

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
VALPARAÍSO – CHILE



“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO Y PROPUESTAS DE
RENOVACIÓN AL DISEÑO MECÁNICO DE
ASCENSORES PATRIMONIALES EN LA
CIUDAD DE VALPARAÍSO”

EDUARDO DANIEL LEYTON DOMÍNGUEZ

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA : ING. RAFAEL MENA YANSSEN
PROFESOR CORREFERENTE : DR. ING. PEDRO SARIEGO PASTÉN

OCTUBRE – 2017

AGRADECIMIENTOS

“Gracias a todas las personas que aportaron e hicieron algún esfuerzo durante mi estadía en esta prestigiosa universidad. A mi núcleo familiar, especialmente a mis padres Luis y Norma, quienes con su esfuerzo, apoyo incondicional y educación han pavimentado y facilitado mi camino a través de la vida. A mis tíos, Carlos y Rosa por permitirme tener un espacio de comodidad, seguridad y estabilidad durante mi estadía en la región. A todos los compañeros y amigos con los que he compartido mi tiempo durante estos años. A Yolanda, por el amor, cariño y atención brindados. A la universidad y todos los que forman parte de ella: profesores, funcionarios y alumnos, por hacer de nuestro lugar de estudio un espacio agradable, diverso y acogedor, especialmente al departamento de ingeniería mecánica, por tener personas ejemplares. A Gustavo por la buena disposición y ayuda. Finalmente agradecer a Don Pedro, por ayudarme a dar forma a este trabajo y Don Rafael por su buena disposición, las numerosas enseñanzas bajo su tutela y la confianza depositada”

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un plan de mantenimiento y se establecen propuestas de renovación y/o actualización al diseño, para los ascensores funiculares patrimoniales de Valparaíso, utilizando como caso base los estudios desarrollados en el marco del proyecto “Restauración de nueve ascensores de Valparaíso, Grupo 3: Larraín y Artillería” específicamente en el ascensor Larraín.

La metodología para establecer las actividades de mantenimiento que requieren los componentes de los ascensores, consiste en realizar un estudio, desde numerosos puntos de vista, permitiendo así conocer la historia relacionada a ellos, su funcionamiento y los distintos sistemas, sub-sistemas y componentes involucrados. De la mano también, con un estudio sobre el mantenimiento actual realizado en los ascensores que se encuentra operando y las condiciones operacionales bajo las que funciona esta infraestructura.

Lo anterior, permite establecer el conjunto de actividades, la frecuencia, insumos y costos necesarios de éstas para evitar que se produzcan situaciones de riesgo y previniendo el deterioro de los sistemas mecánicos asociados mediante procedimientos de inspección, que son el principal propósito del plan. Todo bajo la normativa relacionada directamente con este tipo de sistemas, o con componentes similares pero de distinta aplicación, además de la experiencia obtenida durante numerosos años de trabajo en dichos sistemas, otorgando así la rigurosidad necesaria para cumplir con los objetivos propuestos.

Finalmente y a modo complementario se presentan propuestas de actualización al diseño de los sistemas mecánicos asociados, bajo criterios operacionales, normativos y de actualización por obsolescencia de algunos componentes. Dichas propuestas se basan en el diagnóstico mecánico efectuado en el ascensor en estudio este año, determinando también los componentes que mantienen su diseño original, pero que deben ser fabricados nuevamente y el presupuesto requerido para efectuar dichas propuestas.

ABSTRACT

In the present work it is developed a maintenance plan and design renovation and update proposals are established, for the patrimonial funicular elevators of Valparaíso, using as base case the studies developed in the framework of the Project “Restauración de nueve ascensores de Valparaíso, Grupo 3: Larraín y Artillería” specifically in the Larraín elevator.

The methodology to establish the maintenance activities required by the components of the elevators, consists of carrying out a study, from many points of view, allowing to know the history related to them, their operation and the different systems, subsystems and components involved. Also, hand in hand with a study on the current maintenance performed on the actually operating elevators and the operational conditions under which this infrastructure works.

This allows to establish the set of activities, frequency, inputs and costs necessary to avoid hazardous situations and prevent the deterioration of the mechanical systems associated through inspection procedures, which is the main purpose of the plan. Everything under the normative directly related to this type of systems, or with similar components but in different applications, plus to the experience gained during several years of work in these systems, thus granting the necessary rigor to meet the proposed objectives.

Finally, in a complementary way, proposals are presented for updating the mechanical design of components, under operational, normative or the obsolescence criteria of some components. These proposals are based on the mechanical diagnosis carried out in the elevator under study this year, that also determined the components that maintain their original design, but that must be manufactured again, due to its deterioration, and the budget required to carry out these proposals.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	ii
ABSTRACT.....	iii
I. INTRODUCCIÓN	xii
II. OBJETIVOS	xiii
Objetivo General.....	xiii
Objetivos específicos	xiii
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	xiv
1. MARCO INTRODUCTORIO Y ANTECEDENTES	1
1.1. CONTEXTO	1
1.2. ANTECEDENTES GENERALES	2
1.2.1. RESEÑA HISTÓRICA.....	2
1.2.2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y UBICACIÓN	9
1.3. CONTEXTO APLICADO, ESTADO DEL ARTE	12
1.3.1. FUNCIONAMIENTO DE LOS FUNICULARES	12
1.3.2. ANTECEDENTES OPERACIONALES	15
1.3.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO	17
1.3.4. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO (4)	19
1.3.5. NORMATIVA CONSULTADA Y MARCO LEGAL	21
2. PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	22
2.1. INTRODUCCIÓN AL PLAN	22
2.2. OBJETIVOS DEL PLAN	23
2.2.1. Objetivos Específicos.	23

2.3.	CASO BASE.....	24
2.4.	SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES.....	26
2.4.1.	Estaciones.....	27
2.4.2.	Sala de máquinas.....	29
2.4.3.	Plano de rodadura.....	36
2.4.4.	Carros.....	41
2.4.5.	Arrastre, reenvío y suspensión.....	47
2.5.	PAUTAS DE MANTENIMIENTO.....	52
2.5.1.	Pauta de mantenimiento - Ejes de transmisión de potencia.....	53
2.5.2.	Pauta de mantenimiento – Descansos en ejes de sala de máquinas	54
2.5.3.	Pauta de mantenimiento – Tambores de enrollamiento	55
2.5.4.	Pauta de mantenimiento – Engranajes	56
2.5.5.	Pauta de mantenimiento – Motorreductores.....	57
2.5.6.	Pauta de mantenimiento –Frenos (12).....	58
2.5.7.	Pauta de mantenimiento –Poleas (12)	59
2.5.8.	Pauta de mantenimiento – Cabinas de carros	60
2.5.9.	Pauta de mantenimiento – Chasis de carros.....	60
2.5.10.	Pauta de mantenimiento – Rodado.....	61
2.5.11.	Pauta de mantenimiento – Dispositivos de seguridad.....	61
2.5.12.	Pauta de mantenimiento – Plano de rodadura	62
2.5.13.	Pauta de mantenimiento – Cables	63

2.5.14.	Pauta de mantenimiento – Terminales de suspensión	63
2.5.15.	Pauta de mantenimiento – Estaciones	64
2.5.16.	Pauta de mantenimiento – Sistemas eléctricos	65
2.6.	RESUMEN DEL PLAN	67
2.7.	ANEXO A – INSPECCIÓN DE CABLES.....	69
2.7.1.	General.....	69
2.7.2.	Inspección diaria del cable	69
2.7.3.	Inspección periódica detallada del cable.....	70
2.7.4.	Criterios de reemplazo.....	71
2.8.	ANEXO B – MANTENIMIENTO EN CASO DE LLUVIAS.....	73
2.8.1.	General.....	73
2.9.	COSTO ASOCIADO AL PLAN DE MANTENIMIENTO	74
2.9.1.	Dotación de personal.....	76
2.9.2.	Costo de mano de obra	77
2.9.3.	Costo de materiales	77
2.9.4.	Costo de actividades externas	81
2.9.5.	Costo total del plan de mantenimiento.....	81
3.	PROPUESTAS DE ACTUALIZACIÓN AL DISEÑO Y RENOVACIÓN DE COMPONENTES.....	83
3.1.	DIAGNÓSTICO DE COMPONENTES ACTUALES EN ASCENSOR EN ESTUDIO (14).....	83
3.2.	CRITERIOS DE ACTUALIZACIÓN DE COMPONENTES	91
3.2.1.	Criterio de actualización por normativa.....	91

3.2.2.	Criterio de actualización por problemas de operación.....	91
3.2.3.	Criterio de actualización por obsolescencia.....	91
3.3.	ACTUALIZACIONES AL DISEÑO DE COMPONENTES.....	92
3.3.1.	Motor eléctrico	92
3.3.2.	Transmisión por cadenas.....	102
3.3.3.	Estructura soportante de poleas.	109
3.3.4.	Estructura soportante de rieles.....	110
3.3.5.	Cables	110
3.3.6.	Rieles	110
3.4.	RENOVACIÓN DE COMPONENTES	111
3.5.	PRESUPUESTO DE PROPUESTAS (19).....	112
3.5.1.	Presupuesto de reparación y fabricación a componentes que mantienen el diseño	112
3.5.2.	Presupuesto de componentes con actualización en el diseño.....	113
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
V.	REFERENCIAS.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ascensor Concepción, 1883	4
Figura 1.2 Estado y ubicación de los ascensores de Valparaíso	9
Figura 1.3 Disposición sala de poleas respecto al plano de rodadura, ascensor Larraín.....	13
Figura 1.4 Dimensiones principales para funiculares	14
Figura 2.1 Vista satelital orientada al Norte	25
Figura 2.2 Sistemas y sub-sistemas, ascensores patrimoniales.....	26
Figura 2.3 Conjunto en sala de máquinas (6).....	30
Figura 2.4 Vista en corte, tambor de enrollamiento ascensor Larraín (6).....	32
Figura 2.5 Freno de operación, ascensor Larraín (6)	34
Figura 2.6 Freno de emergencia, ascensor Larraín (6).....	35
Figura 2.7 Modelo 3D, plano de rodadura ascensor Larraín (6).....	36
Figura 2.8 Dimensiones Riel ASCE75	38
Figura 2.9 Plano de fabricación cremallera, ascensor Larraín (6)	39
Figura 2.10 Plano de fabricación polines porta cables, ascensor Larraín (6).....	40
Figura 2.11 Fotografía carro del ascensor Larraín (8)	41
Figura 2.12 Isométrico de conjunto chasis y sistema de rodado (6)	43
Figura 2.13 Vista en corte sistema de rodado (6).....	44
Figura 2.14 Plano de fabricación dispositivo antivuelco (6).....	45
Figura 2.15 Pico de loro (6)	46
Figura 2.16 Plano de fabricación polea guía, ascensor Larraín (6).....	48
Figura 2.17 Disposición de sala de poleas, ascensor Larraín.....	49
Figura 2.18 Ojal con guardacabos y sujetacables (11).....	51
Figura 2.19 Lógica de intervención	66
Figura 2.20 Criterio de reemplazo de cables según alambres rotos (13)	71

Figura 2.21 Calendarización actividades mensuales, Febrero 2018	75
Figura 2.22 Gráfico de porcentajes del costo total.....	82
Figura 3.1 Estado componentes del plano de rodadura, Ascensor Larraín (14)	87
Figura 3.2 Desgaste en poleas de compensación (14).....	90
Figura 3.3 Tabla para determinación de capacidad de carga (15).....	93
Figura 3.4 Características del cable según catálogo.....	94
Figura 3.5 Diagrama de cuerpo libre ascensores (16).....	95
Figura 3.6 Diagrama de cuerpo libre carro que asciende (16)	95
Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre carro que desciende.....	98
Figura 3.8 Diagrama de momentos en eje primario	99
Figura 3.9 Constantes empíricas para el cálculo de C_{ma}	106
Figura 3.10 Método de cálculo de relación de apoyo en engranajes rectos.	107
Figura 3.11 Estructura soportante de poleas ascensor Larraín.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Ubicación específica y estado de ascensores de Valparaíso	10
Tabla 2.1 Ascensor Artillería	24
Tabla 2.2 Desglose estaciones	27
Tabla 2.3 Desglose sala de máquinas.....	29
Tabla 2.4 Características engranajes ascensor Larraín	33
Tabla 2.5 Desglose plano de rodadura	37
Tabla 2.6 Desagregado Carros	42
Tabla 2.7 Desagregado Suspensión, reenvío y arrastre.....	47
Tabla 2.8 Resumen del plan de mantenimiento, Primera parte.....	67
Tabla 2.9 Resumen plan de mantenimiento, Segunda parte	68
Tabla 2.10 Nomenclatura del resumen del plan.....	68
Tabla 2.11 Criterio de reemplazo según reducción de diámetro del cable	72
Tabla 2.12 Resumen de horas hombre requeridas para el plan.....	76
Tabla 2.13 Costo de herramientas.....	78
Tabla 2.14 Costo de fungibles	80
Tabla 2.15 Costo de repuestos	80
Tabla 2.16 Resumen del costo del plan de mantenimiento	81
Tabla 3.1 Diagnóstico componentes de sala de máquinas	84
Tabla 3.2 Diagnóstico componentes en plano de rodadura.....	86
Tabla 3.3 Diagnóstico componentes de carros.....	87
Tabla 3.4 Diagnóstico componentes de arrastre, reenvío y suspensión	89
Tabla 3.5 Dimensiones de ruedas dentadas	104
Tabla 3.6 Presupuesto de componentes que mantienen el diseño, en k\$.	112

Tabla 3.7 Presupuesto de actualización de componentes, en k\$.....	113
--	-----

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales íconos de la ciudad de Valparaíso han sido los ascensores, hoy en día de carácter patrimonial, sirviendo desde su construcción y puesta en marcha a la resolución del problema geográfico presente en la ciudad.

De los treinta ascensores que en algún momento existieron en Valparaíso, dando la conectividad entre los cerros y el plan de la ciudad, actualmente muchos han ido perdiendo la fuerza que tuvieron en el pasado, o eventualmente han desaparecido, debido al surgimiento de otro tipo de medios de transporte más eficaces o a desastres naturales.

En este contexto, en los últimos años se han impulsado una serie de propuestas en aras de recuperar esta infraestructura de transporte tan importante para la ciudad y representante también del patrimonio industrial de nuestro país.

Una parte importante en el desarrollo de estas propuestas tiene que ver con la sostenibilidad en el tiempo respecto al diseño y recuperación que se pretende lograr en los ascensores de Valparaíso. Para esto, se hace necesario la elaboración de planes y pautas de mantenimiento que integren la tecnología aplicada en los nuevos diseños y los componentes patrimoniales que se mantendrán; teniendo especial cuidado en asegurar la función principal que posee este medio de transporte, es decir, trasladar personas de una manera eficaz y segura.

Para cumplir con lo anterior, en el siguiente trabajo se determinarán las tareas de mantenimiento a los sistemas que componen el ascensor, basándose principalmente en las recomendaciones establecidas por las normas referentes a estos componentes. Además, de las recomendaciones dadas por sus fabricantes y en criterios propios a partir del conocimiento del personal que ha realizado el mantenimiento históricamente y técnicos con experiencia en componentes mecánicos similares.

Finalmente se estudian propuestas de renovación o actualización a los sistemas mecánicos asociados a los ascensores, de manera tal que sirvan de solución para problemas que existen actualmente en la operación y mantenibilidad de dichos sistemas.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Se elaborará pautas y planes de mantenimiento para los ascensores funiculares patrimoniales de Valparaíso. Determinación de frecuencias y descripción de las actividades vinculadas al mantenimiento. En adenda y como objetivo complementario, se propondrá potenciales mejoras al diseño y una actualización selectiva de componentes para los sistemas mecánicos asociados.

Objetivos específicos

- Levantamiento de información técnica y operacional de los sistemas mecánicos asociados.
- Determinación de actividades de mantenimiento y pautas.
- Análisis operacional y calendarización del plan de mantención.
- Desarrollo de un plan de gestión integral de mantenimiento.
- Establecer criterios y evaluar la potencial renovación y/o actualización de componentes.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

1. MARCO INTRODUCTORIO Y ANTECEDENTES

1.1. CONTEXTO

El tema de este trabajo de título se empieza a gestar cuando se toman acciones a nivel municipal y regional, en miras de la recuperación de los ascensores de Valparaíso, en el año 2013. La primera de estas acciones corresponde a la licitación pública, impulsada por parte de la Dirección Regional de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas, en la cual se encomienda la elaboración de un modelo de gestión a la empresa INECON S.A.

En este modelo se establece la forma adecuada para administrar el sistema de ascensores de Valparaíso e ir recuperando los ascensores deteriorados mediante proyectos de rediseño y restauración. Dentro de los compromisos de operación fijados por este modelo de gestión, la administración del sistema de ascensores debe contar con los siguientes documentos:

- Manual de procesos para la operación del sistema.
- Plan integrado de mantenimiento del sistema.
- Plan integrado de seguridad del sistema.

Por lo tanto, este trabajo satisface la entrega del documento relacionado con el plan de mantenimiento del sistema. En este documento se pretende detallar las actividades a realizar en forma periódica para la preservación en el tiempo de los atributos de los ascensores como bien patrimonial, evitando el deterioro físico y dando seguridad a los usuarios en su uso.

Para cumplir con lo declarado en el párrafo anterior se ha establecido como objetivo general al trabajo la elaboración de pautas y planes de mantenimiento para los ascensores patrimoniales de Valparaíso, determinación de frecuencias y descripción de las actividades de mantenimiento.

Posterior a la entrega del modelo de gestión por parte de INECON S.A. han ocurrido una seguidilla de licitaciones con el fin de restaurar los ascensores que van a formar parte del sistema de ascensores de Valparaíso y es en base a la información contenida en estas propuestas de diseño que se ha determinado el plan integrado de mantenimiento contenido en este trabajo.

1.2. ANTECEDENTES GENERALES

1.2.1. RESEÑA HISTÓRICA

Los ascensores de Valparaíso son representantes de un período de la historia correspondiente a la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del siglo XX caracterizado por el desarrollo en la producción, construcción y transporte causado por los avances tecnológicos de la época. Son testimonio de múltiples dinámicas que han dejado su impronta en la ciudad de Valparaíso.

El emplazamiento de la ciudad de Valparaíso ocurre en una geografía muy accidentada, caracterizada por una bahía encerrada por una serie de acantilados, entre ambos elementos, se da una leve extensión de terreno conocida como “el plan” de la ciudad. Es en este sector donde se instalan los primeros habitantes de Valparaíso, pero durante el transcurso del tiempo a medida que la población fue creciendo, se hizo necesaria la ocupación del terreno perteneciente a los cerros.

El crecimiento debido a la prosperidad portuaria y la inmigración hizo surgir una serie de edificios construidos en el plan de la ciudad, dedicados en su mayor parte al comercio, actividades cívicas y de esparcimiento, y dada la poca extensión del terreno plano, fue necesario proyectar la edificación hacia las laderas de los cerros que envuelven el plan de Valparaíso. En este contexto surge el ascensor, en rigor, funicular, como elemento conector, comunicador de espacios, realidades y geografía.

1.2.1.1. Contexto histórico

La notable expansión económica generada en Valparaíso durante las décadas de 1860 y 1870, incidió favorablemente, para que tecnologías de vanguardia mundial se hicieran presentes en la ciudad. El estrecho “plan” de la ciudad quedó rápidamente saturado al término de la década de 1840, ocupándose dicho espacio especialmente para el uso de edificios de comercio, bodegas y servicios. Lo anterior provocó una progresiva ocupación del suelo de los cerros y quebradas en usos habitacionales. Uno de los hechos a destacar, para entender la geografía en la cual están insertos los ascensores de Valparaíso, son las reconstrucciones realizadas posteriormente al terremoto del año 1822, que dieron cabida a que pudiera desmontarse parte de la falda de los cerros centrales, frente a la bahía, con el fin de ampliar la

superficie de las propiedades y algunas otras áreas del plan. Esto generó la fuerte inclinación existente entre las laderas de los cerros que miran hoy hacia borde-mar: Cordillera, Alegre, Concepción y Panteón, a modo de ejemplo. Dichos cerros con alta densidad demográfica dispusieron, para acceder a algunos puntos, escaleras de largo trazado y caminos de fuerte pendiente.

Teniendo en cuenta dichos aspectos, era de esperarse que en algún momento se planteara un proyecto que hiciera el traslado de la población de manera más eficiente. Esto ocurrió finalmente en el año 1877, cuando se trata por primera vez una solución al problema, por parte de Isidoro Peirolux, quien presentó un proyecto de funiculares a los cerros. Cabe destacar que en el momento que se hizo esta propuesta habían pasado tan sólo quince años desde el surgimiento del primer funicular, accionado por una máquina a vapor en la ciudad de Lyon, Francia. Este proyecto no se llevó acabo inicialmente, pero más tarde fue reactivado por el novelista Liborio Briebe, constituyéndose, en definitiva, la Compañía de Ascensores Mecánicos de Valparaíso.

Hasta el momento en el que se construye el primer ascensor de Valparaíso, en el resto del mundo fue antecedido sólo por siete ciudades, siendo éstas: Lyon, Francia (1862); Budapest, Hungría (1870); Viena, Austria (1873); Estambul, Turquía (1875), Hastings – Inglaterra (1876) y el elevador Do Bom Jesus – Portugal (1882). Lo que nos arroja como antecedente que Valparaíso fue pionero en América en la construcción de este tipo de medio de transporte.

La historia relacionada al estudio continúa en 1883, año en el cual se inaugura el Ascensor Concepción, primer ascensor de Valparaíso. Posterior a esta fecha y hasta el año 1931, año de construcción del Ascensor Perdices, el número de ascensores construidos en la ciudad asciende hasta treinta, dando clara muestra de la importancia que tuvo este medio de transporte durante la fecha.



Figura 1.1 Ascensor Concepción, 1883

De los treinta ascensores nombrados anteriormente veintiocho poseían la calidad de urbanos y los dos restantes eran hospitalarios, defendiendo no sólo una imagen, sino también una original manera de vivir en la compleja situación geográfica que posee Valparaíso, conformando así parte de la unión entre el plan y los cerros, compuesta por calles, pasajes, escaleras y, muy especialmente por ascensores.

“Los ascensores son el ícono más representativo del patrimonio industrial de Valparaíso” (1), asumiendo un rol relevante no sólo a nivel local, sino también nacional e internacional. Lo anterior se demuestra por las numerosas declaratorias a los ascensores, como Monumentos Históricos y su lugar protagónico en la ciudad, reconocida también como Patrimonio de la Humanidad por parte de la Unesco.

1.2.1.2. Aspectos históricos tecnológicos y de funcionamiento

Desde su construcción se han realizado una serie de avances en la tecnología utilizada, es destacable que para el funcionamiento de los primeros ascensores, se utilizó un sistema hidráulico conocido como “balanza de agua”. Existen dos versiones para describir éste sistema motriz. En una investigación realizada la década pasada se explica el sistema del siguiente modo: “funcionaba por medio de estanques de agua ubicados en ambos extremos del recorrido,

teniendo éstos la función de contrapesar la carga de los carros, de madera en aquella época, con el fin de producir el ascenso y descenso de uno y otro” (2). La otra versión explica el sistema de la siguiente manera: se procede a llenar un depósito de agua situado entre el carro y las ruedas, en el carro que se encuentra en la estación superior y por simple acción del peso del agua, el carro comienza a bajar y en consecuencia elevar el carro inferior, ya que se encuentran unidos mediante cables. Terminada la carrera el carro suelta el agua y ésta es bombeada hacia la estación superior para ser utilizada de nuevo, por medio de una bomba a vapor.

El segundo sistema motriz utilizado en los ascensores de Valparaíso aparece en el año 1901 en la construcción del ascensor El peral y corresponde a una máquina de vapor, que vino en reemplazo del sistema hidráulico usado anteriormente. La máquina de vapor transforma la energía térmica en energía mecánica por medio de un motor de combustión externa. Se genera vapor de agua por el calentamiento de una caldera, éste empuja un pistón que posteriormente genera el movimiento rotatorio a través de un mecanismo de biela – manivela.

Finalmente se dio paso al uso del motor eléctrico como fuente de movimiento para el sistema motriz de los ascensores, ocurriendo este hecho en el año 1906 con la inauguración del ascensor barón, siendo ésta la actualización definitiva hasta el día de hoy en lo que respecta al sistema motriz de los ascensores. El funcionamiento del motor eléctrico consiste en la transformación de energía eléctrica en energía mecánica mediante la acción de campos magnéticos generados en las bobinas del motor. Al igual que los motores eléctricos de hoy en día, está compuesto de un rotor y un estator, los cuales son impulsados por fuentes de corriente continua o alterna.

En la totalidad de los ascensores de Valparaíso se utilizaron tres tipos o modelos de motores eléctricos: motor trifásico de rotor bobinado o anillos rozantes (de corriente alterna), Compound y Shunt (ambos de corriente continua). Los equipos de corriente continua debían ser instalados junto a un banco de resistencias, el cual permitía trabajar a una elevada corriente y bajo torque.

Respecto a los carros, corresponden a piezas de gran valor patrimonial, fundamentales para la operación de éste histórico medio de transporte, y además la imagen más visible y característica del sistema, utilizada ampliamente en las obras de arte referentes a la ciudad.

Una de las particularidades del sistema implementado en Valparaíso es la utilización de una trocha de 1.600 [mm], la que no coincide a ninguna medida utilizada en Chile o en otros países.

El repertorio de ascensores es bastante diverso en cuanto a sus atributos, estado de conservación, entorno, atractivos o áreas de interés que comunican, utilización, la forma en que han dado respuesta a la comunidad en relación a los requerimientos de transporte, pero también específicamente en los componentes que forman parte de su sistema mecánico asociado.

Actualmente, de los treinta ascensores que existieron inicialmente sólo quedan dieciséis, los cuales fueron declarados Monumentos Nacionales en la categoría de Monumento Histórico en dos instancias: 1976 y 1998. De los dieciséis que se mantienen sólo siete de ellos operan parcialmente.

1.2.1.3. Seguridad de los ascensores

Uno de los aspectos a destacar es la seguridad de los ascensores, ya que a pesar de la espectacularidad de algún accidente o a las muchas fallas técnicas, a través del tiempo, los ascensores no registren víctimas. Las víctimas fatales no se produjeron por lo que la gente usualmente tiende a temer: la caída de un carro. Estas instalaciones han contado desde sus inicios con un cable motriz que posee un alto factor de seguridad, es decir, es capaz de aguantar diez veces el peso del carro. Además cuentan con un cable auxiliar, de diámetro menor que el motriz, para cinco o seis veces el peso total del carro. Algunos registros históricos en la cuenta de Administración Municipal de Valparaíso 1918-1921, dicen que en la mayoría de los accidentes donde se vieron involucrados pasajeros han sido determinados como fallas del propio personal. Se habla de distracción, interpretación errónea de órdenes de partida o de embriaguez del operador, y con respecto a los pasajeros se habla generalmente de imprudencia, específicamente al intentar abrir puertas con el carro en movimiento. La estadística existente entre los años 1918 y 1920 indica que, teniendo en cuenta que los veinticuatro ascensores existentes en esos años transportaban diariamente una cifra de 36.000 pasajeros, o sea, trece millones anuales, resultaba un pasajero accidentado por cada 5.570.000, porcentaje insignificante y notoriamente menor en comparación con cualquier otro medio de transporte convencional. Si bien, hoy en día ya no se cuenta con ese número de ascensores, y además la cantidad de gente que utiliza éste medio es mucho menor, no existen prácticamente lesionados, a través de un largo período de tiempo.

