALA 1 : 20



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**



DISTRITO : CUSCO  
 PROVINCIA : CUSCO  
 DEPARTAMENTO : CUSCO  
 REGION : CUSCO

TESIS: **DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN  
ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA**

ESCALA: **INDICADA**

PLANO: **DIMENSIONES DE BASTIDORES DE CONTRAPESO**

FECHA: **JULIO-2015**

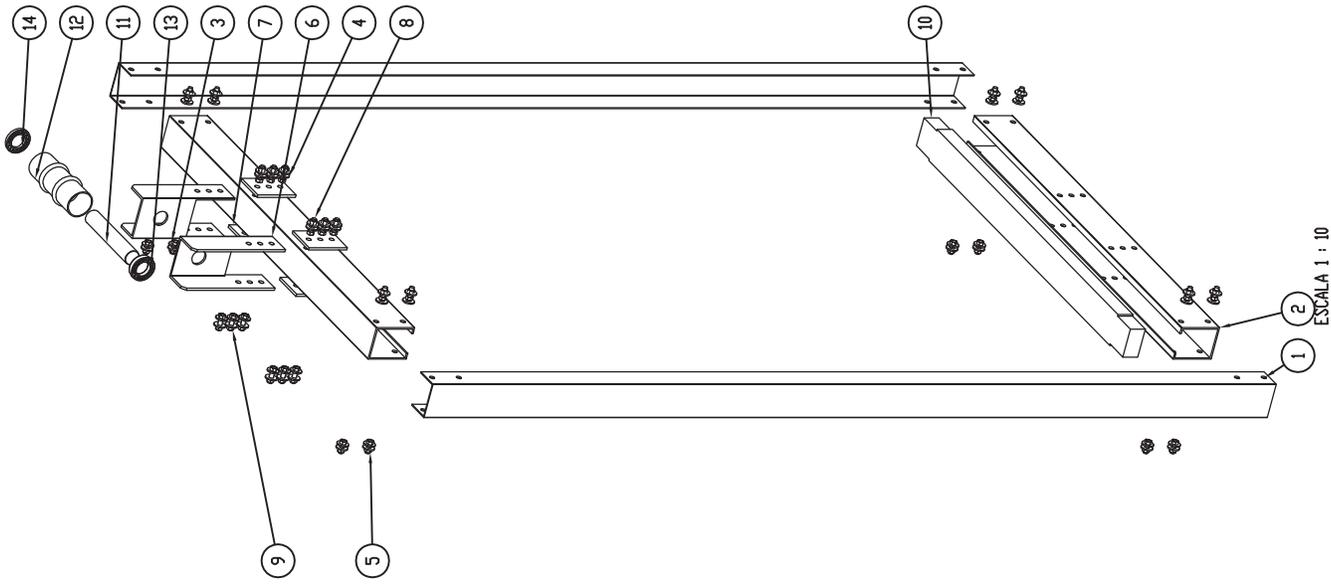
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA**

LAMINA:

RESPONSABLES: **BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA**

**CNT-02**

ASESOR: **ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL**



Nº DE ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	LARGUERO LATERAL 4x3x0.125	LONGITUD 2.8 m	2
2	LARGUERO SUPERIOR 4x3x0.125	LONGITUD 1.3 m	2
3	B18.67M - M12 x 1.75 x 30 Indented HHMS ---		16
4	B18.22M - Plain washer, 12 mm, regular		56
5	B18.24JM - Hex Nut, Style 1, M12 x 1.75 --D-		16
6	BANCAIDA_PULEA	CHAPA DE 1/4 PULG	2
7	CHAPAK3x5x8mm	CHAPA DE 1/4 PULG	4
8	B18.67M - M12 x 1.75 x 40 Indented HHMS ---		12
9	B18.24JM - Hex Nut, Style 1, M12 x 1.75 --D-		12
10	PESAS	MATERIAL-CONCRETO	50
11	EJE-CONTRAPESO	EJE MASISO	1
12	PULEA-CONTRAPESO	EJE HUECO	1
13	Rodamiento de bolas DIN 625 -- 6009	Rodamiento de bolas DIN 625 -- 6009	1
14	Rodamiento de bolas DIN 625 -- 16009	Rodamiento de bolas DIN 625 -- 16009	1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO

INSTITUTO : CUSCO  
FACULTAD : CUSCO  
DEPARTAMENTO : CUSCO  
REGION : CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGÍA

