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



"MODELO DE RECUPERACIÓN DE SISTEMAS DE ASCENSORES PATRIMONIALES DE VALPARAÍSO"

DIEGO ALEJANDRO DÍAZ GUERRERO

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA : DR. ING. PEDRO SARIEGO PASTÉN
PROFESOR CORREFERENTE : ING. SERGIO CARMONA MALATESTA

OCTUBRE - 2016

“A mí núcleo familiar con especial cariño para Yolanda y Eduardo, motivos esenciales en mí desarrollo profesional y personal.”

“Gracias a todas las personas que formaron parte durante mí proceso de aprendizaje. Principalmente a mis padres Ricardo y Leila, a mi grupo familiar Alicia, Manuela, Romina, tíos, primos y hermanos por todo el amor que siempre me han dado, gracias por entregarme valores, principios, consejos y enseñanzas. A mis amigos, con especial cariño a Fabián, Francisco y Pablo, camaradas de vida. A Michelle por su amor, compañía y apoyo incondicional. Compañeros de la UTFSM por todos esos momentos gratos, horas de estudio y conversaciones. A los profesores, funcionarios y secretarias. A mí casa de estudios, por hacer más acogedor el día a día durante los años de estudio. Finalmente al equipo y amigos de trabajo en el cual desarrollé la Memoria de Titulación.”

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo de un modelo de recuperación de sistemas mecánicos para los ascensores patrimoniales de Valparaíso, el que tiene como base las labores realizadas en el ascensor Villaseca. Bajo el contexto de participación en el proyecto fomentado por la Dirección de Arquitectura del Ministerio de obras públicas y el Gobierno Regional de Valparaíso, **"Restauración nueve ascensores de Valparaíso"**, del cual la empresa es la responsable del denominado grupo 4 correspondiente a los ascensores Monjas y Villaseca.

Dentro de las metas principales de este trabajo, se destaca la recuperación del ascensor Villaseca como icono de la ciudad y el país, patrimonio vivo de nuestra historia y representante en el extranjero. A su vez se realiza una reseña del origen y significado que tienen estos aparatos de transporte inclinado para el país y la región, su sistema de funcionamiento y el correspondiente análisis mecánico para lograr un modelo que asegure cumplir con las normativas y exigencias vigentes hoy en día.

Para ello, el presente trabajo consta de nueve capítulos en los cuales se desarrollaron tópicos como: Teoría y partes de los ascensores patrimoniales de Valparaíso, estado del arte del transporte vertical en Chile, en termino generales, normativo y de seguridad, representación de los funiculares y ascensores patrimoniales de Valparaíso, descripción del proyecto y empresa en la cual se enmarca el desarrollo del trabajo, levantamiento y diagnóstico de la situación actual del ascensor Villaseca, criterios de intervención en base a la legislación y normativa referida a los ascensores patrimoniales, descripción y determinación de los pasos a seguir para llevar a cabo el proyecto de recuperación, memoria de cálculo de los elementos críticos y diseño de piezas nuevas, presupuesto de los costos involucrados en el desarrollo del modelo de

recuperación y planos de emplazamiento general, de fabricación, de conjunto, de piezas y partes del ascensor Villaseca.

El resultado es una propuesta en el ámbito de la ingeniería mecánica que respalda la futura recuperación del ascensor Villaseca y establece un modelo de trabajo para tareas similares en patrimonio industrial vivo.

ABSTRACT

This work presents the development of a restoration model for the patrimonial lift of Valparaiso, which is focused on the tasks made in the Villaseca lift. On the context of the project promoted by the Dirección de Arquitectura del Ministerio de obras públicas and the Gobierno Regional de Valparaiso, **"Restauración nueve ascensores de Valparaíso"**, where the enterprise is the responsible of the entitled fourth group, related to Monjas and Villaseca lifts.

One of the main goals of this work is the restoration of the Villaseca lift as city icon, living heritage of our history. In turn there is realized a review of the origin and meaning that there have these devices of transport inclined for the country and the region, their function system and the mechanical analysis to get a model which could guarantee the accomplishment of the current regulations and requirements.

For that, the work was divided on nine chapters which developed topics such as: Theory and functional parts of the patrimonial lifts of Valparaíso, state of art of the vertical transport in Chile, in general terms, normative and safety, representation of the funiculars and patrimonial lifts of Valparaíso, description of the project and the responsible enterprise of this work, diagnose of the actual situation of the Villaseca lift, intervention judgement based on the legislation related to the lifts considering the qualification as patrimonial building, description and determination of the following steps for the new mechanical pieces design, memory of calculation of the critical elements and design of new pieces, budget of the costs involved on develop of the restoration model and drawings of the location of the Villaseca lift, pieces and parts fabrication blueprints.

The result is a proposal in the field of mechanical engineering that supports the future recovery of the Villaseca lift and establishes a working model for similar tasks in patrimonial industrial alive.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN XL