Los carros, en la mayoría de los casos, cuentan con dos sistemas de seguridad: El primero consiste en una especie de tenaza que se agarra directamente sobre el riel, se le denomina mecanismo antivuelco, y van ubicados lógicamente por debajo del carro. El segundo sistema de seguridad es conocido como sistema “pico de loro” y consiste en dos ganchos que tienen la finalidad de engancharse en una cremallera, que está dispuesta entre los rieles, cuando ocurra un evento que haga que la velocidad de los carros aumente bruscamente, como en el caso de un corte de cables. No se sabe con certeza si éste sistema funciona actualmente ya que ha sido intervenido constantemente para evitar su accionamiento, debido a que en ocasiones se accionaba sin haber ocurrido un incidente previo, tan sólo con una leve aceleración de los carros.

1.2.1.4. Propiedad de los ascensores

Como se mencionó anteriormente, por la iniciativa de Liborio Briebe, surge la Compañía de Ascensores Mecánicos de Valparaíso, para operar el primer ascensor construido, es decir, el ascensor Concepción. Durante el transcurso del tiempo otras compañías operaron el servicio de diferentes ascensores, como la Compañía Nacional de ascensores S.A. y la Compañía de Ascensores de Valparaíso. Posteriormente el municipio adquirió diversos ascensores, partiendo por el Polanco, a los que se sumaron luego: Reina Victoria, Barón, San Agustín y El Peral. A continuación, el Gobierno Regional compró los ascensores Villaseca, Artillería, Santo Domingo, Cordillera, Concepción, Espíritu Santo, Florida, Mariposas, Monjas y Larraín.

Estos últimos diez ascensores fueron entregados en comodato al Municipio de Valparaíso, en el año 2012, para su administración. Este comodato fue firmado por Luis Célis. A propósito de lo anterior Luis Célis señaló: “todo lo que estamos haciendo como Gobierno por devolver los ascensores a los chilenos, no tiene que ver con un simple romanticismo y de quedarnos en el pasado, sino de mirar al futuro recuperando estos medios de transporte para dar auge a sus entornos, y configurar una verdadera ruta patrimonial con los barrios donde están emplazados” (3).

Las propiedades se distribuían de la siguiente manera: Florida, Mariposas y Monjas (Compañía Nacional de Ascensores S.A.); Larraín, Espíritu Santo y Villaseca (Compañía de Ascensores de Valparaíso) y Concepción, Cordillera y Artillería (Compañía de Ascensores Mecánicos de Valparaíso). El Ascensor Lecheros aún es privado.

1.2.1.5. Situación actual de los ascensores

De los ascensores presentes actualmente en la ciudad sólo seis se encuentran en funcionamiento (Reina Victoria, Barón, El Peral, San Agustín, Polanco y Van Buren), algunos han sido restaurados o reacondicionados completamente, como es el caso del ascensor Barón, cuyo diseño fue llevado a cabo por la empresa ASMAR, del resto, nueve se encuentran detenidos en proceso de recuperación (Espíritu Santo, Mariposa, Florida, Larraín, Monjas, Villaseca, Concepción, Cordillera y Artillería), y tres detenidos, sin compromisos de restauración (Lecheros, Santo Domingo y La Cruz).

Posteriormente a la entrega en comodato que se realizó de los ascensores para la Municipalidad de Valparaíso, se ha iniciado un proceso de renovación del medio de transporte, iniciado a finales del año 2015, donde se comienzan a obtener las aprobaciones de anteproyectos por parte del Consejo de Monumentos Nacionales. Previo a lo anterior, en el año 2013 también se ejecuta el Modelo de Gestión para el proyecto “Restauración Nueve Ascensores de Valparaíso”, realizado por la consultora INECON S.A. En este modelo se plantean actividades desde fines de 2015 en adelante con el fin de instaurar un modelo de administración óptimo para los ascensores que se pretende restaurar.

Estos proyectos de recuperación se agrupan en 4 grupos distintos, dependiendo de las características que posee el plano de rodadura asociado.

- Grupo 1: Cordillera, Espíritu Santo y Concepción.
- Grupo 2: Florida y Mariposas.
- Grupo 3: Larraín y Artillería.
- Grupo 4: Monjas y Villaseca.

Cada uno de estos grupos fue asignado a empresas privadas con el fin de que se desarrollara un proyecto de remodelación, manteniendo algunas características de carácter patrimonial en la parte de diseño del proyecto. Los proyectos consideran la demolición de lo que existe actualmente en terreno, arquitectura, cálculo estructural, plano de rodadura, sanitario, sistemas de seguridad, parte eléctrica y mecánica, paisajismo, entre otros.

1.2.2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y UBICACIÓN

La función principal de los ascensores de Valparaíso es la de servir de medio de transporte y conector entre los cerros y el plan de Valparaíso, por ende cada uno de ellos se encuentra en una localización acorde con la función detallada, es decir, generalmente asociado a algún cerro de la ciudad.

A continuación se muestra un mapa con la localización de los treinta ascensores que alguna vez existieron en la ciudad, indicando los que se encuentran activos (color verde), los detenidos (color rojo) y los que se encuentran desaparecidos (color negro).



Figura 1.2 Estado y ubicación de los ascensores de Valparaíso

En la siguiente tabla se detalla el estado y la ubicación específica de las estaciones que conecta cada uno de los ascensores que conforman la red. En cuanto al estado se refiere a si el ascensor opera actualmente, se encuentra detenido o ha desaparecido.

Tabla 1.1 Ubicación específica y estado de ascensores de Valparaíso

N°	Nombre	Estado	Estación Inferior	Estación Superior
1	Portales	Desaparecido	Subida Numancia	Barros Arana
2	Los Placeres	Desaparecido	Calle Yolanda	Av. Los Placeres N° 195
3	Ferrovianos	Desaparecido	Av. España	Av. Portales frente a Calle Acevedo (C. Barón)
4	Barón	Funcionando	Av. España	Av. Diego Portales
5	Lecheros	Detenido	Eusebio Lillo N° 233	Calle Lecheros
6	Larraín	Detenido	Coronel Reni S/N	Paseo Hermanos Clark
7	Polanco	Funcionando	Almirante Simpson N° 54	Calle La Torre
8	Las Delicias	Desaparecido	Jorge Ossandon N° 5	Calle Antofagasta
9	Ramaditas	Desaparecido	Av. Santa Elena N° 475 - 491	Calle Ramaditas N° 618 - 630
10	Merced	Desaparecido	Pasaje Casablanca	Pasaje Ascensor
11	Las Cañas	Desaparecido	Calle Luis Cousiño 121	Av. Alemania 9573 (C. Las Cañas)
12	Hospital Van Buren	Funcionando	Patio Central Hospital Van Buren	Parte alta del edificio
13	La Cruz	Detenido	Av. Francia N° 935	Federico Varela N° 18
14	Monjas	Detenido	Av. Baquedano N° 35 -39	Bianchi
15	Mariposas	Detenido	Gaspar Marín N° 56	Calle Bianchi Paseo Barbosa
16	Florida	Detenido	Carrera	Marconi - Lastra 39
17	Espíritu Santo	Detenido	Adúrate N° 1566	Rudolph
18	Bellavista	Desaparecido	Pasaje en Calle Condell 1466	Calle Poniente 107
19	Panteón	Desaparecido	Plazuela Ecuador N° 698	Calle Dinamarca N° 221 - 225
20	Reina Victoria	Funcionando	Calle Elías	Paseo Dimalow
21	Esmeralda	Desaparecido	Calle Esmeralda N° 1146	Paseo Atkinson
22	Concepción	Funcionando	Pasaje Elías/ Calle Prat	Paseo Gervasoni
23	El Peral	Funcionando	Plaza de la Justicia N° 83	Paseo Yugoslavo
24	San Agustín	Funcionando	Calle Tomás Ramos N° 272	Calle Canal N° 475
25	Cordillera	Funcionando	Serrano N° 230	Plazuela Eleuterio Ramírez
26	Santo Domingo	Detenido	Cajillas N° 768	Chorrillos
27	Perdices	Desaparecido	Av. Perdices N° 442	Camino Cintura, altura Cerro Toro
28	El Arrayán	Desaparecido	Calle General Bustamante N° 64	Almirante Simpson N° 54
29	Artillería	Funcionando	Plaza Wheelwright	Paseo 21 de Mayo
30	Villaseca	Desaparecido	Av. Antonio Varas	Pedro León Gallo N° 506

Todos los ascensores señalados en la tabla anterior fueron de propiedad privada y administrados por sus propios dueños. Con el tiempo, cada uno de ellos se ha ido deteriorando, en mayor medida por la baja rentabilidad que entregaban a sus administradores o dueños originales a causa del surgimiento de nuevos sistemas de transporte que realizan una mayor cobertura territorial, como lo son los buses y principalmente el acceso al vehículo particular de amplios sectores sociales.

Por lo tanto, cabe preguntarse ¿Cuáles son los sectores y población de la ciudad, para los que éste medio de transporte sigue teniendo relevancia actualmente? Según numerosos movimientos y organizaciones se justifica su funcionamiento, pues serían un factor de disminución de la congestión vehicular en un plan de poca superficie y de calles muy angostas. Además considerando que éstos han sido declarados monumentos históricos por parte del Consejo Nacional de Monumentos Nacionales, han sido motivo de inversión estatal. El primer lugar para adquirirlos (actualmente quince de ellos son de propiedad pública) y poder realizar sobre ellos un plan de restauración y recuperación de su función principal, es decir, de transporte, sea con fines exclusivos para la comunidad residente o en forma de apoyo a la importante componente de la industria turística que posee la ciudad.

1.3. CONTEXTO APLICADO, ESTADO DEL ARTE

1.3.1. FUNCIONAMIENTO DE LOS FUNICULARES

El ascensor, o funicular consiste en dos carros rodantes, de madera o metal que se mueven a la par alternadamente y simultáneamente en sentido inverso, sobre vías paralelas de acero tipo riel de ferrocarril, montados sobre un chasis o estructura metálica soportante.

Dichas vías se encuentran sobre un plano inclinado que se puede encontrar directamente en el cerro o sobre una estructura de metal, dependiendo de la topografía del terreno en donde esté situado el ascensor: sobre un radier de hormigón construido directamente en el suelo del cerro, sobre apoyos aislados de hormigón o albañilería, o sobre estructuras metálicas o de madera apoyadas en pilares o fundaciones. La trocha o distancia entre centros de rieles, de los ascensores porteños es de 1.600 milímetros. A este plano inclinado se le denomina plano de rodadura.

Para la tracción o arrastre se utiliza un cable de acero, generalmente de 25 milímetros de diámetro, que es desplazado a través de poleas motrices y receptoras accionadas mediante un sistema electro mecánico que actúa sobre un tambor de enrollamiento. Dichos cables se unen con cada uno de los carros, haciendo que se muevan simultáneamente, generalmente la sala de máquinas en donde se encuentra la unidad motriz que entrega el movimiento al tambor, se encuentra en la estación superior. La unidad motriz cuenta con un motor eléctrico y una serie de elementos que hacen posible la reducción de velocidad del motor, estos elementos (engranajes, ejes y descansos) se encuentran abiertos hacia el ambiente. Los sistemas de frenado también se ubican en la sala de máquinas, además de los tableros de control.

En la siguiente imagen se muestra la disposición de las poleas respecto al plano de rodadura en el ascensor Larraín. Las poleas de mayor dimensión corresponden a las poleas de reenvío que son las que direccionan el cable principal, que va conectado con los tambores de enrollamiento. En general, todos los ascensores patrimoniales tienen esa disposición respecto a las poleas principales. Las poleas de menor diámetro corresponden a las poleas auxiliares y sobre estas va ubicado el cable auxiliar que une a los dos carros. En este caso, son dos poleas pero generalmente es una sola polea de mayor tamaño la que conduce al cable auxiliar.

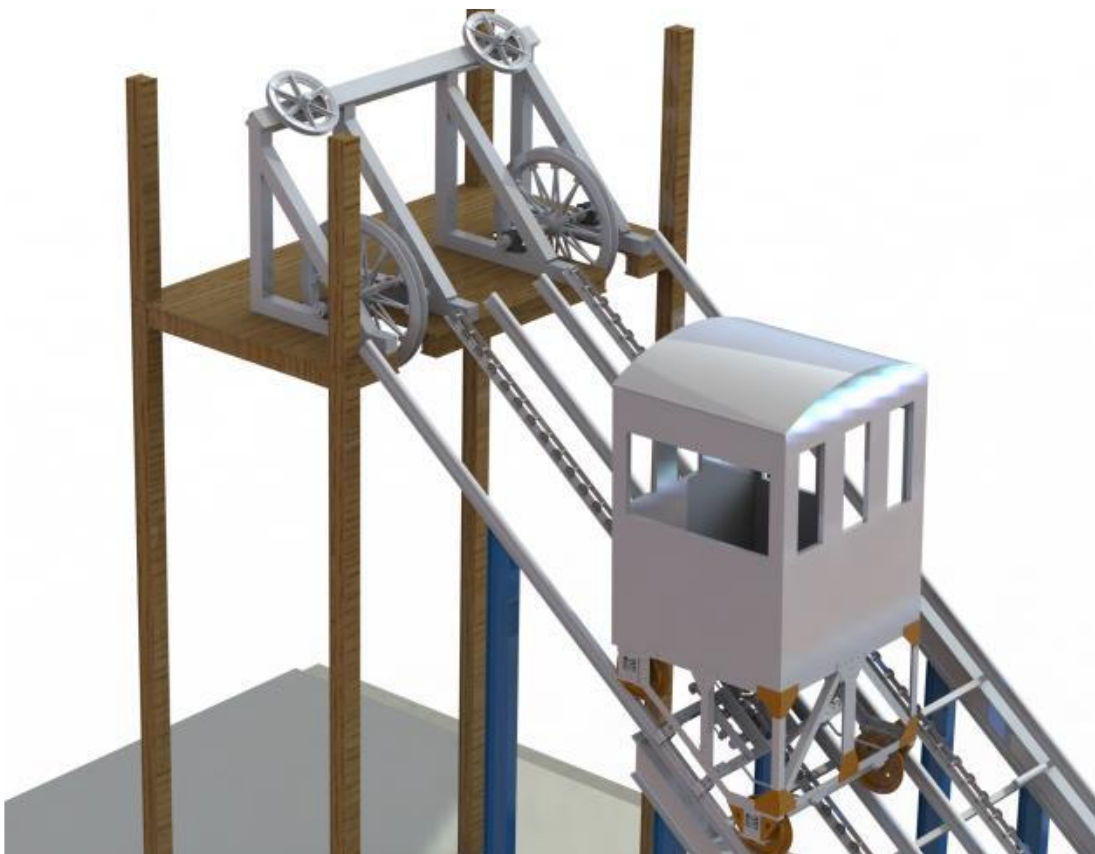


Figura 1.3 Disposición sala de poleas respecto al plano de rodadura, ascensor Larraín

Se adjunta también un diagrama con las principales características a tener en cuenta de los ascensores:

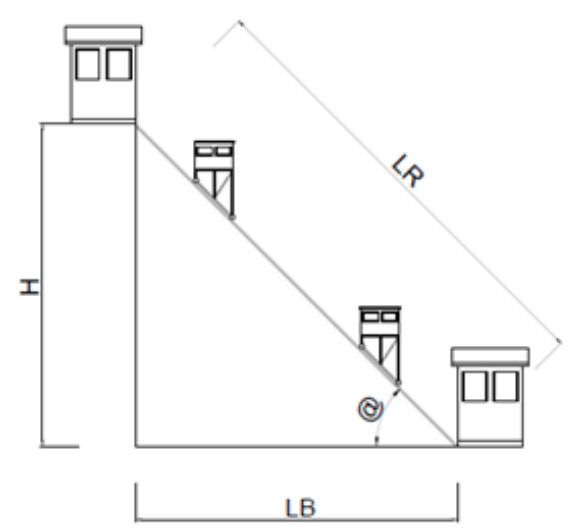


Figura 1.4 Dimensiones principales para funiculares

- Largo rieles (LR)
- Largo de base (LB)
- Altura (H)
- Pendiente (α)
- Capacidad (n° de personas).

1.3.2. ANTECEDENTES OPERACIONALES

Respecto al control de operación actual de los sistemas en cada ascensor no se tiene una puesta en marcha estándar para todos, sino que cada uno es operado por parte del maquinista de manera distinta ya que cada uno posee sus particularidades. Lo que es similar, indistintamente del ascensor que se esté hablando, es el horario en que se encuentran funcionando, desde 07:00 hasta 23:00, además de que siempre se encuentra una persona en la estación superior y otra en la estación inferior.

El maquinista u operador de la máquina se encuentra en la estación superior y su función es dar la puesta en marcha del ascensor para poder trasladar a la gente de una estación a otra. En general, se encarga de activar el control del ascensor mediante algún actuador (botón o manubrio) en forma manual, este control es para indicar cuál de los dos carros va a descender desde la estación superior, por lo tanto le indica el sentido de giro al tambor de enrollamiento. Posteriormente desactiva el freno, en la mayoría de los casos con un volante, o en otros con una palanca, y es esta acción la que le entrega el movimiento al carro. Existen casos particulares, como por ejemplo el ascensor Reina Victoria en donde el movimiento del carro es activado por un pedal, que no debe ser desactivado en todo el recorrido del carro (hombre muerto). Ambas acciones descritas anteriormente se realizan una vez que ya se ha asegurado que las puertas de cada cabina se encuentran cerradas y los pasajeros seguros. Por lo tanto, el operador es también quien abre y cierra las puertas de cada carro al comienzo y final de cada viaje. Algunas funciones adicionales son la de prender las luces de las cabinas, activar o desactivar el seguro de las puertas en los casos que corresponda y finalmente activar el botón de emergencia o freno auxiliar en caso de que suceda alguna contingencia.

La otra persona que trabaja en los ascensores se encuentra en la estación inferior y cumple la función de boletero, es decir cobra el pasaje a cada persona por el uso del ascensor y además avisa al maquinista por medio de alguna señal (timbre o luz) cuando la cabina situada en la estación inferior ocupa toda su capacidad. Junto con cobrar el pasaje permite el paso de los usuarios a través del torno que realiza el conteo de los pasajeros.

Ambos puestos de trabajo son realizados por un total de seis personas que van rotando por medio de un sistema de turnos, un turno es de 07:00 hasta 15:00 (de mañana) y el otro de 15:00 hasta 23:00 (de noche), tres personas por cada función, es decir tres maquinistas y tres boleteros. Comienza cada trabajador con dos turnos de mañana, posteriormente dos turnos de tarde y finalmente dos días de descanso.

El ascensor funciona todos los días con el horario explicado anteriormente a excepción de los días que se encuentra en mantenimiento o cuando se produce alguna falla o contingencia.

(*) Información recopilada en terreno.

1.3.3. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

La entidad encargada actualmente del mantenimiento de los ascensores es la Ilustre Municipalidad de Valparaíso, quienes disponen del personal para realizar las actividades planificadas en cada uno de los ascensores que se encuentren operativos. El objetivo que tiene este equipo de trabajo es mantener la seguridad del uso de este medio de transporte, solucionar las posibles fallas que se tengan ya sea en las instalaciones mecánicas o eléctricas y lógicamente intentar dentro de lo posible, mediante acciones preventivas, que éstas ocurran.

El equipo de mantenedores y su encargado comienzan su jornada todos los días en el ascensor San Agustín a las 09:00, es desde ahí donde se reparten las tareas planificadas anteriormente y se reúnen para saber si es que existe alguna contingencia en algún ascensor para darle la solución más rápida posible. Para lo anterior cuentan con el apoyo de la Municipalidad quienes les facilitan un vehículo que es usado para trasladar al personal a los distintos ascensores que requieren ser mantenidos.

Las tareas que efectúan los mantenedores están basadas en dos documentos, el primero es una planilla calendarizada del tipo “check-list” en el cual se hace el registro de la realización de actividades de mantenimiento en las distintas agrupaciones que fueron asignadas a cada ascensor. Estas agrupaciones son: Estación Inferior, Estación Superior, Cabinas, Cables, Sala de Comando, Sala de Máquinas, Carros, Vías. A continuación se muestra el desglose de las actividades a realizar o verificar, hecho para cada una de ellas.

- *Estación Inferior:* Limpieza, iluminación, tornos (conteo de pasajeros), extintores, puertas y baños.
- *Estación Superior:* Limpieza, iluminación, tornos (debido a que existen ascensores en donde el cobro y conteo de pasajeros se realiza en la estación superior, como el caso del ascensor artillería), extintores, puertas y baños.
- *Cabinas:* Limpieza, iluminación, puertas.
- *Cables:* Principal, auxiliar, amarres y grilletes.
- *Sala de comando:* limpieza, tableros, instrumentos, iluminación, timbres, luces de señales.
- *Sala de máquinas:* limpieza, tableros, iluminación, motor eléctrico, engranajes, tambores y poleas.

- *Carros*: estructura, ejes y bujes, ruedas, anti-vuelcos, sistema de seguridad, pintura.
- *Vías*: alineamiento de rieles, durmientes, cremalleras, polines, escala de emergencias.

El otro documento utilizado como pauta para el mantenimiento contiene las indicaciones para cada una de las actividades nombradas en el desglose, de las acciones que se deben realizar o el estado que se debe verificar, por parte del personal de mantenimiento, para aprobar en la planilla y dar el visto bueno en el ítem que se esté revisando.

El gran problema que posee en la actualidad el mantenimiento de los ascensores es la falta de estandarización de los procedimientos a causa de las diferencias existentes en todos los ascensores, es decir, no existe un ascensor idéntico a otro, cada uno posee sus particularidades y por lo tanto sólo hay entre ellos algunas similitudes. A pesar de lo anterior, la gran diferencia entre los ascensores no está basada en los componentes mecánicos que los conforman, sino que en la configuración que se les da a éstos. Los diseños no obedecen a un diseño en conjunto, ya que inicialmente los ascensores fueron privados por lo tanto en el momento en que fueron diseñados no se pensó en un sistema de ascensores de Valparaíso. A lo anterior se le suma la falta de información existente con respecto a los diseños originales y a las modificaciones que se les fueron haciendo durante el transcurso de los años, lo que hace que diagnosticar correctamente una falla sea de mucha dificultad y esté supeditado a la experiencia y pericia de los mantenedores.

(*) Información recopilada en terreno.

1.3.4. ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO (4)

Se define mantenimiento como el conjunto de acciones destinadas a conservar equipos, máquinas o instalaciones industriales en correcto funcionamiento durante la mayor cantidad de tiempo. Es por esto que la finalidad que tiene la mantención es preservar y dar valor a los bienes que constituyen el patrimonio activo fijo de una empresa. Por lo tanto, sus objetivos generales son conservar el patrimonio de maquinarias e instalaciones durante toda su vida útil, garantizando la capacidad de producir bienes o, en el caso de los ascensores, servicios según las condiciones establecidas. Desde este punto de vista, el servicio producido por la entidad que se hará cargo de los ascensores de Valparaíso es el de otorgar un medio de transporte, siendo las condiciones establecidas la seguridad de los usuarios.

Durante los últimos años el enfoque que ha tenido el mantenimiento es el de asegurar el mejoramiento permanentemente, orientándose en la eliminación de las fuentes repetitivas de fallas en las maquinarias e instalaciones, además de tener como meta siempre la reducción de costos.

Existen distintas estrategias para poder llevar a cabo el objetivo del mantenimiento, que finalmente son las que establecen el tipo de mantenimiento que se realiza en una empresa, aunque cabe destacar que en cualquier ámbito real, nunca se aplicará un solo tipo de mantenimiento. A continuación se explicarán las diferentes estrategias de mantenimiento:

1.3.4.1. Mantenimiento Correctivo

Es la forma más básica de mantenimiento y consiste simplemente en ir reemplazando los componentes que presenten una falla o se encuentren dañados. Usualmente tiene asociados bajos niveles de planificación del mantenimiento y excesivos niveles de inventarios de repuestos y mano de obra con el fin de asegurar la continuidad de los procesos productivos. Generalmente no basta con la sola aplicación de ésta estrategia, debido a los altos costos asociados y a que los tiempos de reparación pueden aumentar demasiado en caso de que no se cuente con los repuestos a la hora de ocurrencia de alguna falla.

1.3.4.2. *Mantenimiento preventivo*

El objetivo del mantenimiento preventivo es reducir la probabilidad de ocurrencia de falla, evitando detenciones repentinas en la producción. Surge para mejorar las insuficiencias del mantenimiento correctivo, teniendo las siguientes ventajas: Permite planificar las actividades de mantenimiento; puede reducir los costos de falla puesto que se enfoca en evitar la ocurrencia de éstas, minimiza los tiempos de reparación ya que cuando se intervienen los equipos se hace de manera planificada, la seguridad de los operarios se ve beneficiada al reducir los eventos de falla. Dentro de la categoría de mantenimiento preventivo caen algunos tipos de estrategias de mantenimiento:

- *Mantenimiento cíclico*

Es la manera más básica de aplicar el mantenimiento preventivo, ya que los equipos se intervienen en intervalos de tiempo según fecha (calendario) o según edad (horas de operación). Las intervenciones se hacen independientemente de la condición en que se encuentre el equipo o componente.

- *Mantenimiento según condición*

Esta estrategia consiste en controlar los activos industriales a través del monitoreo de parámetros representativos del rendimiento o condición de éstos. Para lograrlo es necesario definir un rango aceptable de operación para cada parámetro observado y el monitoreo de éste de forma continua o cada ciertos intervalos de tiempo que sean representativos. La intervención se realiza cuando uno de estos parámetros se escapa de los rangos aceptables o alcanza algún nivel crítico para la operación.

- *Mantenimiento predictivo*

Se basa en el mismo principio del mantenimiento según condición, pero se agrega el seguimiento de los parámetros representativos con el fin de modelar el comportamiento de la variable en el tiempo y predecir su condición futura, para finalmente decidir el momento de la intervención.

1.3.5. NORMATIVA CONSULTADA Y MARCO LEGAL

La determinación de actividades de mantenimiento fue basada en la normativa asociada a ascensores funiculares y a algunas normas que hacen relación con componentes dentro de los sistemas mecánicos asociados, como es el caso de los cables de tracción en donde la norma que hace referencia a la inspección de éstos es una norma relacionada con grúas.

A continuación se muestra un listado de la normativa y leyes consultadas para establecer las pautas de mantenimiento.

1.3.5.1. *Ley 20.296*

Establece disposiciones para la instalación, mantención e inspección periódica de los ascensores y otras instalaciones similares. En general la ley habla sobre los requerimientos legales con los que deben contar los actores que realizan la instalación, mantención e inspección periódica de los ascensores y otras instalaciones, en donde destaca el hecho de que éstos deben ser mantenidos según las especificaciones técnicas indicadas por el fabricante y citando textualmente la Ley: “La instalación y mantención de los ascensores, tanto verticales como inclinados o funiculares, montacargas y escaleras o rampas mecánicas, deberán ser ejecutadas por instaladores y mantenedores que cuenten con una inscripción vigente en un registro que al efecto llevará el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.”

1.3.5.2. *NCH440/1of2000 Construcción elevadores – Requisitos de seguridad e instalación - Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos.*

Esta norma establece los requisitos mínimos en términos de diseño, tanto en ámbito dimensional como constructivo para los ascensores verticales e inclinados.

1.3.5.3. *NCH2840/1of2000 Construcción elevadores – Procedimientos de inspección – Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos.*

Hace referencia a los métodos relacionados con la inspección rutinaria de los ascensores y montacargas, los responsables en realizarlas y la ejecución de pruebas para algunos componentes.

1.3.5.4. *ASME B30.2/2011*

Esta norma contiene una sección para la inspección de cables de acero.

2. PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

2.1. INTRODUCCIÓN AL PLAN

El siguiente documento tiene por objetivo la ejecución en forma periódica, por parte del administrador del sistema de ascensores de Valparaíso, de una serie de acciones de tipo preventivo con el fin de mantener los atributos de los sistemas mecánicos presentes, tanto como bien patrimonial como a nivel funcional. Lo anterior, teniendo énfasis en la seguridad de los usuarios del medio de transporte y respetando el marco legal vigente que regula el diseño, operación y mantenimiento de los ascensores actualmente. Además de detectar a tiempo, mediante inspección, condiciones de funcionamiento anormal (ruido especialmente) para evitar así fallas que tengan consecuencias más graves en el sistema mecánico de los ascensores.

Para lograr lo descrito en el párrafo anterior, es necesario ahondar lo que dictan las normas con respecto a la inspección y los detalles técnicos que proporciona el fabricante para el mantenimiento de cada componente en caso de que éstos existan, caso contrario se seguirán las recomendaciones establecidas en la literatura pertinente, o por la experiencia en este tipo de ascensores o en sistemas similares. Junto con lo dicho, también se toma en cuenta el mantenimiento realizado actualmente en los ascensores de Valparaíso, por parte de la Ilustre Municipalidad de la ciudad, debido a que existen numerosos componentes cuyo desgaste en el tiempo es leve y por lo tanto pueden seguir realizándose las actividades hechas anteriormente para preservar su desempeño en el tiempo.

Lo que este plan pretende ser, es una guía con las acciones recomendables para promover el buen funcionamiento de los componentes de los ascensores, pero también se entiende que aún éstos sistemas no se encuentran en operación, y es sólo en éste caso cuando se puede determinar la frecuencia real de las actividades con el fin de optimizar el trabajo realizado por los mantenedores, por lo tanto, la frecuencia propuesta para cada una de las actividades está sujeta a modificaciones posteriores.

Las acciones determinadas para cada componente consisten, en la mayoría de los casos en cumplir la función primaria de mantenimiento, es decir son aquellas que se deben realizar diariamente como la inspección, lubricación y el mantenimiento general del equipo. Por lo tanto, tienen un carácter preventivo, con el fin de realizar un examen regular de los componentes para así detectar y subsanar posibles causas de fallo antes de que éste ocurra.

Junto con las actividades descritas, también se harán actividades de inspección más detallada, con la inclusión de mediciones en los casos en que sea necesario, en donde se necesitará personal capacitado para dar un diagnóstico del estado real en que se encuentran los componentes, estas actividades incluyen ensayos no destructivos a los componentes para descartar fallas que puedan significar condiciones no seguras para los usuarios.

2.2. OBJETIVOS DEL PLAN

El objetivo principal es proporcionar a la administración del sistema de ascensores de Valparaíso un conjunto de recomendaciones en cuanto a procedimientos técnicos, principalmente de control e inspección para los componentes de dichos ascensores, con el fin de preservar en el tiempo sus características operacionales en forma segura para los usuarios.

2.2.1. Objetivos Específicos.

- Evitar mediante buen control, lubricación e inspección, las fallas en los componentes maximizando la vida útil de éstos.
- Crear un Plan General de mantenimiento para todos los ascensores pertenecientes al sistema de ascensores de Valparaíso.
- Entregar un documento de fácil entendimiento para los actores encargados del mantenimiento de los ascensores.
- Controlar las actividades de mantenimiento preventivo asociado a los ascensores.

2.3. CASO BASE

Para poder establecer pautas de mantenimiento en los sistemas mecánicos de los ascensores de Valparaíso, es necesario establecer uno de estos ascensores como caso base con la finalidad de definir los sistemas y sub-sistemas mecánicos asociados, y a partir de esto definir las actividades de mantenimiento y frecuencias en los componentes para posteriormente extrapolar los resultados al resto de los ascensores.

La elección para este estudio fue el ascensor Larraín, por el hecho de que es el ascensor al cual se tiene acceso a la información con respecto al diseño. Cabe destacar que los componentes mecánicos de los ascensores son muy similares y lo que es distinto entre ellos es la configuración de éstos y algunas particularidades, como los tipos de freno existentes.

El ascensor Larraín es uno de los tres ascensores ubicado en cercanía con la Av. Argentina, arteria popular hasta el día de hoy, junto a los ubicados en Barón y Lecheros. En 2010 paralizó su funcionamiento debido a la nula rentabilidad. Actualmente es parte del denominado grupo 3 en el proyecto de restauración del Gobierno. (5)

Tabla 2.1 Ascensor Artillería

Propietario	: Gobierno Regional
Antiguo propietario	: Compañía de ascensores de Valparaíso S.A.
Cerro	: Larraín
Estación inferior	: Coronel Reyna (ex subida Caracoles)
Estación superior	: San José 485.
Fecha de inauguración	: 31 de Octubre de 1909
Monumento nacional	: Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998
Tipo	: Funicular
Largo de recorrido	: 63 metros
Altura	: 39 metros
Pendiente	: 38,29°
Sistema motriz	: Motor eléctrico

Por lo tanto, se hará un desglose, de tipo árbol morfológico de los sistemas involucrados en este ascensor, en el cual se le asignará a cada uno de los componentes un código, que servirá posteriormente para la asignación de actividades similares entre componentes.

Las actividades serán clasificadas de la siguiente manera, con la finalidad de que al final del documento se entregue un resumen que sea de rápida comprensión.

- **Inspección visual:** Corresponde a la inspección rutinaria en donde el mantenedor verifica que no existan condiciones (ruido, temperatura, deformaciones, etc.) que puedan significar la existencia de fallas mayores.
- **Lubricación:** Todas las actividades relacionadas con la lubricación de componentes rotativos o deslizantes.
- **Aseo o limpieza:** Actividades de limpieza de componentes.
- **Pruebas:** Actividades requeridas para comprobar que algunos componentes cumplen la función para la cual están diseñados
- **Inspección dimensional:** Acciones orientadas a inspeccionar de forma más exhaustiva los componentes, y tomar las mediciones pertinentes para saber el estado real de éstos.
- **Recambio o reemplazo:** Acciones referentes al reemplazo por elementos de idénticas características o un repuesto.

Como referencia cardinal, se muestra una imagen satelital de la ubicación del funicular y respectivo eje principal, que se encuentra en orientación Oeste-Noroeste.



Figura 2.1 Vista satelital orientada al Norte

2.4. SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES

Para cumplir con los objetivos propuestos de éste trabajo es necesario conocer los componentes mecánicos presentes en los funiculares, para esto se clasifican en un árbol morfológico, el cual muestra los sistemas y sub-sistemas asociados con la finalidad de explicar la función que tiene cada uno de éstos.

Se muestra la clasificación realizada en el siguiente diagrama, tomando como base la información contenida en los proyectos de renovación

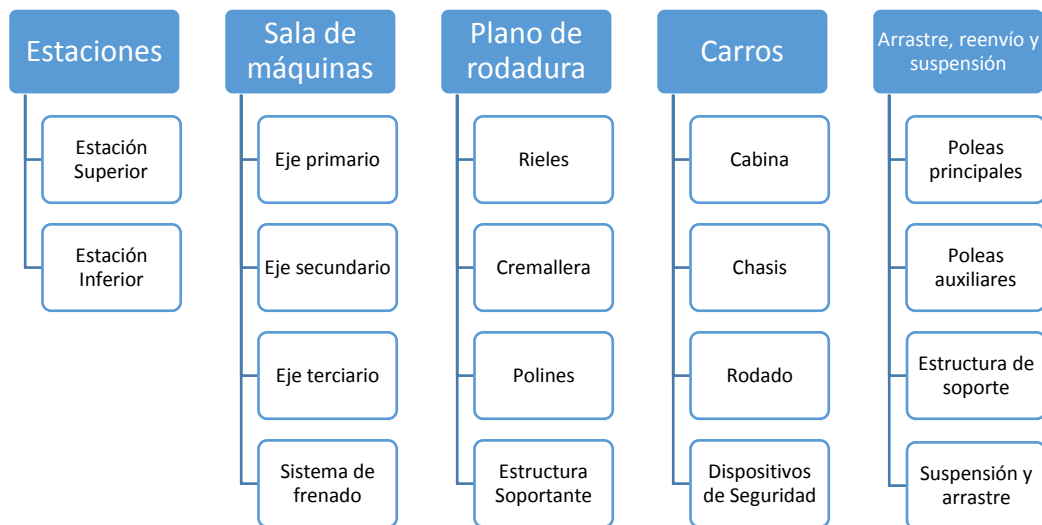


Figura 2.2 Sistemas y sub-sistemas, ascensores patrimoniales

A continuación se procede a explicar cada uno de estos sistemas y sus componentes.

2.4.1. Estaciones

Son las edificaciones de acceso a los ascensores, están ubicadas al inicio y término del recorrido de cada carro, generalmente se realiza el conteo e ingreso controlado de las personas a la cabina del carro en la estación inferior y en la estación superior es donde se ubica el maquinista, con su respectiva sala de mando, a causa de la mejor visión que tiene con respecto al movimiento de los carros. Cada estación posee puertas de corredera para acceder a los carros.

El conteo de pasajeros se hace por medio de un torniquete, que en algunos casos tienen incluido un podómetro o pedal para permitir el paso de los usuarios a través del mecanismo.

Entre cada estación existe un medio de comunicación para que ambos operarios se pongan de acuerdo con la puesta en servicio de los carros.

Tabla 2.2 Desglose estaciones

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES			ÍTEM
1. Estaciones	1.1 Estación superior	Estación	1.1.1
		Puertas de acceso	1.1.2
		Sala de mando	1.1.3
		Mobiliario	1.1.4
		Puertas de acceso a carros	1.1.5
		Torniquete de conteo	1.1.6
	1.2 Estación inferior	Estación	1.2.1
		Puertas de acceso	1.2.2
		Mobiliario	1.2.3
		Puertas de acceso a carros	1.2.4
		Sanitario	1.2.5

2.4.1.1. *Estación*

Corresponde a la superficie completa del recinto, por donde transitan los usuarios, donde se encuentran los trabajadores, los sanitarios, el área de la sala de máquinas también se incluye en esta sección (para el caso de la estación superior).

2.4.1.2. *Puertas de acceso*

Son las puertas por donde acceden los usuarios a la estación.

2.4.1.3. Sala de mando

Es el lugar en donde se ubica el maquinista del ascensor, para el caso del ascensor en estudio este lugar se encuentra a nivel de la sala de máquinas. En la sala de mando se encuentran los actuadores de accionamiento de los frenos del ascensor, además de otro actuador que es el que da el sentido de giro al motor y por lo tanto al tambor de enrollamiento, indicando así el carro que debe subir y el que debe bajar.

2.4.1.4. Mobiliario

Corresponde a todos los muebles que están situados en las estaciones.

2.4.1.5. Puertas de acceso a los carros

Son las puertas que deben abrir y cerrar los operarios presentes en la estación. Se abren para permitir la bajada de los pasajeros una vez que llega el carro y se cierran una vez que se da inicio a un viaje, ya sea con pasajeros en su interior o no.

2.4.1.6. Torniquete de conteo

El conteo de pasajeros se hace por medio de un torniquete, que en algunos casos tienen incluido un podómetro o pedal para permitir el paso de los usuarios a través del mecanismo. En general se encuentra en las estaciones inferiores de los ascensores, particularmente en el ascensor Artillería se encuentra en la estación inferior. Está asociado también al cobro por el uso del servicio.

2.4.2. Sala de máquinas

La sala de máquinas corresponde al lugar en donde se emplazan los elementos mecánicos responsables del movimiento controlado del carro. Se sitúa por debajo de la estación superior y posee grandes dimensiones, debido a que inicialmente el sistema motriz ocupado requería de mayor espacio (en muchos casos se tenía que alojar una caldera, cuando los sistemas motrices eran a vapor) que los que se utilizan actualmente.

En el espacio de la sala de máquinas se encuentran generalmente el sistema motriz, la reducción de velocidad; compuesta por engranajes de grandes dimensiones y cadenas de transmisión, polea de arrastre o tambor de enrollamiento (dependiendo del tipo de máquina, es decir máquina de arrastre o adherencia), los sistemas de frenado y finalmente la base de estos componentes y su respectivo foso.

Tabla 2.3 Desglose sala de máquinas

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES			ÍTEM
2. Sala de máquinas	2.1 Eje primario	Eje	2.1.1
		Descanso izquierdo	2.1.2
		Tambor de enrollamiento izquierdo	2.1.3
		Descanso central	2.1.4
		Corona Primaria	2.1.5
		Tambor de enrollamiento derecho	2.1.6
		Descanso derecho	2.1.7
	2.2 Eje secundario	Eje	2.2.1
		Freno de zapata izquierdo	2.2.2
		Descanso izquierdo	2.2.3
		Corona Secundaria	2.2.4
		Piñón Secundario	2.2.5
		Descanso derecho	2.2.6
		Freno de zapata derecho	2.2.7
	2.3 Eje terciario	Motorreductor	2.3.1
		Piñón	2.3.2
	2.4 Eje de freno	Eje	2.4.1
		Freno de banda izquierdo	2.4.2
		Freno de banda derecho	2.4.3

Como se muestra en la tabla 2.3, los componentes de la sala de máquinas se han agrupado según los ejes en donde van montados. Se adjunta una vista de la sala de máquinas actual del ascensor Larraín, para un mejor entendimiento.

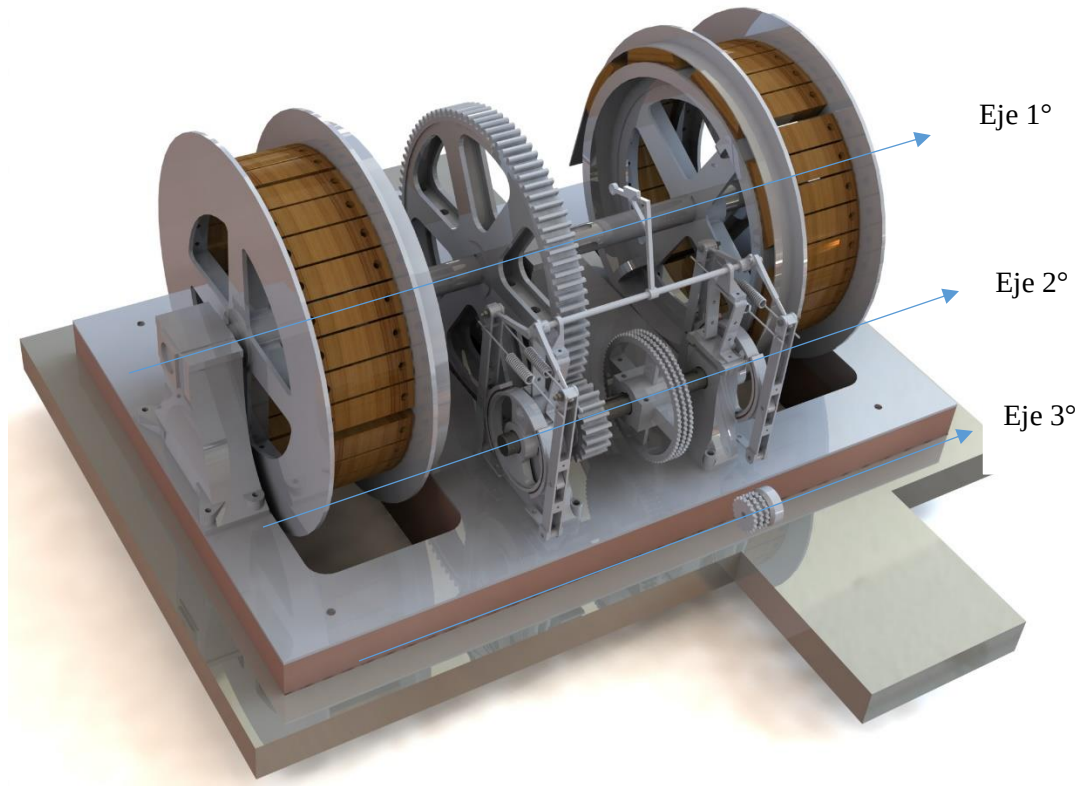


Figura 2.3 Conjunto en sala de máquinas (6)

Los componentes presentes en la sala de máquinas son los siguientes:

2.4.2.1. Ejes

Son los elementos de máquina encargados de transmitir el movimiento rotacional y la potencia o par de torsión desde la unidad motriz hacia los tambores de enrollamiento. Generalmente son de aceros dulces y se unen de forma rígida a través de chavetas con los componentes que están montados sobre ellos. En el ascensor en estudio se cuenta con tres ejes de transmisión y un eje de freno:

- Eje primario: Sobre este van montados los tambores de enrollamiento y la corona primaria. Cuenta con tres descansos y además es donde se acciona el freno de emergencia, ya que actúa sobre los tambores de enrollamiento.

- Eje secundario: Contiene el piñón de la corona primaria, la corona secundaria, que generalmente es de transmisión por cadenas pero se busca actualizar a transmisión directa, y los dos frenos de operación. Posee dos descansos.
- Eje terciario: Corresponde al eje rotacional del motor eléctrico y posee además el piñón motriz.
- Eje de frenos: Es el eje de soporte de los pivotes del freno de emergencias, ubicado bajo la placa base de los tambores de enrollamiento.

2.4.2.2. Descansos

Son los soportes de las cargas axiales de cada eje, están compuestos de una estructura exterior anclada mediante pernos en la base de cada eje. Cuentan con una superficie de contacto de metal blanco o bronce SAE 640, y son lubricados con aceite.

2.4.2.3. Tambores de enrollamiento

Este componente cumple la función de enrollar o desenrollar el cable que circula a través de las poleas principales hacia los carros. Existen dos de éstos con idénticas características y se mueven en conjunto con la corona primaria. Están fabricados en dos partes, antiguamente de acero fundido, en un futuro de acero A-36, con una superficie o manto de madera. Sobre este manto de madera es donde va enrollado el cable. Son componente de dimensiones considerables, en el ascensor Larraín poseen un diámetro de 1800 [mm] y 1500 [kg] de masa aproximadamente.

Se adjunta una vista en corte del tambor de enrollamiento actual del ascensor Larraín.

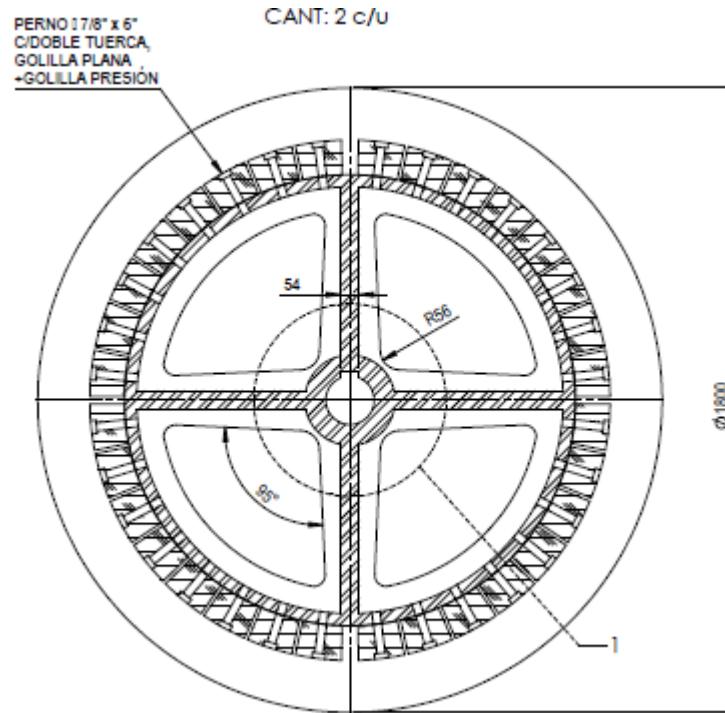


Figura 2.4 Vista en corte, tambor de enrollamiento ascensor Larraín (6)

2.4.2.4. Engranajes

Son los mecanismos que se encargan de la transmisión de potencia de un componente a otro dentro de una máquina. Se denomina corona a las ruedas dentadas de mayor tamaño y piñón al caso contrario. El ascensor Larraín cuenta con cuatro ruedas dentadas: un piñón motriz, que transmitía su movimiento por cadenas a una corona secundaria, ahora se pretende que lo hagan vía transmisión directa. La corona secundaria es solidaria con un piñón primario que vía transmisión directa conduce la corona primaria, componente que le otorga la velocidad de rotación a los tambores de enrollamiento y por consecuencia la velocidad de traslación a los carros. El tren de engranajes está abierto al ambiente y debe ser lubricado regularmente con grasa.

Se adjunta una tabla con las características actuales, es decir con la cadena de transmisión, de las ruedas dentadas del ascensor Larraín (todas las dimensiones en milímetros).

Tabla 2.4 Características engranajes ascensor Larraín

Rueda dentada	Piñón motriz	Corona secundaria	Rueda dentada	Piñón primario	Corona primaria
N° de dientes	19	76	N° de dientes	20	92
ø exterior	165,2	615	Módulo	16	16
ø primitivo	154,3	604,1	ø exterior	352	1504
Radio diente	26	26	ø primitivo	320	1472
Ancho radio	2,5	2,5	ø inferior	283	1435
Ancho diente	15,8	15,8			
Ancho total dientes	79,6	79,6			

2.4.2.5. Unidad motriz

La unidad motriz es el componente encargado de brindar el movimiento y la potencia a la máquina de arrastre presente en el funicular. Históricamente ha habido una serie de sistemas motrices para los ascensores, pero actualmente se piensa instalar un motorreductor para el accionamiento de la máquina. Sobre el eje de movimiento del motorreductor va montado el piñón motriz, la primera rueda dentada dentro del tren de reducción.

Específicamente el motorreductor seleccionado para la actualización del sistema en el ascensor Larraín es el siguiente:

- Modelo : SEW FAF 97 DRE200L4
- Potencia : 22 [kW]
- Velocidad : 132 [rpm]
- Torque : 1580 [Nm]

2.4.2.6. Sistemas de frenado

Son los sistemas encargados de detener el carro y que este permanezca estático y sin deslizar. Generalmente existe redundancia en estos sistemas para mayor seguridad en caso de la ocurrencia de alguna falla. En los ascensores de Valparaíso se observan dos tipos de frenos, ambos de zapata de madera, uno de ellos actúa sobre unos tambores de freno instalados en alguno de los ejes de transmisión de la máquina, frecuentemente en el eje secundario; y el otro un freno de cinta que actúa sobre una pestaña perteneciente a la estructura de los tambores de enrollamiento.

En el ascensor en estudio el freno de cinta corresponde al freno de emergencia, y el freno de tambor al freno de operación. La configuración y función de cada uno de éstos depende del diseño del ascensor. Se muestran imágenes para mayor comprensión de los sistemas.

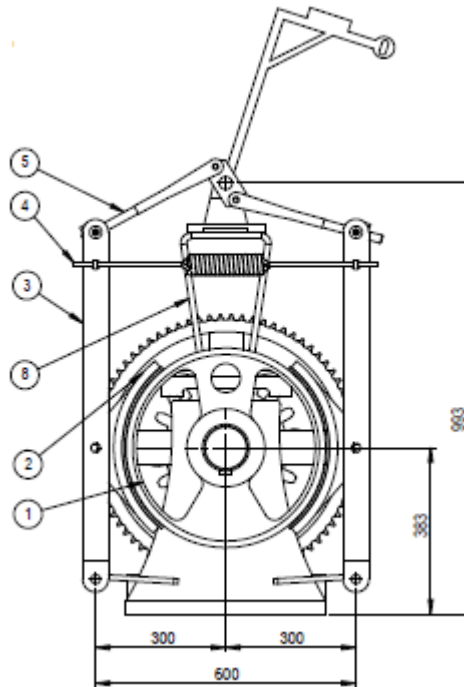


Figura 2.5 Freno de operación, ascensor Larraín (6)

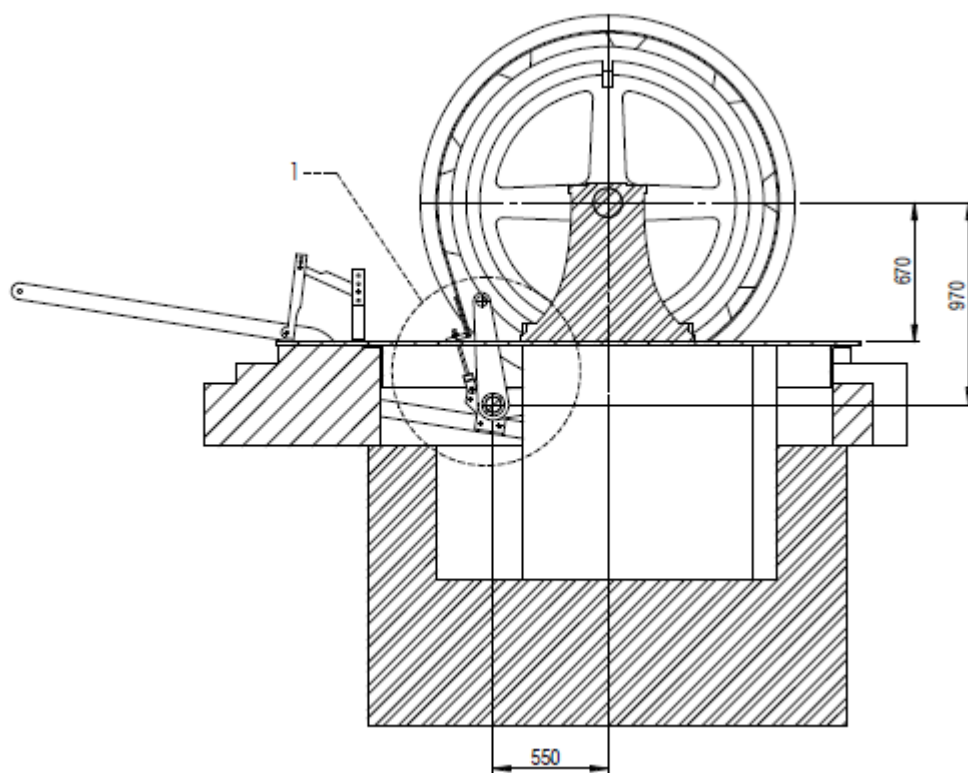


Figura 2.6 Freno de emergencia, ascensor Larraín (6)

En ambos tipos de freno el accionamiento es llevado a cabo por un sistema de contrapesos, que se activa o libera según la configuración del freno.

2.4.3. Plano de rodadura

Se denomina plano de rodadura al conjunto de elementos que se encuentran adosados al plano donde las ruedas del carro ruedan. Este sistema no solo está compuesto por los rieles que sirven de guía para el movimiento del carro, también existen otros componentes como los polines porta cables, la cremallera de seguridad y la estructura de soporte de los rieles.

Se adjunta una imagen en donde se muestran los componentes del plano de rodadura.