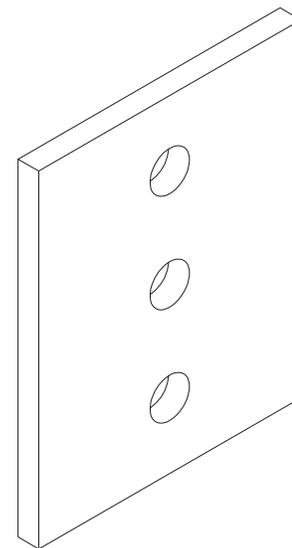
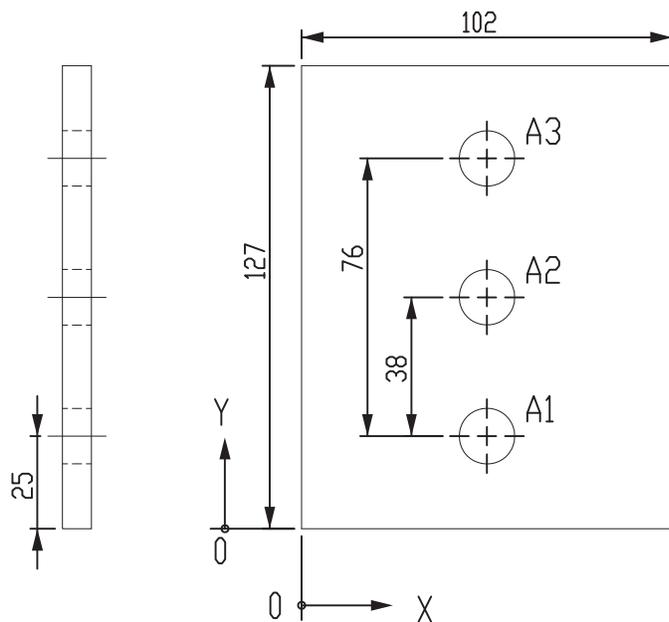
PLANO: VISTA EXPLOSIONADA DE CONTRAPESO

ESCALA: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

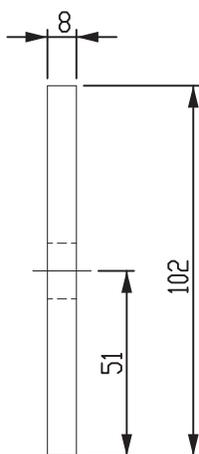
RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYUTUMA  
BACH. ADELGAZ RODRIGO RAMOS PIPA  
ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL

ESCALA INDICADA  
FECHA: JULIO-2015  
LABOR:

CNT-01



ESCALA 1 : 2



taladros	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	50.80	25.40	∅ 15 POR TODO
A2	50.80	63.50	∅ 15 POR TODO
A3	50.80	101.60	∅ 15 POR TODO

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	CHAPA(3pulgx5pulgx8mm)	e=8mm	1



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**



DISTRITO : CUSCO  
PROVINCIA : CUSCO  
DEPARTAMENTO : CUSCO  
REGION : CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA

ESCALA: 1/2

PLANO: CHAPA DE AGARRE EN UNION BASTIDOR SUPERIOR - BANCADA DE EJE

FECHA: JULIO-2015

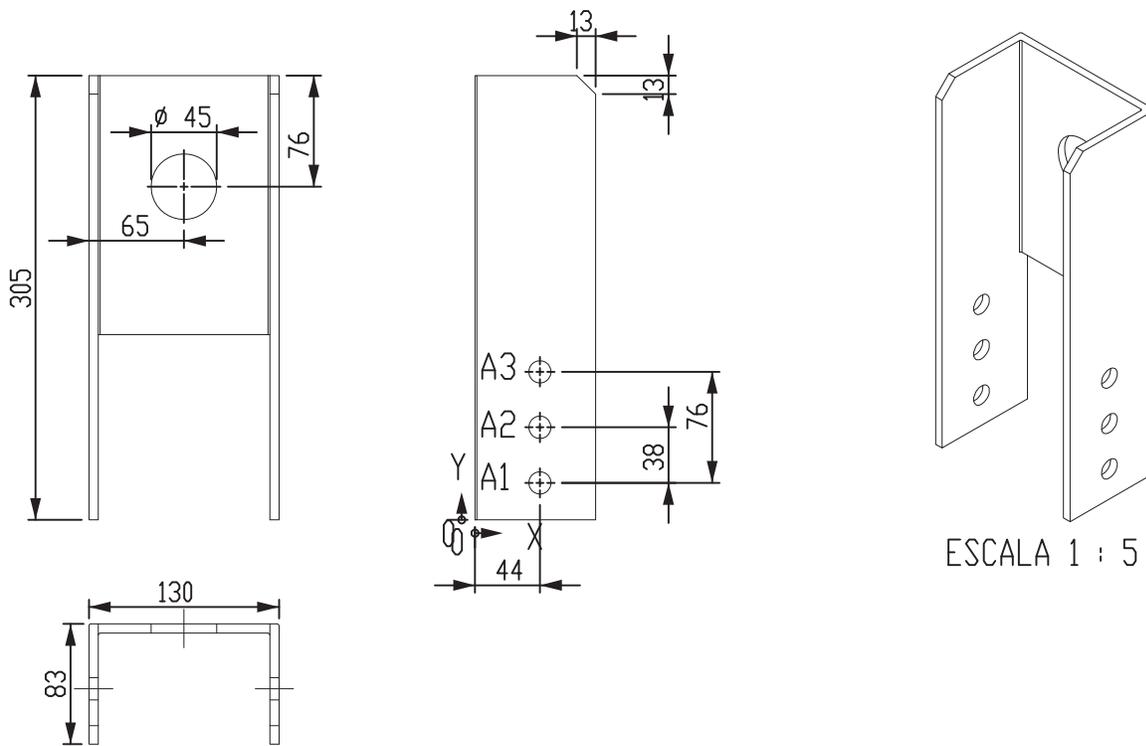
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

LAMINA:

RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA

**CNT-04**

ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL



TALADROS	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	44.45	25.40	Ø 15 POR TODO
A2	44.45	63.50	Ø 15 POR TODO
A3	44.45	101.60	Ø 15 POR TODO

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BANCADA_POLEA	FABRICADA EN CHAPA DE 1/4 PULG	1



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO



DISTRITO : CUSCO  
 PROVINCIA : CUSCO  
 DEPARTAMENTO : CUSCO  
 REGION : CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA

ESCALA: 1/5

PLANO: BANCADA - CONTRAPESO

FECHA: JULIO-2015

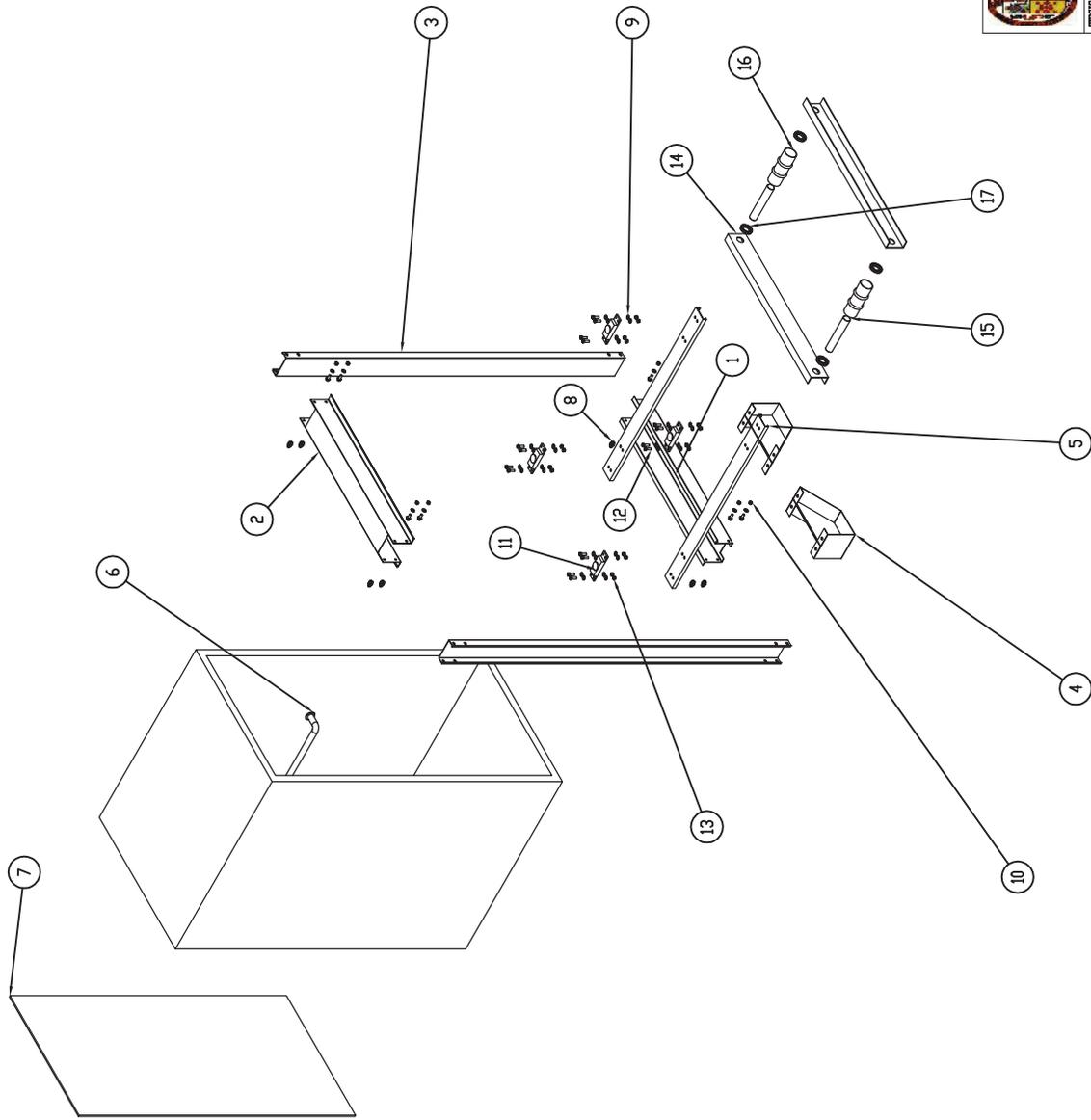
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