II. OBJETIVOS XLII

III. DESARROLLO DEL TRABAJO XLIV

CAPÍTULO 1: 1

1 VALPARAÍSO Y SUS ASCENSORES 2

1.1 RESEÑA HISTORICA [1], [2], [3], [4], [5] 2

1.2 SISTEMA MOTRIZ 8

1.2.1 SISTEMA HIDRÁULICO [3] 8

1.2.2 MÁQUINA A VAPOR [6] 9

1.2.3 MOTOR ELÉCTRICO 11

1.3 SEGURIDAD [3] 12

1.4 PARTES DEL FUNICULAR 15

1.4.1 ESTACIONES TERMINALES [7] 15

1.4.2 PLANO DE RODADURA 16

1.4.3 POLEAS 16

1.4.4 SALA DE MÁQUINAS 17

1.4.5 CARROS [4] 18

1.5 LOS 31 “ASCENSORES” [8], [9], [10] 19

1.5.1 CONCEPCIÓN 21

1.5.2 CORDILLERA 22

1.5.3 ARTILLERÍA 23

1.5.4 HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS 24

1.5.5 BELLAVISTA 25

1.5.6 PANTEÓN 26

1.5.7 EL PERAL 27

1.5.8 FERROVIARIO 28

1.5.9 REINA VICTORIA 29

1.5.10 ESMERALDA 30

1.5.11 MARIPOSAS 31

1.5.12 FLORIDA 32

1.5.13 ARRAYÁN 33

1.5.14 LECHEROS 34

1.5.15 LA CRUZ 35

1.5.16 BARÓN 36

1.5.17 LARRAÍN 37

1.5.18 SANTO DOMINGO 38

1.5.19 ESPIRITU SANTO 39

1.5.20 MONJAS 40

1.5.21 PLACERES 41

1.5.22 VILLASECA 42

1.5.23 SAN AGUSTÍN 43

1.5.24 MERCED 44

1.5.25 POLANCO 46

1.5.26 DELICIAS 47

1.5.27 LAS CAÑAS 48

1.5.28 VAN BUREN 49

1.5.29 PERDICES 50

1.5.30 PORTALES 51

CAPÍTULO 2: 52

2 ESTADO DEL ARTE 53

2.1 GENERAL [11], [12], [13], [14] 53

2.2 NORMATIVA [15], [16], [17], [18], [28] 55

2.3 CERTIFICACIÓN 59

2.4 FUNICULARES [19] 60

2.5 ASCENSORES PATRIMONIALES 61

CAPÍTULO 3: 63

3 MARCO DE DESARROLLO DEL PROYECTO 64

3.1 ADQUISICIÓN DE ASCENSORES POR PARTE DEL ESTADO 64

3.2 PROYECTO DE RECUPERACIÓN [19] 64

3.2.1 MATERIAL DISPONIBLE [20] 65

3.2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO 66

3.2.3 ETAPAS DEL PROYECTO 67

3.3 LA EMPRESA 67

3.3.1 MISIÓN 68

3.3.2 VISIÓN 68

3.3.3 SERVICIOS 68

3.3.4 NORMAS [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29] 69

3.3.5 ORGANIGRAMA [30] 70

CAPÍTULO 4: **72**

4 LEVANTAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y SITUACIÓN ACTUAL **73**

4.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL ASCENSOR 74

4.2 MÁQUINA DE ARRASTRE 75

4.2.1 SISTEMA MOTRIZ 75

4.2.2 SISTEMAS DE FRENOS 77

4.2.3 ESTRUCTURA SOPORTANTE Y COMPONENTES 79

4.3 CARROS 81

4.3.1 CABINA 81

4.3.2 CHASIS 83

4.3.3 ELEMENTOS DE RODADO 83

4.3.4 SISTEMA DE SEGURIDAD 84

4.4 SUSPENSIÓN, ARRASTRE Y REENVÍO 86

4.4.1 CABLES 86

4.4.2 TERMINAL DE SUSPENSIÓN 86

4.4.3 POLEAS 87

4.5 PLANO DE RODADURA 88

4.5.1 RIELES GUÍA Y DURMIENTES 88

4.5.2 CREMALLERA 90

4.5.3 POLINES 90

4.5.4 ESTRUCTURA SOPORTANTE 91

4.6 DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS MECÁNICOS 93

4.6.1 LEVANTAMIENTO EN TERRENO 93

4.6.2 MATRIZ DE DIAGNÓSTICO 100

CAPÍTULO 5: 115

5 CRITERIOS DE INTERVENCIÓN 116

5.1 PATRIMONIO INDUSTRIAL 116

5.2 CRITERIOS DE INTERVENCIÓN [31] 117

5.3 NORMATIVA DE RESPALDO 118

5.3.1 NORMAS CHILENAS OFICIALES 118

5.3.2 NORMAS CHILENAS EN ESTUDIO 119

5.3.3 NORMAS INTERNACIONALES 119

5.3.4 DOCUMENTOS INTERNACIONALES DE PATRIMONIO 119

CAPÍTULO 6: 121

6 ANTE-PROYECTO 122

6.1 IMAGEN OBJETIVO 122

6.1.1 MÁQUINA DE ARRASTRE 122

6.1.2 CARROS 124

6.1.3 PUERTAS DE ACCESO EN CARROS Y ESTACIONES 125

6.1.4 SUSPENSIÓN, ARRASTRE Y REENVÍO 125

6.1.5 PLANO DE RODADURA 125

6.2 MATRIZ DE INTERVENCIÓN 126

CAPÍTULO 7: **127**

7 MEMORIA DE CÁLCULO **128**

7.1 CARROS 128

7.1.1 CABINAS 128

7.1.2 CHASIS 130

7.2 POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO 133

7.2.1 DATOS [32] 133

7.2.2 DIAGRAMA CINEMÁTICO Y DCL DEL ASCENSOR 134

7.2.3 COEFICIENTE DE RODADURA 135

7.2.4 PESO DE LOS CABLES 137

7.2.5 ANÁLISIS DE FUERZAS 138

7.2.6 CONDICIÓN CRÍTICA DE CARGA 139

7.2.7 CONDICIÓN MÍNIMA DE CARGA 141

7.2.8 POTENCIA MECÁNICA DEL MOTOR 145

7.3 CABLES [21], [32], [33], [34] 146

7.3.1 RELACIÓN DE DIÁMETROS 149

7.3.2 CARGA DE FLEXIÓN EQUIVALENTE 150

7.3.3 FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO 152

7.3.4 TENSIÓN PERMISIBLE A LA FATIGA 155

7.3.5 FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA 157

7.3.6 ROTURA DE ALAMBRES [35] 159

7.3.7 FIJACIÓN DE LOS CABLES [36] 160

7.3.8 LARGO DE CABLES 161

7.4 TAMBOR DE ENROLLAMIENTO [35] 163

7.4.1 DIMENSIONES 163

7.4.2 ESFUERZO EN TAMBOR 166

7.4.3 ENROLLAMIENTO DE CABLE [33] 169

7.4.4 ÁNGULO DE ENROLLAMIENTO 170

7.5 POLEAS DE REENVÍO [35] 171

7.6 POLINES 173

7.7 RUEDAS DENTADAS 174

7.7.1 MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS 175

7.7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO 177

7.7.3 VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS 186

7.7.4 DISTANCIA ENTRE EJES 195

7.8 REDUCTOR DE VELOCIDAD 197

7.8.1 VELOCIDAD ANGULAR 197

7.8.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN 198

7.8.3 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS 199

7.9 EJE DE RODADO [34] 200

7.9.1 MATERIAL 201

7.9.2 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE (DCL) 202

7.9.3 PAR DE TORSIÓN 203

7.9.4 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR 203

7.9.5 ANÁLISIS EN EL CHAVETERO 204

7.9.6 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO 205

7.9.7 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA 205

7.9.8 ANÁLISIS EN EL CAMBIO DE SECCIÓN 212

7.9.9 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO 212

7.9.10 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA 212

7.10 EJE N°1 216

7.10.1 DCL 216

7.10.2 PAR DE TORSIÓN 220

7.10.3 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR 220

7.10.4 ANÁLISIS EN EL CHAVETERO 222

7.10.5 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO 222

7.10.6 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA 222

7.11 ACOPLAMIENTO FLEXIBLE 226

7.11.1 SELECCIÓN DE CATALOGO [39] 227

7.11.2 INSTALACIÓN 231

7.12 CHAVETAS [34] 231

7.12.1 CORTE 232

7.12.2 APLASTAMIENTO 233

7.12.3 CÁLCULOS 233

7.13 BUJES [34] 235

7.13.1 PÉRDIDA DE POTENCIA 235

7.13.2 CAPACIDAD DE CARGA 236

7.13.3 RESULTADOS 237

7.14 MUELLE DE SUSPENSIÓN [34] 238

7.14.1 DATOS INICIALES 239

7.14.2 DIÁMETRO INTERIOR 239

7.14.3 FIJACIÓN A SISTEMA 239

7.14.4 ÍNDICE DEL RESORTE 240

7.14.5 DIÁMETRO MEDIO 240

7.14.6 FACTOR DE CORRECCIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE 240

7.14.7 FACTOR DE BERGSTRÄSSER 241

7.14.8 RESISTENCIA A LA TENSIÓN 241

7.14.9 ESFUERZO DE FLUENCIA A LA TORSIÓN 242

7.14.10 MÓDULO DE RUPTURA POR TORSIÓN 243

7.14.11 CONSTANTE DE RIGIDEZ 243

7.14.12 FUERZA EJERCIDA 244

7.14.13 DEFLEXIÓN MÁXIMA 244

7.14.14 NÚMERO DE ESPIRAS TOTALES 244

7.14.15 LONGITUD SÓLIDA 246

7.14.16 LONGITUD LIBRE 246

7.14.17 PASO 248

7.14.18 ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO 249

7.14.19 FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO 249

7.14.20 RESISTENCIA A LA FATIGA 249

7.14.21 FUERZA ALTERNA 250

7.14.22 FUERZA MEDIA 250

7.14.23 ESFUERZO CORTANTE ALTERNO 250

7.14.24 ESFUERZO CORTANTE MEDIO 251

7.14.25 FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA 251

7.14.26 PARÁMETROS DE DISEÑO 251

7.15 MUELLE SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO 252

7.15.1 ÍNDICE DEL RESORTE 253

7.15.2 DIÁMETRO MEDIO 253

7.15.3 LONGITUD LIBRE 253

7.15.4 TENSIÓN INICIAL 253

7.15.5 FUERZA INICIAL O PRETENSIÓN 254

7.15.6 CONSTANTE DE RIGIDEZ 255

7.15.7 FUERZA MÁXIMA 255

7.15.8 RESISTENCIA A LA TENSIÓN 256

7.15.9 ESFUERZO DE FLUENCIA A LA TORSIÓN 256

7.15.10 FACTOR DE BERGSTRÄSSER 256

7.15.11 ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO 256

7.15.12 FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO 256

7.15.13 PARÁMETROS DE DISEÑO 257

7.16 SISTEMAS DE FRENO 257

7.17 FRENO DE BANDA 258

7.17.1 FUNDAMENTO TEÓRICO DE FRENO BANDA [35] 259

7.17.2 NOMENCLATURA 262

7.17.3 DATOS 266

7.17.4 CÁLCULOS 268

7.18 FRENO DE DOBLE DISCO CÓNICO [34] 272

7.18.1 FUNDAMENTO TEÓRICO DE FRENO DE DOBLE DISCO CÓNICO 273

7.18.2 NOMENCLATURA 279

7.18.3 DATOS 281

7.18.4 CÁLCULOS 282

CAPÍTULO 8: 290

8 PRESUPUESTO DEL MODELO DE RECUPERACIÓN 291

8.1 COTIZACIÓN 291

8.1.1 VÍA CONTACTO TELEFÓNICO [40] 292

8.1.2 PLATAFORMA ONLINE [41] 293

8.2 PRESUPUESTO 294

CAPÍTULO 9: **311**

9 PLANOS **312**

9.1 ELABORACIÓN 312

9.2 FORMATO DE PAPEL [42] 312

9.3 PLANOS ASCENSOR VILLASECA 315

IV. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS **320**

V. BIBLIOGRAFÍA **324**

ANEXO A: ARTÍCULO 4.1.11 - LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE ASCENSORES PARA LOS EDIFICIOS. **330**

ANEXO B: NOMINA DE CERTIFICADORES INSCRITOS AL 30 DE AGOSTO DE 2016 ..... **332**

ANEXO C: MATRIZ DE INTERVENCIÓN. **334**

ANEXO D: COTIZACIONES. **346**

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1. Puerto de Valparaíso a fines del siglo XVIII [4]. 3

Ilustración 1.2. Liborio Enrique Brieba Pacheco (1841 - 1897) [5]. 4

Ilustración 1.3. Ascensor Concepción, 1883 [4]. 6

Ilustración 1.4. Mapa de ascensores de Valparaíso actualizado a marzo de 2016. Negro: Destruido, Amarillo: Abandonado, Rojo: En Recuperación, Verde: Activo (Fuente propia). 7

Ilustración 1.5. Imagen esquemática del sistema balanza de agua (Fuente propia). 9

Ilustración 1.6. Máquina a vapor, 1) Pistón, 2) Vástago, 3) Biela, 4) Manivela, 5) Rueda transmisión, 6) Volante de inercia, 7) Polea de tracción, 8) Válvula de regulación, 9) Válvula de seguridad [6]. 11

Ilustración 1.7. Banco de resistencias, ascensor Monjas (Fuente propia). 12

Ilustración 1.8. Torniquete, ascensor El Peral [7]. 15

Ilustración 1.9. Carro ascensor Artillería, año 2014 [4]. 19

Ilustración 3.1. Organigrama de la empresa (Fuente propia). 71

Ilustración 4.1. Tambores de enrollamiento y tren de reducción (Fuente propia). 75

Ilustración 4.2. Sistema motriz ascensor Villaseca (Fuente propia). 76

Ilustración 4.3. Fotografía de la vista superior del sistema motriz (Fuente propia).... 77

Ilustración 4.4. Freno de doble disco cónico (Fuente propia). 78

Ilustración 4.5. Freno de banda, pedal y manivela de control (Fuente propia). 78

Ilustración 4.6. Pestaña para banda de freno en tambor de enrollamiento (Fuente propia). 79

Ilustración 4.7. Bancada de la estructura soportante (Fuente propia). 79

Ilustración 4.8. Estructura soportante sistema motriz y de reenvío de cables (Fuente propia). 80

Ilustración 4.9. Sistema de descansos en eje N°1 y N°2 (Fuente propia). 81

Ilustración 4.10. Cabina y manivelas de control de puerta (Fuente propia). 82

Ilustración 4.11. Manivela de control de puerta desde la sala del maquinista (Fuente propia). 82

Ilustración 4.12. Chasis del carro (Fuente propia). 83

Ilustración 4.13. Elementos de rodado (Fuente propia). 84

Ilustración 4.14. Anti-vuelco en chasis del carro (Fuente propia). 85

Ilustración 4.15. Gancho de seguridad y timonería de accionamiento por aflojamiento de cables (Fuente propia). 85

Ilustración 4.16. Terminal de suspensión en carro (Fuente propia). 86

Ilustración 4.17. Pieza de acero curvada que pasa sobre el eje de rodadura del carro, parte del terminal de suspensión del cable auxiliar (Fuente propia). 87

Ilustración 4.18. Poleas de desvío (Fuente propia). 88

Ilustración 4.19. Detalle de eclisas y empalme (Fuente propia)..... 89

Ilustración 4.20. Detalle de fijación en plano de rodadura (Fuente propia). 89

Ilustración 4.21. Detalle de cremallera y pernos de enclavamiento (Fuente propia). . 90

Ilustración 4.22. Detalle de polín (Fuente propia). 91

Ilustración 4.23. Vista superior del plano de rodadura (Fuente propia). 92

Ilustración 4.24. Detalle de estructura soportante (Fuente propia). 92

Ilustración 4.25. Registro gráfico de la condición inicial de la máquina de arrastre (Fuente propia). 94

Ilustración 4.26. *Overhaul* en máquina de arrastre (Fuente propia). 95

Ilustración 4.27. *Overhaul* en chumaceras (Fuente propia). 96

Ilustración 4.28. Limpieza general máquina de arrastre (Fuente propia). 97

Ilustración 4.29. Registro gráfico, aseo y tabulación de datos en instalaciones del ascensor (Fuente propia). 98

Ilustración 4.30. Detalle de limpieza en ruedas dentadas (Fuente propia). 99

Ilustración 8.1. Cotización RODACENTER LTDA [40]. 292

Ilustración 8.2. Vista inicial del portal web de la empresa EXCEDINDUS Ltda. [41]. 293

Ilustración 9.1. Hoja horizontal tipo X (Fuente propia). 313

Ilustración 9.2. Hoja vertical tipo Y (Fuente propia). 314

Ilustración 9.3. Hoja horizontal tipo Y (Fuente propia). 314

Ilustración 9.4. Hoja vertical tipo X (Fuente propia). 314

Ilustración 9.5. “Plano general”, Ascensor Villaseca (Fuente propia). 317

Ilustración 9.6. Vistas frontal y lateral expuestas en el “Plano conjunto chasis N°1” (Fuente propia). 318

Ilustración 9.7. Vistas en corte expuestas en el plano "Conjunto sala de máquinas" (Fuente propia). 319

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 7.1. Pasajeros en la superficie de cabina. 130

Imagen 7.2. Análisis estructural chasis. 132

Imagen 7.3. Diagrama cinemático del ascensor. 134

Imagen 7.4. DCL de los carros del ascensor. 135

Imagen 7.5. Ruedas del carro. 136

Imagen 7.6. DCL elemento infinitesimal carro en subida. 138

Imagen 7.7. DCL elemento infinitesimal carro en bajada. 142

Imagen 7.8. Diagrama cinemático sala de máquina. 145

Imagen 7.9. Constitución de un cable de acero. 148

Imagen 7.10. Cable Seale 6x19. 148

Imagen 7.11. Ilustración paso de un cable. 160

Imagen 7.12. Dimensiones de instalación de abrazaderas. 161

Imagen 7.13. Deformación de tambor bajo la influencia de una única espira (izq) y fuerzas de compresión en tambor (der). 163

Imagen 7.14. Dimensiones tambor acanalado. 165

Imagen 7.15. Enrollamiento tambor izquierdo (vista mar-cerro). 169

Imagen 7.16. Enrollamiento tambor derecho, lado rueda dentada (vista mar-cerro). 170

Imagen 7.17. Ángulo desfase (máximo ángulo). 170

Imagen 7.18. Poleas de reenvío. 172

Imagen 7.19. Perfil en corte de gargantas. 173

Imagen 7.20. Dimensiones polín ascensor Villaseca. 174

Imagen 7.21. Identificación ruedas dentadas en la sala de máquinas. 175

Imagen 7.22. Parámetros de diseño rueda dentada recta. 176

Imagen 7.23. Generación de la evolvente de círculo. 177

Imagen 7.24. Círculo primitivo (segmentado)..... 178

Imagen 7.25. Perfil del diente. 179

Imagen 7.26. Dimensiones de referencia (valido para modulos entre 1 y 50). 179

Imagen 7.27. Paso y dimensiones características de una rueda dentada de dientes rectos. 181

Imagen 7.28. Desplazamiento de perfil. 183

Imagen 7.29. Espesor cordal. 187

Imagen 7.30. Medición de la longitud tangente base. 189

Imagen 7.31. Distancia entre centros ruedas dentadas n°1 - n°2. 196

Imagen 7.32. Distancia entre centros ruedas dentadas n°3 - n°4. 196

Imagen 7.33. Reductor ortogonal comercial engranajes cónicos. 197

Imagen 7.34. Sistema de rodado. Considera: eje, ruedas, buje, dado, portadado y muelle de suspensión. 201

Imagen 7.35. DCL eje de rodado. 202

Imagen 7.36. DCL eje N°1 (sentido positivo). 216

Imagen 7.37. DCL eje N°1 (sentido negativo). 217

Imagen 7.38. Componentes de fuerzas en el eje N°1 (sentido positivo). 217

Imagen 7.39. Componentes de fuerzas en el eje N°1 (sentido negativo). 218

Imagen 7.40. Acoplamiento flexible comercial. 227

Imagen 7.41. Área de esfuerzo de corte. 232

Imagen 7.42. Área de esfuerzo de compresión 233

Imagen 7.43. Muelle de compresión en sistema de rodado. 238

Imagen 7.44. Tipos de extremos de muelles de compresión. De izquierda a derecha: extremos simples, extremos simples y rectificados, extremos a escuadra o cerrados y extremos a escuadra y rectificados. 245

Imagen 7.45. Dimensiones características del muelle de compresión. 251

Imagen 7.46 - Muelle de extensión en sistema de enclavamiento de seguridad. 252

Imagen 7.47. Dimensiones características del muelle de extensión. 257

Imagen 7.48. Freno de banda..... 258

Imagen 7.49. Fuerzas en freno de banda..... 260

Imagen 7.50. DCL palanca freno de banda. 267

Imagen 7.51. Freno de doble disco cónico. 273

Imagen 7.52. Área de contacto del freno disco cónico. 274

Imagen 7.53. DCL Sistema freno doble disco cónico..... 284

Imagen 7.54. Dimensiones freno doble disco..... 286

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ascensores de Valparaíso en orden cronológico (Fuente propia). 20