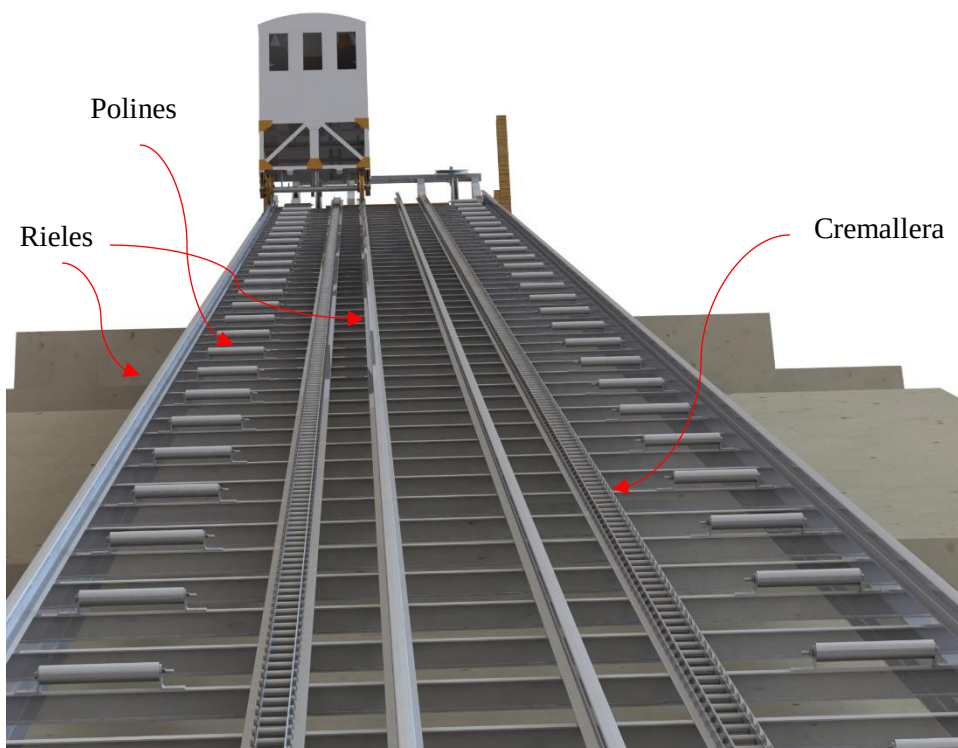


Figura 2.7 Modelo 3D, plano de rodadura ascensor Larraín (6)

Tabla 2.5 Desglose plano de rodadura

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES			ÍTEM
3. Plano de rodadura	3.1 Rieles	Rieles	3.1.1
		Fijaciones	3.1.2
		Eclisas	3.1.3
	3.2 Estructura soportante	Perfiles de estructura	3.2.1
		Uniones	3.2.2
		Fundaciones	3.2.3
	3.3 Cremallera	Largueros	3.3.1
		Pernos de enganche	3.3.2
		Eclisas	3.3.3
		Fijaciones	3.3.4
	3.4 Polines	Cuerpo de polines	3.4.1
		Descansos y anclajes (pletinas)	3.4.2

Los componentes presentes en el plano de rodadura son los siguientes:

2.4.3.1. Rieles

Son las barras metálicas sobre las que ruedan y se apoyan las ruedas de cada uno de los carros. Actúan como soporte, dispositivo de guiado y además sobre éstos actúan los sistemas antivuelco de cada carro, en caso necesario. Se cuenta dos vías (subida y bajada) con dos líneas de rieles cada una. Las eclisas o bridas de unión entre rieles y las fijaciones al plano son parte de éste sub-sistema también.

En el ascensor Larraín, se ha considerado el recambio de los rieles existentes por unos de carácter comercial, siendo la elección los rieles livianos, perfil americano ASCE75, con las dimensiones como se muestra en la figura 2.7. (7)

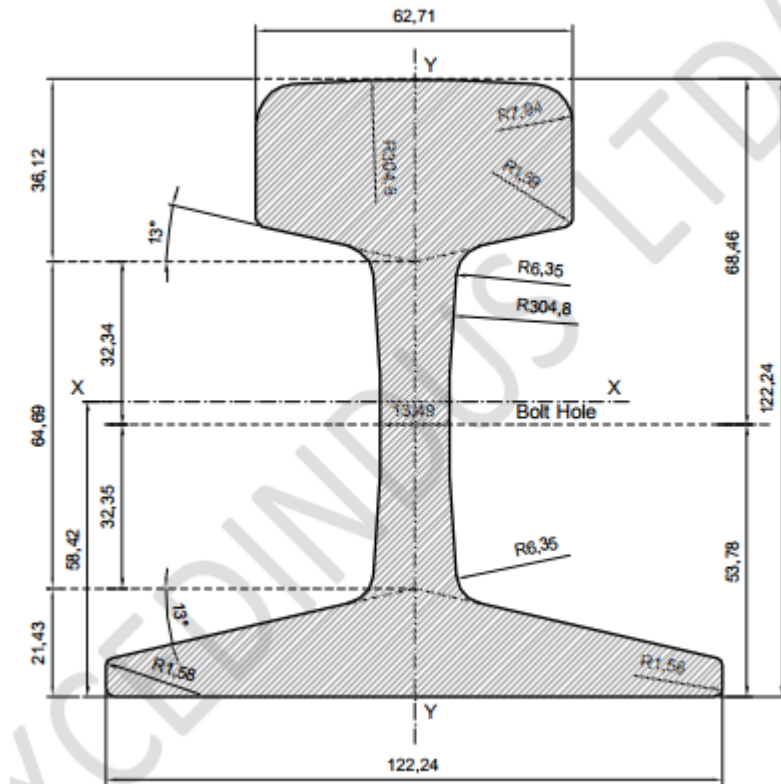


Figura 2.8 Dimensiones Riel ASCE75

Y cuyas características son las siguientes:

-	Peso teórico	:	37,20 [kg/m]
-	Sección (A)	:	47,39 [cm ²]
-	Momento de inercia (Ix)	:	951,4 [cm ⁴]
-	Módulo de resistencia (w) Cabeza	:	149,1 [cm ³]

2.4.3.2. Cremallera

La cremallera cumple la función de formar parte del sistema de seguridad anti-deriva, también conocido como “pico de loro” que se compone de dos ganchos de acero que en el momento en que ocurra alguna emergencia como por ejemplo un corte de cables, se engancha en la cremallera que está dispuesta a lo largo de todo el plano de rodadura. La cremallera se compone de una serie de pernos o pasadores dispuestos, entre dos perfiles metálicos adosados al plano de rodadura, paralelamente entre sí y separados a una distancia de aproximadamente diez centímetros. Dichos perfiles se unen por soldadura o con eclisas a lo largo del recorrido del carro.

Se muestra el detalle de un plano de fabricación para la cremallera, con las respectivas especificaciones técnicas de cada componente, perteneciente al ascensor Larraín:

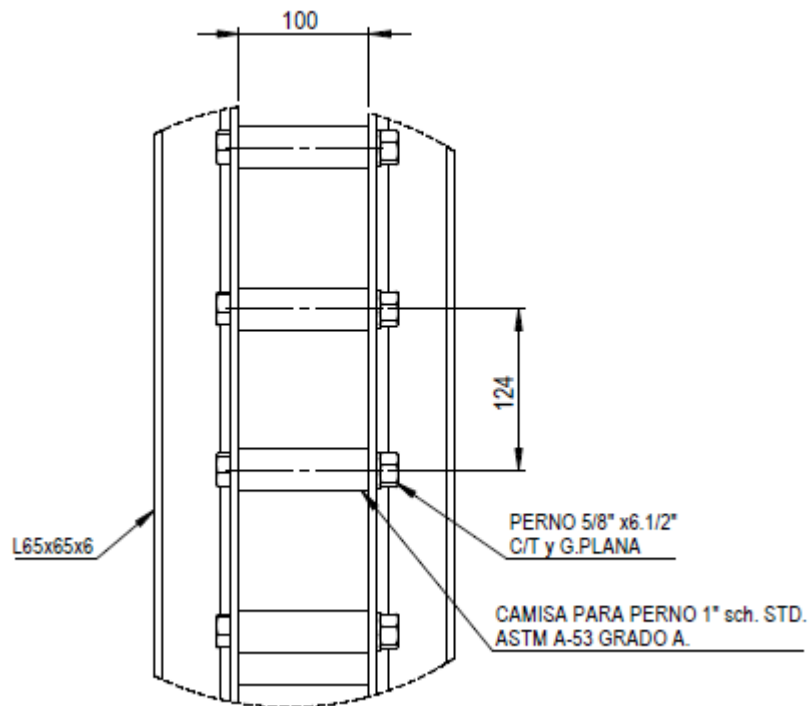


Figura 2.9 Plano de fabricación cremallera, ascensor Larraín (6)

2.4.3.3. Polines

La función principal de los polines es facilitar el movimiento del cable principal y auxiliar, y a su vez suprimir el rozamiento, de no existir éstos elementos aumentaría el esfuerzo de tracción y conduciría rápidamente al desgaste del cable. En el diseño a llevar a cabo en el ascensor Larraín se tienen considerados cincuenta y seis polines, veintiocho por cada vía, y están conformados por una barra sólida de acero SAE 1045 y descansos comerciales SKF SY 25 FM, como se muestra en la figura 2.9.

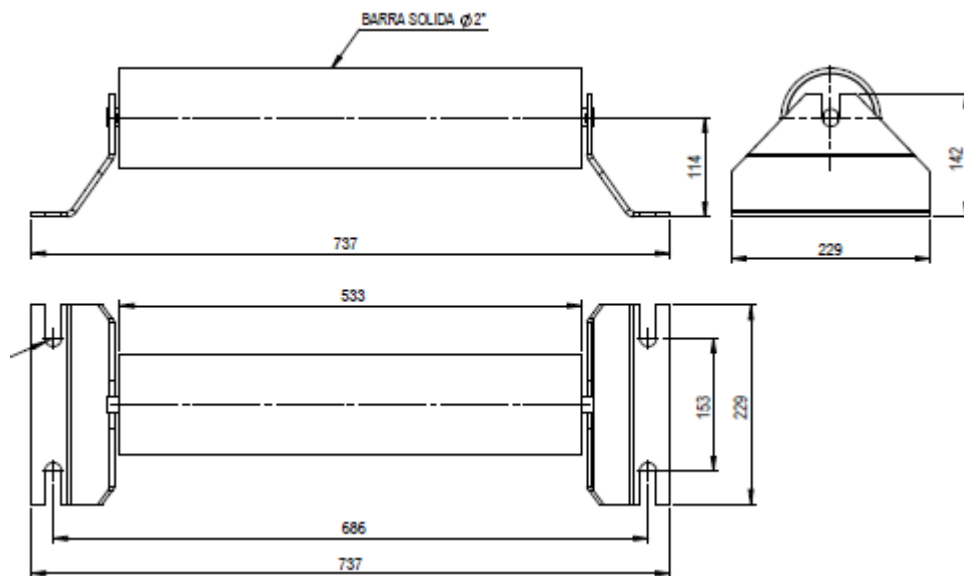


Figura 2.10 Plano de fabricación polines porta cables, ascensor Larraín (6)

2.4.3.4. Estructura soportante

Este sub-sistema corresponde a la estructura sobre la cual están montados los rieles del plano de rodadura. Es necesario destacar que no está presente en todos los ascensores, ya que existen algunos en donde los rieles van adosados directamente al cerro en donde están situados, en bases de hormigón, como es el caso de los ascensores pertenecientes al grupo 1: Concepción, Cordillera y Espíritu Santo. Sin embargo, en la mayoría de los ascensores pertenecientes al sistema de ascensores de Valparaíso se cuenta con este tipo de estructuras y es necesario inspeccionarlas para descartar cualquier condición que pueda significar peligro para los usuarios.

2.4.4. Carros

Los carros son el sistema que finalmente traslada a los pasajeros de una estación a otra, cumpliendo esta función de manera eficaz y segura. Generalmente están compuestos de un chasis de perfiles metálicos, una cabina con base de perfiles metálicos y paredes y cielo de madera, recubierta de planchas metálicas; de un sistema de rodado compuesto de un conjunto de eje, ruedas y suspensión; y finalmente, de sistemas de seguridad en caso de emergencia.

En la imagen se observa el carro del ascensor Larraín cuando este aún se encontraba operativo.



Figura 2.11 Fotografía carro del ascensor Larraín (8)

Tabla 2.6 Desagregado Carros

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES				ÍTEM
4. Carros	4.1 Carro izquierdo	Cabina		4.1.1
		Chasis		4.1.2
		4.1.3 Rodado	Ejes y ruedas	4.1.3.1
			Soportes	4.1.3.2
		4.1.4 Dispositivos de seguridad	Sistema antideriva	4.1.4.1
			Dispositivos anti-vuelco	4.1.4.2
	4.2 Carro derecho	Cabina		4.2.1
		Chasis		4.2.2
		4.2.3 Rodado	Ejes y ruedas	4.2.3.1
			Soportes	4.2.3.2
		4.2.4 Dispositivos de seguridad	Sistema antideriva	4.2.4.1
			Dispositivos anti-vuelco	4.2.4.2

Los carros son prácticamente idénticos, difieren exclusivamente en la posición de la puerta de acceso, teniendo los siguientes sub-sistemas:

2.4.4.1. Cabina

La cabina es en donde se sitúan los usuarios de los ascensores. Generalmente está compuesta de perfilería metálica con revestimiento de planchas, tabiquería de madera, piso y cielo de madera. Además de lo anterior se encuentran recubiertas de planchas metálicas. Este sub-sistema es la cara visible del ascensor y cuenta con ventanas, para permitir la vista panorámica durante el recorrido, y puertas a modo de acceso a la cabina. Es necesario destacar que poseen también instalaciones eléctricas y luminaria, que deben ser debidamente mantenidos.

Las puertas de acceso deben ser seguras y no se debe permitir su abertura desde dentro de la cabina, dejando esta labor exclusivamente al personal que trabaja en los ascensores. Por lo tanto, son de especial cuidado los elementos que componen a las puertas de cada cabina, siendo éstos los cerrojos, la hoja, las guías y las pisaderas.

2.4.4.2. Chasis

El chasis es el componente en donde va montada la cabina y que a su vez, está montado sobre los dados de rodadura asociado a cada carro. Su función es soportar la cabina y la carga que ésta tenga. Está conformado por perfiles metálicos, logrando un armazón mediante uniones de empernadura, remaches y cartelas. Ya que las condiciones ambientales en donde están situados los ascensores son desfavorables (ambiente salino por cercanía a la costa), está considerado el tratamiento del chasis con pintura anticorrosiva.

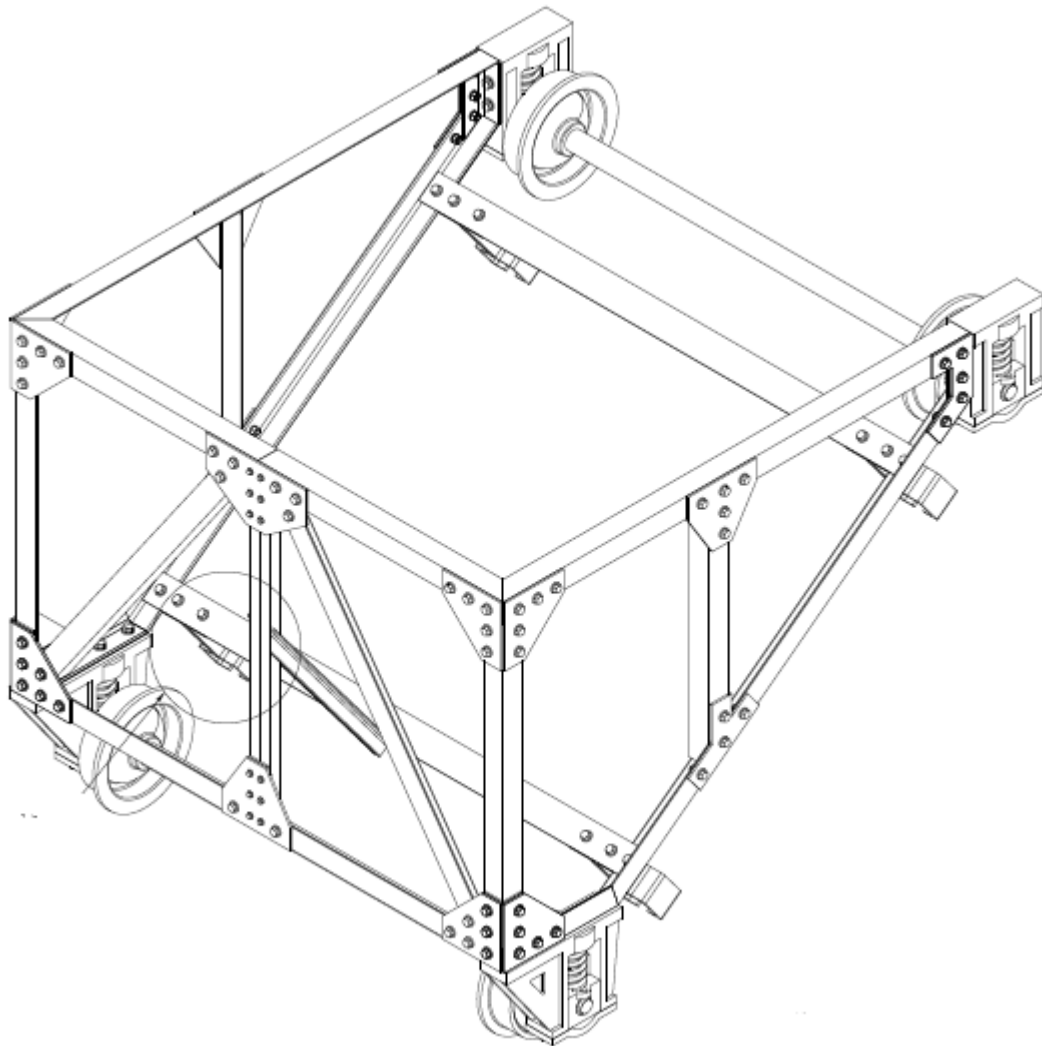


Figura 2.12 Isométrico de conjunto chasis y sistema de rodado (6)

2.4.4.3. Rodado

Corresponde al sistema compuesto por el conjunto de ruedas y eje de cada carro, además de los soportes que unen a éste sistema con el chasis del carro, denominado dado de rodado, con su respectivo porta dado. En la figura 2.12 se puede observar uno de los detalles constructivos que poseen éstos sistemas y es que los porta dados de rodado son distintos, dependiendo de la ubicación que poseen, es decir, el porta dado de rodado superior es distinto del porta dado de rodado inferior. Ambos están fabricados de acero A-36 y poseen resortes a modo de suspensión.

Se muestra una vista en corte de todo el conjunto.

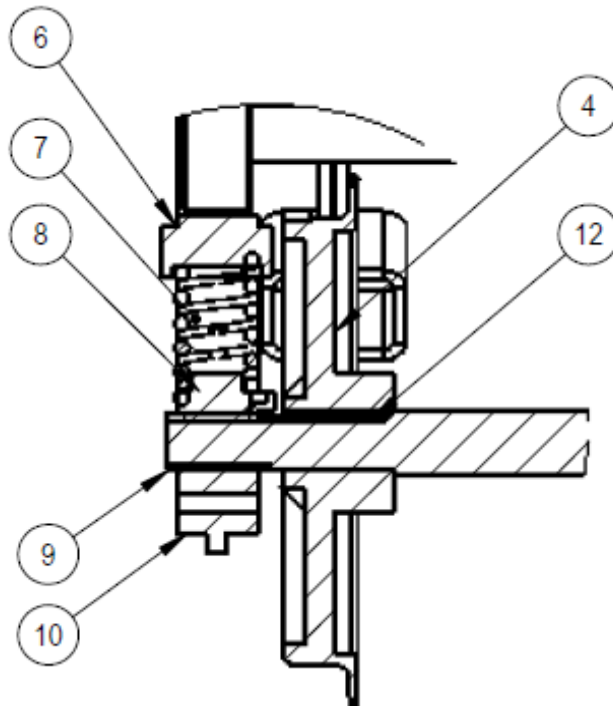


Figura 2.13 Vista en corte sistema de rodado (6)

2.4.4.4. Dispositivos de seguridad

Los sistemas de seguridad están destinados a otorgar las medidas de seguridad mínima exigida en caso de algún incidente, como puede ser el corte de cable, es decir, están presentes en caso de emergencia. Cada carro cuenta con dos dispositivos distintos de seguridad: el primero es denominado “anti-vuelco” y consiste en tres pletinas de acero que poseen una holgura suficiente para permitir el desplazamiento del carro sobre el riel, pero que evite la inclinación excesiva o volcamiento del mismo. Como se muestra en la figura 2.14.

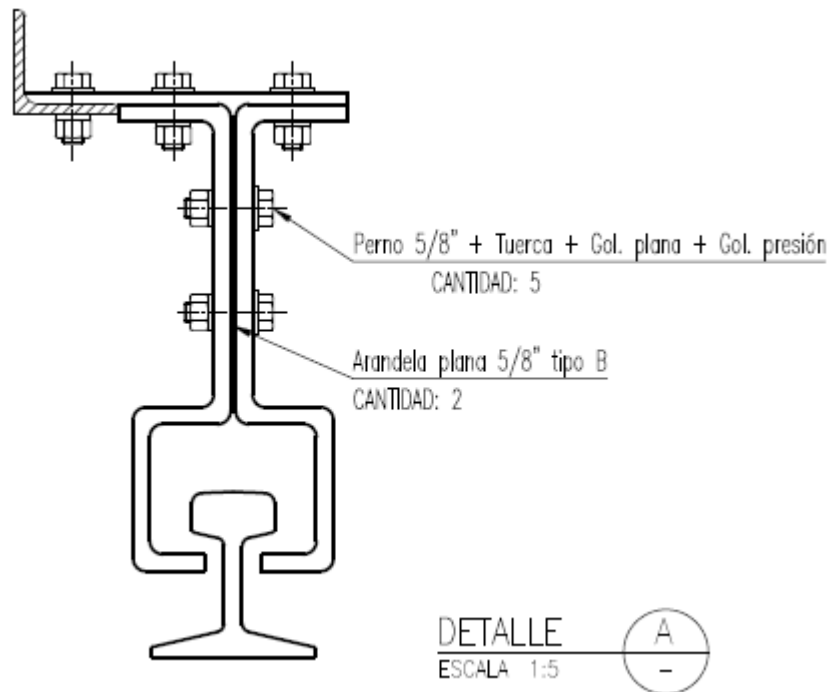


Figura 2.14 Plano de fabricación dispositivo antivuelco (6)

El segundo dispositivo de seguridad es el denominado “pico de loro”, y consiste en dos ganchos, que en caso de aflojamiento o corte del cable, caen y se enclavan en una cremallera de seguridad que va adosada al plano de rodadura, acompañando al carro en todo su recorrido. El accionamiento se produce mediante una timonería en donde se une el terminal de suspensión del cable de arrastre a un perfil de acero que mantiene los ganchos levantados por sobre la cremallera. Actualmente en la mayoría de los ascensores de Valparaíso, este sistema no se encuentra operativo ya que su accionamiento se encuentra bloqueado por barras soldadas o amarrado con alambres, lo que es claramente una irregularidad.

En la figura 2.15 se muestra el pico de loro que se engancha en la cremallera en caso de emergencia, la imagen muestra sólo el componente que se engancha, no muestra el sistema de accionamiento, ni la unión que tiene respecto al chasis del carro.

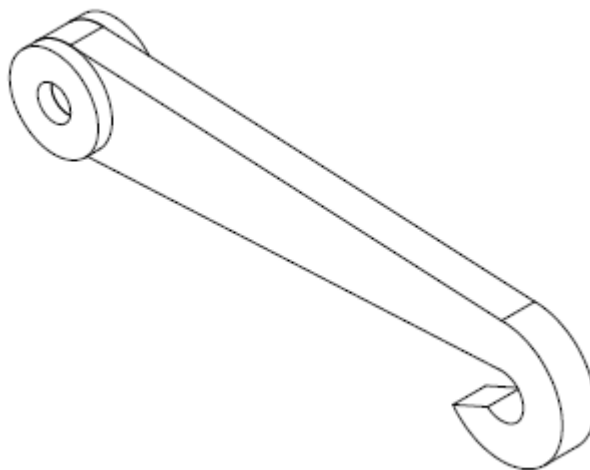


Figura 2.15 Pico de loro (6)

2.4.5. Arrastre, reenvío y suspensión

Este sistema está compuesto por los elementos mediante los cuales los carros están suspendidos respecto de los tambores de enrollamiento. En esencia son los cables, terminales de suspensión de éstos y el sistema de poleas que los conduce, tanto al cable principal como al auxiliar. Además de las poleas se incluye la estructura donde éstas están montadas.

El ascensor en estudio corresponde a un funicular con tracción por arrastre, ya que cuenta con tambores de enrollamiento, y según la norma NTM 008 cualquier aparato elevador con suspensión por cadenas o cables cuya tracción no se realiza por adherencia a una polea, corresponde a un ascensor con tracción por arrastre.

Tabla 2.7 Desagregado Suspensión, reenvío y arrastre

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES			ÍTEM
5. Arrastre, reenvío y suspensión	5.1 Polea guía izquierda	Cuerpo de polea	5.1.1
		Eje	5.1.2
		Descanso izquierdo	5.1.3
		Descanso derecho	5.1.4
	5.2 Polea de compensación izquierda	Cuerpo de polea	5.2.1
		Eje polea	5.2.2
		Descanso (superior e inferior)	5.2.3
	5.3 Polea de compensación derecha	Cuerpo de polea	5.3.1
		Eje polea	5.3.2
		Descansos (superior e inferior)	5.3.3
	5.4 Polea guía derecha	Cuerpo de polea	5.4.1
		Eje	5.4.2
		Descanso izquierdo	5.4.3
		Descanso derecho	5.4.4
	5.5 Estructura de soporte de poleas		5.5.1
	5.6 Suspensión y arrastre	Cable principal	5.6.1
		Cable auxiliar	5.6.2
		Terminales de suspensión, carro izquierdo	5.6.3
		Terminales de suspensión, carro derecho	5.6.4

Este sistema se puede desagregar en los siguientes componentes o sub-sistemas.

2.4.5.1. Poleas guía

Son las poleas asociadas al cable principal conectado a cada carro, estos sistemas son los encargados del reenvío del cable hacia los tambores de enrollamiento, que se encuentran por debajo de la estación superior a donde llegan los carros con los pasajeros. Las poleas guía cuentan con un juego longitudinal para permitir el correcto enrollamiento del cable en el tabor y se encuentran en un nivel superior a la sala de máquinas, unos centímetros por encima del piso de la estación superior. En el proyecto de renovación del ascensor en estudio, las poleas guía cuentan con un eje y dos descansos comerciales. Se adjunta el plano de fabricación del cuerpo de la polea.

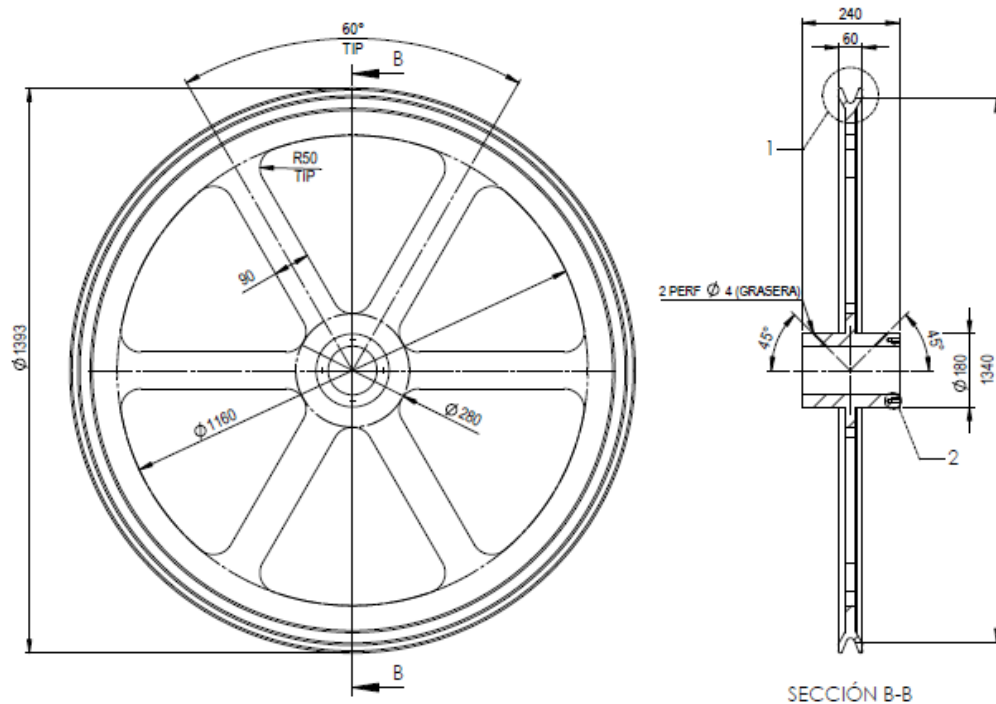


Figura 2.16 Plano de fabricación polea guía, ascensor Larraín (6)

Estas poleas están fabricadas de acero SAE 1020, con placas de nervio base A-36 y bujes de bronce SAE 640. Su eje está fabricado de acero SAE 1045 y los soportes son comerciales: marca SKF modelo FSNL 520-617.