LAMINA:

RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
 BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA

# CNT-05

ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL 267



Nº DE ELEMENTO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	PUEST_INFERIOR(6x5x0.125)	LONGITUD 1.20 m	1
2	PUEST_SUPERIOR(6x5x0.125)	LONGITUD 1.20 m	1
3	LARGUERO 6x2x0.125	LONGITUD 2.10 m	2
4	BASE		2
5	APUYSO_CABINA		2
6	CABINA		1
7	VIDRIO_DE_CABINA	VIDRIO TEMPLADO DE 10 mm	1
8	BIB67M - M12 X 1.75 X 30 Indented HHMS --- 30C		16
9	B1822M - Plain washer 12 mm, narrow		62
10	B18241M - Hex nut, Style 1, M12 X 1.75 --J-		16
11	PESA-CARGA		4
12	B1867M - M12 X 1.75 X 25 Indented HHMS --- 25C		16
13	B18241M - Hex nut, Style 1, M12 X 1.75 --J-		16
14	55X30X16PULG-SUPORTE_POLEAS		2
15	EJE-CABINA	EJE MACISO DE Diam= 20mm	3
16	POLEA-CABINA		2
17	Rodamiento de bolas	SKF E2 6004-2Z	3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABADEL  
CUSCO



INSTITUTO : CUSCO  
FACULTAD : CUSCO  
DEPARTAMENTO : CUSCO  
REGION : CUSCO  
ESCALA : 1/20  
FECHA : JULIO-2016  
LABORAL :

TESIS: DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGÍA

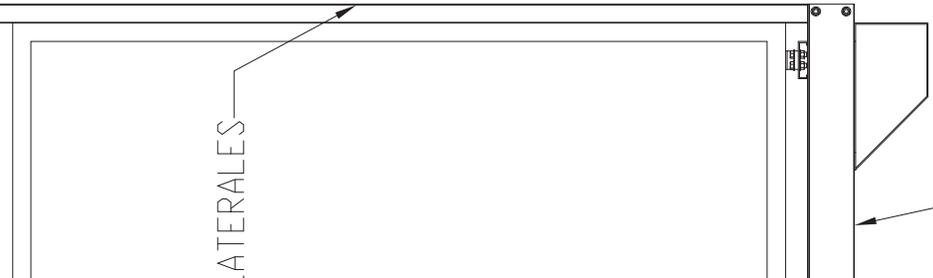
PLANO: ENSAMBLE DE CABINA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