Tabla 1.2. Ascensor Concepción..... 21

Tabla 1.3. Ascensor Cordillera. 22

Tabla 1.4. Ascensor Artillería. 23

Tabla 1.5. Ascensor Hospital San Juan de Dios. 24

Tabla 1.6. Ascensor Bellavista. 25

Tabla 1.7. Ascensor Panteón. 26

Tabla 1.8. Ascensor El Peral. 27

Tabla 1.9. Ascensor Ferroviario. 28

Tabla 1.10. Ascensor Reina Victoria. 29

Tabla 1.11. Ascensor Esmeralda. 30

Tabla 1.12. Ascensor Mariposas. 31

Tabla 1.13. Ascensor Florida. 32

Tabla 1.14. Ascensor Arrayán. 33

Tabla 1.15. Ascensor Lecheros. 34

Tabla 1.16. Ascensor La Cruz. 35

Tabla 1.17. Ascensor Barón..... 36

Tabla 1.18. Ascensor Larraín. 37

Tabla 1.19. Ascensor Santo Domingo. 38

Tabla 1.20. Ascensor Espíritu Santo. 39

Tabla 1.21. Ascensor Monjas. 40

Tabla 1.22. Ascensor Placeres. 41

Tabla 1.23. Ascensor Villaseca. 42

Tabla 1.24. Ascensor San Agustín. 43

Tabla 1.25. Ascensor Merced. 44

Tabla 1.26. Ascensor Ramaditas. 45

Tabla 1.27. Ascensor Polanco. 46

Tabla 1.28. Ascensor Delicias. 47

Tabla 1.29. Ascensor Las Cañas..... 48

Tabla 1.30. Ascensor Hospital Van Buren. 49

Tabla 1.31. Ascensor Perdices. 50

Tabla 1.32. Ascensor Portales. 51

Tabla 4.1. Desagregado de sistemas ascensor Villaseca (Fuente propia). 100

Tabla 4.2. Descripción y diagnóstico en función del ítem del desagregado del sistema ascensor Villaseca (Fuente propia). 106

Tabla 7.1. Información general material ASTM A36-24ES. 131

Tabla 7.2. Resultados análisis chasis. 131

Tabla 7.3. Propiedades para cable Seale 6x19 comercial [33]. 149

Tabla 7.4. Tabla de instalación de abrazaderas. 161

Tabla 7.5. Dimensiones tambor acanalado según diámetro del cable. 165

Tabla 7.6. Magnitudes características rueda dentada recta. 176

Tabla 7.7. Módulos normalizados para ruedas dentadas. 182

Tabla 7.8. Dimensiones rueda dentada considerando modulo “m”. 185

Tabla 7.9. Módulos normalizados para las cuatro ruedas dentadas. 185

Tabla 7.10. Dimensiones rueda dentada considerando modulo normalizado. 185

Tabla 7.11. Tolerancia del espesor del diente (Tsn) en µm. 192

Tabla 7.12. Diferencia superior del espesor del diente $(Asne)$ en µm. 193

Tabla 7.13. Resultados de parámetros para el espesor cordal. 193

Tabla 7.14. Resultados de parámetros para la longitud tangente base. 194

Tabla 7.15. Distancia entre centros. 195

Tabla 7.16. Factor de superficie. 206

Tabla 7.17. Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero. 208

Tabla 7.18. Factores de concentración de esfuerzos teóricos. 209

Tabla 7.19. Radios de redondeo. 213

Tabla 7.20. Factor de aplicación (F1), accionamiento con motor eléctrico. 228

Tabla 7.21. Factor de operación (F2). 229

Tabla 7.22. Factor de frecuencia de arranques/h (F3). 229

Tabla 7.23. Factor de temperatura ambiente (F4). 229

Tabla 7.24. Características técnicas (dimensiones en [mm]). 230

Tabla 7.25. Desalineamientos admisibles (*en minutos). 231

Tabla 7.26. Resultados cálculo de chavetas en ejes de transmisión (Fuente propia). 234

Tabla 7.27. Características bujes del sistema (Fuente propia). 237

Tabla 7.28. Resultados para la capacidad de carga en los bujes del sistema (Fuente propia). 237

Tabla 7.29. Constantes “A” y “m” para estimar la resistencia mínima de los alambres en muelles de uso común. 242

Tabla 7.30. Propiedades mecánicas del alambre para muelles. 242

Tabla 7.31. Fórmulas de dimensiones características para muelles de compresión. 245

Tabla 7.32. Constantes para la condición de extremos para muelles helicoidales de compresión 247

Tabla 8.1. Matriz presupuesto - Parte 1 (Fuente propia). 294

Tabla 8.2. Matriz presupuesto - Parte 2 (Fuente propia). 302

Tabla 9.1. Formatos ISO Serie A [42]. 313

I. INTRODUCCIÓN

Sin lugar a duda que el icono de Valparaíso y su gente son sus ascensores, debido a que cada uno de ellos alberga una historia única y caracteriza fuertemente al barrio que lo circunda. Sin embargo, hoy en día debido a diversos factores -el paso del tiempo, catástrofes naturales y a la falta de mantención-, muchos de ellos están abandonados a su suerte y otros funcionando en pésimas condiciones. Estas estructuras pintorescas y medios de vital importancia para el desarrollo de la ciudad en su apogeo a fines del siglo XIX son infraestructuras de carácter patrimonial, pues el 1 de septiembre de 1998 son declarados monumentos nacionales, aportando fuertemente al rol de Valparaíso como Patrimonio de la Humanidad (nombrado por la UNESCO en 2003).

En el año 2009-2010 se lleva acabo el diagnostico electromecánico de los ascensores de Valparaíso a mandato del Gobierno Regional de Valparaíso. En el año 2012 en reconocimiento a su categoría, el Gobierno Regional realiza la adquisición de 10 ascensores (9 ascensores y un terreno) que se encontraban en manos de privados, para sumarse a 5 cuyo dueño es el municipio y a otro propiedad del Hospital. En el transcurso del año 2013 la Seremi de Obras Públicas y la Dirección de Arquitectura desarrollaron el proyecto de factibilidad, obteniendo del Ministerio de Desarrollo Social el informe de Rentabilidad Social (RS) que permite la inversión en los proyectos de diseño de cada uno de los ascensores de interés. Es en ese contexto que nace a fines de ese mismo año el proyecto expuesto en el presente trabajo denominado "Restauración nueve ascensores de Valparaíso" que propone recuperar y restaurar 9 ascensores en el periodo comprendido entre 2016 - 2019, para formar una red integral en el transporte público de la ciudad.

En base a esto último y por medio de la empresa encargada del diseño de recuperación del ascensor Villaseca, es que se realiza el siguiente trabajo, en base al cual se puede elaborar un modelo de recuperación de los sistemas mecánicos de dicho ascensor, estableciendo un lineamiento general con las normativas y exigencias técnicas vigentes hoy en día para la materia de transporte inclinado o funiculares en Chile.

En el desarrollo del diseño, en todos sus aspectos, una vez que el Ministerio de Desarrollo Social otorgue el informe RS correspondiente a la etapa de diseño se estará en condiciones de ejecutar el proyecto de "Recuperación de los ascensores de Valparaíso" propiamente tal.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un modelo de recuperación de sistemas mecánicos de los ascensores patrimoniales de Valparaíso, basándose en los trabajos realizados en el ascensor Villaseca por parte de la empresa bajo el contexto del proyecto "Restauración nueve ascensores de Valparaíso" fomentado por el Gobierno de Chile.

Para cumplir con el objetivo principal, se deben satisfacer los siguientes objetivos particulares:

- Análisis del contexto histórico, origen y rol que desempeñan los ascensores en la región.

- Análisis del funcionamiento y del estado del arte de los ascensores patrimoniales de Valparaíso.

- Desarrollo de un correcto levantamiento, diagnóstico y análisis de las condiciones en que se encuentran hoy en día los equipos mecánicos del ascensor.

- Desarrollo de criterios de intervención para el diseño de las tareas de recuperación del ascensor estableciendo un lineamiento general con los cuerpos técnicos-normativos que aplican a la especialidad del transporte inclinado.

• Definir los procedimientos que se contemplaran para las distintas intervenciones a ejecutar, estableciéndose especificaciones técnicas a los sistemas mecánicos del ascensor.

• Desarrollar la memoria de cálculo para los elementos críticos, modelamiento de piezas y partes mecánicas del ascensor, además de elaborar los correspondientes planos generales, de conjunto y de fabricación.

• Definir los costos asociados al desarrollo e implementación del modelo de recuperación de los sistemas mecánicos en el ascensor.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

El siguiente esquema representa el desarrollo de lo realizado para cumplir con los objetivos presentados:

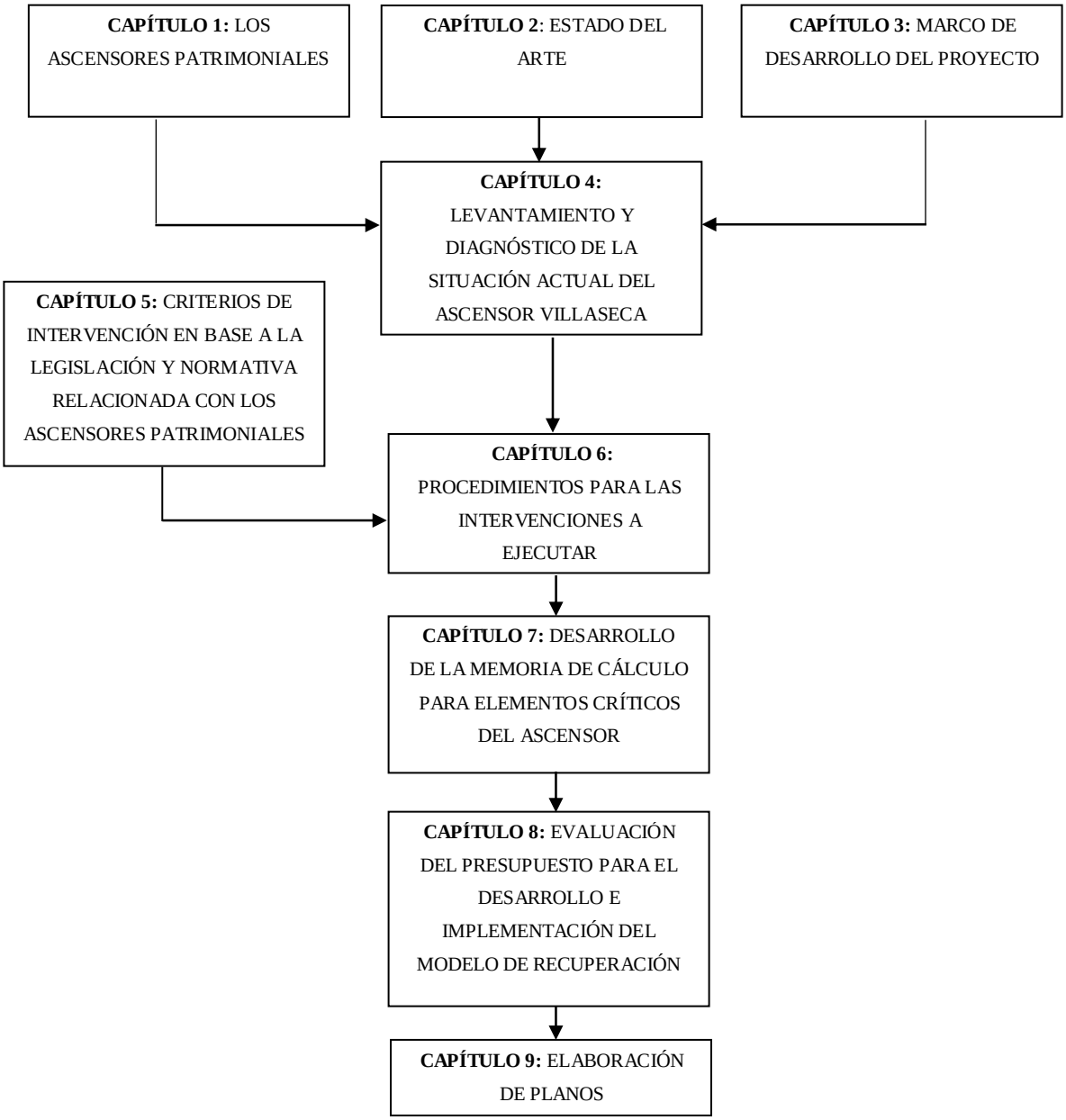


Figura 1. Esquema de desarrollo del trabajo.

CAPÍTULO 1:

VALPARAÍSO Y SUS ASCENSORES

1 VALPARAÍSO Y SUS ASCENSORES

1.1 RESEÑA HISTORICA [1], [2], [3], [4], [5]

"Valparaíso es una ciudad nacida por error, un puerto creado por conquistadores de tierra adentro, guerreros de las tierras de España, no marinos. Es una ciudad que nació en una bahía que no protege sino desampara. Valparaíso nació en una región costera de topografía accidentada. Acantilados y quebradas estrechas se alternan en la orilla misma del agua, acogiendo playas de arena blanca y pequeñas corrientes de agua. Colinas de todas las pendientes se juntan de cualquier manera, escondiendo a veces tesoros inesperados, como los valles de las palmas chilenas." Así define su autor a Valparaíso en el libro "La arquitectura de los ascensores urbanos de Valparaíso" [1].