2.4.5.2. Poleas de compensación

Las poleas de compensación son las encargadas de soportar y guiar el cable auxiliar que une ambos carros. Están situadas, al igual que las poleas guía, en un nivel levemente superior al piso de la estación superior. En los ascensores de Valparaíso existen dos configuraciones posibles para las poleas de compensación. La primera es que sea una sola polea de grandes dimensiones, y la segunda, como es en el caso del ascensor Larraín, es que existan dos poleas encargadas de guiar el cable auxiliar.

Estas poleas están fabricadas de manera similar y con los mismos materiales que las poleas guía, aunque son de menor tamaño. Teniendo un diámetro útil de 630 milímetros. En la figura 2.17 se puede observar la distribución espacial que tienen tanto las poleas guía, como de compensación.

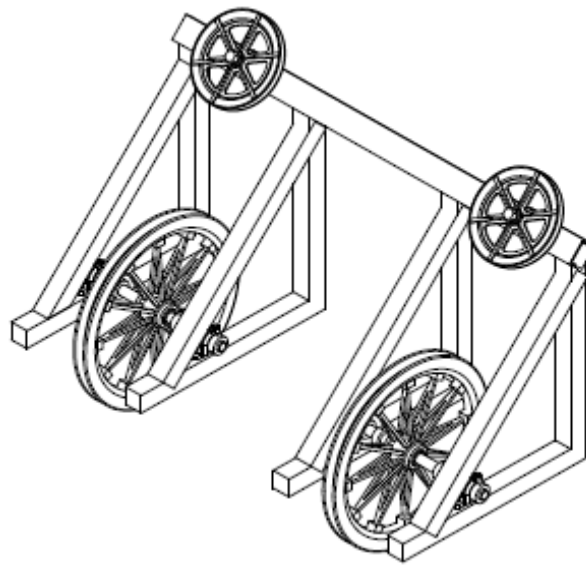


Figura 2.17 Disposición de sala de poleas, ascensor Larraín

Los descansos de estas poleas son distintos, al estar en posiciones diferentes con respecto a las poleas guía, siendo soportes de flange modelo FY 45 TF, marca SKF. El eje de cada una de estas poleas cuenta con tuercas M40 en ambos extremos.

2.4.5.3. Estructura de soporte de poleas

Corresponde al sistema en donde van montadas las poleas guía y de compensación. Es propia del diseño de cada ascensor, generalmente es de madera, pero por norma (9) no se permite que estén fabricadas de ese material, siendo perfiles de acero el material ideal de reemplazo en los proyectos de restauración del Gobierno. En la figura 2.17 se aprecia la estructura que soporta las poleas en el ascensor Larraín actualmente, será reemplazado por acero estructural, placas de acero A-36 y pernos de grado 5.

2.4.5.4. Cables

Son los componentes críticos del sistema mecánico de los ascensores ya que son quienes soportan la carga de cada carro. Además hacen la transmisión mecánica de movimiento. Existen dos cables en el sistema, el primero conecta los tambores de enrollamiento con los carros y es denominado cable principal. El segundo se denomina cable auxiliar y está en caso de emergencia, uniendo cada carro a través de la polea, o poleas de compensación, dependiendo del caso. En general los cables usados en los ascensores de Valparaíso son de 22 [mm]. En el ascensor en estudio la elección del cable para el reemplazo es la siguiente (10).

- Marca	:	Prodinsa
- Diámetro	:	19 [mm] (3/4'')
- Carga de ruptura mínima	:	244 [kN]
- Construcción	:	6x19AA (Tonina) para uso marino
- Peso lineal	:	1,53 [kg/m]

La misma elección se ha hecho para el cable auxiliar.

2.4.5.5. Terminales de suspensión

Los cables de acero, tanto principal como auxiliar, se encuentran unidos al carro por medio de un ojal formado por el guardacabo y reforzado por cuatro abrazaderas, éstos son fijados a un grillete unido por un pasador a un cáncamo de acero para dar cierta movilidad la que finalmente acciona la timonería del sistema de paracaídas pico de loro. El otro extremo se encuentra unido al eje interior del tambor de enrollamiento por medio de una amarra sujeta por abrazaderas. Al conjunto de estos componentes se les denomina terminales de suspensión, en los ascensores de Valparaíso existen dos por cada carro (cable principal y auxiliar) y uno por cada tambor de enrollamiento.

En la figura se muestra un ejemplo de los terminales de suspensión utilizados en los carros de cada ascensor.

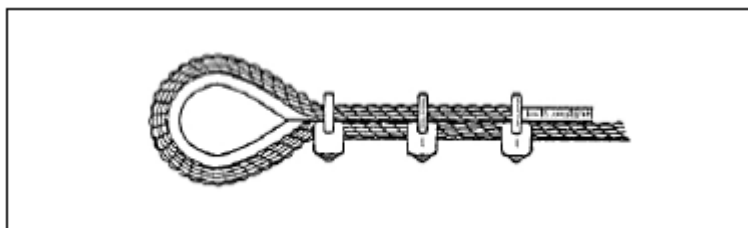


Figura 2.18 Ojal con guardacabos y sujetacables (11)

2.5. PAUTAS DE MANTENIMIENTO

A continuación se muestran tablas con las pautas de mantenimiento asociadas a los componentes del ascensor establecido como caso base. En ellas se muestra el código de los componentes asociados, la descripción de las actividades de mantenimiento con su respectiva frecuencia, los riesgos asociados y los insumos y herramientas necesarios para llevar a cabo estas tareas. Las pautas se han establecido de forma general en los componentes para posteriormente poder ser aplicadas en todos los ascensores.

Al final se muestra la pauta de mantenimiento para sistemas eléctricos, las actividades descritas en esta pauta son solo recomendaciones y se debe profundizar más al respecto según la disciplina que corresponde.

Las actividades de mantenimiento fueron establecidas en base a las recomendaciones del fabricante, como es el caso del motorreductor, en base a normas de inspección, como las actividades establecidas para las poleas, frenos y cables, carros y terminales de suspensión. Y finalmente en base al mantenimiento que se ha llevado a cabo durante todos estos años en los ascensores patrimoniales o a la experiencia en mantenimiento de sistemas similares.

2.5.1. Pauta de mantenimiento - Ejes de transmisión de potencia

a. Código de componentes asociados
- 2.1.1 - 2.2.1
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES SEMANALES</u> - Buscar fisuras, óxido, corrosión, deformaciones o señales de desgaste. - Revisar estado de chavetas y chaveteros. Verificar juego axial o radial de y con componentes. Buscar holgura máxima de chavetas mediante filler. - Registrar resultados de la inspección, de encontrarse fallas planificar reemplazo del componente.
c. Riesgos asociados
- No se registran.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, filler. EPP.

2.5.2. Pauta de mantenimiento – Descansos en ejes de sala de máquinas

a. Código de componentes asociados
- 2.1.2 - 2.1.4 - 2.1.7 - 2.2.3 - 2.2.6
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES DIARIAS</u> - Inspección en búsqueda de ruidos anómalos y vibración con el ascensor en operación. - Verificar nivel de aceite en mirilla. - Registrar resultados de la inspección. <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Cambio de aceite: retirar tapón superior, retirar tapón de drenaje, drenar aceite (disponer en recipiente adecuado). Colocar nuevamente tapón de drenaje y rellenar con aceite hasta alcanzar el nivel deseado. Poner y apretar tapón superior. - Desarme de elemento para inspección interna. - Verificar estado de metales y anillo alzador de aceite. - Reapriete de pernos de anclaje en soportes. - Registrar anomalías e indicios que puedan significar el reemplazo de componentes. De ser así, reemplazar.
c. Riesgos asociados
- Golpeado/atrapado por. Contacto con lubricantes.
d. Insumos y herramientas
- Tecle, barretilla, llave Stillson, juego de llaves punta y corona. Aceite lubricante, huaípe mecánico. Pie de metro, set de lanas. EPP.

2.5.3. Pauta de mantenimiento – Tambores de enrollamiento

a. Código de componentes asociados
- 2.1.3 - 2.1.6
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES SEMANALES</u> - Verificar, mediante inspección visual, la ausencia o deterioro en los componentes del tambor: uniones, empernadura, manto de madera. - Verificar el correcto enrollamiento del cable sobre el tambor. Debe existir sólo una capa de cable sobre éste. - Verificar nivelación de carros respecto a estaciones, de ser necesario corregir nivelación mediante acorte de cable en el tambor de enrollamiento con tablas de madera. - Registrar resultados de la inspección. <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Comprobar estado de cables en los tambores de enrollamiento, debe ser uniforme. - Revisar de manera exhaustiva los componentes del tambor. Buscar corrosión, óxido, fisuras y deformaciones en componentes estructurales del tambor. - Revisar estado de varillas separadoras interiores y chavetero (revisar si existe juego). - Revisar estado de amarre de cables al interior del tambor de enrollamiento. - Realizar reapriete de pernos donde sea necesario. - Revisar estado del manto del tambor. - Registrar resultados, de encontrar fallas reparar.
c. Riesgos asociados
- Golpeado/atrapado por. Caída a distinto nivel (foso).
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, linterna, EPP. Tintas penetrantes.

2.5.4. Pauta de mantenimiento – Engranajes

a. Código de componentes asociados
- 2.1.5 - 2.2.4 - 2.2.5 - 2.3.2
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES SEMANALES</u> - Comprobar la correcta lubricación entre engranajes de transmisión directa. De ser necesaria su lubricación, aplicar grasa mediante paleta con la máquina detenida y fuera de servicio. - Revisar el correcto engrane de dientes entre engranajes de transmisión directa. Debe ser exento de traqueteos, golpeteos y ruidos anómalos. <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Buscar presencia de fallas superficiales en ruedas dentadas. Revisar fallas de tipo superficial (desgaste abrasivo, por sobrecarga, de fluencia o estriado). - Descartar existencia de fisuras mediante ensayos no destructivos (tintas penetrantes o partículas magnéticas), realizar pruebas en al menos cuatro dientes seguidos. - Registrar resultados, de encontrar fallas evaluar y planificar reemplazo.
c. Riesgos asociados
- Golpeado/atrapado por. Caída a distinto nivel (foso).
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, espátula, trajes de papel, solventes, grasa. EPP.

2.5.5. Pauta de mantenimiento – Motorreductores

a. Código de componentes asociados
- 2.3.1
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES DIARIAS</u> - Inspeccionar motorreductor completo, buscar potenciales anomalías o fuentes de falla (ruido, vibración, pérdidas de lubricante, altas temperaturas). - Revisar nivel de aceite. - Registrar existencia de fuentes de falla. <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Cambio de aceite en reductor: Desconectar el accionamiento y asegurar que no pueda ser accionado. Disponer un recipiente adecuado debajo del tapón de drenaje de aceite, sacar tapón de nivel de aceite, válvula/tapón de aireación y tapón de drenaje de aceite. Vaciar todo el aceite, colocar de nuevo el tapón de drenaje y llenar con aceite nuevo, del mismo tipo. Colocar de nuevo el tapón de aceite y la válvula/tapón de aireación. <u>ACTIVIDADES ANUALES (REALIZADOS POR EMPRESA EXTERNA)</u> - Revisar estator y rotor. Verificar buen estado de conexiones y cables. - Medir resistencia del aislamiento del devanado. Valores bajos o variaciones bruscas deben ser investigadas. - Cambio de lubricante en cojinetes. - Reapriete de tornillos de anclaje, conexiones eléctricas y de puesta en marcha. - Realizar limpieza de cajas de conexión. Los bornes y conectores deben ser mantenidos limpios, sin oxidación y en perfectas condiciones de operación. Posterior a la limpieza verificar: aislamientos del devanado y de las conexiones, ocurrencia de rupturas, cortocircuito entre espiras; cables conectados adecuadamente y elementos de fijación de terminales firmemente apretados. - Verificar conexión de puesta a tierra. - Registrar resultados de inspección.
c. Riesgos asociados
- Electrocución.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, pirómetro óptico, elementos de limpieza (escobillas, paños de algodón), ventilador, limpia contactos, grasea. EPP.

2.5.6. Pauta de mantenimiento –Frenos (12)

a. Código de componentes asociados
- 2.2.2 - 2.2.7 - 2.4.1 - 2.4.2 - 2.4.3
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES DIARIAS</u> - Revisar zapatas de freno, no deben estar en contacto con el tambor en operación del ascensor. - Buscar indicios de altas temperatura (olor a quemado, zapatas ennegrecidas). <u>ACTIVIDADES MENSUALES</u> - Efectuar inspección visual en búsqueda de deterioro (deformaciones o corrosión) en componentes del freno: partes móviles, varillas, brazos, zapatas, pernos, bujes y ejes, tensores, cables de accionamiento, contrapeso y descansos. - Verificar buen estado, alineamiento y ajuste de zapatas, revisar la ausencia de aceite o grasa en éstas y detectar cualquier surco en la superficie de acción sobre el tambor. - Medir espesor de zapatas, de ser necesario reemplazar. - Registrar resultados de inspección. <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Ejecutar pruebas de frenos: ensayar estáticamente los sistemas de frenado con una carga igual al 125% de la carga nominal, es decir 1690 [kg], con el carro cargado en la estación superior, y verificar que no se produce deslizamiento. - Registrar resultados de prueba, de no cumplir buscar causas y reparar.
c. Riesgos asociados
- Golpeado/atrapado por. Caída a distinto nivel (foso).
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, juego de llaves, pie de metro o profundímetro, masas patrón. EPP.

2.5.7. Pauta de mantenimiento –Poleas (12)

a. Código de componentes asociados
- 5.1.1/2/3/4 - 5.2.1/2/3 - 5.3.1/2/3/ - 5.4.1/2/3/4 - 5.5.1
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES SEMANALES</u> - Buscar potenciales anomalías o fuentes de falla (ruido, vibración, pérdidas de lubricante, altas temperaturas). - Lubricar descansos. - Ajustar topes de poleas guía del cable principal, verificando el correcto alineamiento respecto al tambor de enrollamiento. <u>ACTIVIDADES CADA TRES MESES</u> - Verificar desgaste en la garganta y comprobar que el cable se asiente a igual profundidad en ella. Utilizar plantillas de surco. - Comprobar libre movimiento de la polea. - Revisar ajuste y fijación de soportes a elementos estructurales. - Inspeccionar ejes y bujes, descartando desgaste y otros defectos. Revisar ajustes y juego. - Realizar inspección visual en la estructura soportante. Buscar desgaste, roturas y deformaciones. Verificar estado de uniones. - Verificar que no exista ovalización de agujeros. - Registrar resultados de la inspección. De ser necesario, reemplazar componentes. <u>ACTIVIDADES CADA 2 AÑOS</u> - Cambio de rodamientos en descansos.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, juego de llaves, plantillas de surco, graser, set de lanas. EPP.

2.5.8. Pauta de mantenimiento – Cabinas de carros

a. Código de componentes asociados
- 4.1.1 - 4.2.1
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES DIARIAS</u> - Verificar que el piso de madera no se encuentre dañado (tablas rotas o deformadas). - Verificar que las paredes de la cabina no posean deformación ni anomalías. - Revisar buen estado de las ventanas de cabina (que no estén quebradas). - Comprobar buen estado del mobiliario (banca) dentro de la cabina. - Revisar que las puertas cierren por completo, analizar las guías de las puertas buscando deformaciones y elementos externos que impidan el cierre de ésta. - Verificar la acción del cerrojo de las puertas, asegurando que estas no se puedan abrir desde el interior de la cabina. - Registrar resultados de inspección y de ser posible reparar.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores. EPP.

2.5.9. Pauta de mantenimiento – Chasis de carros

a. Código de componentes asociados
- 4.1.2 - 4.2.2
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES MENSUALES</u> - Verificar el buen estado y la ausencia de corrosión, deformaciones y fisuras en la estructura metálica del chasis, tanto en perfiles estructurales como en uniones y empernadura. - Revisar ajuste y apriete de pernos. - Ejecutar limpieza y revisar el buen estado de la pintura anticorrosiva, en el conjunto completo. - Registrar resultados de la inspección, en caso de encontrar fallas programar reparación.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores. EPP.

2.5.10. Pauta de mantenimiento – Rodado

a. Código de componentes asociados
- 4.1.3.1/2 - 4.2.3.1/2
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES MENSUALES</u> - Verificar lubricación y/o Lubricar dados de rodado (cuatro por cada carro). <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Examinar estado de eje de ruedas, verificar que no existan fisuras ni deformaciones. - Verificar unión de eje-ruedas (chavetas) y eje-dados de rodado, en conjunto de rodado. Comprobar alineamiento respecto de los rieles guía. - Revisar superficie de contacto de las ruedas sobre los rieles, verificar la ausencia de marcas o desgaste. - Verificar buen estado de resorte de suspensión y porta-dados. - Registrar resultados de la inspección, en caso de encontrar fallas programar reparación.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel. Atrapamiento.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores. EPP.

2.5.11. Pauta de mantenimiento – Dispositivos de seguridad

a. Código de componentes asociados
- 4.1.4.1/2 - 4.2.4.1/2
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES MENSUALES</u> - Inspeccionar sistemas antivuelco, buscar deformaciones en pletinas y ausencia o mal estado de elementos de unión (pernos). Verificar que no están en contacto directo con el riel, mediante inspección de la vía. - Inspeccionar estado de sistema de freno de emergencia pico de loro. Revisar sistema de accionamiento, piezas y partes del sistema, buscar deformaciones, desgaste u corrosión. - Revisar estado de lubricación y, de ser necesario lubricar del sistema “pico de loro”. - Registrar resultados de la inspección. <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Ejecutar pruebas quitando tensión del cable en los carros y verificando el accionamiento del sistema.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel. Atrapamiento.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores. EPP.

2.5.12. Pauta de mantenimiento – Plano de rodadura

a. Código de componentes asociados
- 3.1/2/3/4
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Retirar maleza, virutas, restos de lubricante y elementos no deseados en la vía por donde se realiza el movimiento de los carros. - Inspeccionar el estado de pernos, fijaciones y sillas de rieles. Revisar corrosión y deformación en pernos. - Verificar paralelismo entre rieles mediante inspección visual. - Revisar superficie de contacto de las ruedas sobre los rieles, verificar la ausencia de marcas o desgaste. - Revisar la superficie de contacto de los rieles mediante inspección visual, verificar la ausencia de elementos extraños, deformación notoria o fisuras. - Realizar inspección visual de los pasadores en la cremallera de enganche del sistema de seguridad “pico de loro”. Buscar deformaciones, corrosión o componentes faltantes. - Revisar el buen estado de las eclisas de unión de partes de la cremallera, verificar alineamiento con respecto a los rieles guía del carro. - Controlar fijaciones de la cremallera al plano de rodadura o estructura correspondiente. - Realizar inspección exhaustiva de la estructura soportante. Buscar corrosión en juntas, deformaciones o fisuras en perfiles estructurales. - Revisar buen estado de pernos y uniones de perfiles. - Realizar inspección visual de los polines. Buscar deformaciones y anomalías en los mantos de éstos. Verificar el libre movimiento de los polines. Reemplazar en caso de falla. - Revisar lubricación en descansos de los polines, de ser necesario lubricar. - Verificar alineación de polines mediante métodos de lienza o estación topográfica. - Registrar resultados de inspecciones. <u>ACTIVIDADES ANUALES</u> - Verificar integridad y estabilidad de fundaciones.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel. Atrapamiento.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, flexómetro, lienza o estación topográfica, lubricante para descansos de polines. EPP.

2.5.13. Pauta de mantenimiento – Cables

a. Código de componentes asociados
- 5.6.1 - 5.6.2
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES DIARIAS</u> - Seleccionar un buen lugar desde donde se pueda hacer una revisión del cable principal (se recomienda a un costado de los tambores de enrollamiento) y el cable auxiliar (al costado de polea de compensación). Efectuar inspección frecuente de cables según Anexo A. - Registrar resultados de la inspección. <u>ACTIVIDADES MENSUALES</u> - Realizar limpieza del cable y lubricación de ser necesaria. - Efectuar inspección exhaustiva del cable según Anexo A, por parte de personal calificado. - Registrar resultados de la inspección.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, lubricante de cable, pie de metro, tiza. EPP.

2.5.14. Pauta de mantenimiento – Terminales de suspensión

a. Código de componentes asociados
- 5.6.3 - 5.6.4
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES MENSUALES</u> - Verificar el buen estado del ojal. Revisar el cable enrollado en el guardacabo. - Revisar buen estado del guardacabo, inspeccionar visualmente buscando deformación, corrosión u óxido. - Corroborar la firmeza de apriete en los sujetos cables. - Registrar resultados de la inspección.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores. EPP.

2.5.15. Pauta de mantenimiento – Estaciones

a. Código de componentes asociados
- 1.1 y 1.2 completos.
b. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES SEMANALES</u> - Ejecutar limpieza del recinto, tanto de la estación, sala de máquinas y baños. Deben permanecer aseados y libres de restos producidos por trabajos, pisadas y basura. - Revisar estado de puertas de acceso, deben cerrar correctamente. - Revisar estado de puertas de acceso a carros, verificar que cierran completamente. Aplicar cerrojo y verificar que la puerta se mantenga cerrada al aplicar una leve fuerza. Buscar deformación en guías y verificar estado de topes de seguridad. - Revisar funcionamiento de elementos en sala de mando: tableros, instrumentos, sistemas de comunicación, cámaras. - Comprobar buen estado de interruptores y enchufes, verificando que no presenten daños físicos que pongan en riesgo a los usuarios. - Inspeccionar estado de mobiliario de estaciones. - Revisar el torniquete de conteo de personas. Inspeccionar visualmente componentes rodantes, buscar deformaciones, óxido y/o corrosión. Verificar que el giro es correcto y no se traba. Revisar firmeza del eje de giro del torniquete. <u>ACTIVIDADES SEMESTRALES</u> - Realizar fumigación. Aplicar insecticida tipo Siperkrill (piretroide) mediante bomba pulverizadora manual, en todos los recintos, incluyendo entretechos. Medida 100cc por 4 litros de agua para 100 metros cuadrados. - Desratización en sectores no concurridos por los usuarios. Poner rodenticida, en base a Brodifacoum, en tubos de PVC de 3 pulgadas y 40 centímetros de largo, afianzados con alambre galvanizado, a lo largo del plano de rodadura. - Revisar los artefactos sanitarios, lavatorio e inodoro, previendo que no haya filtraciones ni fugas en llaves, en cuyo caso se debe reparar. Revisar válvula de llenado de inodoro. Verificar buen funcionamiento de llaves de paso. <u>ACTIVIDADES CADA DOS AÑOS</u> - Revisar forros y bajadas de agua lluvia. Limpiar canales, retirando restos de hojas, tierra y suciedad, verificando estado de uniones entre planchas. - Revisar si se detectan huellas de goteras en los pisos de recintos interiores. Recorrer la cubierta en búsqueda de deformaciones o anomalías. - Reparar fisuras o grietas de estucos. - Revisar revestimientos en baños, recorrer el fragüe entre palmetas. - Verificar ajuste de marcos en puertas y ventanas. Limpiar y barnizar elementos y piezas que necesiten protección. Lubricar accesorios (cierres, manillas, bisagras, cerraduras, etc.) con aceite liviano (WD40). - Revisar estado de pintura en fachadas exteriores e interiores, cielos interiores, guardapolvos, puertas y ventanas. En caso de deterioro considerable repetir pintado, de igual color.
c. Riesgos asociados
- Caída a distinto nivel. Electrocutación.
d. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores, elementos de limpieza, WD40. Insecticida, rodenticida, tubos de PVC, pintura y elementos de pintado, repuestos varios. EPP.

2.5.16. Pauta de mantenimiento – Sistemas eléctricos

a. Descripción de actividades
<u>ACTIVIDADES SEMANALES</u> - Limpiar tableros, manteniendo un estado prolijo y aseado de todas las partes eléctricas que componen las instalaciones del medio de transporte. - Controlar los contactores, estado de los contactos y superficies de contacto, limpiar y calibrar. - Limpiar, controlar y normalizar los tableros y demás componentes del sistema de alimentación de energía: circuitos impresos, cableados, conexiones, conducciones y tapas en sala de máquinas. - Verificar y normalizar el funcionamiento de la iluminación en sala de máquinas, cabina y demás áreas iluminadas en los ascensores. De encontrar fallas reparar. - Realizar pruebas a series de seguridad: botones de parada de emergencia, serie de cerrojos, finales de recorrido y sobre-recorrido (actividad mensual). <u>ACTIVIDADES CADA TRES MESES</u> - Verificar y normalizar los elementos de protección de circuitos. Controlar y calibrar fusibles. - Verificar el correcto estado de todas las conexiones de puesta a tierra de toda la instalación. - Verificar y normalizar las mangueras de cables de conexión a cabinas
b. Riesgos asociados
- Electrocución.
c. Insumos y herramientas
- Juego de herramientas menores. EPP.

Todas las actividades descritas en las pautas de mantenimiento deben quedar registradas en planillas del tipo “check list” para llevar el historial de las actividades realizadas y contar también con el registro de las fallas para poder hacer gestión con la data.

Respecto a los resultados obtenidos en la inspección, si se registra una falla o no conformidad se debe seguir la siguiente lógica.

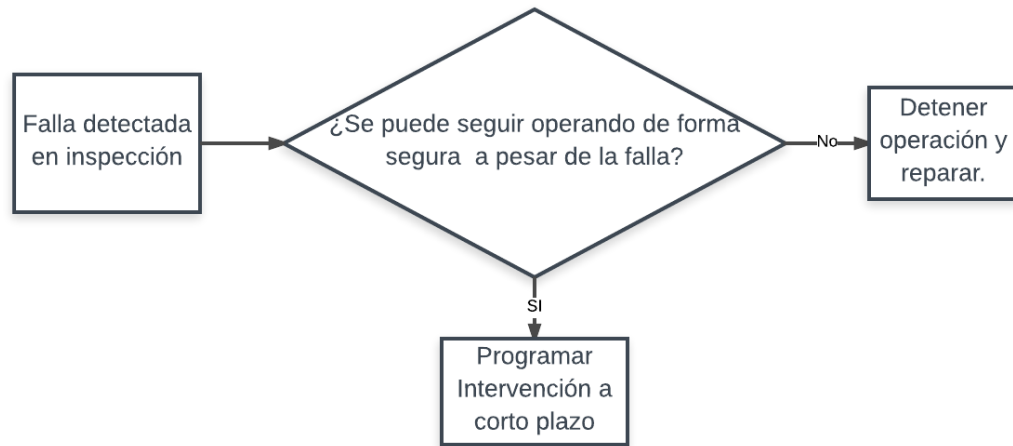


Figura 2.19 Lógica de intervención

Cuando se habla de reparar, se refiere a cualquier acción necesaria para que el componente funcione de manera óptima, lo que implica también el eventual reemplazo de éste.