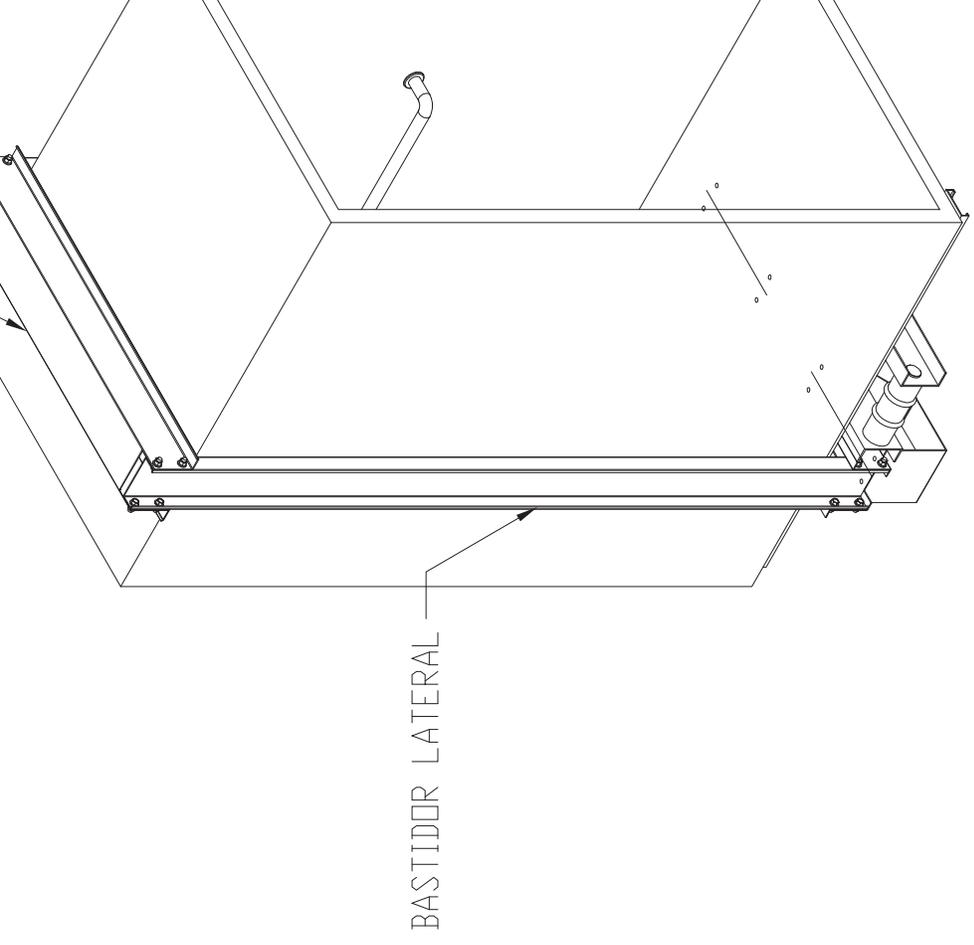
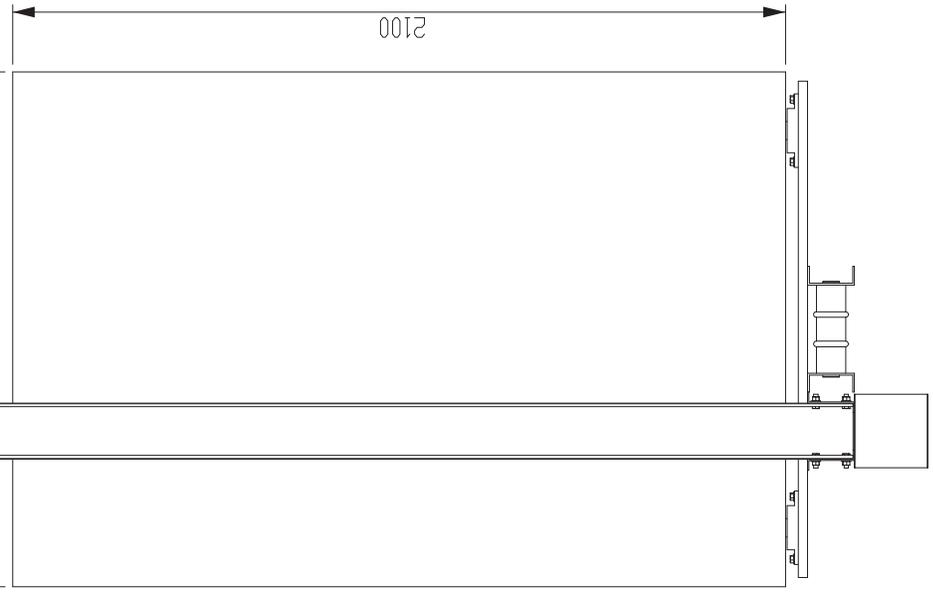
RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUNA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PPA

ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL

CAB-01



1100



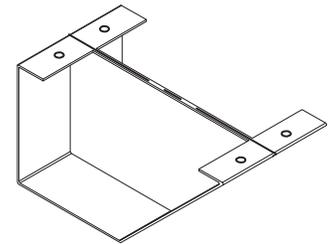
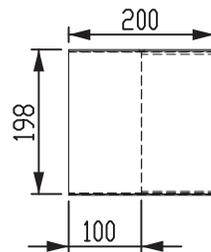
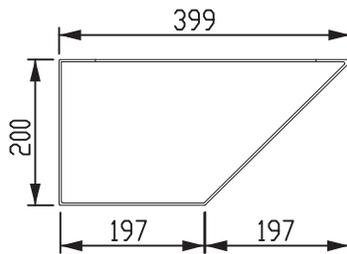
UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO



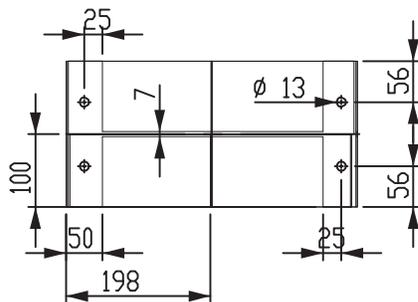
TESIS: DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA

PLANO:

BASTIDORES



ESCALA 1 : 10



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE	FABRICADA EN CHAPA DE 1/8 pulg	2

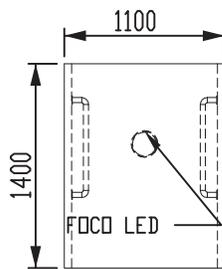


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**

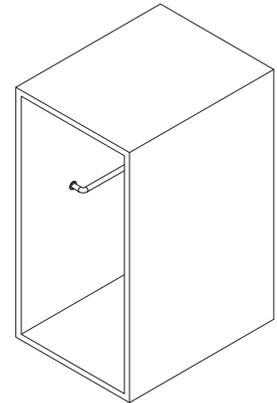
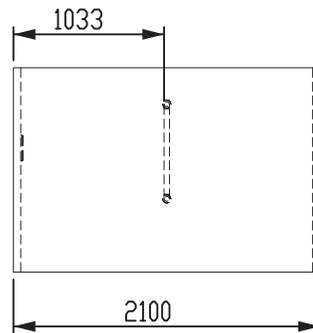


DISTRITO : CUSCO  
 PROVINCIA : CUSCO  
 DEPARTAMENTO : CUSCO  
 REGION : CUSCO

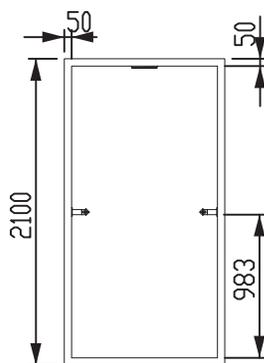
TESIS:	DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA	ESCALA:	1/20
PLANO:	BASE DE CONTACTO CABINA- RESORTES DE SUSPENSION	FECHA:	JULIO-2015
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA		LAMINA:	<b>CAB-03</b>
RESPONSABLES:	BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA		
ASESOR:	ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL	270	



ESCALA 1 : 50



ESCALA 1 : 50



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**



DISTRITO : CUSCO  
 PROVINCIA : CUSCO  
 DEPARTAMENTO : CUSCO  
 REGION : CUSCO

TESIS: **DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN  
ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA**