Es por ello que el emplazamiento de Valparaíso ocurre entre una serie de playas abrazada por acantilados abruptos que separaban pequeños valles donde se instalaron los primeros pobladores. Los habitantes de la naciente ciudad crecieron en número, y con esto sus necesidades de espacio habitable, provocando casi de manera natural la expansión sobre sus cerros pero sin abandonar un espacio en que se realizaron y hasta ahora, las actividades cívicas, comerciales y de esparcimiento para los ciudadanos. Este espacio constituye "el plan" de Valparaíso, literalmente, el único espacio configurado por un plano aproximadamente horizontal en la ciudad. Este plan cuya determinación es provocada por las faldas de las decenas de cerros que lo circundan, y que hoy en día albergan a miles de porteños que lo habitan en toda su extensión, generando la hermosa postal que entrega un brillante "collage" de casa de múltiples colores sobre la inmensidad del Océano Pacífico, siendo reconocida en 2003 por la UNESCO declarándola como Patrimonio de la Humanidad.

Esta compleja geografía junto a la explosión demográfica y ubicación estratégica provocaría que durante los siglos XVIII y XIX, Valparaíso fue el puerto más importante del lado oeste de Sudamérica y uno de los más redituables del mundo. Denominada como la "Joya del Pacifico" o "El pequeño San Francisco" por los marinos, los que llegaban en comunidades de mercaderes o vendedores británicos, portugueses y holandeses mayormente, para ser cautivado por los encantos de la ciudad puerto y finalmente instalarse en tierras nacionales. Muchos de ellos incluso fundaron periódicos en sus respectivas lenguas, marcando el inicio de lo que posteriormente sería un sociedad multicultural [2].

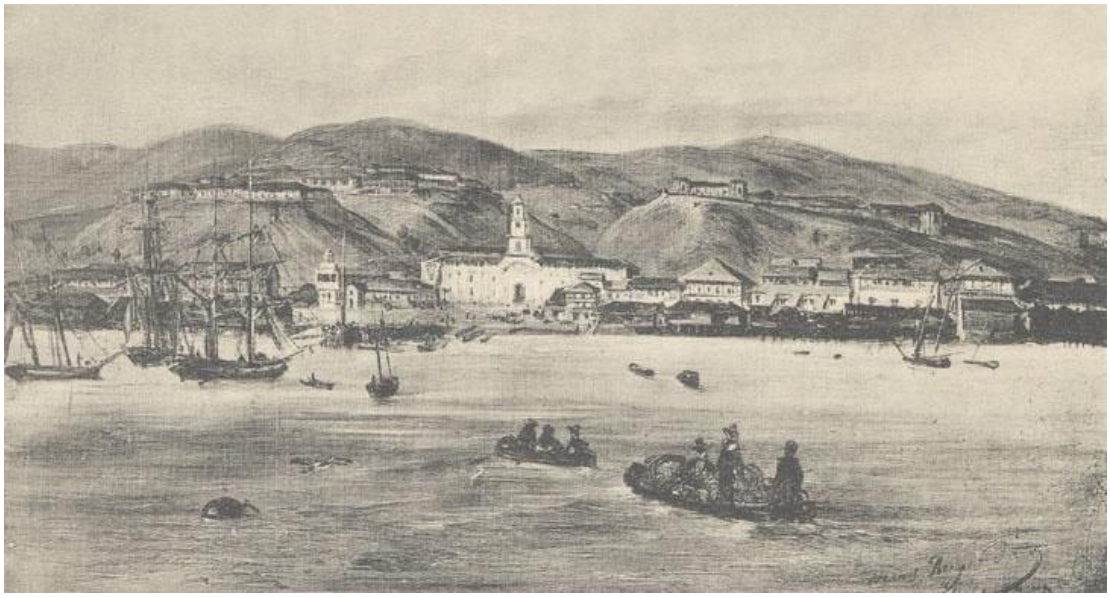


Ilustración 1.1. Puerto de Valparaíso a fines del siglo XVIII [4].

La peculiar disposición topográfica del lugar obligó a realizar esfuerzos considerables, a medida que aumentaba la población y se ocupaban los cerros, para comunicar los barrios elevados con el sector cívico-comercial en el plan de la ciudad. Algunos cerros se hicieron accesibles por medio de caminos con pendientes de gran inclinación y

escaleras de extensa longitud. Encontrando puntos de más difícil acceso, situados sobre enormes acantilados cuya inclinación es cercana a la vertical y diferencias de altura que fluctúa entre los treinta y sesenta metros. Lo que convertía una actividad rutinaria en un recorrido sacrificado.

Es por ello que en diciembre del 1877, el señor Isidoro Peirelux presentó un proyecto de un ascensor inclinado o funicular a la municipalidad de Valparaíso, el cual nunca llegó a concretarse. Situación que cambiaría cerca de 6 años más tarde con la fundación de la Compañía de Ascensores Mecánicos de Valparaíso, en el año 1880, gracias a las gestiones del señor Liborio Brieba (Ilustración 1.2), conocido en la ciudad por su actividad literaria y periodística, quien se percató de esta situación y conociendo antecedentes similares en algunas ciudades europeas, vislumbró la utilidad que podría presentar la instalación de un aparto mecánico que uniera plan y cerro en breve tiempo, y sin esfuerzo para el usuario [3].



Ilustración 1.2. Liborio Enrique Brieba Pacheco (1841 - 1897) [5].

Luego de hacerse público el interés de las autoridades por incorporar dicho medio de transporte en la ciudad, y alimentado por el desconocimiento e incredulidad de sus habitantes, surgió una acérrima barrera por parte de estos, los cuales consideraban su estructura demasiado vertical, muy pesadas y con posibilidad de desplomarse. Prueba de esta campaña del terror en contra de los ascensores son los numerosos artículos publicados por los diarios locales que hacían referencia a un "carruaje raro y desafiante" y otras veces burdamente afirmaban que era "de naturaleza diabólica". Don Liborio, en respuesta a los exaltados dijo: "No es interesante que hagan juicios temerarios, en todos los países del mundo que necesitaron de estos artefactos, los usan. No existe el peligro por los demás, el que lo probará seré yo, y nada importa que me pase algo, no olviden que la misma guerra que ustedes me hacen, no a mí, sino al ascensor que será muy útil, se le hizo al ferrocarril. Yo subiré al ascensor con los trabajadores que en el laboraron, con las autoridades que tienen plena fe, y con los que deseen acompañarme" [1].

Para el día de la inauguración, sábado primero de diciembre de 1883, la ciudad vivió un gran revuelo y un extraordinario marco de público se ubicó expectante junto a la imponente estructura. Se respiraba un ambiente de fiesta adornada con banderas, guirnaldas y música, a eso de las 14 horas, el intendente de la Provincia, su propulsor don Liborio, autoridades, periodistas y potentados de la época realizaron el primer viaje. Los carros funcionaron de manera formidable en su exhibición, causando la algarabía y aplausos de los asistentes que veían en estos aparatos de grandes dimensiones la solución a sus problemas de transporte a través de los empinados cerros del puerto. Un total de 1.842 pasajeros hicieron uso del ascensor en su primer día entre la tarde del sábado y la noche del domingo 2 de diciembre. Acabando así con los temores que algunos habían manifestados en vísperas de la inauguración, el ascensor impuso confianza, satisfacción, y a la vez, una solución práctica, económica y cómoda para acceder al cerro.

Este hecho convirtió a Valparaíso en la primera ciudad en Latinoamérica y séptima en el mundo en contar con este tipo de vehículo, siendo solo antecedidas por Lyon - Francia (1862), Budapest - Hungría (1870), Viena - Austria (1873), Estambul – Turquía (1875), Hastings – Reino Unido (1876) y el elevador Do Bom Jesus – Portugal (1882).



Ilustración 1.3. Ascensor Concepción, 1883 [4].

Los siguientes años dieron paso a la construcción de un total de 31 ascensores entre 1880 y 1931, en pleno apogeo de Valparaíso como puerto estratégico, los ascensores pasaron a ser una postal imborrable de la fisonomía urbana. Se podría asegurar que en alguna época cada cerro constaba con su propio ascensor, los cuales partían desde distintos puntos del plan para llegar 20 a 30 metros más arriba y otros ubicados adentrado en el cerro para luego elevar a sus pasajeros cerca de 80 metros sobre el nivel del mar. El inicio de la primera guerra mundial y la abertura del canal de Panamá en 1914 llegarían a liquidar con la popularidad mundial de la ciudad porteña pero sin antes

dejar su huella imborrable en el patrimonio arquitectónico y cultural. Del total de ascensores construidos solo nueve de dieciocho existentes funcionan actualmente (Ilustración 1.4), algunos de ellos con reparaciones parciales y en vías de ser remodelados completamente. Entre las razones para la desaparición o detención están las destrucciones por terremotos, incendios, derrumbes de cerros y la poca rentabilidad de algunos por la preferencia de otros medios de transporte que iban surgiendo a medido pasaban los años como buses y colectivos.



Ilustración 1.4. Mapa de ascensores de Valparaíso actualizado a marzo de 2016. Negro: Destruido, Amarillo: Abandonado, Rojo: En Recuperación, Verde: Activo (Fuente propia).

1.2 SISTEMA MOTRIZ

Casi tan importante y espectacular como la estructura en su conjunto, es el sistema motriz, el cual impulsa y permite que estas imponentes plataformas escalen por sobre las empinadas pendientes de los cerros porteños. La historia como es de costumbre en los funiculares de Valparaíso es esquiva, sobre todo si se habla de los primeros ascensores instalados. Pese a esto, se establece con seguridad la existencia de tres tipos de sistemas motrices: hidráulico, a vapor y eléctrico, los cuales se acoplaban conforme la tecnología avanzaba en el tiempo, siempre buscando un mejor rendimiento de la máquina.

1.2.1 SISTEMA HIDRÁULICO [3]

El primero de ellos en 1883, fue un ingenioso sistema que utilizaba el agua como su elemento principal, conocidos como "sistema hidráulico" o "balanza de agua". Su principio de funcionamiento contemplaba una mecánica sencilla y junto con una escaza emanación de elementos contaminantes, este consistía en provocar una diferencia de carga entre sus carros (de madera por aquella época), unidos por un mismo cable a través de una polea de reenvió en la parte alta del cerro. Este efecto se lograba debido a que en ambas plataformas se encontraba ubicado bajo la cabina un estanque de aproximados 2 m^3, este en sus inicios con ambos estanques vacíos, luego de ingresado los pasajeros y con los carros debidamente frenado sobre sus guías, se procedía a cargar con agua el habitáculo del carro posicionado en la estación superior, para luego cuando alcance un mayor peso, arrastrar hacia arriba el otro carro que solo tenía en el interior a sus pasajeros y el estanque vacío. El agua que se transportaba en el carro al llegar a la estación inferior se reimpulsaba hacia a la parte más alta de la instalación por medio de una bomba de vapor alimentada por carbón. Cabe destacar que los primeros

funiculares inaugurados en la región ocuparon este sistema motriz pero todos fueron remodelados tiempo más tarde, cambiando su sistema de movimiento [3].

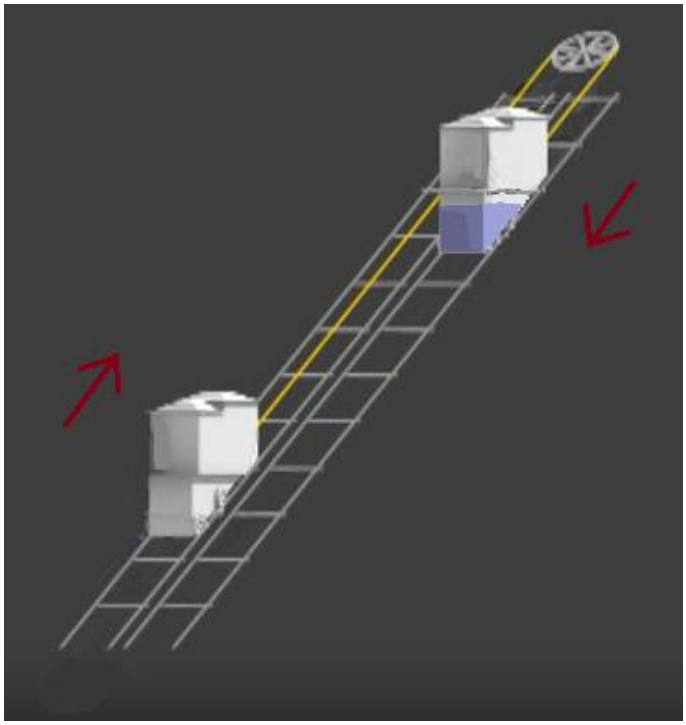


Ilustración 1.5. Imagen esquemática del sistema balanza de agua (Fuente propia).

1.2.2 MÁQUINA A VAPOR [6]

La máquina a vapor fue el segundo sistema usado y quien vino en reemplazo del sistema hidráulico, principalmente por su mayor rendimiento. Su aparición fue gracias a la "Asociación de Ascensores del Cerro Alegre" quienes instalaron el funicular "El Peral" en 1901, el primero en incorporar un motor a vapor, anticipándose tecnológicamente a varios ascensores que se construyeron en los siguientes tres años y que continuaron utilizando sistemas hidráulicos hasta inicios de 1910.

El principio de funcionamiento de este sistema mantiene la unión de ambos carros por medio de un solo cable para así aprovechar el contrapeso producido por estos, ahora sin los grandes estanques ubicados bajo la cabina, la diferencia radicaba en el sistema de redireccionamiento del cable motriz, el cual utilizaba tres poleas, dos de reenvió y una de tracción conectada directamente a la máquina.

La máquina a vapor (Ilustración 1.6) por su parte, genera el movimiento por medio de un motor de combustión externa que transforma la energía térmica de una cantidad de agua en energía mecánica.