2.6. RESUMEN DEL PLAN

Se adjuntan dos tablas con el contenido de actividades y frecuencia de ellas a modo de resumen, para el ascensor en estudio.

Tabla 2.8 Resumen del plan de mantenimiento, Primera parte

	Ítem de mantenimiento	Frecuencia de actividad						
		Diaria	Semanal	Mensual	Cada 3 meses	Semestral	Anual	Cada 2 años
Sala de máquinas	Ejes de transmisión		I					
	Descansos de ejes de transmisión	I				L/M		
	Tambores de enrollamiento		I			M		
	Engranajes (piñones y coronas)		I/L			M		
	Motorreductor: reductor	I				L		
	Motorreductor: motor	I					A/L	
	Frenos de zapata	I		I		P		
	Zapatas de freno	I		M				
	Eje de frenos			I				
	Frenos de banda	I		I				
	Zapatas freno de banda	I		M		P		
Poleas	Poleas guía	I			M			
	Poleas de compensación	I			M			
	Descansos de poleas	L			M			
	Estructura soportante						I	
Carros y sistema traslacional	Cabinas de carros	I						
	Chasis de carros			I				
	Rodado			L		M		
	Dispositivos de seguridad			I		P		
	Vía					A		
	Rieles					I		
	Cremallera					I		
	Polines porta cables					L/I		
	Estructura soportante de rieles						I	
	Fundaciones de estructura						I	
	Cable principal	I		L		M		
	Cable auxiliar	I		L		M		
	Terminales de suspensión			I				

Tabla 2.9 Resumen plan de mantenimiento, Segunda parte

		Frecuencia de actividad						
		Diaria	Semanal	Mensual	Cada 3 meses	Semestral	Anual	Cada 2 años
Ítem de mantenimiento								
Estaciones	Recinto completo (estaciones, sala de máquinas, etc.)		A					
	Puertas, ventanas, luminaria.		I					I/R
	Sala de mando		I					
	Torniquete de conteo		I					
	Fumigación y desratizado					P		
	Sanitario					I		
	Canales, forros y bajadas de lluvia							I/R
	Cubiertas							I/R
	Revestimiento en baños							I/R
	Pintura							I/R
Sistemas eléctricos	Tableros		I					
	Contactores		I					
	Iluminación		I					
	Pruebas a series de seguridad			I				
	Fusibles y elementos de protección de circuitos			I				
	Conexiones de puesta a tierra			I				
	Cables de conexión a cabinas			I				

En donde:

Tabla 2.10 Nomenclatura del resumen del plan

I = Inspección visual
A= Aseo o limpieza
L = Lubricación
P = Pruebas
M = Inspección dimensional
R = Recambio o reemplazo

2.7. ANEXO A – INSPECCIÓN DE CABLES

2.7.1. General

Las inspecciones frecuentes deben ser realizadas por una persona que trabaje en el mantenimiento de los equipos y debe estar capacitada. Cualquier deficiencia identificada debe ser examinada y se debe determinar por una persona calificada si ésta constituye un peligro y/o si se requiere una inspección más detallada.

2.7.2. Inspección diaria del cable

Todos los cables deben ser inspeccionados visualmente al comienzo de cada turno. Estas inspecciones visuales deben estar relacionadas con el descubrimiento de daños graves que pueden ser un peligro o una condición muy riesgosa, como los que se enumeran a continuación.

2.7.2.1. Distorsión del cable, tal como torceduras, deformaciones, desplazamiento de los torones, o la protrusión del núcleo.

2.7.2.2. Corrosión general.

2.7.2.3. Alambres rotos o cortados.

2.7.2.4. Cambios localizados en la condición del lubricante.

Cuando el daño descrito en 2.7.2.1 hasta 2.7.2.4 es descubierto, el cable debe dejar de operar hasta que una persona calificada lo inspeccione y evalúe si el cable debe ser retirado o no de servicio.

2.7.3. Inspección periódica detallada del cable.

La frecuencia para este tipo de inspección se ha determinado inicialmente de carácter mensual. Sin embargo, debe ser determinada por una persona calificada y debe estar basada en factores como:

- La vida útil esperada, determinada por la experiencia en la instalación en particular o en instalaciones similares.
- Seguridad y ambiente.
- Porcentaje de la capacidad levantada.
- Frecuencia de operación.
- Exposición a cargas de golpe.

Estas inspecciones no necesitan ser realizadas a intervalos regulares de tiempo, deberían ser más frecuentes a medida que el cable se acerca al final de su vida útil. La inspección debe cubrir el largo total del cable. Los alambres exteriores individuales en los torones del cable deberán ser visibles para la persona durante la inspección. Se observará cualquier deterioro que resulte en una pérdida apreciable de la resistencia original, tal como se describe a continuación, y se determinará si el uso posterior del cable constituiría un peligro.

- Los puntos nombrados en 2.7.2.1 hasta 2.7.2.4
- Reducción del diámetro del cable con respecto al diámetro nominal, debido a pérdidas en el alma del cable, corrosión interna o externa, o desgaste en los alambres exteriores.
- Corrosión severa.
- Terminales de conexión severamente corroídos, agrietados, doblados o desgastados.
- Seis alambres rotos en un torcido de cable (paso del cable).
- Tres alambres rotos en un torón.
- Dos alambres rotos en la conexión del extremo.

Se debe tener especial cuidado en la inspección de secciones del cable que están sujetas a rápido desgaste, como las siguientes.

- Secciones en contacto con poleas, tambores de enrollamiento.
- Secciones de cable cercanas a los terminales de suspensión.
- Secciones sujetas a curvas pronunciadas.
- Secciones del cable que están ocultas durante la inspección diaria.

En orden de establecer data como base respecto al momento idóneo del cambio de cable, es necesario llevar registro de estas inspecciones en el cual se cubra todas las anomalías encontradas.

2.7.4. Criterios de reemplazo.

Los criterios para el retiro de cables están citados en muchas normas y especificaciones. Éstas se aplican a los cables en funcionamiento tanto en poleas como en tambores de enrollamiento. En la siguiente tabla se muestra cuando reemplazar un cable según la cantidad de alambres rotos.

Estándar	Equipos		N° DE ALAMBRES ROTOS EN CABLES DE TRABAJO			N° DE ALAMBRES ROTOS EN CABLES FIJOS	
			En un torcido de cable	En un torón	En la conexión del extremo	En un torcido de cable	En la conexión del extremo
ASME/B30.2	Grúas elevadas y de pórtico		12**	4	No especificado	No especificado	
ASME/B30.4	Grúas de portal, torre y fuste		6**	3	2	3	2
ASME/B30.5	Grúas móviles y locomotrices	Cables de trabajo	6**	3	2	3	2
		Cables resistentes a la rotación	2 alambres rotos distribuidos de manera aleatoria en 6 diámetros de cable o 4 alambres rotos distribuidos de manera aleatoria en 30 diámetros de cable.**				
ASME/B30.6	Torres de perforación		6**	3	2	3	2
ASME/B30.7	Malacates de tambor montados en bases		6**	3	2	3	2
ASME/B30.8	Grúas flotantes y torres derrick		6**	3	2	3	2
ASME/B30.16	Malacates elevados		12**	4	No especificado	No especificado	
ANSI/A10.4	Elevadores de personal		6**	3	2	2**	2
ANSI/A10.5	Elevadores de materiales		6**	No especificado		No especificado	

**Retire también por 1 rotura de valle.

Figura 2.20 Criterio de reemplazo de cables según alambres rotos (13)

En la siguiente tabla se muestra la reducción máxima de diámetro de cable para el ascensor en estudio, según el criterio utilizado por Prodinsa S.A. que admite una disminución de a lo más 3% del diámetro nominal:

Tabla 2.11 Criterio de reemplazo según reducción de diámetro del cable

Diámetro nominal	Diámetro mínimo
19 [mm]	18,43 [mm]

2.8. ANEXO B – MANTENIMIENTO EN CASO DE LLUVIAS

2.8.1. General

Un detalle importante que sucede a la hora de realizar el mantenimiento de estos sistemas está relacionado con el clima, específicamente la ocurrencia de precipitaciones. La lluvia afecta directamente las actividades que se deben llevar a cabo para asegurar la seguridad de los usuarios de los ascensores patrimoniales en Valparaíso. Uno de los estos detalles es que los cables arrastran el agua hacia el foso situado en la sala de máquinas y muchas veces se debe extraer esta con una bomba. Por lo tanto, en la eventualidad de lluvias se tienen las siguientes actividades, que se realizan una vez que éstas hayan culminado:

- Retirar agua del foso en sala de máquinas.
- Limpiar y lubricar nuevamente el cable principal y el cable secundario.
- Retirar agua en la parte inferior del recorrido, por debajo del plano de rodadura.

2.9. COSTO ASOCIADO AL PLAN DE MANTENIMIENTO

La metodología utilizada para calcular el costo asociado al plan de mantenimiento es asignar a cada actividad existente en las pautas, la cantidad de personas necesarias para efectuarla y el tiempo que tardan en realizarlas. Con estos parámetros podemos calcular las horas hombre requeridas para el desarrollo de las pautas para cada tipo de actividad según la frecuencia de ellas.

Una vez obtenida la cantidad de horas hombre de trabajo en un intervalo de tiempo significativo, por ejemplo mensual, se establece la dotación de personal necesaria y a su vez el costo de mano de obra, que se estima será el costo más relevante del plan. En este caso se estudiará el escenario en que el encargado del mantenimiento siga siendo la Ilustre Municipalidad de Valparaíso.

Junto con lo anterior, se realizó una calendarización diaria del plan para el año 2018 con el fin de tener una idea sobre cómo y cuándo se irán realizando las actividades de mantenimiento, además de una clasificación de estas en dos tipos: Si para la realización de la actividad se requiere la detención de la máquina o no.

A grandes rasgos la calendarización indica que las actividades mensuales se harán a partir del primer lunes de cada mes, a excepción de los que sean día feriado, iniciándose las actividades que requieren la detención de la máquina, específicamente la inspección exhaustiva y medición de las zapatas de freno y componentes de los sistemas de freno tanto principal como auxiliar. Los días miércoles de la semana en que se comienzan las actividades mensuales, se realiza la inspección del chasis del carro, junto con los dispositivos antivuelco, el jueves la lubricación de los sistemas de rodado del carro. El viernes la inspección y lubricación del cable principal y el martes, de esa misma semana, del cable auxiliar. El lunes de la semana siguiente se revisan los terminales de suspensión de cada carro y también las pruebas eléctricas a las series de seguridad (cerrojos, botones de emergencia, etc.). Finalmente el martes de la semana siguiente al inicio de las actividades mensuales, se culminan dichas actividades con la inspección y pruebas del sistema de seguridad “pico de loro”.

Las actividades semestrales se harán en conjunto con las actividades de inspección de poleas, cuya frecuencia es cada 3 meses, el primer día del mes de marzo y el primer día del

mes de septiembre. Además la inspección de poleas se realizará también el primer día de junio y de diciembre.

A modo de ejemplo, en la siguiente figura se muestra la calendarización de las actividades mensuales realizada para el mes de Febrero del año 2018, las actividades destacadas en rojo representan la detención de la máquina.

<u>Ítem</u>	<u>Descripción y frecuencia de actividades</u>	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		L	M	M	J	V	S	D	L	M
	<u>Actividades mensuales</u>									
	Inspección visual en componentes de frenos	x								
2.2.2	Verificar buen estado, alinamiento y ajuste de zapatas.	x								
	Medir espesor de zapatas, de ser necesario reemplazar.	x								
2.2.7	IDEM 2.2.2	x								
2.4	IDEM 2.2.2 En distintos componentes (freno de cinta)	x								
4.1.2	Inspección de estructura y uniones en chasis. END en soldaduras			x						
	Revisar ajuste y apriete de pernos en uniones			x						
4.2.2	IDEM 4.1.2			x						
4.1.3.2	Lubricar dados de rodado				x					
4.1.4.1	Inspección sistemas antivuelco			x						
4.1.4.2	Inspección sistema paracaída "pico de loro"									x
	Asegurar alineamiento de sistema paracaída									x
4.2.3.2	IDEM 4.1.3.2									x
4.2.4.1	IDEM 4.1.4.1			x						
4.2.4.2	IDEM 4.1.4.2				x					
5.6.1	Realizar limpieza del cable y lubricar					x				
	Inspección exhaustiva de cable					x				
5.6.2	IDEM 5.6.1		x							
5.6.3	Revisar ojal, guardacabo y componentes de terminales de suspensión, cable principal y auxiliar								x	
	Corroborar firmeza de apriete en sujetacables, cable principal y auxiliar								x	
5.6.4	IDEM 5.6.3								x	
	Realizar pruebas a series de seguridad								x	

Figura 2.21 Calendarización actividades mensuales, Febrero 2018

De similar manera se procedió con las actividades que tienen distinta frecuencia, pero dada la extensión de las planillas en las cuales se hizo estos cálculos y calendarización, no se pueden adjuntar en su totalidad en el escrito de este trabajo de título, pero se entregarán a modo de anexo en el archivo digital.

Las actividades de carácter anual quedaron fijadas para la parada programada de marzo y las de frecuencia cada dos años, para la parada de septiembre.

El otro componente del costo del plan lo dan los insumos necesarios, para los cuales se hace una estimación en base a cotizaciones comerciales, según los insumos y herramientas indicados anteriormente en las pautas de mantenimiento.

Se muestra en la siguiente tabla el resumen del resultado de las estimaciones de horas hombre para las actividades agrupadas según su frecuencia.

Tabla 2.12 Resumen de horas hombre requeridas para el plan

<u>Resumen</u>	<u>Total HH</u>
Actividades diarias	2,2
Actividades semanales	6,5
Actividades mensuales	40,5
Actividades cada 3 meses	26
Actividades semestrales	183
Actividades anuales	4
Actividades cada dos años	53

2.9.1. Dotación de personal

Una vez obtenida la cantidad de horas hombre requeridas para poder llevar a cabo el plan de mantenimiento en un solo ascensor, en este caso el ascensor Larraín, se puede extrapolar estos resultados para estimar un cálculo de dotación de personal para el sistema completo de ascensores de Valparaíso, que pretende contar con 15 de ellos.

Las actividades de inspección de carácter rutinaria y visual, en búsqueda de fallas que puedan ser detectadas a simple vista, están consideradas dentro de las actividades diarias, semanales y mensuales. En suma, todas las actividades de inspección visual hacen un promedio de alrededor de 5 horas hombre por ascensor, es decir casi 75 horas hombre para el sistema completo de ascensores.

Si se considera una jornada de lunes a viernes, en dos turnos: desde 09:00 hasta 13:00 y desde 14:00 a 18:00. Se tiene que cada trabajador puede otorgar 9 horas hombre al día. Por tanto, para suplir los requerimientos de personal de mantenimiento para el sistema de ascensores de Valparaíso se necesitan 9 personas.

Con nueve personas dedicadas exclusivamente a efectuar las labores de inspección a los ascensores, se tiene un rendimiento del 92%, cuyo porcentaje restante se cubre con el traslado del personal a los distintos ascensores y a descansos o ineffectividad.

Para el desarrollo de las actividades semestrales, anuales y de mayor frecuencia, se ha pensado su desarrollo homologando a lo que se realiza en el sector industrial cuando se planifica una parada programada. Es decir, cada cierto tiempo se considera la detención total del ascensor con el fin de poder efectuar las inspecciones más exhaustivas, que conllevan mediciones o desarme de algún componente.

2.9.2. Costo de mano de obra

Finalmente se tiene que el costo de mano de obra para el plan para el ascensor en estudio, se obtiene con la dotación de personal y un sueldo mensual de \$500.000. Además, se considera una persona que sea el encargado de mantenimiento, con el fin de coordinar y dirigir el cumplimiento del plan de mantenimiento, planificar la intervención a componentes y gestionar el uso de recursos e insumos para el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

$$\text{Costo MO mensual} = 9 * \$ 500.000 + 1.000.000 = \$5.500.000$$

$$\text{Costo MO anual} = 12 * \$ 4.500.000 = \$66.000.000$$

2.9.3. Costo de materiales

Los materiales necesarios para poder llevar a cabo del plan de mantenimiento se pueden separar en las siguientes categorías:

- Herramientas : Materiales necesarios para que el personal de mantenimiento realice sus trabajos.
- Fungibles : Materiales que se van consumiendo o gastando a medida que se realizan las actividades, por ejemplo el lubricante.
- Repuestos : Materiales de reemplazo en los componentes del ascensor y su infraestructura.

2.9.3.1. Costo de herramientas

Se adjunta una tabla con cotizaciones de las herramientas necesarias para desarrollar las tareas de mantenimiento, la mayoría de estas fueron cotizadas en Sodimac.

Tabla 2.13 Costo de herramientas

<u>HERRAMIENTAS</u>	<u>Cantidad</u>	<u>P.U.</u>	<u>TOTAL</u>
Gabinete de herramientas	3	\$ 140.000	\$ 420.000
Caja de herramientas portátil	4	\$ 15.000	\$ 60.000
Juego de llaves punta y corona	4	\$ 50.000	\$ 200.000
Esmeril	1	\$ 100.000	\$ 100.000
Linterna	6	\$ 7.000	\$ 42.000
Martillo	5	\$ 3.000	\$ 15.000
Desatornillador	10	\$ 3.000	\$ 30.000
Taladro	2	\$ 120.000	\$ 240.000
Pie de metro	3	\$ 15.000	\$ 45.000
Flexómetro	9	\$ 8.000	\$ 72.000
Sistema de comunicación	4	\$ 15.000	\$ 60.000
Máquina de soldar	1	\$ 300.000	\$ 300.000
Llave Stillson	2	\$ 15.000	\$ 30.000
Filler	5	\$ 3.000	\$ 15.000
Tecle	5	\$ 80.000	\$ 400.000
Grasera	4	\$ 20.000	\$ 80.000
Barretilla	4	\$ 10.000	\$ 40.000
TOTAL			\$ 2.149.000

Se debe tener en cuenta que para este costo se incurre inicialmente y que las herramientas menores, ya sea el juego de llaves, martillo, desatornilladores, poseen una vida útil de un año aproximadamente por lo tanto su costo tiene carácter anual.

A este costo también se le suma los costos relacionados con los equipos de protección personal para los trabajadores, enlistados en la siguiente tabla.

Tabla 2.14 Costo de EPP.

<i>EPP</i>	<i>Cantidad</i>	<i>P.U.</i>	<i>TOTAL</i>
Lentes	32	\$ 2.300	\$ 73.600
Casco de seguridad	9	\$ 2.100	\$ 18.900
Guantes de cabritilla	32	\$ 2.300	\$ 73.600
Overol	18	\$ 8.400	\$ 151.200
Zapatos de seguridad	9	\$ 30.000	\$ 270.000
Equipamiento para soldador	1	\$ 61.500	\$ 61.500
TOTAL			\$ 648.800

2.9.3.2. Costo de fungibles

Los insumos que caen dentro de esta categoría son fundamentalmente los insumos que se van gastando a medida que se van usando, por ejemplo, la grasa, el aceite lubricante, los paños de limpieza, el huaípe, discos de corte para el esmeril, soldadura, etc. Las cotizaciones para lubricantes se hicieron en MobilTM y proveedores nacionales de lubricantes.

Se adjunta una tabla con la cantidad estimada de fungibles que se requerirán para el plan, de carácter anual.

Tabla 2.15 Costo de fungibles

<u>FUNGIBLES</u>	<u>Cantidad</u>	<u>P.U.</u>	<u>TOTAL</u>
Grasa para engranajes 35 lb	16	\$ 100.000	\$ 1.600.000
Aceite Mobil SCH 626 35 lb	10	\$ 160.000	\$ 1.600.000
Paños, huaípe, etc	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Discos de corte, esmeril	50	\$ 4.000	\$ 200.000
Kg de Soldadura	10	\$ 3.000	\$ 30.000
Tintas penetrantes	2	\$ 20.000	\$ 40.000
TOTAL			\$ 3.870.000

2.9.3.3. Costo de repuestos

Los repuestos que se utilizarán anualmente en el plan se enlistan en la siguiente tabla.

Tabla 2.16 Costo de repuestos

<u>REPUESTOS</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Unidad</u>	<u>P.U.</u>	<u>TOTAL</u>
Rodamiento para soporte FY 45 TF	20	un	\$ 35.000	\$ 700.000
Rodamiento para soporte SNL 520-617	20	un	\$ 150.000	\$ 3.000.000
Descanso de polines SY 25 FM	40	un	\$ 55.000	\$ 2.200.000
Repuestos varios para cabina	1	gl	\$ 750.000	\$ 750.000
Repuestos varios para estaciones	1	gl	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
Repuestos luminaria y eléctricos	1	gl	\$ 900.000	\$ 900.000
Pernería y hojalatería	1	gl	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
TOTAL				\$ 10.050.000

2.9.4. Costo de actividades externas

Dentro de las actividades descritas en las pautas de mantenimiento aparecen actividades que deben ser llevadas a cabo por empresas externas, específicamente son las actividades de revisión en taller del motor eléctrico que forma parte del motorreductor.

Se considera un costo de \$500.000 por la inspección del motorreductor, lo que da un total de \$7.500.000 para el sistema de ascensores.

2.9.5. Costo total del plan de mantenimiento

Finalmente se muestra el cuadro resumen de los costos asociados al plan de mantenimiento anualmente, se hace una distinción entre el primer año por el hecho de que se considera la inversión en herramientas cuya vida útil es mayor a un año, como por ejemplo la máquina de soldar, por tanto se incurre en este gasto sólo durante el primer año.

Tabla 2.17 Resumen del costo del plan de mantenimiento

<u>Resumen</u>	<u>Unidad</u>	<u>Sub -TOTAL</u>	<u>TOTAL ANUAL</u>
Costo en mano de obra	\$/mes	\$ 5.500.000	\$ 66.000.000
Costo en materiales inicial	\$	\$ 1.520.000	\$ 1.520.000
Costo en materiales anual	\$/anual	\$ 15.197.800	\$ 15.197.800
Costo actividades externas	\$/semestral	\$ 7.500.000	\$ 7.500.000
COSTO TOTAL AÑO 1			\$ 90.217.800
COSTO TOTAL AÑO 2			\$ 88.697.800

El siguiente gráfico muestra que el mayor porcentaje de los costos del plan se lo lleva la mano de obra, alcanzando un 73% del costo total del plan. Esto debido a que para el ascensor, dadas las características de las actividades de mantenimiento que se deben llevar a cabo, va a requerir de dos personas encargadas exclusivamente al desarrollo de dichas actividades.

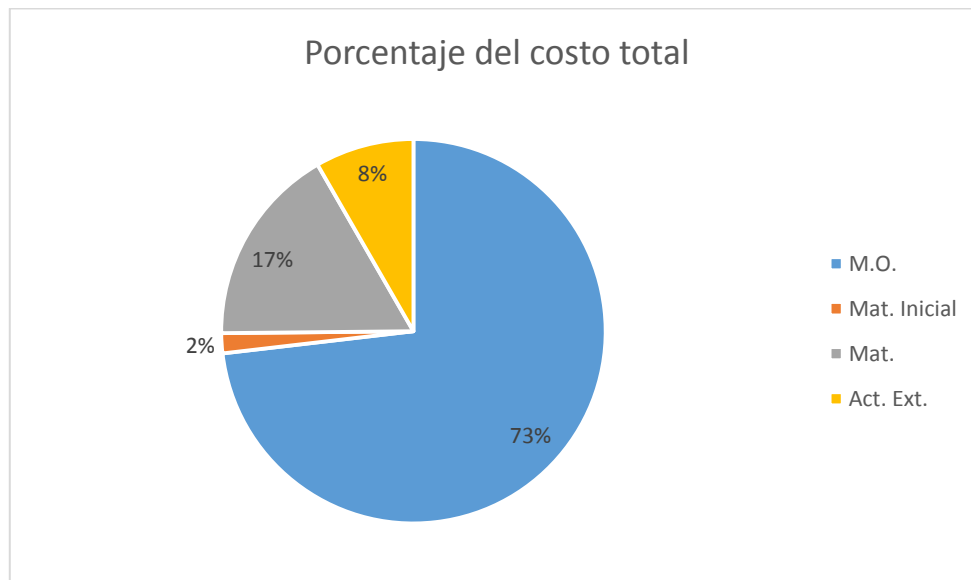


Figura 2.22 Gráfico de porcentajes del costo total

3. PROPUESTAS DE ACTUALIZACIÓN AL DISEÑO Y RENOVACIÓN DE COMPONENTES

3.1. DIAGNÓSTICO DE COMPONENTES ACTUALES EN ASCENSOR EN ESTUDIO (14)

En orden de satisfacer el objetivo complementario del este trabajo de título, se estudiará el ascensor utilizado como caso base para la preparación del plan de mantenimiento, con el fin de determinar cuáles son los componentes mecánicos que deben ser actualizados para eliminar los actuales problemas de operación que surgen por el diseño propuesto originalmente, o las actualizaciones que se hicieron durante la vida del ascensor.

Para cumplir con esto se presentan resultados obtenidos en el levantamiento de componentes y diagnóstico hecho por Rmena Ltda. en el presente año al ascensor Larraín. Además de los criterios definidos para efectuar cambios, mantener o reparar los componentes mecánicos del ascensor.

Se utilizará la misma nomenclatura usada en la designación de los componentes para el plan de mantenimiento, aunque el diagnóstico se aplica exclusivamente a los componentes mecánicos, dejando fuera a los sistemas que corresponden a las estaciones y componentes eléctricos. Cada uno de estos componentes va a ser clasificado en una de las siguientes tres categorías:

- **Reemplazo:** Los componentes que caigan en esta categoría deben ser reemplazados por componentes nuevos, ya sea de origen comercial o fabricados.
- **Reparación:** El componente posee un nivel tal de desgaste que no se requiere el reemplazo por componente nuevo si no que sólo basta con la reparación de éste o una inspección mayor para saber si se necesita el cambio o no.
- **Reutilización:** El componente se encuentra en buen estado y por lo tanto sólo requiere de limpieza, tratamiento superficial, pintura y/o engrase para seguir siendo ocupado en el sistema mecánico del ascensor.

A continuación se muestra un resumen con la clasificación de los componentes indicando las acciones a seguir, según el diagnóstico mecánico y posteriormente la explicación de por qué cada componente ha sido clasificado de esa forma.

Tabla 3.1 Diagnóstico componentes de sala de máquinas

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES			ÍTEM	Clasificación
2. Sala de máquinas	2.1 Eje primario	Eje	2.1.1	Reemplazo
		Descanso izquierdo	2.1.2	Reparación
		Tambor de enrollamiento izquierdo	2.1.3	Reparación
		Descanso central	2.1.4	Reparación
		Corona Primaria	2.1.5	Reemplazo
		Tambor de enrollamiento derecho	2.1.6	Reparación
		Descanso derecho	2.1.7	Reparación
	2.2 Eje secundario	Eje	2.2.1	Reemplazo
		Freno de zapata izquierdo	2.2.2	Reparación
		Descanso izquierdo	2.2.3	Reparación
		Corona Secundaria	2.2.4	Reemplazo
		Piñón Secundario	2.2.5	Reemplazo
		Descanso derecho	2.2.6	Reparación
		Freno de zapata derecho	2.2.7	Reparación
	2.3 Eje terciario	Motor	2.3.1	Reemplazo
		Piñón	2.3.2	Reemplazo
		Placa base del motor	2.3.3	Reemplazo
	2.4 Eje de freno	Eje	2.4.1	Reutilización
		Freno de banda izquierdo	2.4.2	Reparación
		Freno de banda derecho	2.4.3	Reparación

Los ejes deben ser reemplazados porque se desconoce el estado interno del material y es muy probable que en un futuro cercano fallen por fatiga. En el caso de los descansos de estos ejes, por lo general, la estructura externa de éstos se encuentra en buen estado, y sólo se requiere una inspección y eventual recuperación del metal blanco Babbitt en su interior.