ESCALA: 1/20

PLANO: **CABINA**

FECHA: **JULIO-2015**

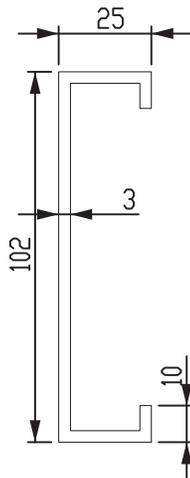
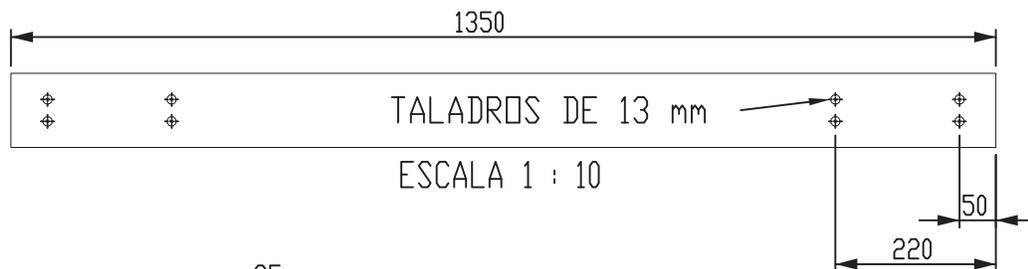
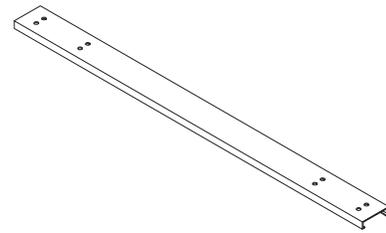
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA**

LAMINA:

**CAB-04**

RESPONSABLES: **BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA**

ASESOR: **ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL** 271



DETALLE A  
ESCALA 1 : 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO



DISTRITO : CUSCO  
PROVINCIA : CUSCO  
DEPARTAMENTO : CUSCO  
REGION : CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN  
ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA

ESCALA: 1/20

PLANO: APOYO-CABINA

FECHA: JULIO-2015

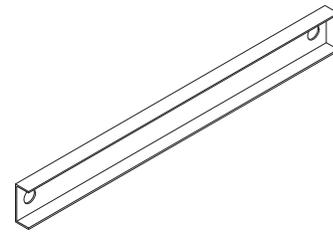
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

LAMINA:

RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA

**CAB-05**

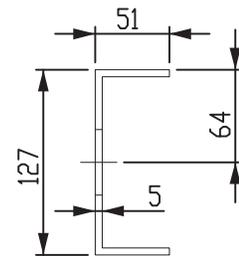
ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL



ESCALA 1 : 10



ESCALA 1 : 10



DETALLE c

ESCALA 1 : 5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO



DISTRITO : CUSCO  
PROVINCIA : CUSCO  
DEPARTAMENTO : CUSCO  
REGION : CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN  
ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA

ESCALA: 1/20

PLANO: SOPORTE DE CONJUNTO EJE-POLEA

FECHA: JULIO-2015

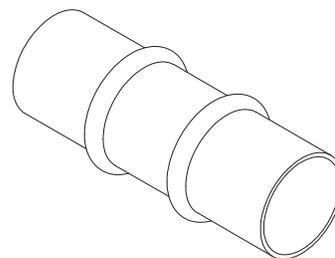
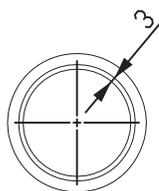
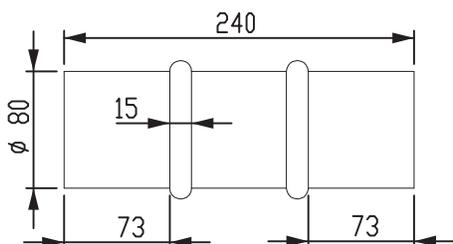
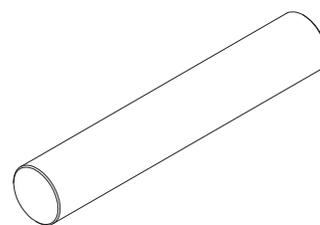
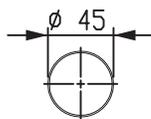
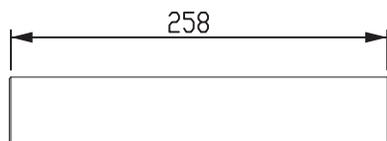
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

LAMINA:

RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA

**CAB-06**

ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**



DISTRITO : CUSCO  
 PROVINCIA : CUSCO  
 DEPARTAMENTO : CUSCO  
 REGION : CUSCO

TESIS: **DISEÑO DE UN MODULO EXPERIMENTAL DE UN  
ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA**

ESCALA: 1/5

PLANO: **CONJUNTO EJE-POLEA DE CABINA**

FECHA: **JULIO-2015**

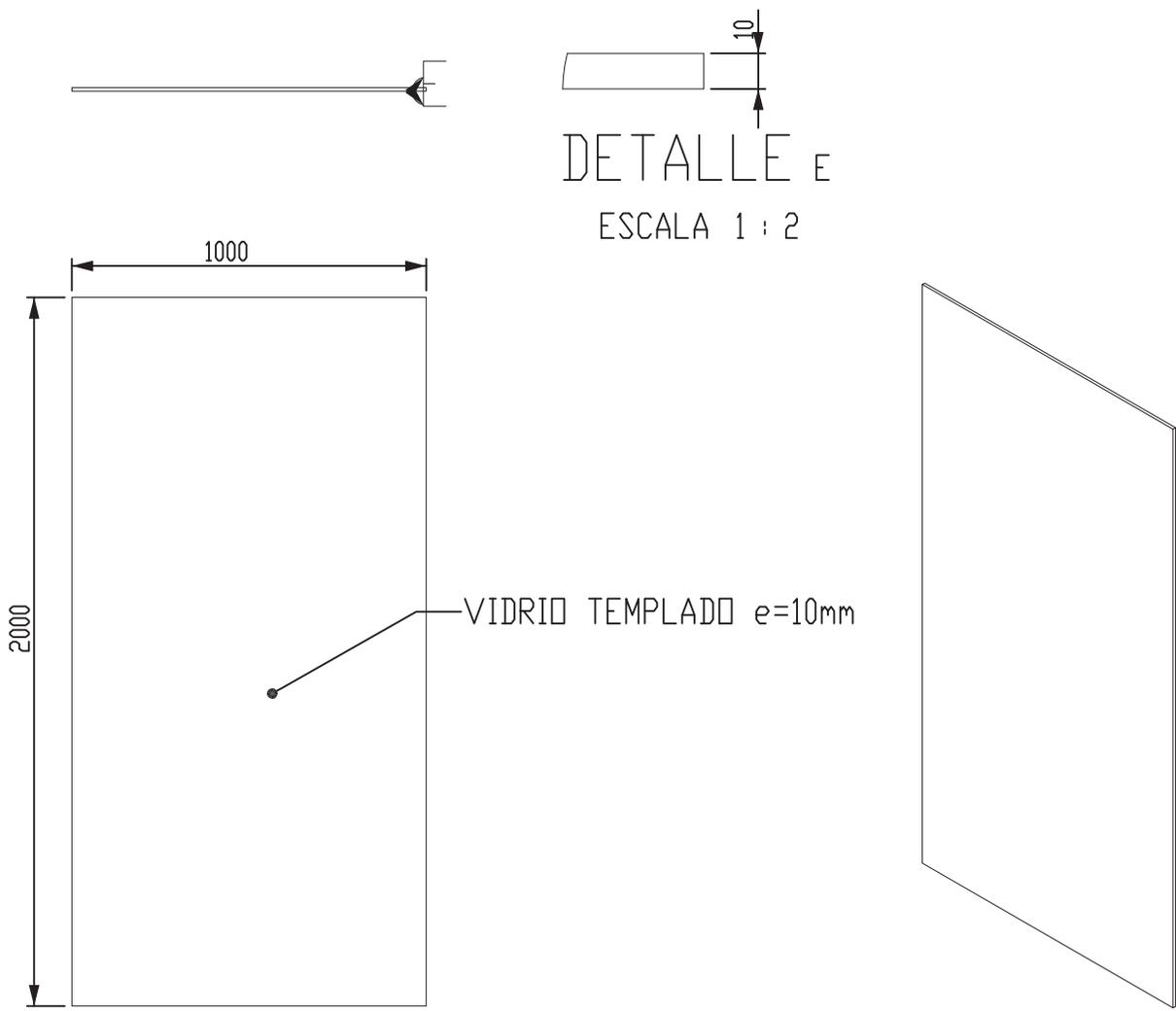
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA**

LAMINA:

RESPONSABLES: **BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA**

**CAB-07**

ASESOR: **ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO



DISTRITO : CUSCO  
PROVINCIA : CUSCO  
DEPARTAMENTO : CUSCO  
REGION : CUSCO

TESIS: DISEÑO DE UN MÓDULO EXPERIMENTAL DE UN ASCENSOR A CONSUMO EFICIENTE DE ENERGÍA

ESCALA: 1/20

PLANO: VIDRIO DE CABINA

FECHA: JULIO-2015

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

LAMINA:

RESPONSABLES: BACH. GONZALO BONIFACIO AYMITUMA  
BACH. AHELEAR RODRIGO RAMOS PIPA

CAB-08

ASESOR: ING. MARIO G. CASTRO IRRARAZABAL 275