El ciclo de trabajo se realiza en dos etapas, en la primera se genera vapor de agua por el calentamiento en una caldera cerrada herméticamente, lo cual produce la expansión del volumen de un cilindro empujando un pistón. Mediante un mecanismo de biela – manivela, el movimiento lineal alternativo del pistón del cilindro se transforma en un movimiento de rotación que acciona la rueda de transmisión. Una vez alcanzado el final de carrera el embolo retorna a su posición inicial y expulsa el vapor de agua utilizado la energía cinética de un volante de inercia. La segunda etapa utiliza el vapor a presión para controlar mediante una serie de válvulas de entrada y salida la renovación de la carga, es decir, los flujos de vapor hacia y desde el cilindro para generar el movimiento cíclico de la máquina.

Las casetas de calderas además constituían todo un espectáculo para los transeúntes, por el humo y chispas que despedían mientras los ascensores subían y bajaban.

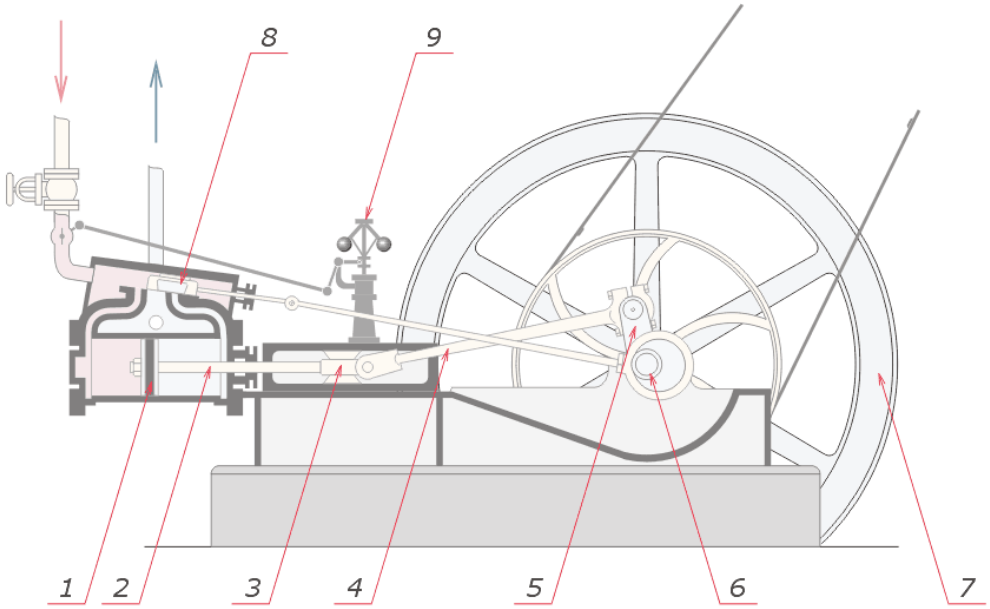


Ilustración 1.6. Máquina a vapor, 1) Pistón, 2) Vástago, 3) Biela, 4) Manivela, 5) Rueda transmisión, 6) Volante de inercia, 7) Polea de tracción, 8) Válvula de regulación, 9) Válvula de seguridad [6].

1.2.3 MOTOR ELÉCTRICO

Por último, con fecha 17 de abril de 1909 por medio de la "Compañía de Tranvías Eléctricos de Valparaíso" se inaugura el funicular Barón, quien se convirtió en el primero en la región en ser propulsado por un motor eléctrico, en época donde su uso era escaso (aún se utilizaban sistemas por "Balanza de agua"), marcando un nuevo avance tecnológico del cual Valparaíso era el privilegiado. Su funcionamiento seguía los principios de sus antecesores bajo la misma lógica, un cable que une ambos carros y tres poleas que redireccionan de manera correcta el cable. Actualmente este sistema motriz es empleado en la totalidad de los ascensores que aún siguen vigentes en la ciudad.

El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor, las cuales pueden ser impulsadas por fuentes de corriente continua (CC) o corriente alterna (CA). En los ascensores de Valparaíso se utilizaron tres tipos de modelos: motor trifásico de rotor bobinado o anillos rozantes (CA), Compound y Shunt (ambos CC). Estos equipos debían ser instalados junto a un banco de resistencias (Ilustración 1.7), el cual permitía funcionar con una elevada corriente y un bajo torque, necesario para dar partida al movimiento de los carros disminuyendo el "golpe" originado al comienzo.

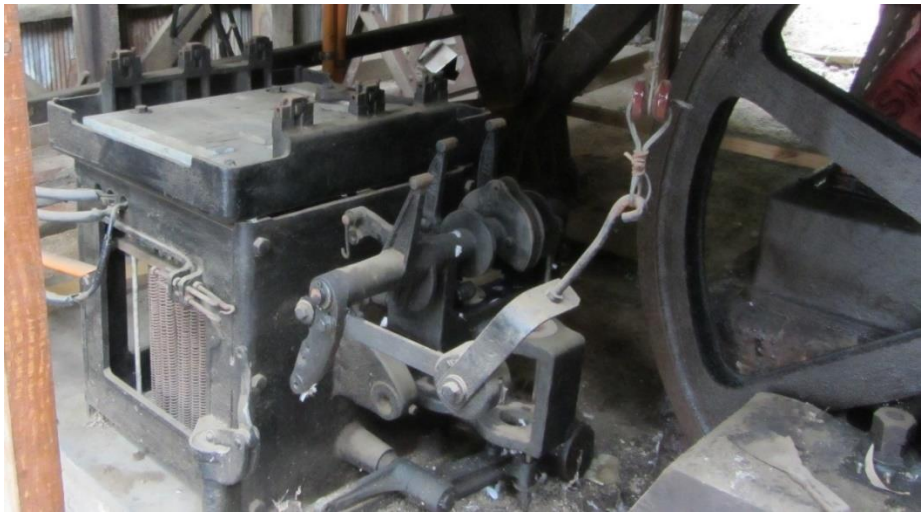


Ilustración 1.7. Banco de resistencias, ascensor Monjas (Fuente propia).

1.3 SEGURIDAD [3]

Pese a la espectacularidad de sus instalaciones y de la modernidad mecánica que existía en los ascensores, los sistemas de seguridad presentes eran básicos y en algunos casos nulos. En un comienzo y por bastantes años debido a la falta de timbres o señalética

adecuada, el modo para dar partida al servicio era realizado a viva voz, mensajes como "YAAA" o "LISTOOO" adornaban el entorno, sumándose al sonido característico del chillido de las máquinas al moverse, las chispas provenientes de los fogones en las calderas, de los pasajeros y del ecosistema porteña. En algunas estaciones se recurría a campañillas para dar aviso a la puesta en marcha del servicio, pero muchas veces no se escuchaba dicha señal debido a la separación de varios cientos de metros entre las estaciones. Otra responsabilidad que recaía sobre el maquinista, además de controlar el movimiento del ascensor, era el abrir y cerrar las puertas de los carros al momento de llegar a la estación, situación que ocurre hasta el día de hoy en algunos ascensores, ya que solo algunos contaban con ingeniosos mecanismos para abrir la puerta sin salir de la cabina de operaciones, pero otros simplemente tenían que hacer todo este procedimiento manual, obligándolos a salir del mando de control.

Por su parte el carro, consta de dos elementos de seguridad:

El primero constituido por dos pletinas de acero en forma de tenazas los cuales se ensamblan justo por sobre los rieles, llamados anti-vuelcos los que tienen por objetivo evitar el volcamiento o descarrilamiento del carro.

El otro es el elemento de seguridad más relevante que posee, y el cual prevalece hasta el día de hoy. El cual, es un sistema compuesto por dos ganchos o "Picos de loro" que tiene como objetivo descender bruscamente para enganchar con una cremallera (dispuesta entre los rieles) en caso de rotura o aflojamiento de cables.

Los cables utilizados en los ascensores de Valparaíso, fue otro elemento pionero en la mecánica mundial, ya que estos eran confeccionados de alambre trenzado de acero dúctil, los cuales fueron ampliamente usados en la ingeniería de transporte recién a

partir de 1880, considerándolos seguros debido a su condición de elementos altamente resistente a la tracción y a la torsión, manteniendo su vigencia hasta el día de hoy. Los ascensores antiguamente estaban conformados por dos cables, un cable de tracción con resistencia de al menos 10 veces el peso del carro y otro cable, denominado auxiliar de menor diámetro y con resistencia mínimas entre 5 o 6 veces (situación que se mantiene hasta el día de hoy pero con mayor factores de seguridad).

Finalmente, el elemento de seguridad más importante está ubicado en la sala de máquina de los equipos, lugar donde se encuentran al menos dos frenos adosados a los ejes de transmisión. Estos frenos varían en modelos y formas, pero siempre siguiendo el mismo principio, el cual por medio de una superficie de mayor rugosidad al ser accionado por el operario abraza con presión sobre la superficie en movimiento, lo que provoca la disminución de velocidad hasta detenerla por completo.

Pese a todas estas condiciones mínimas de seguridad, sobre todo en las estaciones terminales, el número de accidentes ocurridos en los elevadores son pocos, destacando que ningún tuvo como consecuencia víctimas fatales. Si bien es cierto la historia cuenta de fallecimientos de personas en las instalaciones, no fue por causa directa de los ascensores, pues en ningún accidente se tiene registro oficial pese a la espectacularidad de algunos de ellos y las muchas fallas técnicas a través del tiempo. Según cifras de la "Administración Municipal" de 1918-1921, resultaba un pasajero accidentado por cada 5.570.000 (considerando un transporte diario de 36.000 pasajeros), porcentaje despreciable si se comparaba con los tranvías o automóviles (otro medio de transporte en esa época) quienes registraban una serie de accidentes mortales [3].

1.4 PARTES DEL FUNICULAR

Los ascensores de Valparaíso, que en estricto rigor en su mayoría son funiculares debido a su desplazamiento inclinado, son grandes estructuras mecánicas compuestas de diferentes características, el cual los hace únicos. Se puede hacer mención a cinco partes que representan a un funicular como tal, estas son: estaciones terminales, plano de rodadura, sala de máquinas, poleas y carros.

1.4.1 ESTACIONES TERMINALES [7]

Las estaciones son edificaciones ubicadas al inicio y término del recorrido del ascensor, es donde se realiza el ingreso controlado y renumerado a las cabinas, este acceso se produce por medio de torniquetes (Ilustración 1.8) donde incluso algunos llevan un podómetro incorporado. En la estación superior es donde se encuentra ubicada la sala de mando del maquinista, con el claro objetivo de obtener una mayor visibilidad del recorrido de los carros. También se puede apreciar justo delante de la sala de mando las poleas y unos metros más abajo la sala de máquina.



Ilustración 1.8. Torniquete, ascensor El Peral [7].

1.4.2 PLANO DE RODADURA

El plano de rodadura es el conjunto conformado por rieles, cremallera y polines, todos estos ubicados sobre durmientes en su mayoría de madera y/o acero. A su vez, estos se emplazan sobre grandes estructuras de madera, acero y hormigón empotrados a la superficie irregular del cerro. La inclinación del plano de rodadura varía en todos sus casos, entre 22 hasta los 76 grados.

Por su parte, los rieles son los encargados de conformar la guía del funicular, destacando que la mayoría de los ascensores cuentan con dos vías (subida y bajada) y solamente uno contaba con cuatro, el remodelado ascensor Artillería.

Los polines son cilindros de acero cuya rotación libre va en ayuda del movimiento y desgaste del cable.

La cremallera como se señaló anteriormente, es de vital importancia para el sistema de seguridad, la cual consiste en dos perfiles de sección angular unidas por cientos de pernos recubiertos por un encamisado.

1.4.3 POLEAS

Las poleas son ruedas de acero de gran diámetro, conformadas por un cubo, eje solidario, chumaceras y acanalado o garganta. Esta última, es donde se produce el contacto entre el cable y la polea, el cual dependiendo del ángulo de abertura se determina si es para reenvió o arrastre del cable. Generalmente los ascensores cuentan con tres poleas, dos de reenvió y una de arrastre, esto debido a que los sistemas a vapor y eléctrico necesitaban de ellas para operar de manera correcta, mientras que el sistema

hidráulico solo necesitaba de una. El movimiento de las poleas se produce sobre bujes de bronce los cuales se acoplan a las chumaceras, el eje y la polea se mueven en conjunto considerando en algunos casos ciertos grados de libertad en dirección axial (denominadas "Poleas locas"), esto para producir un buen enrollamiento del cable sobre los tambores. Cabe señalar que estas se ubicaban en la parte alta contribuyendo así al espectáculo mecánico que permitía observar el movimiento de estas grandes estructuras.

1.4.4 SALA DE MÁQUINAS

La sala de máquina se encuentra emplazada bajo la estación superior del ascensor, debido a la numerosa cantidad de elementos mecánicos rodantes, grandes dimensiones y principalmente condicionada por su sistema motriz. Los ascensores que contaban en sus inicios con sistemas a vapor se caracterizan por tener grandes habitaciones debido a la ubicación de las calderas, aumentando así su atractivo.

La habitación está compuesta principalmente por el elemento motriz, polea de arrastre o tambores de enrollamiento (dependiendo del sistema utilizado), engranajes, ejes, chumaceras, frenos mecánicos y base. Estos elementos son los encargados de transmitir la potencia de manera controlada desde el sistema motriz hasta las poleas o tambores de arrastre, según corresponda, lo que a su vez genera el movimiento en los cables conectados a los carros. Todos los sistemas giratorios incluido las poleas, mencionadas anteriormente, se lubrican mediante grasa o aceite.