En el caso de los tambores de enrollamiento es necesario hacer una inspección completa una vez que se encuentren desmontados con el fin de saber su estado real. Cualquier reparación o remanufactura de algún componente estructural del tambor debe realizarse en acero A-36. El manto de madera del tambor debe ser reemplazado por madera de roble pellín en ambos tambores.

Todas las ruedas dentadas que forman parte de la transmisión de potencia del sistema deben ser reemplazadas por componentes nuevos en vista que fueron inspeccionadas mediante el ensayo no destructivo de partículas magnéticas y en todas, los resultados de la inspección arrojaron la existencia de fisuras, en adenda al pitting local y deformación plástica en los dientes que se puede observar a simple vista.

El motor perteneciente a la unidad motriz debe ser actualizado en vista a que, por haber estado mucho tiempo en desuso, se desconoce su estado mecánico interno, y además, dada la antigüedad del componente, no existen repuestos en el mercado actual. De igual manera se debe diseñar una placa base para el motor de reemplazo.

El único componente que se ve en buen estado y puede seguir utilizándose luego de una limpieza química y mecánica, y el descarte de fisuras tras un ensayo de tintas penetrantes es el eje de frenos, componente mecánico que forma parte del sistema de frenos de cinta que actúa sobre los tambores de enrollamiento. El resto de componentes de este freno deben ser rediseñados porque carecen de robustez necesaria.

En cuanto al freno de zapatas, que actúa sobre discos de freno montados sobre el eje secundario, se observa que los elementos que forman parte del accionamiento carecen de la robustez necesaria, por lo tanto deben ser rediseñados.

Tabla 3.2 Diagnóstico componentes en plano de rodadura

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES			ÍTEM	Clasificación
3. Plano de rodadura	3.1 Rieles	Rieles	3.1.1	Reemplazo
		Fijaciones	3.1.2	Reemplazo
		Eclisas	3.1.3	Reemplazo
	3.2 Estructura soportante	Perfiles de estructura	3.2.1	Reemplazo
		Uniones	3.2.2	Reemplazo
		Fundaciones	3.2.3	Reparación
	3.3 Cremallera	Largueros	3.3.1	Reemplazo
		Pernos de enganche	3.3.2	Reemplazo
		Eclisas	3.3.3	Reemplazo
		Fijaciones	3.3.4	Reemplazo
	3.4 Polines	Cuerpo de polines	3.4.1	Reemplazo
		Descansos y anclajes	3.4.2	Reemplazo

Todos los componentes pertenecientes al plano de rodadura deben ser reemplazados por componentes nuevos debido al notorio deterioro de éstos (inexistencia de fijaciones, componentes deformados, desviación severa). La estructura de madera por norma no es permitida, además de encontrarse debilitada y en un estado avanzado de pudrición, por lo tanto debe ser actualizada por una estructura metálica. Junto con lo anterior se pretende actualizar los rieles por componentes de carácter comercial para facilitar el reemplazo de éstos en caso de requerirse.

Se debe revisar la integridad y estabilidad de las fundaciones, determinando si se deben rearmar o no.

En la figura 3.1 se puede apreciar el mal estado de los componentes que conforman el plano de rodadura del ascensor en estudio.



Figura 3.1 Estado componentes del plano de rodadura, Ascensor Larraín (14)

Tabla 3.3 Diagnóstico componentes de carros

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES				Clasificación
4.1 Carro izquierdo	Cabina		4.1.1	Reemplazo
	Chasis		4.1.2	Reemplazo
	4.1.3 Rodado	Ejes y ruedas	4.1.3.1	Reparación
		Soportes	4.1.3.2	Reemplazo
	4.1.4 Dispositivos de seguridad	Sistema antideriva	4.1.4.1	Reparación
		Dispositivos anti-vuelco	4.1.4.2	Reemplazo
4.2 Carro derecho	Cabina		4.2.1	Reemplazo
	Chasis		4.2.2	Reemplazo
	4.2.3 Rodado	Ejes y ruedas	4.2.3.1	Reparación
		Soportes	4.2.3.2	Reemplazo
	4.2.4 Dispositivos de seguridad	Sistema antideriva	4.2.4.1	Reparación
		Dispositivos anti-vuelco	4.2.4.2	Reemplazo

Las cabinas de ambos carros presentan deterioro avanzado, por lo tanto deben ser reemplazadas, ya que es fundamental que se encuentren en buen estado en términos de seguridad para los pasajeros.

De la misma manera, el chasis de ambos carros debe ser reemplazado, a causa de la notoria corrosión y deformación plástica que se puede apreciar en los componentes estructurales de éste.

Se observa que el eje de ruedas se encuentra en buen estado, sin embargo es necesario descartar cualquier fisura que pueda existir, por lo cual requiere limpieza, revisión y ensayo con partículas magnéticas, dependiendo de los resultados de dichas acciones se establecerá la reutilización o reemplazo del componente. Las ruedas presentan desgaste y los soportes presentan ovalización de los bujes, por lo tanto deben ser reemplazadas.

Los sistemas antivuelco poseen un estado avanzado de deterioro y deformaciones, por lo tanto deben ser reemplazados por componentes nuevos. Los sistemas antideriva “pico de loro” requieren revisión de componentes y ensayos con partículas magnéticas (en el gancho de seguridad). Dependiendo de los resultados se establece la reutilización o reemplazo del componente.

Tabla 3.4 Diagnóstico componentes de arrastre, reenvío y suspensión

SISTEMAS, SUB-SISTEMAS Y COMPONENTES			ÍTEM	Clasificación
5. Arrastre, reenvío y suspensión	5.1 Polea guía izquierda	Cuerpo de polea	5.1.1	Reemplazo
		Eje	5.1.2	Reemplazo
		Descanso izquierdo	5.1.3	Reemplazo
		Descanso derecho	5.1.4	Reemplazo
	5.2 Polea de compensación izquierda	Cuerpo de polea	5.2.1	Reemplazo
		Eje polea	5.2.2	Reemplazo
		Descansos (superior e inferior)	5.2.3	Reemplazo
	5.3 Polea de compensación derecha	Cuerpo de polea	5.3.1	Reemplazo
		Eje polea	5.3.2	Reemplazo
		Descansos (superior e inferior)	5.3.3	Reemplazo
	5.4 Polea guía derecha	Cuerpo de polea	5.4.1	Reemplazo
		Eje	5.4.2	Reemplazo
		Descanso izquierdo	5.4.3	Reemplazo
		Descanso derecho	5.4.4	Reemplazo
	5.5 Estructura de soporte de poleas		5.5.1	Reemplazo
	5.6 Suspensión y arrastre	Cable principal	5.6.1	Reemplazo
		Cable auxiliar	5.6.2	Reemplazo
		Terminales de suspensión, carro izquierdo	5.6.3	Reemplazo
		Terminales de suspensión, carro derecho	5.6.4	Reemplazo

Los cables y sus terminales de suspensión deben ser reemplazados por seguridad, ya que se desconoce el estado real de éstos. En el caso del sistema de poleas presente en el ascensor se observa que las poleas auxiliares o de compensación poseen un desgaste extremo en sus gargantas, a causa de un error de diseño del sistema que genera un desalineamiento del cable respecto al eje de rotación de cada polea (no son perpendiculares). En el caso de las poleas guía del cable principal, presentan fisuras pasantes considerables y dichas fisuras fueron reparadas con soldadura, además poseen ovalización del alojamiento del eje, por lo tanto son muy poco confiables. Los descansos de cada polea se encuentran oxidados y no poseen repuestos actuales, por tanto deben ser reemplazados por componentes comerciales. En conclusión, en ambos tipos de polea se requiere el reemplazo por componentes nuevos, tanto del cuerpo de la polea como de sus descansos.

Junto con lo anterior, la estructura soportante de las poleas debe ser reemplazada por una estructura de perfiles metálicos, debido a que actualmente está fabricada de madera, por lo tanto fuera de norma.

En la figura 3.2 se puede observar el desgaste severo de las gargantas en las poleas de compensación del ascensor Larraín.



Figura 3.2 Desgaste en poleas de compensación (14)

Cabe destacar que todos las partes y piezas menores que forman parte de los componentes mecánicos de los ascensores deben ser reemplazadas por desuso, lo que ha generado la corrosión y oxidación, haciendo de estas piezas y partes sean poco confiables. Entre este tipo de piezas caen las siguientes:

- Pernería
- Chavetas
- Cables de accionamiento de frenos
- Resortes
- Pasadores
- Descansos de polines

3.2. CRITERIOS DE ACTUALIZACIÓN DE COMPONENTES

El diagnóstico mecánico en los ascensores permite saber el estado real en el cual se encuentran los componentes mecánicos actuales del ascensor y así, establecer criterios con el fin de actualizar dichos componentes.

Para los componentes que según el diagnóstico requieren ser reemplazados existen dos vías posibles para hacerlo: mantener el diseño actual u original del componente, o actualizar dicho diseño con la finalidad de mejorar sus características tanto de confiabilidad y/o mantenibilidad.

Bajo los siguientes criterios se tomarán las acciones de actualizar los componentes mecánicos del ascensor.

3.2.1. Criterio de actualización por normativa

El componente que se encuentra instalado actualmente en el ascensor se encuentra fuera de la normativa vigente, por lo tanto se atenta la seguridad de los usuarios el hecho de mantener el diseño de dicho componente.

3.2.2. Criterio de actualización por problemas de operación

El elemento, componente, pieza o parte presenta problemas en su diseño actual que afectan, o generan inconvenientes en la operación de la máquina como conjunto.

3.2.3. Criterio de actualización por obsolescencia

El componente actual se encuentra obsoleto en términos de mantenibilidad del mismo, o hay inexistencia comercial de repuestos en caso de que éste falle.

3.3. ACTUALIZACIONES AL DISEÑO DE COMPONENTES

Utilizando los criterios explicados anteriormente, se presentan a continuación los componentes a ser renovados en su diseño.

3.3.1. Motor eléctrico

Este componente cae en la categoría de actualización por obsolescencia. Originalmente el equipo motriz del ascensor era un motor a vapor, que fue remodelado un motor eléctrico de corriente alterna de 50 [HP]. Dicho motor eléctrico se encuentra sobredimensionado, lo que se demostrará a continuación mediante el cálculo del torque de partida y la potencia necesaria para mover el ascensor. Además, dada su antigüedad es prácticamente imposible encontrar repuestos para el motor en caso de que éste falle.

La alternativa de reemplazo para el motor eléctrico es un motorreductor de carácter comercial, cuya velocidad de salida sea acorde a la velocidad nominal de funcionamiento del funicular.

3.3.1.1. *Cálculos para la selección del componente nuevo*

Para la actualización de la unidad motriz del sistema mecánico de los ascensores se hace necesario hacer un análisis de los parámetros operacionales del sistema, para posteriormente realizar el cálculo referente a la potencia necesaria y así seleccionar el motorreductor idóneo.

Para realizar el cálculo de potencia requerida, se utiliza el caso más desfavorable que corresponde a cuando el carro que se encuentra en la estación inferior está a su máxima capacidad y el carro que se encuentra en la estación superior se encuentra vacío.

- Masa del carro a máxima capacidad.

La masa total que debe levantar la máquina en el caso más desfavorable se calcula de la siguiente forma,

$$m_{total} = m_{carro} + m_{carga} + m_{cable}$$

Donde:

La masa de los carros se compone de la masa de la base y la masa de la cabina.

$$m_{base}(\text{perfilería de chasis, sistemas de rodado, sistemas de seguridad}) = 700 \text{ [kg]}$$

$$m_{cabina}(\text{perfiles, piso, cielo, ventanas, puertas, mobiliario, etc}) = 600 \text{ [kg]}$$

$$m_{carro} = 700 + 600 = 1300 \text{ [kg]} \quad (14)$$

La masa equivalente a la carga del ascensor está dada por la superficie útil de la cabina, según normativa (15). La superficie útil de la cabina corresponde a 3,10 [m²], por lo tanto por tabla.

Tabla 1 – Valores máximos de superficie útil al interior de cabina en elevadores inclinados

Carga nominal	Area m²	Carga nominal	Area m²
230	0,65	2 000	4,29
270	0,77	2 250	4,65
320	0,89	2 700	5,36
450	1,23	3 200	6,07
550	1,45	3 600	6,77
700	1,76	4 100	7,48
800	2,05	4 500	8,18
900	2,25	5 400	9,57
1 150	2,7	7 000	11,62
1 350	3,13	8 000	13,65
1 600	3,53	9 000	14,98
1 800	3,92	11 500	18,25

Figura 3.3 Tabla para determinación de capacidad de carga (15)

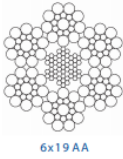
Por tanto,

$$m_{carga} = 1350 \text{ [kg]}$$

Posteriormente la masa aportada por el cable, cuando el carro se encuentra en la estación inferior, está dada por el peso lineal (10) de éste y la longitud total del recorrido. Cabe recordar que se tiene un cable principal y uno auxiliar.




TONINA 19 AA



6x19 AA

Ø Nom (pulg.)	Ø Nom (mm)	Carga de rotura mínima garantizada		Peso lineal (kg/m)
		(kN)	(1000 lb)	(tm)
3/8"	9,5	61	13,7	6,2
	10,0	67	15,1	6,8
7/16"	11,0	83	18,6	8,4
	12,0	97	21,7	9,9
1/2"	13,0	108	24,3	11,0
9/16"	14,0	137	30,8	14,0
5/8"	16,0	169	38,0	17,2
	18,0	217	48,9	22,2
3/4"	19,0	244	54,7	24,8
	20,0	268	60,3	27,4
7/8"	22,0	331	74,5	33,8
	24,0	387	86,9	39,4
	25,0	419	94,3	42,8
1"	26,0	450	101,1	45,9
1 1/16"	27,0	485	109,0	49,4
	28,0	522	117,3	53,2
1 1/8"	29,0	543	122,2	55,4
	30,0	599	134,6	61,1
1 1/4"	32,0	665	149,5	67,8
	34,0	763	171,4	77,8
1 3/8"	35,0	805	180,9	82,1
	36,0	800	179,8	81,5
1 1/2"	38,0	896	201,3	91,3

Figura 3.4 Características del cable según catálogo

$$m_{\text{cable principal}} = 1,53 \left[\frac{kg}{m} \right] * 63 [m] = 96,4 [kg]$$

$$m_{\text{cable auxiliar}} = 1,53 \left[\frac{kg}{m} \right] * 63 [m] = 96,4 [kg]$$

$$m_{\text{cable}} = 192,8 [kg]$$

Finalmente

$$m_{\text{total}} = m_{\text{carro}} + m_{\text{carga}} + m_{\text{cable}} = 1300 + 1350 + 192,8 \cong 2843 [kg]$$

- Tensión en los carros:

Se muestra un diagrama de cuerpo libre para mejor entendimiento de las fuerzas presentes en los carros de los ascensores, con una representación de las poleas guía y los tambores de enrollamiento.

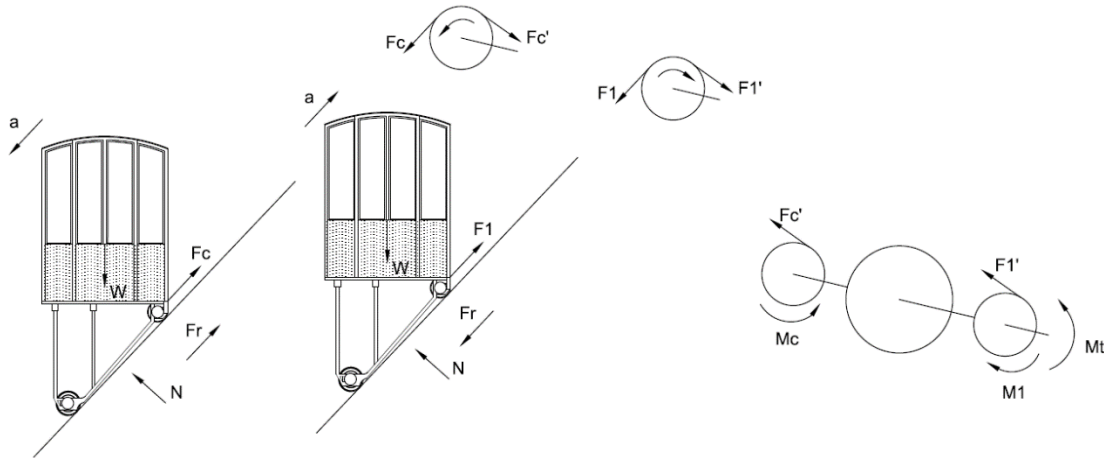


Figura 3.5 Diagrama de cuerpo libre ascensores (16)

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de cuerpo libre para el carro en ascenso con su capacidad de carga completa, es decir, con dieciocho personas y en la estación inferior.

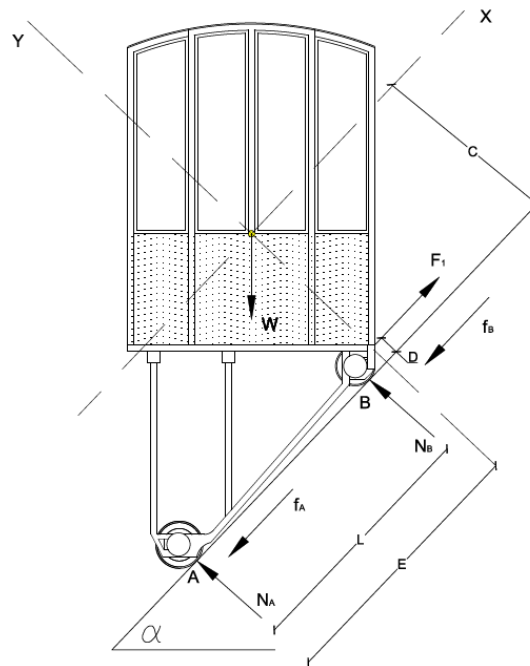


Figura 3.6 Diagrama de cuerpo libre carro que asciende (16)

Donde:

F_c = Tensión del cable.

W = Peso del carro.

f_A y f_B = Fuerza de roce en el punto A y B respectivamente.

N_A y N_B = Fuerza normal en el punto A y B respectivamente.

α = Pendiente del plano de rodadura.

Se considera que el carro posee una velocidad de régimen de 0,63 [m/s], además se considera un tiempo de 1 segundo para poder alcanzar esta velocidad, lo que quiere decir que la aceleración utilizada para los cálculos de tensión es de $a = 0,63$ [m/s²].

Para el cálculo de la fuerza normal a la superficie de rodado, o a las vías del funicular se utiliza el coeficiente de roce de las ruedas sobre el riel de ferrocarril es 0,5 [mm], pero necesitamos el coeficiente de rodadura que se calcula como la razón entre el coeficiente de roce y el radio del cuerpo que esté rodando sobre el plano, en este caso la rueda del funicular.

$$C_{rr} = \frac{\mu_r}{R} = \frac{0,5[mm]}{492/2[mm]} = 0,002 [-]$$

Por tanto,

$$\sum F_x = m_{total} * a$$

$$F_1 - (f_a + f_b) - W * \text{sen } \alpha = m_{total} * a_x$$

Donde

$$f_a = C_{rr} * N_a$$

$$f_b = C_{rr} * N_b$$

Entonces,

$$F_1 = m_{total} * a_x + W * \text{sen } \alpha + C_{rr} * (N_a + N_b)$$

(a)

$$\sum F_y = 0$$

$$N_a + N_b - W * \cos \alpha = 0$$

$$N_a + N_b = W * \cos \alpha$$

(b)

Finalmente,

$$\sum M_a = 0$$

$$F_1 * D + W * \cos \alpha * E - W * \sin \alpha * C - N_b * L = 0$$

$$N_b = \frac{F_1 * D + W(\cos \alpha * E - \sin \alpha * C)}{L}$$

(c)

Despejando en (b)

$$N_a = W * \cos \alpha - N_b$$

(d)

Reemplazando (d) en (a)

$$F_1 = m_{total} * a_x + W * \sin \alpha + C_{rr} * (W * \cos \alpha - N_b + N_b)$$

Quedando:

$$F_1 = m_{total} * a_x + W * (\sin \alpha + C_{rr} * \cos \alpha)$$

Cuyo valor numérico es:

$$F_1 = 2843[kg] * 0,63 \left[\frac{m}{s^2} \right] + 2843[kg] * 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] * (\sin 38,3 + 0,002 * \cos 38,3)$$

$$\mathbf{F_1 = 19.120,4[N]}$$

Se adjunta el diagrama de cuerpo libre del carro que desciende, la única diferencia con respecto al DCL del carro en ascenso es la dirección de la fuerza de roce, y lógicamente la magnitud del peso del carro.

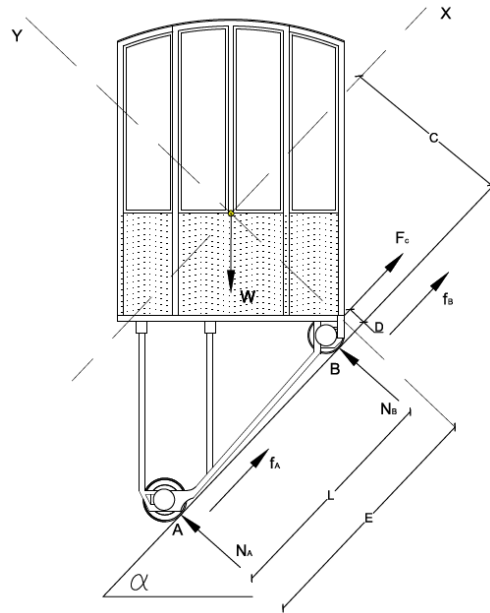


Figura 3.7 Diagrama de cuerpo libre carro que desciende

Donde

F_2 = Tensión del cable.

W = Peso del carro.

f_a y f_b = Fuerza de roce en el punto A y B respectivamente.

N_a y N_b = Fuerza normal en el punto A y B respectivamente.

α = Pendiente del plano de rodadura.

m_{carro} = masa del carro en descenso.

a_x = Aceleración del carro en descenso.

Mediante el mismo procedimiento llevado a cabo en el carro que asciende, se llega a la siguiente expresión para el cálculo de la tensión en el carro que desciende, en este caso denominada F_2 (tensión del cable de contrapeso, cable que une ambos carros):

$$F_2 = -m_{\text{carro}} * a_x + W * (\text{sen } \alpha - \mu * \cos \alpha)$$

$$F_2 = -1300[kg] * 0,63 \left[\frac{m}{s^2} \right] + 1300[kg] * 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] * (\text{sen } 38,3 - 0,002 * \cos 38,3)$$

$$F_2 = 7.169,6[N]$$

- Velocidad angular del tambor de enrollamiento

La velocidad angular del tambor se calcula según la velocidad de traslación de los carros, tal como se muestra en la siguiente fórmula, donde v es la velocidad de traslación y R el radio del tambor de enrollamiento.

$$\omega_{\text{tambor}} = \frac{v}{R} = \frac{0,63 \left[\frac{m}{s} \right]}{0,75[m]} = 0,84 \left[\frac{rad}{s} \right] \cong 8 [rpm]$$

- Potencia requerida:

Se adjunta el diagrama de momentos en el eje primario, donde están montados los tambores de enrollamiento.

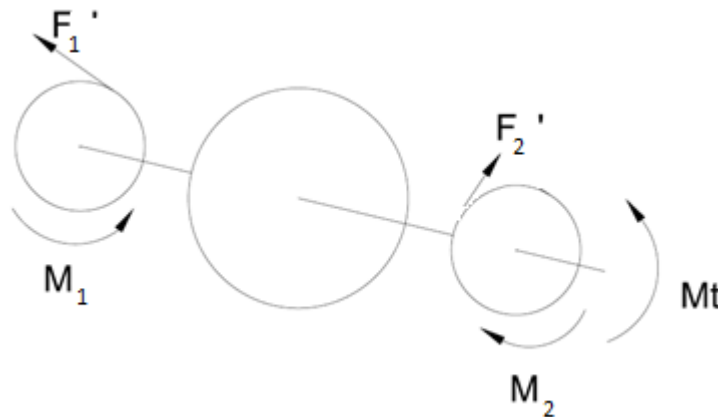


Figura 3.8 Diagrama de momentos en eje primario

Donde

F_1' = Tensión del cable en carro que asciende.

F_2' = Tensión del cable en carro que desciende.

M_1 = Momento generado por F_1' .

M_2 = Momento generado por F_2' .

M_t = Momento torsor.

Las tensiones que afectan a los tambores de enrollamiento difieren de la tensión calculada anteriormente en los carros por el hecho de verse afectadas bajo el rendimiento de las poleas guía. Pero se asume una eficiencia alta y por tanto en términos de diseño se utilizará las tensiones calculadas anteriormente.

Por tanto,

$$\sum M_{eje} = I * \alpha$$

Entonces,

$$M_t - M_1 + M_2 = I * \alpha$$

Quedando

$$M_t = (F_1' - F_2') * R + I * \alpha$$

(1)

Donde,

α = aceleración angular del eje motriz

I = momento de inercia respecto al eje de rotación del eje primario

- Momento de inercia del eje primario y componentes

A continuación se presentan los momentos de inercia de cada uno de los componentes montados sobre el eje primario (6), obtenidos mediante software en el estudio realizado por Rmena Ltda. sobre el ascensor Larraín:

Tambor de enrollamiento = 645,53 [kg*m²]

Eje primario = 7,9 [kg*m²]

Corona primaria = 207,18 [kg*m²]

Finalmente, reemplazando en (1) se tiene,

$$M_t = (19.120 - 7.160)[N] * 0,75[m] + (645,5 * 2 + 7,9 + 207,2)[kg * m^2] * 0,84[\frac{rad}{s^2}]$$

$$M_t = 10.235,1 [N * m]$$

Con estos resultados podemos calcular la potencia requerida en el eje primario, relacionando los momentos torsores con la velocidad angular.

$$P_{tambor} = \frac{M_t * \omega_t}{9.555} [kW] = 8,57 [kW]$$

Para culminar asumimos una eficiencia de 98% por cada etapa de reducción para determinar la potencia requerida del motorreductor a reemplazo del motor eléctrico original.

$$P_{entrada} = \frac{P_{tambor}}{0,98^2} = 8,92 [kW]$$

Dadas las condiciones de operación de la máquina y las cargas a las que está sometidas se considera un factor de servicio de 1,2. Por tanto, la potencia utilizada para la selección del nuevo motorreductor será la siguiente,

$$P_{motorreductor} = 1,2 * 8,92 [kW] = 10,7 [kW]$$

- Velocidad de salida del motorreductor

Se calcula en base al tren de engranajes presente actualmente en el ascensor.

$$\omega_{eje\ motriz} = \omega_{tambor} * \frac{Z_4}{Z_3} * \frac{Z_2}{Z_1} = 15,46 \left[\frac{rad}{s} \right] = 147,6 [rpm]$$

Donde,

Z₁ = Número de dientes del piñón motriz o terciario, 19.

Z₂ = Número de dientes de la corona secundaria, 76.

Z₃ = Número de dientes del piñón secundario, 20.

Z₄ = Número de dientes de la corona primaria, 92.

- Torque mínimo para la selección del motorreductor

Se calcula de la siguiente forma,

$$T = \frac{P_{entrada} * 9.555}{\omega_{eje\ motriz}} = 577,44 [N * m]$$

Con los últimos tres parámetros calculados anteriormente se puede proceder a efectuar la selección del motorreductor. Dadas las condiciones de operación y de espacio presentes en la sala de máquinas, la mejor opción es un motorreductor cilíndrico de ejes paralelos. La elección es la siguiente (17).