Los frenos mecánicos generalmente se ubican en el eje más cercano al sistema motriz y otro en el sistema encargado de trasmitir el movimiento al cable (tambores o polea).

Son accionados por mecanismo sencillos articulados en base a bielas, cables y palancas con fijaciones, controlados por el maquinista desde la estación superior.

1.4.5 CARROS [4]

Los carros son la parte más visible, icónica y colorida de los ascensores de Valparaíso. Sus modelos son variados, aumentando sus dimensiones y capacidad pero en planos generales siguen un patrón de características, destacando la cabina, chasis y rodado.

El rodado consiste en dos pares de ruedas (fundidas) fijadas a un eje, esta unión se produce a presión o por medio de chavetas y cambios de secciones. A su vez el eje es pivoteado en ambos extremos por dados, el cual por medio de uno o varios resortes se acopla a un porta dado para finalmente ensamblar al chasis.

El chasis está conformado por varios perfiles de distintas secciones transversales, formando un armazón robusto de acero (madera en sus inicios). Sobre el chasis se ubica la cabina y bajo este se encuentra el sistema de seguridad de gancho, además de permitir la fijación del o los cables al carro. Recordar también que para el sistema hidráulico o "balanza de agua" se ubicaba en el chasis un estanque de aproximadamente 2 m^3.

La cabina es el habitáculo donde los pasajeros viajan dentro de la plataforma en movimiento, sus modelos varían como número de ascensores hay, destacando la inclusión de ventanas, pasamanos, banca y sistema de abertura de puerta (manual o mecánico).



Ilustración 1.9. Carro ascensor Artillería, año 2014 [4].

1.5 LOS 31 "ASCENSORES" [8], [9], [10]

El número de ascensores que se instalaron a lo largo del tiempo en Valparaíso siempre ha estado en discusión, pues las fuentes que acrediten la presencia de estos aparatos son muchas veces esquiva. Por medio a investigación y apoyo en literatura que abordan este tema, se llegó a la conclusión de la existencia de 31 ascensores en Valparaíso a lo largo de su historia, destacando la vida casi desconocida del ascensor Portales o "Matadero" (Tabla 1.1) e identificando técnicamente dos tipos: Funiculares (inclinado) y Ascensores (vertical). A continuación se agrega información general de cada uno de los ascensores recordando también, que el ciudadano porteño adopto el término "ascensores" para todos los equipos, tanto funiculares como ascensores verticales.

Tabla 1.1. Ascensores de Valparaíso en orden cronológico (Fuente propia).

N°	Ascensor	Inaugurado
1	Concepción	1-12-1883
2	Cordillera	16-09-1886
3	Artillería	29-12-1892
4	Hospital San Juan de Dios	Octubre 1898
5	Bellavista	16-07-1899
6	Panteón	24-06-1901
7	El Peral	07-12-1901
8	Ferroviario	18-05-1902
9	Reina Victoria	04-03-1903
10	Esmeralda	1905
11	Mariposas	14-05-1903
12	Florida	1906 - Febrero 1907
13	Arrayán	12-03-1907
14	Lecheros	15-02-1908
15	La Cruz	05-03-1908
16	Barón	17-04-1909
17	Larraín	31-10-1909
18	Santo Domingo	16-11-1910
19	Espíritu Santo	24-12-1911
20	Monjas	1912
21	Placeres	1913
22	Villaseca	18-10-1913
23	San Agustín	1913
24	Merced	20-02-1914
25	Ramaditas	21-11-1914
26	Polanco	08-06-1916
27	Delicias	1921
28	Las Cañas	1925
29	Van Buren	1929
30	Perdices	19-11-1931
31	Portales	1910*

* Carece de datos o material bibliográfico certificado.

1.5.1 CONCEPCIÓN

Primer ascensor de uso público en Valparaíso, formo parte de los cuatro instalados entre los cerros Concepción y Alegre. Actualmente se encuentra en operación y es parte del denominado grupo 1 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.2. Ascensor Concepción.

Nombre	:	Concepción, Turri, Gervasoni.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores mecánicos de Valparaíso.
Cerro	:	Concepción.
Estación baja	:	Psje. Elías (calle Prat).
Estación superior	:	Paseo Gervasoni.
Fecha de construcción	:	1880.
Fecha de inauguración	:	Sábado 1 de diciembre de 1883.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	70 metros.
Altura	:	47 metros.
Pendiente	:	44,5 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	1910, Máquina a vapor. Motor eléctrico CC 35 HP.
Situación actual	:	Operativo con restauración parcial.

1.5.2 CORDILLERA

Segundo ascensor de Valparaíso en menos de tres años y primero en ser emplazado en un lugar muy popular. El 18 de marzo de 1894 se produjo un incendio en el Hotel Continental lo cual destruyó parte de las instalaciones. En diciembre del mismo año se volvió a construir la estación inferior ubicada a 40 metros al poniente de la original, esta nueva construcción hizo posible el nacimiento de la escalera "Cienfuegos" postal tradicional hoy en día del ascensor Cordillera. Actualmente se encuentra en operación y es parte del denominado grupo 1 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.3. Ascensor Cordillera.

Nombre	:	Cordillera.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores mecánicos de Valparaíso.
Cerro	:	Cordillera.
Estación baja	:	Calle Serrano 230.
Estación superior	:	Calle Castillo - Plazuela Eleuterio Ramírez.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	16 de septiembre de 1886
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	60 metros.
Altura	:	55 metros.
Pendiente	:	70 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	Máquina a vapor. Motor eléctrico CC.
Situación actual	:	Operativo con restauración parcial.

1.5.3 ARTILLERÍA

Inaugurado meses antes de la Escuela Naval. El 14 de Febrero de 1908 se creó una nueva vía acoplada más al exterior del cerro, siendo el único ascensor en contar con 4 carros. En 1914 se realizó una remodelación aumentando la capacidad de los carros de la línea original dejando 4 carros con lugar para 25 personas, llegado 1950 se hizo inviable mantener las 4 vías debido a la baja de público pero sobre todo por el traslado de la Escuela Naval en los años 60, dejando operativa solo 2 vías. Actualmente es parte del denominado grupo 3 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.4. Ascensor Artillería.

Nombre	:	Artillería.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores mecánicos de Valparaíso.
Cerro	:	Artillería.
Estación baja	:	Plaza Wheelwright.
Estación superior	:	Paseo 21 de mayo.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	29 de diciembre de 1892
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	175 metros.
Altura	:	81 metros.
Pendiente	:	28 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	1908, Aumento de la capacidad de carros. 1910, Máquina a vapor. 1914, Incorporación 4 carros (hasta mediado 1961) Motor eléctrico.
Situación actual	:	Operativo con restauración parcial.

1.5.4 HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS

Primer ascensor vertical instalado en Valparaíso, de uso privado y ubicado en territorio de lo que era el Hospital San Juan de Dios, muy similar a lo que es hoy el actual ascensor del Hospital Van Buren. Su término se originó producto al terremoto del 16 de agosto de 1906 el cual lo destruyó por completo.

Tabla 1.5. Ascensor Hospital San Juan de Dios.

Nombre	:	Hospital San Juan de Dios.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	Hospital San Juan de Dios.
Cerro	:	
Estación baja	:	Patio trasero del Hospital.
Estación superior	:	Instalaciones del Hospital.
Fecha de construcción	:	A fines de 1897.
Fecha de inauguración	:	1898
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Ascensor.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	26 metros.
Pendiente	:	90 grados.
Equipo motriz original	:	Hidráulico.
Remodelación	:	
Situación actual	:	Destruido por el terremoto del 16 de agosto de 1906.

1.5.5 BELLAVISTA

Uno de los dos ascensores ubicados en el cerro Bellavista, contaba con una alta densidad de público y su término estuvo marcado por una huelga de los trabajadores. Con el tiempo la estación superior fue convertida en una casa particular y en la inferior hoy en día está ubicado el popular restaurant "J Cruz".

Tabla 1.6. Ascensor Bellavista.

Nombre	:	Bellavista.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	Bellavista.
Estación baja	:	Psje. Calle Condell, altura N°1446.
Estación superior	:	Calle Héctor Calvo.
Fecha de construcción	:	23 de julio de 1897.
Fecha de inauguración	:	16 de julio de 1899.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	
Pendiente	:	
Equipo motriz original	:	Hidráulico (1899 - 1910).
Remodelación	:	1910, Máquina a vapor. Motor eléctrico.
Situación actual	:	Término de operaciones en 1960.

1.5.6 PANTEÓN

Ascensor destinado para el público que debía acudir a los cementerios ubicados en la parte alta del cerro. Durante su funcionamiento sufrió accidentes de consideración, teniendo entre su historia la lamentable muerte de un pasajero el 7 de febrero de 1909 debido a que el maquinista se encontraba en estado de ebriedad. Finalmente en 1952 el aumento de transporte público hacia los cementerios, gatillo el término de sus operaciones.

Tabla 1.7. Ascensor Panteón.

Nombre	:	Panteón.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	Cerro Panteón / Cerro Cárcel.
Estación baja	:	Pirámide (Plazuela Ecuador).
Estación superior	:	Calle Dinamarca.
Fecha de construcción	:	Septiembre 1900.
Fecha de inauguración	:	24 de junio de 1901.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	
Pendiente	:	
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	1910, Máquina a vapor. Motor eléctrico CA.
Situación actual	:	Término de operaciones en 1952.

1.5.7 EL PERAL

Uno de los ascensores instalados en el cerro Alegre, ubicada sobre la antigua intendencia. Fue el primero en utilizar el motor a vapor y considerado como el mejor de la ciudad al momento de su puesta en marcha por contar con las medidas de seguridad apropiadas, instalaciones y obras anexas en mejor estado.

Tabla 1.8. Ascensor El Peral.

Nombre	:	El Peral.
Propietario	:	Ilustre municipalidad de Valparaíso.
Antiguo propietario	:	Municipalidad de Valparaíso.
Cerro	:	Alegre.
Estación baja	:	Plaza de la Justicia.
Estación superior	:	Paseo Yugoslavo.
Fecha de construcción	:	1900, sobre antigua intendencia.
Fecha de inauguración	:	7 de diciembre de 1901.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	52 metros.
Altura	:	39 metros.
Pendiente	:	48 grados.
Equipo motriz original	:	Máquina a vapor.
Remodelación	:	1923, Modificación estación baja. Motor eléctrico CC 32 HP.
Situación actual	:	En remodelación, pronta inauguración Mayo 2016.

1.5.8 FERROVIARIO

Su creación surge del auge producido por la construcción del ferrocarril a Santiago, lo cual causó un aumento en la población del cerro Barón por los trabajadores ferroviarios. Este conectaba el sector de la Torre del Reloj (al costado del hoy paso sobre nivel de Av. España frente al supermercado JUMBO) y la parte alta del cerro. Se desconoce la fecha exacta en que desapareció pero en 1911 ya no estaba en funcionamiento.

Tabla 1.9. Ascensor Ferroviario.

Nombre	:	Ferroviario.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	Sociedad de particulares.
Cerro	:	Barón.
Estación baja	:	Proyecto camino plano (hoy Avda. España).
Estación superior	:	Diego Portales (altura ex Hospital Ferroviario).
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	18 de mayo de 1992
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	48 metros.
Altura	:	35 metros.
Pendiente	:	44 grados.
Equipo motriz original	:	Máquina a vapor 16 HP.
Remodelación	:	
Situación actual	:	Término de operaciones pasado 1910.

1.5.9 REINA VICTORIA

El mito popular cuenta que el ascensor fue inaugurado por la propia Reina Victoria de Inglaterra (quien falleció en 1901, lo cual escapa de la realidad). Fue afectado por ambos terremotos de 1965 y 1971 cerrando por varios años. El 13 de Octubre de 2012 fue remodelado y puesto en marcha hasta el día de hoy.

Tabla 1.10. Ascensor Reina Victoria.

Nombre	:	Reina Victoria.
Propietario	:	Ilustre municipalidad de Valparaíso.
Antiguo propietario	:	Empresa de transportes colectivos del estado.
Cerro	:	Alegre.
Estación baja	:	Calle Elías.
Estación superior	:	Paseo Dimalow.
Fecha de construcción	:	9 de julio de 1902.
Fecha de inauguración	:	4 de marzo de 1903.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	39 metros.
Altura	:	33 metros.
Pendiente	:	57 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	1910, Balanza de agua. Motor eléctrico.
Situación actual	:	Operativo y remodelado, 13 de octubre de 2012.

1.5.10 ESMERALDA

Segundo ascensor ubicado en el cerro Concepción. Su fin se produjo trágicamente por un incendio el 24 de abril de 1948 a las 00:53 en su estación superior, el cual consumió varias casas del sector, producto de las llamas cayeron ambos carros causando grandes daños a la estación baja.

Tabla 1.11. Ascensor Esmeralda.

Nombre	:	Esmeralda.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	Concepción.
Estación baja	:	Esmeralda 102.
Estación superior	:	Paseo Atkinson.
Fecha de construcción	:	20 de febrero de 1905.
Fecha de inauguración	:	1905.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	
Pendiente	:	
Equipo motriz original	:	Máquina a vapor.
Remodelación	:	Motor eléctrico.
Situación actual	:	Término de operaciones el 24 de abril de 1948 (Incendio).

1.5.11 MARIPOSAS

Es el ascensor de mayor recorrido, en su tramo superior pasa por debajo de la subida Baquedano. Sufrió la particularidad de tener continuos quiebres de ruedas. Finalmente paralizó sus operaciones en septiembre de 2009 debido a su baja rentabilidad. Actualmente es parte del denominado grupo 2 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.12. Ascensor Mariposas.

Nombre	:	Mariposas.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía nacional de ascensores S.A.
Cerro	:	Mariposas.
Estación baja	:	Calle Gaspar Marín 55.
Estación superior	:	Paseo Barbosa 89.
Fecha de construcción	:	12 de septiembre de 1904.
Fecha de inauguración	:	14 de mayo de 1906.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	177 metros.
Altura	:	73 metros.
Pendiente	:	24,5 grados.
Equipo motriz original	:	Hidráulico.
Remodelación	:	1927, Motor eléctrico CC.
Situación actual	:	Paralizado desde 2009, en vías de restauración.

1.5.12 FLORIDA

Tiene la particularidad de tener un puente sobre las vías. Sufrió de varios accidentes de importancia dejando varios heridos pero sin víctimas fatales. En sus inicios contaba con una campanilla para dar aviso de partida, lo cual produjo las quejas de los vecinos. Paralizado desde 2009 por la baja rentabilidad. Actualmente es parte del denominado grupo 2 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.13. Ascensor Florida.

Nombre	:	Florida.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía nacional de ascensores S.A.
Cerro	:	Florida.
Estación baja	:	Carrera - Buenos Aires.
Estación superior	:	Calle Marconi 29.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	Inicios de 1907.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	138 metros.
Altura	:	52 metros.
Pendiente	:	22 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	1910, Motor de vapor. Motor eléctrico CA.
Situación actual	:	Paralizado desde 2009, en vías de restauración.

1.5.13 ARRAYÁN

El 22 de enero de 1910 se vino abajo un carro de cerca 4 metros de altura, afortunadamente sin pasajeros. Es el ascensor de mayor gradiente. La desaparición de esta estructura fue debido a los trabajos desarrollados por ESVAL en la planta elevadora por el túnel Bustamante.

Tabla 1.14. Ascensor Arrayán.

Nombre	:	Arrayán.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	Federico Page y Asociados.
Cerro	:	Arrayán.
Estación baja	:	Calle General Bustamante 32.
Estación superior	:	Calle J. Ortúzar frente a callejón Barry.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	12 de marzo de 1907.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	54 metros.
Altura	:	46 metros.
Pendiente	:	76 grados.
Equipo motriz original	:	Hidráulico - Balanza de agua.
Remodelación	:	Motor eléctrico 70 HP.
Situación actual	:	Término de operaciones en 1974.

1.5.14 LECHEROS

Parte del tridente de ascensores ubicados en torno a la Av. Argentina, cuenta con una propiedad de cuatro pisos en la estación superior. Paralizó sus operaciones el sábado 30 de junio de 2007 a causa de un incendio que afectó a la estación inferior.

Tabla 1.15. Ascensor Lecheros.

Nombre	:	Lecheros.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores del cerro Lecheros Ltda.
Cerro	:	Lecheros.
Estación baja	:	Eusebio Lillo N°36.
Estación superior	:	Calle Cervantes.
Fecha de construcción	:	2 de febrero de 1907.
Fecha de inauguración	:	15 de febrero de 1908.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	98 metros.
Altura	:	58 metros.
Pendiente	:	36,5 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	Motor eléctrico 37 HP.
Situación actual	:	Paralización de operaciones el 30 de junio de 2007.

1.5.15 LA CRUZ

El 9 de agosto de 1921 se provocó un incendio que termino con la estación superior, un carro y viviendas del sector consumidas por las llamas. En 1990 debido a la baja de público debió paralizar su funcionamiento, finalmente el 17 de noviembre de 2008 el ascensor La Cruz fue rematado por deudas al fisco. Actualmente es uno de los que se podría llegar a recuperar debido a que cuenta con elementos aun intactos, pero al no ser declarado monumento nacional dificulta su recuperación.

Tabla 1.16. Ascensor La Cruz.

Nombre	:	La Cruz.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	Sociedad inmobiliaria.
Cerro	:	La Cruz.
Estación baja	:	Avda. Francia.
Estación superior	:	Calle Federico Varela.
Fecha de construcción	:	28 de julio de 1907.
Fecha de inauguración	:	5 de marzo de 1908.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	104 metros.
Altura	:	75 metros.
Pendiente	:	37,5 grados.
Equipo motriz original	:	Motor a vapor.
Remodelación	:	Motor eléctrico 39 HP.
Situación actual	:	Paralización de operaciones en 1990.

1.5.16 BARÓN

Primer ascensor en incorporar en su sistema motriz original un motor eléctrico, siendo también uno de las dos instalaciones que cuenta con atracciones turísticas en sus estaciones (café y muestra fotográfica). Remodelado en enero de 2012, actualmente se encuentra operativo.

Tabla 1.17. Ascensor Barón.

Nombre	:	Barón, El eléctrico.
Propietario	:	Ilustre municipalidad de Valparaíso.
Antiguo propietario	:	Compañía de tranvías eléctricos de Valparaíso.
Cerro	:	Barón.
Estación baja	:	Avda. España
Estación superior	:	Calle Diego Portales 297.
Fecha de construcción	:	12 de enero de 1906.
Fecha de inauguración	:	17 de abril de 1909.
Monumento Nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	89 metros.
Altura	:	58 metros.
Pendiente	:	41 grados.
Equipo motriz original	:	Motor eléctrico.
Remodelación	:	Remodelación estructural 2010.
Situación actual	:	Operativo y remodelado, enero de 2012.

1.5.17 LARRAÍN

Tercer ascensor ubicado en Av. Argentina, arteria popular hasta el día de hoy, junto a los ubicados en Barón y Lecheros. En 2010 paralizo su funcionamiento debido a la nula rentabilidad. Actualmente es parte del denominado grupo 3 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.18. Ascensor Larraín.

Nombre	:	Larraín.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores de Valparaíso S.A.
Cerro	:	Larraín.
Estación baja	:	Coronel Reyna (ex subida Caracoles).
Estación superior	:	San José 485.
Fecha de construcción	:	5 de junio de 1909.
Fecha de inauguración	:	31 de octubre de 1909.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	68 metros.
Altura	:	43 metros.
Pendiente	:	35,5 grados.
Equipo motriz original	:	Motor a vapor.
Remodelación	:	Motor eléctrico CA 50 HP.
Situación actual	:	Paralización de operaciones en 2010, en vías de restauración.

1.5.18 SANTO DOMINGO

Ascensor que iba en apoyo de los habitantes de los cerros Santo Domingo, Mesilla, Carretas (colina entre Santo Domingo y Arrayán, hoy desaparecido) y parte de Playa Ancha. El 5 de marzo de 1963 se cortó el cable de uno de los carros con 3 pasajeros en su interior, la acción del gancho de seguridad impidieron que el carro cayera estrepitosamente cerro abajo, pues estaba a 30 metros aproximadamente. Su paralización se debió a falta de público y varias fallas. Actualmente es parte de los 10 ascensores comprados por el Gobierno Regional pero al no ser considerada como monumento patrimonial y sus casi extinguidas instalaciones, no está inserto en el plan de restauración.

Tabla 1.19. Ascensor Santo Domingo.

Nombre	:	Santo Domingo.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía nacional de Ascensores.
Cerro	:	Santo Domingo.
Estación baja	:	Calle Cajilla.
Estación superior	:	Calle García Reyes.
Fecha de construcción	:	10 de junio de 1910.
Fecha de inauguración	:	16 de noviembre de 1910.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	33 metros.
Pendiente	:	
Equipo motriz original	:	Hidráulico.
Remodelación	:	Motor eléctrico 35 HP.
Situación actual	:	Paralización de operaciones en 1974.

1.5.19 ESPIRITU SANTO

Segunda instalación del cerro Bellavista, el 24 de julio debido al intenso temporal que azotó la quinta región, hubo derrumbes en partes del cerro, los cuales dejaron la estación inferior totalmente obstruida. En 2010 paraliza sus actividades por falta de público hasta junio de 2014, donde reabre sus puertas luego de ser remodelado. Actualmente es parte del denominado grupo 1 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.20. Ascensor Espíritu Santo.

Nombre	:	Espíritu Santo.
Propietario	:	Ilustre municipalidad de Valparaíso.
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores de Valparaíso S.A.
Cerro	:	Bellavista.
Estación baja	:	Calle Aldunate.
Estación superior	:	Calle Rudolph.
Fecha de construcción	:	8 de mayo de 1911.
Fecha de inauguración	:	24 de diciembre de 1911.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	66 metros.
Altura	:	46 metros.
Pendiente	:	44,5 grados.
Equipo motriz original	:	Hidráulico - Balanza de agua.
Remodelación	:	Motor eléctrico CA 50 HP.
Situación actual	:	Operativo desde 2012, en vías de ser restaurado.

1.5.20 MONJAS

Cuenta con la particularidad de atravesar sobre la Calle 18, lo que en sus inicios le significaba pagar por su uso mensual. A dos año de su inauguración fue paralizado por temas de seguridad, en 1958 sufrió un incendio por cortocircuito y luego de varias detenciones por problemas en sus vía, acompañado de la baja en su público paralizó sus actividades en 2009. Es parte del mayor mito existente entre los ascensores, el cual dice que bromistas ingresaron un burro al carro haciendo ascender hasta la estación superior. Actualmente es parte del denominado grupo 4 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.21. Ascensor Monjas.

Nombre	:	Monjas.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores de Valparaíso S.A.
Cerro	:	De Las Monjas.
Estación baja	:	Subida Baquedano.
Estación superior	:	Calle Bianchi.
Fecha de construcción	:	29 de agosto de 1912.
Fecha de inauguración	:	A fines de 1912.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	110 metros.
Altura	:	70 metros.
Pendiente	:	39,8 grados.
Equipo motriz original	:	Motor a vapor.
Remodelación	:	Motor eléctrico CC 38 HP.
Situación actual	:	Paralización de operaciones en septiembre de 2009, en vías de restauración.

1.5.21 PLACERES

Ascensor ubicado en lo que hoy es la arteria principal de Valparaíso, Av. España, hasta un costado de la Universidad Técnica Federico Santa María. En 1952 se anuncia su paralización por falta de público, para luego volver a funcionar entre 1965 y 1971 antes de su cierre total.

Tabla 1.22. Ascensor Placeres.

Nombre	:	Placeres.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	Empresas de transporte colectivos.
Cerro	:	Placeres.
Estación baja	:	Avda. Placeres N°165.
Estación superior	:	Avda. Placeres N°195 con Elkins.
Fecha de construcción	:	29 de septiembre de 1912.
Fecha de inauguración	:	A mediados 1913.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	
Pendiente	:	
Equipo motriz original	:	Motor a vapor.
Remodelación	:	Motor eléctrico.
Situación actual	:	Término de operaciones en 1971.

1.5.22 VILLASECA

Se suele confundir la fecha de inauguración debido al acuerdo municipal del 31 de marzo de 1907. Único ascensor que pasa por sobre 2 calles y en donde en un comienzo debió pagar por uso de la vía pública. Los carros transportaban hasta 25 personas cada uno. Considerado el "ascensor de los milagros" debido a varios accidentes de grandes dimensiones pero sin lamentar víctimas fatales. Finalmente dejo de operar debido a la construcción del túnel de ingreso al puerto para camiones, el cual provocó derrumbe en la estación inferior. Actualmente es parte del denominado grupo 4 en el proyecto de restauración del Gobierno.

Tabla 1.23. Ascensor Villaseca.

Nombre	:	Villaseca.
Propietario	:	Gobierno Regional.
Antiguo Propietario	:	Compañía de ascensores de Valparaíso S.A.
Cerro	:	Playa Ancha.
Estación baja	:	Calle Varas.
Estación superior	:	Pedro León Gallo N°506.
Fecha de construcción	:	1907.
Fecha de inauguración	:	18 de octubre de 1913.
Monumento Nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	155 metros.
Altura	:	59 metros.
Pendiente	:	24 grados.
Equipo motriz original	:	Motor a vapor.
Remodelación	:	Motor eléctrico CA 50 HP.
Situación Actual	:	Paralización de operaciones en 2007, en vías de restauración.

1.5.23 SAN AGUSTÍN

Segundo ascensor ubicado en el cerro Cordillera. Actualmente se encuentra operativo y remodelado a partir de 2012, con la particularidad de que hoy en día su estación superior cuenta con un café restaurant con vista privilegiada a la sala de máquina.

Tabla 1.24. Ascensor San Agustín.

Nombre	:	San Agustín.
Propietario	:	Ilustre municipalidad de Valparaíso.
Antiguo propietario	:	Municipalidad de Valparaíso.
Cerro	:	Cordillera.
Estación baja	:	José Tomás Ramos.
Estación superior	:	Calle Canal.
Fecha de construcción	:	11 de julio de 1913.
Fecha de inauguración	:	A fines de 1913.
Monumento nacional	:	Decreto N°866 del 1 de septiembre de 1998.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	51 metros.
Altura	:	32,5 metros.
Pendiente	:	35,5 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	Motor eléctrico 32 HP.
Situación actual	:	Operativo y remodelado, 2012.