- Marca : SEW Eurodrive
- Modelo : FF77 DRE160MC4
- Potencia : 11 [kW]
- Velocidad nominal : 159 [rpm]
- Torque : 660 [N*m]

La elección de una nueva unidad motriz conlleva el rediseño de la placa base donde va montado el equipo.

3.3.2. Transmisión por cadenas

La primera reducción de velocidad dentro del tren de transmisión presente en el ascensor en estudio, corresponde a una transmisión por cadenas. Dicha transmisión debe ser actualizada debido a que cae en el criterio de actualización por problemas de operación.

El principal problema que se genera por tener una transmisión por cadenas es que la tensión de éstas actúa en un solo sentido, y operacionalmente la máquina funciona en ambos sentidos de giro, provocando el golpeteo de la cadena cuando la máquina se encuentra en operación. Además la cadena posee baja efectividad en la acción de frenado.

Se busca actualizar esta transmisión por una rígida, es decir de engranajes mediante acción directa.

3.3.2.1. *Cálculos para la selección del componente nuevo*

Si bien es cierto para el cálculo del motorreductor se utilizaron las características de los engranajes actuales para definir la velocidad de salida de éste, se debe volver a calcular los engranajes utilizando los nuevos parámetros de diseño, es decir la potencia máxima instalada que puede dar el motorreductor.

Procedemos a calcular la velocidad angular que debe poseer el eje secundario, utilizando la velocidad de régimen de los carros y los parámetros de las ruedas dentadas de la corona primaria y el piñón secundario.

Entonces,

$$\omega_{sec} = \frac{Z_4}{Z_3} * \omega_{tambor} = 3,864 \left[\frac{rad}{s} \right] = 36,9 [rpm]$$

Donde,

$$\omega_{tambor} = 0,84 [rad/s]$$

$$Z_4 = 92$$

$$Z_3 = 20$$

Posteriormente se procede a buscar una relación entre el número de dientes y módulo para el piñón motriz, de manera tal que sus dimensiones sean factibles de construir y ser montadas en el motorreductor seleccionado anteriormente. Además se utiliza la velocidad nominal del motorreductor para obtener dicha relación.

Por tanto, el número de dientes del piñón motriz está limitado por las dimensiones del motorreductor que admiten una anchura máxima para el piñón de 100 [mm], entonces

$$\frac{\omega_{motriz}}{\omega_{sec}} = 4,308 = \frac{Z_2}{Z_1}$$

(1)

$$B = 10 * m \leq 100 [mm]$$

Donde,

B = anchura del diente

m = módulo del piñón motriz

Z₁ = Número de dientes del piñón motriz

Z₂ = Número de dientes de la corona secundaria

ω = velocidad angular

Dadas estas condiciones se escoge el módulo máximo posible, es decir 10 [mm] y posteriormente se determina el número de dientes que satisface la ecuación (1) de manera más aproximada.

El par de ruedas dentadas que es posible fabricar y se aproxima de buena forma a la relación requerida de velocidades angulares es la siguiente:

$$Z_2 = 78, Z_1 = 18, \frac{Z_2}{Z_1} = 4,333$$

- Esfuerzo de flexión en los engranes (18)

Se procede ahora a comprobar los resultados de la selección mediante el cálculo del esfuerzo de flexión según las ecuaciones de resistencia AGMA, que genera la mayor solicitud en los engranajes, utilizando los parámetros de diseño. La siguiente tabla muestra las dimensiones constructivas para ambas ruedas dentadas.

Tabla 3.5 Dimensiones de ruedas dentadas

Medidas en mm	Piñón	Corona
N° dientes	18	78
Módulo	10	10
Diámetro de paso	180	780
Altura de diente	22,5	22,5
Altura de cabeza	10	10
Diámetro exterior	200	800
Diámetro interior	155	755
Paso circular	31,42	31,42
Espesor de diente	15,71	15,71
Anchura de diente	100	100

Para poder calcular el esfuerzo de flexión en el diente necesitamos saber la carga transmitida desde el piñón a la corona, utilizando la potencia máxima instalada del motorreductor.

$$W^t = \frac{60.000 * P_{nominal}}{\pi * d * \omega}$$

Donde,

W^t = Carga transmitida en kN

d = diámetro de paso de la corona en mm

ω = velocidad nominal del motorreductor en rpm

P_{nominal} = potencia nominal del motorreductor en kW

Entonces,

$$W^t = 1,69 \text{ [kN]}$$

Finalmente procedemos a calcular el esfuerzo de flexión de engranes según la siguiente ecuación,

$$\sigma = W^t K_O K_v K_S \frac{1}{b m_t} \frac{K_H K_B}{Y_J}$$

A continuación se procede a explicar y calcular cada uno de los términos presentes en la ecuación para el cálculo de esfuerzo de flexión de engranajes.

- K_O : Corresponde al factor de sobrecarga y está dado por tabla según la fuente de potencia de la máquina y la máquina que se está impulsando. En este caso $K_O = 1,25$.
- K_v : Es el factor dinámico y depende de la calidad del engrane Q_v , que para la mayoría de los engranajes de origen comercial fluctúa en valores de 3 a 7, para el caso de este engranaje se establece un número de calidad 4. Luego,

$$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{200 * V}}{A} \right)^B$$

Con V igual a la velocidad de paso, es decir 1,5 m/s y donde,

$$A = 50 + 56 (1 - B)$$

$$B = 0,25(12 - Q_v)^{2/3}$$

Se tiene,

$$K_v = 1,35$$

- K_S : Factor de tamaño debido a la falta de uniformidad de las propiedades del material debido al tamaño. Se establece un factor $K_S = 1$.
- b corresponde al ancho de cara del elemento más angosto, en este caso 10 mm.
- m_t es el módulo métrico transversal igual a 10 mm.

- K_H : Factor de distribución de carga, calculado según la siguiente fórmula,

$$K_H = 1 + C_{mc}(C_{pf}C_{pm} + C_{ma}C_e)$$

Donde,

$C_{mc} = 1$, para dientes sin coronar

$C_{pf} = \frac{F}{10 \cdot d} - 0,0375 + 0,0125 \cdot F = 0,14$, con F igual a b pero en pulgadas (3,94).

$C_{pm} = 1$ por la posición de montaje del piñón

$C_{ma} = A + B \cdot F + C \cdot F^2$ donde los valores numéricos de A, B y C se extraen de la Figura 3.9, para engranajes abiertos.

Condición	A	B	C
Engranajes abiertos	0.247	0.0167	$-0.765(10^{-4})$
Unidades comerciales, cerradas	0.127	0.0158	$-0.930(10^{-4})$
Unidades de precisión, cerradas	0.0675	0.0128	$-0.926(10^{-4})$
Unidades de precisión extrema, cerradas	0.00360	0.0102	$-0.822(10^{-4})$

Figura 3.9 Constantes empíricas para el cálculo de C_{ma}

Por tanto,

$C_{ma} = 0,312$.

$C_e = 1$.

Finalmente,

$$K_H = 1,452$$

- K_B : Factor de espesor del aro, en este caso corresponde se calcula en base a la relación de apoyo m_B , que a su vez se calcula según la siguiente fórmula,

$$m_B = \frac{t}{h_t}$$

Donde,

t = es el espesor del aro debajo del diente de la corona, como se muestra en la figura 3.10, se estima un valor de 25 milímetros para este factor, basado en la experiencia de trabajos en engranes de similar magnitud.

h_t = corresponde a la altura total del diente, como se muestra en la figura 3.10.

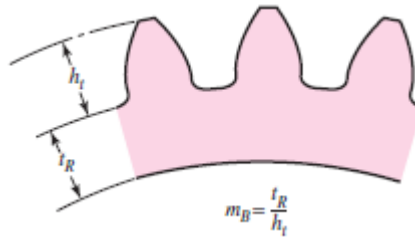


Figura 3.10 Método de cálculo de relación de apoyo en engranajes rectos.

Por tanto,

$$m_B = 1,111$$

Finalmente,

$$K_B = 1,6 * \ln\left(\frac{2,242}{m_B}\right) = 1,123$$

- Y_j = Es el factor geométrico de carga a la flexión y se encuentra tabulado según el número de dientes tanto del piñón como la corona, siendo, en el caso en estudio, igual a 0,43.

Obtenidos los factores para poder calcular el esfuerzo a la flexión en la corona, se procede a obtener su valor numérico,

$$\sigma = 1,69[kN] * 1,25 * 1,35 * \frac{1}{10[mm] * 10[mm]} * \frac{1,452 * 1,123}{0,43} = 108,15[MPa]$$

Hecho este cálculo, se puede obtener el factor de seguridad a la flexión, mediante la siguiente relación.

$$S_F = \frac{S_t Y_N / (K_T K_R)}{\sigma}$$

Donde,

- S_t : Resistencia a la flexión del engrane en MPa, se calcula según la siguiente fórmula, asumiendo que el material con el cual se va a fabricar el engrane es acero SAE 1020.

$$S_t = 0,533 * H_b + 88,3$$

Siendo H_b , la dureza Brinell del material, según el tratamiento térmico que se le hará a los dientes engrane. Se asume un valor de 375 para la dureza Brinell. Entonces,

$$S_t = 288,18 [MPa]$$

- Y_N : Corresponde al factor de ciclos de esfuerzo y depende de la cantidad de ciclos para el cual se está diseñando la corona y de la dureza del material con el que se fabrica. Para una dureza de 400 HB, valor más próximo a los 375 HB que tendrá el diente de la corona, se tiene la siguiente ecuación,

$$Y_N = 9,4518 * N^{-0,148}$$

Donde N corresponde a la cantidad de ciclos para la corona. El valor de N se calcula asumiendo una vida útil para la corona de cuatro años y estimando una cantidad de ocho viajes por hora, en los días en que opere el ascensor. Entonces,

$$Y_N = 1,578$$

- K_T : Es un factor de temperatura cuyo valor es igual a 1, ya que la temperatura del engrane no superará los 120° C.
- K_R : Corresponde al factor de confiabilidad, se estima un valor de confiabilidad de 90% para obtener este factor, cuyo valor numérico para ese nivel de confiabilidad es de 0,85.

Finalmente, con todos estos parámetros se puede obtener el factor de seguridad a la flexión,

$$S_F = \frac{288,18[MPa] * 1,578 / (1 * 0,85)}{108,15[MPa]} = 4,95 [-]$$

Se observa un valor aceptable para el factor de seguridad a la flexión, lo que nos indica que la selección de la transmisión directa en reemplazo de es correcta.

3.3.3. Estructura soportante de poleas.

La estructura soportante actual de las poleas es de madera, lo que se encuentra fuera de la norma vigente, por lo tanto debe ser reemplazado bajo el criterio de actualización al diseño por normativa. En este caso lo único que se está reemplazando son los materiales de construcción de la estructura, por ende no se hace necesario una memoria de cálculo ya que el componente anterior, siendo de un material menos resistente al que se desea implementar, resistía las solicitudes de buena forma.

El material con el cual se va a reemplazar la madera, son perfiles de acero ASTM A-36, unidos mediante soldadura. Se mantiene la misma geometría existente. En la siguiente figura se muestra un isométrico de la estructura soportante hecha en perfiles de acero.

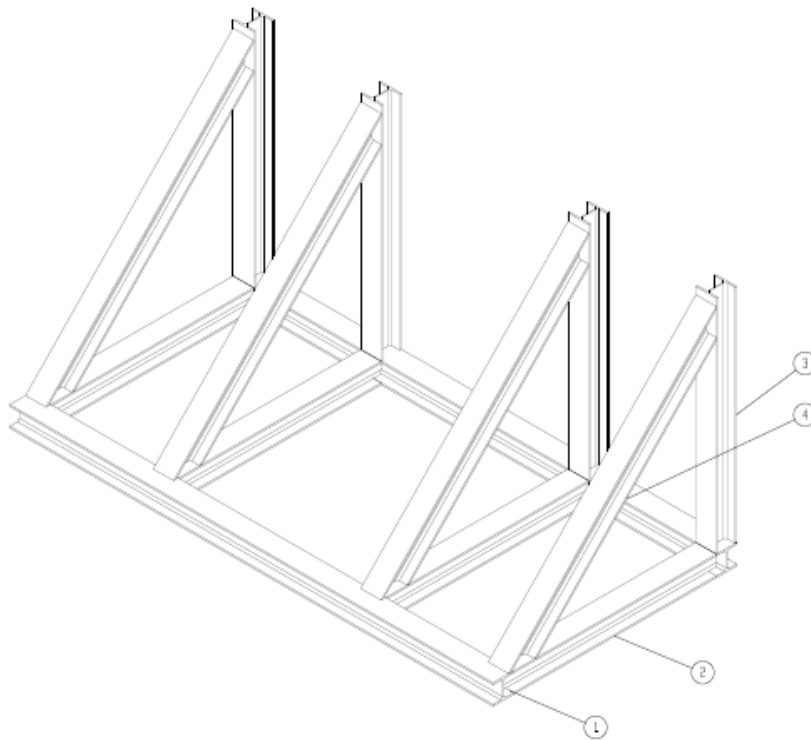


Figura 3.11 Estructura soportante de poleas ascensor Larrain.

Los descansos de las poleas guía del cable van montadas sobre los perfiles denotados por 2 de la figura 3.11, mientras que los descansos de las poleas auxiliares van montados en un perfil, que a su vez está montado en la parte superior de los perfiles denotados por 3, entre los dos del lado izquierdo y del lado derecho.

3.3.4. Estructura soportante de rieles

Al igual que en el caso de la estructura soportante de poleas, se debe reemplazar el material de construcción de la estructura que soporta los elementos del plano de rodadura. Sin embargo no se ha hecho un estudio en profundidad respecto a este ítem porque forma parte de los trabajos que debe desarrollar la disciplina de obras civiles del proyecto.

3.3.5. Cables

El reemplazo de cables se realiza bajo el criterio de actualización por obsolescencia y normativa, ya que no se sabe el estado real actual del componente que se encuentra instalado. Se hace una selección en base al cálculo de la carga hecho anteriormente por la selección del motorreductor.

La normativa indica que la capacidad de carga del cable debe ser 12 veces superior a la máxima sollicitación del cable (9). Por lo tanto, el cable debe ser capaz de resistir 229,5 [kN].

La selección es la siguiente,

- Marca	:	Prodinsa
- Diámetro	:	19 [mm] (3/4'')
- Carga de ruptura mínima	:	244 [kN]
- Construcción	:	6x19AA (Tonina) para uso marino
- Peso lineal	:	1,53 [kg/m]

Cuyas características son que sus alambres son de alta resistencia y galvanizados, de construcción Seale de 19 alambres y alma de acero.

La misma selección se hace para el cable auxiliar, teniendo alta confianza en la seguridad de la suspensión del sistema por la redundancia.

3.3.6. Rieles

Los rieles caen en el criterio de actualización por obsolescencia. Deben ser reemplazados por componentes de carácter comercial en miras de tener fácil acceso a ellos en caso de falla. Las características de los rieles que se pretende instalar en el ascensor Larraín fueron presentadas en la sección 2.3.4.1 de este trabajo. Se debe considerar los elementos de fijación y un pad de goma Gantrex que se monta por debajo del riel.

3.4. RENOVACIÓN DE COMPONENTES

Para todos los componentes que según el diagnóstico mecánico presentado requieren su reemplazo o reparación, y que no deben ser actualizados bajo ninguno de los criterios de actualización al diseño, deben ser renovados, remanufacturados o reparados según su diseño original.

El listado de componentes requieren renovación o reparación va a ser mostrado en la siguiente sección, donde se presenta también el costo asociado a cada una de las acciones requeridas.

3.5. PRESUPUESTO DE PROPUESTAS (19)

3.5.1. Presupuesto de reparación y fabricación a componentes que mantienen el diseño

En la siguiente tabla se muestra cada una de las partidas o componentes que caen en la categoría de reemplazo o reparación según el diagnóstico, pero que no requieren actualización en su diseño.

Las presentes cotizaciones fueron realizadas en el estudio efectuado por Rmena Ltda., bajo el proyecto de Restauración de nueve ascensores de Valparaíso, para el ascensor Larraín. Durante el mes de Julio del año 2017.

Tabla 3.6 Presupuesto de componentes que mantienen el diseño, en k\$.

<u>Ítem</u>	<u>Componente</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Acción</u>	<u>Total unitario</u>	<u>TOTAL</u>
1	Tambor de enrollamiento izquierdo	un.	1	Fabricar	\$ 5.772,0	\$ 5.772,0
2	Tambor de enrollamiento derecho	un.	1	Fabricar	\$ 5.772,0	\$ 5.772,0
3	Corona Primaria	un.	1	Fabricar	\$ 7.329,6	\$ 7.329,6
4	Eje primario	un.	1	Fabricar	\$ 1.474,8	\$ 1.474,8
5	Mecanismo de accionamiento freno auxiliar	un.	2	Fabricar	\$ 1.152,0	\$ 2.304,0
6	Metales descansos de ejes	un.	5	Reparar	\$ 4.608,0	\$ 23.040,0
7	Eje secundario	un.	1	Fabricar	\$ 452,4	\$ 452,4
8	Piñón secundario	un.	1	Fabricar	\$ 1.756,8	\$ 1.756,8
9	Discos de freno	un.	2	Fabricar	\$ 289,2	\$ 578,4
10	Mecanismo de accionamiento freno de operación	un.	2	Fabricar	\$ 1.326,0	\$ 2.652,0
11	Base descanso intermedio eje secundario	un.	1	Fabricar	\$ 300,0	\$ 300,0
12	Polea guía y bujes	un.	2	Fabricar	\$ 982,8	\$ 1.965,6
13	Polea de compensación y bujes	un.	2	Fabricar	\$ 925,2	\$ 1.850,4
14	Eje de polea guía	un.	2	Fabricar	\$ 361,2	\$ 722,4
15	Eje de polea de compensación	un.	2	Fabricar	\$ 327,0	\$ 654,0
16	Chasis de carro	un.	2	Fabricar	\$ 5.620,0	\$ 11.240,0
17	Ruedas, ejes y sistemas de rodado	un.	2	Fabricar	\$ 2.973,6	\$ 5.947,2
18	Dispositivo de seguridad "pico de loro"	un.	2	Fabricar	\$ 3.422,4	\$ 6.844,8
19	Cremallera	un.	1	Fabricar	\$ 4.040,0	\$ 4.040,0
TOTAL						\$ 84.696,4

3.5.2. Presupuesto de componentes con actualización en el diseño

A continuación se muestra el presupuesto para los componentes que requieren actualización a su diseño. En general, el presupuesto de estos componentes es en base a cotizaciones a proveedores y al estudio efectuado por Rmena Ltda. en el ascensor en estudio.

Tabla 3.7 Presupuesto de actualización de componentes, en k\$.

<u>Ítem</u>	<u>Componente</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Precio Unitario</u>	<u>TOTAL</u>
1	Motorreductor	un.	1	\$ 2.900,0	\$ 2.900,0
2	Piñón motriz	un.	1	\$ 1.486,8	\$ 1.486,8
3	Corona secundaria	un.	1	\$ 5.573,6	\$ 5.573,6
4	Estructura soportante de poleas	un.	1	\$ 4.870,0	\$ 4.870,0
5	Cable principal	m	150	\$ 18,0	\$ 2.700,0
6	Cable auxiliar	m	72	\$ 18,0	\$ 1.296,0
7	Rieles	ton	9,8	\$ 513,6	\$ 5.044,0
8	Clip de rieles	un.	480	\$ 5,0	\$ 2.400,0
9	Pernos de unión de clip	un.	960	\$ 1,2	\$ 1.152,0
10	Goma anti-vibración Gantrex	m	252	\$ 15,0	\$ 3.780,0
TOTAL					\$ 31.202,4

Finalmente, el costo total de las propuestas asciende a \$115.898.800, correspondiente exclusivamente a los materiales requeridos.

El estudio no toma en cuenta otros costos debido a las características de las licitaciones presentadas por el Gobierno.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los ascensores de Valparaíso son un medio de transporte efectivo que cumple un rol fundamental en el vivir tanto de los habitantes de la ciudad, como de los visitantes y turistas que están de paso por ésta. Son reconocidos por el valor cultural e histórico que aportan y es una excelente medida que se busque mantener y recuperar esta infraestructura tan importante para el país, por medio de proyectos impulsados por parte del Estado.

El desarrollo de este trabajo entrega un plan que recoge las buenas prácticas de inspección establecidas por la normativa pertinente, la experiencia en el mantenimiento de estos equipos aprendida durante años y el conocimiento extraído de sistemas mecánicos similares. Todo esto aplicado a los elementos que componen el sistema mecánico que permite el funcionamiento de los ascensores.

El objetivo último del plan es resguardar la seguridad de los usuarios, mediante la inspección frecuente de condiciones que puedan significar riesgo para los mismos, es por lo anterior que la estimación de la frecuencia, y la calendarización de las actividades es rigurosa. Junto a lo anterior, se agrega la incorporación de data en el mantenimiento de éstos sistemas, componente fundamental para poder realizar gestión.

El levantamiento de la información técnica y operacional llevado a cabo en este trabajo permite identificar los problemas presenten en dichos sistemas, desde el punto de vista tanto del operador, como del personal que realiza el mantenimiento, pudiendo así establecer potenciales mejoras al diseño del ascensor, de manera tal que no se sigan cometiendo los mismos errores.

Si bien es cierto, el trabajo propone un plan general a los componentes mecánicos del ascensor, en miras de su aplicación al resto de los ascensores, se deja abierto el estudio a la optimización futura de éste, que puede ser efectuada en ámbitos de la frecuencia establecida a las actividades propuestas, la ejecución de éstas y la integración de la completa variedad de elementos que forman parte del diseño de todos los ascensores que componen el sistema de ascensores de Valparaíso.

En esta misma línea, también se deja abierta la modificación al plan una vez que el ascensor se encuentre operativo, ya que sólo en este estado, donde se conocerán las condiciones reales para llevar a cabo el plan de manera eficiente.

Respecto al costo estimado del plan de mantenimiento, podemos observar que el mayor porcentaje de éste lo toma la mano de obra. Por lo tanto, una vez que se implemente el plan es necesario estudiar y proponer mejoras en éste ítem, en miras de optimizar el costo asociado a la inspección de estos equipos.

Uno de los aspectos destacables a la hora de participar en el diseño de este tipo de infraestructura es el respeto y rigurosidad que se debe tener para con el marco legal y normativo que afectan a la hora de abordar este tipo de proyectos. Es por lo anterior que llama la atención la inexistencia de leyes o normativa que hagan referencia a los ascensores de Valparaíso, importante patrimonio industrial del país.

Respecto a las propuestas de mejora establecidas en el trabajo, es necesario entender el contexto histórico del surgimiento y desarrollo de los ascensores patrimoniales en Valparaíso, que explica por sí sólo el sobredimensionamiento de componentes y los problemas operacionales presentes, ya que cuando comenzó el surgimiento de los ascensores no fueron pensados como un sistema, sino que aparecieron de forma individual con diseños particulares.

Hasta la actualidad existen pocos estudios realizados al respecto, por lo tanto no existía un diagnóstico o conocimiento efectivo sobre el diseño llevado a cabo en los ascensores. En concreto, las propuestas presentadas se basan en un estudio detallado y resuelven los problemas presentes en la actualidad y que fueron causados por esta falta de estudios serios al respecto, específicamente en el ascensor Larraín. Además, ayudan a la preservación en el tiempo de los ascensores debido a la actualización tecnológica y de materiales que se propone.

La inversión necesaria para llevar a cabo las propuestas presentes en este trabajo es alta, pero se sustenta por las ventajas en términos de sostenibilidad y seguridad que van de la mano con su implementación.

V. REFERENCIAS

Referencias

1. **Cáceres, Samuel León.** *Valparaísoología*. Valparaíso : Puerto de Escape, 2009.
2. **Pirozzi, Jaime y Migone, Antonio.** *Ascensores de Valparaíso*. 1a ed. Chile : Conpal, 1998.
3. **Célis, Luis.** *Gobierno regional entrega administración de 10 ascensores comprados a privados al Municipio de Valparaíso*. Valparaíso : s.n., 2012.
4. **Adolfo Arata, Luciano Furlanetto.** *Manual de gestión de activos y mantenimiento*. 1a. ed. Santiago : Ril editores, 2005.
5. **Díaz, Diego.** *Modelo de recuperación de sistemas de ascensores patrimoniales de Valparaíso. Tesis (Ing. Civil Mecánico)*. Valparaíso : UTFSM, 2016.
6. **Rmena Ltda.** *Planos de fabricación para ascensor Larraín*. Valparaíso : s.n., 2017.
7. **American Section of International Associations of Testing Materials.** *ASTM A1 - 00(2010) Standard Specification for Carbon Steel Tee Rails*. 2010.
8. **eapfrog.cl.** Mapa Ascensores de Valparaíso. [En línea] <ascensoresvalparaiso.org>.
9. **Instituto Nacional de Normalización (Chile).** *Construcción - Elevadores - Requisitos de seguridad e instalación - Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos. NCH 440 Of. 2000*. Santiago, Chile : s.n., 2000.
10. **Prodinsa S.A.** *Catálogo - Cables de acero*. 2010.
11. **Instituto general de seguridad e higiene en el trabajo.** *Eslingas de cables de acero*. 2010.
12. **Instituto Nacional de Normalización (Chile).** *Construcción - Elevadores - Procedimientos de inspección - Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos. NCH 2840. Of. 2004*. Santiago : s.n., 2004.
13. **Union WireCo World Group.** *Manual del usuario de cables*. 2008.
14. **Rmena Ltda.** *Informe de diagnóstico mecánico - Restauración 9 ascensores de valparaíso Grupo 3: Ascensor Larraín*. Valparaíso : s.n., 2017.

15. **Instituto Nacional de Normalización (Chile).** *Requisitos para equipos de transporte vertical - Ascensores y montacargas inclinados o funiculares. NCH 3365: Of. 2015.* Santiago : s.n., 2015.
16. **Consultora BBAST + Tirado.** *Restauración nueve ascensores de Valparaíso - Grupo 1: Cordillera, Concepción y Espíritu Santo.* Valparaíso : s.n., 2015.
17. **SEW Eurodrive.** *Gear Units - Catalog.* 2006.
18. **Shigley, J.E.** *Diseño en ingeniería mecánica - 8va Edición.* México : Mc Graw Hill, 2008.
19. **Rmena Ltda.** *Presupuestos estimados de fabricación mecánica - Restauración nueve ascensores de Valparaíso, Grupo 3: Ascensores Larraín y Artillería.* Valparaíso : s.n., 2017.
20. **Prodinsa.** *Criterios en el uso del cable de acero.* Santiago, Chile. : s.n.

ANEXO A: COTIZACIÓN MOTORREDUTOR



REFERENCIAS:

SU REF.: Solic. Verbal
NUESTRA: SEWSCL-597/08/17

HOJA 1 DE 1

FECHA: 22 DE AGOSTO 2017

COTIZACION

PARA: EDUARDO LEYTON
EDO.LEYTON.DOMINGUEZ@GMAIL.COM
PRESENTE

ATN.:

ITEM	CAN T.	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
1	1	MOTORREDUCTOR SEW DE EJES PARALELOS TIPO: FF77DRE160MC4BE20HR Especificaciones Técnicas Potencia (kW) 11 Velocidad (rpm) 159 Reducción (i) 9,3 Fuerzas radiales admisibles (N) 15900 Factor de servicio 1,65 Torque máximo velocidad (Nm) 660 Forma constructiva M1 Tensión (V) 380 Frecuencia (Hz) 50 Protección motor IP55/F Tensión freno (V) 380 Momento freno (Nm) MAXIMO Peso (kg) 172 PLAZO DE ENTREGA: 6 SEMANAS	\$ 2.900.000	\$ 2.900.000