1.5.24 MERCED

El ascensor de más corta vida en la ciudad, tan corta que muchos han dudado de su existencia.

Tabla 1.25. Ascensor Merced.

Nombre	:	Merced.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	Compañía de ascensores.
Cerro	:	Merced y La Virgen.
Estación baja	:	Pasaje Macario Briones N°1 con callejón Casablanca, altura Canciani.
Estación superior	:	Pasaje ascensor.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	20 de febrero de 1914.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	60 metros.
Altura	:	50 metros.
Pendiente	:	53 grados.
Equipo motriz original	:	Balanza de agua.
Remodelación	:	
Situación actual	:	Término de operaciones en 1915.

RAMADITAS

Luego de un intenso y prolongado temporal de lluvia, el cual provocó derrumbes en parte del cerro, soportes de las líneas y la destrucción de la estación baja. El ascensor dejo de funcionar debido al nulo interés de restaurarlo.

Tabla 1.26. Ascensor Ramaditas.

Nombre	:	Ramaditas
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	Ramaditas.
Estación baja	:	Avda. Santa Elena N° 479.
Estación superior	:	Federico Costa, camino de los Pozos o de los Polleros.
Fecha de construcción	:	Julio de 1913.
Fecha de inauguración	:	21 de noviembre de 1914.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	75 metros.
Altura	:	50 metros.
Pendiente	:	47 grados.
Equipo motriz original	:	Motor a vapor.
Remodelación	:	
Situación actual	:	Término de operaciones el 14 de agosto de 1941.

1.5.25 POLANCO

Uno de los tres ascensores verticales construidos, su estación inferior es subterránea y su ingreso es por un túnel de 157 metros de longitud y 2,5 metros de diámetro. En 1983 el ascensor estuvo cerrado por 2 años debido a que una mujer cayó al vacío desde el puente. Actualmente se encuentra operativo y remodelado desde el 2012.

Tabla 1.27. Ascensor Polanco.

Nombre	:	Polanco.
Propietario	:	Ilustre municipalidad de Valparaíso.
Antiguo propietario	:	Compañía nacional de ascensores.
Cerro	:	Polanco.
Estación baja	:	Calle Simpson.
Estación media	:	Calle Carvallo.
Estación superior	:	Calle Valderrama y Arlegui (puente).
Fecha de construcción	:	1913.
Fecha de inauguración	:	8 de junio de 1916.
Monumento nacional	:	Decreto N°556 del 18 de junio de 1976.
Tipo	:	Ascensor.
Largo de recorrido	:	57 metros.
Altura	:	57 metros.
Pendiente	:	90 grados.
Equipo motriz original	:	Motor eléctrico.
Remodelación	:	No.
Situación actual	:	Operativo y remodelado, 26 de septiembre de 2012.

1.5.26 DELICIAS

Su existencia es controversial y de pocos antecedentes. Uno de los ascensores construidos lejano al plan, su estación inferior estaba a 70 metros de altura. Dejo de operar debido al aumento de locomoción en el sector.

Tabla 1.28. Ascensor Delicias.

Nombre	:	Delicias, Las Zorras, El Hogar.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	Las Delicias.
Estación baja	:	Avda. G. Washington con Psje. los Ingleses.
Estación superior	:	Calle Antofagasta.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	1921.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular
Largo de recorrido	:	
Altura	:	
Pendiente	:	
Equipo motriz original	:	
Remodelación	:	No.
Situación actual	:	Término de operaciones en 1960.

1.5.27 LAS CAÑAS

La paralización de operaciones se debió a un grave accidente ocurrido el 24 de junio de 1980 a las 20:30 horas, en el cual se rompió uno de los ejes de los tambores de enrollamiento y posteriormente ambos cables, lo cual provocó que los carros precipitaran desde 30 y 70 metros de altura, provocando 3 heridos de gravedad y la destrucción de la estación inferior. Cabe señalar que milagrosamente el carro que cayó de mayor altura se encontraba vacío.

Tabla 1.29. Ascensor Las Cañas.

Nombre	:	Las Cañas.
Propietario	:	Samuel y Jaime Morgenstern.
Antiguo propietario	:	Banco del Estado.
Cerro	:	Las Cañas.
Estación baja	:	Calle Luis Cousiño N°121.
Estación superior	:	Avda. Alemania 9573.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	1925.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular
Largo de recorrido	:	117 metros.
Altura	:	89 metros.
Pendiente	:	50 grados.
Equipo motriz original	:	Máquina a vapor.
Remodelación	:	Motor eléctrico CC 33 HP.
Situación actual	:	Paralización de operaciones en 24 de junio de 1980.

1.5.28 VAN BUREN

Ascensor vertical de uso privado, construido después del terremoto en 1906 en reemplazo del ascensor Hospital San Juan de Dios, el cual resulto destruido por completo. Remodelado el 8 de noviembre de 2012 y actualmente operativo.

Tabla 1.30. Ascensor Hospital Van Buren.

Nombre	:	Hospital Van Buren
Propietario	:	Hospital Carlos Van Buren
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	
Estación baja	:	Patio posterior hospital.
Estación superior	:	Pabellón clínico.
Fecha de construcción	:	1928.
Fecha de inauguración	:	1929.
Monumento nacional	:	Decreto N°369 del 6 de septiembre de 2010.
Tipo	:	Ascensor.
Largo de recorrido	:	24,5 metros.
Altura	:	21 metros.
Pendiente	:	65 grados.
Equipo motriz original	:	Motor eléctrico.
Remodelación	:	
Situación actual	:	Operativo y remodelado, 8 de noviembre de 2012.

1.5.29 PERDICES

Último ascensor en ser instalado y el que se construyó más hacia el interior del cerro, segundo en ser inaugurado con motor eléctrico en su sistema motriz original. Dejo de funcionar por quemadura en su embobinado y quiebre del eje motor en 1968. El 13 de enero de 1970 se remataron sus rieles y carros.

Tabla 1.31. Ascensor Perdices.

Nombre	:	Perdices.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	Perdices.
Estación baja	:	Calle Cajilla (200 metros arriba del ascensor Santo Domingo).
Estación superior	:	Avda. Alemania (puente).
Fecha de construcción	:	1930.
Fecha de inauguración	:	19 de septiembre de 1931.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Funicular.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	
Pendiente	:	
Equipo motriz original	:	Motor eléctrico 32 HP.
Remodelación	:	
Situación actual	:	Término de operaciones en 10 de febrero de 1968.

1.5.30 PORTALES

Muy poco conocido y generalmente olvidado entre los ascensores de Valparaíso, de característica vertical conectaba lo que hoy es la Av. España con la calle Barros Arana a través de una pasarela muy similar al ascensor Polanco. Ubicado al costado del ex matadero (hoy INACAP) en las faldas del cerro Esperanza. Sus escasos datos históricos confirman su existencia en 1910 pero no son preciso con su desaparición.

Tabla 1.32. Ascensor Portales.

Nombre	:	Portales, Matadero.
Propietario	:	
Antiguo propietario	:	
Cerro	:	Esperanza.
Estación baja	:	Subida Numancia.
Estación superior	:	Barros Arana.
Fecha de construcción	:	
Fecha de inauguración	:	1910.
Monumento nacional	:	No.
Tipo	:	Ascensor.
Largo de recorrido	:	
Altura	:	
Pendiente	:	90°
Equipo motriz original	:	
Remodelación	:	
Situación actual	:	Desaparecido sin mayor información.

CAPÍTULO 2:

ESTADO DEL ARTE

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 GENERAL [11], [12], [13], [14]

Según cifras entregadas por el sitio "Mi Entorno" a octubre de 2014, el crecimiento de edificios ha evidenciado un comportamiento explosivo y de carácter exponencial, concentrándose en pequeñas comunas del país [11]. Siendo Providencia con 2.065 edificaciones la comuna con más construcciones en altura, seguido de cerca por Viña del Mar (1.972), Las Condes (1.841) y Santiago (1.650). Un poco más abajo Valparaíso (922), Concepción (754), Rancagua (719) y Antofagasta (706) en regiones. Aumento que simboliza el avance prospero del vecindario, y este a su vez del país, el cual se ha vuelto conocido internacionalmente como uno de los más sólidos del continente, teniendo en los últimos años una economía de crecimiento sostenido [13].

Hoy en Chile, según el primer catastro de construcciones en altura, efectuado por la plataforma web, ya hay más de 30 mil edificios. De estos inmuebles 18.502 (60%) están en la Región Metropolitana, 4.799 (16%) en la Región de Valparaíso, 1.703 (6%) en la del Biobío y el resto a lo largo de todo el país. Evidenciando también la aparición de edificios en zonas rurales como Monte Patria (1), La Cruz (2) o Santa María (24) entre otros, lo que hace algunos años era impensado. Esta situación demuestra un cambio en el tipo de vivienda preferida por los chilenos, adquiriendo una valorización de la centralidad en sacrificio del espacio, situación que coincide igualmente con la falta y encarecimiento del suelo urbano en algunas regiones, que solo tiene la opción de crecer en altura por características geográficas del lugar.

Según balances de edificación dado a conocer por la Comisión de Estudios Habitacionales y Urbanos, del Ministerio de Vivienda, hasta abril de 2013 en Santiago

se construían 95 departamentos por cada casa demolida. Mientras que en Providencia, en la última década, solo se construyeron 31 casas y en 2012 ni siquiera se levantó una. Otro dato de importancia es que hasta agosto de 2013, 34.850 casas y 33.580 departamentos estaban siendo construidos en el país, alcanzando una igualdad en la proporción por primera vez en la historia.

Bajo este contexto de alza progresiva en las edificaciones es que el ascensor cobra vital protagonismo, pues es el equipo determinante que permite el normal funcionamiento de estas estructuras de gran altura, ya que controla el libre tránsito a todos los niveles de un edificio. De los antecedentes señalados por el Organismo General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.) se establece que las edificaciones sobre los seis pisos deben poseer al menos dos ascensores (Anexo A). De los datos entregados anteriormente resulta fácil hacer la interpolación para obtener el número de ascensores aproximado, ya que si se considera al menos un ascensor por edificación el resultado es de consideración, siendo estos valores conservadores pues un edificio convencional debe contemplar al menos dos ascensores por unidad, llegando incluso a rascacielos con 25 equipos [14].

Este auge que experimenta el país, y se prevé siga en constante aumento, trae consigo un continuo mejoramiento, y es así como el rubro de transporte vertical no ha quedado ajeno, ya que en los últimos años ha experimentado un crecimiento impresionante, tanto en su masividad como en innovación. Prueba de ellos es que actualmente el país cuenta con el rascacielos más alto de Iberoamérica, la Gran Torre Santiago edificio de 300 metros de altura ubicado en la capital quien posee ascensores expresos, equipos de última generación que pueden recorrer 60 metros en 7 segundos (25 Km/h) [12] y cerca de 20 ascensores inteligentes, los cuales están destinados a disminuir los tiempos de espera en los pasajeros.

Se estima que anualmente se instalan unos 1.500 equipos nuevos, a cargo en su mayoría de tres grandes compañías transnacionales (OTIS, SCHINDLER y THYSSENKRUPP) las cuales manejan el 80% del mercado nacional, mientras que el 20% restante es cubierto por cerca de 140 empresas de menor tamaño. Estas son las encargadas de llevar a cabo labores de mantenimiento, reparación, instalación y certificación de equipos, significando una elevada demanda de profesionales y empresas que atiendan a sus necesidades. Se calcula que los ascensores trasladan entre 5 y 10 millones de personas al día, lo que se traduce a cerca de 1.800 viajes en una sola jornada de trabajo.

2.2 NORMATIVA [15], [16], [17], [18], [28]

Junto con este crecimiento exponencial en un corto plazo de tiempo, es que ha surgido la necesidad de crear leyes y normas competentes para atender a las necesidades de los chilenos, y así aportar con el desarrollo al rubro de transporte vertical. Estas normas se han logrado en gran medida por sus pares internacionales, las cuales son reacondicionadas a las necesidades del país.

Hoy en día Chile posee leyes y normas para el transporte vertical, más precisamente para ascensores verticales eléctricos e hidráulicos, equipos antiguos y nuevos, así como también para montacargas y funiculares. Estas han ido en respuesta acorde a las solicitudes que el mercado necesita y sus usuarios, pues este creciente uso de los ascensores hoy en día necesita imperantemente una entidad que lo regule y fiscalice para evitar accidentes. Es por ello que en 2008 surge la Ley 20.296 la cual establece disposiciones para la instalación, mantención e inspección periódica de los ascensores y otras instalaciones similares. Esta última llegó a complementar las normas chilena realizadas por el INN 440 (oficializada en 2000) y 2840 (oficializada en 2004), encargadas de establecer el cumplimiento de requisitos de seguridad e instalación en la

construcción de elevadores así como también los procedimientos de inspección en la construcción de elevadores, tanto para ascensores y montacargas eléctricos e hidráulicos (respectivamente). Destacando también la existencia de normas técnicas aun no oficializadas, orientadas a cubrir ámbitos específicos dentro del área de la elevación de carga como a requisitos de diseño, instalación y operación frente a sismos (NTM 006), para ascensores y montacargas eléctricos existentes antes del 24 de octubre de 2010 (NTM 008), así como también para transporte inclinado o funiculares (NTM 009 o su similar NCh 3365).

Según cifras de bomberos se atienden 350 llamados de emergencia anualmente, generalmente por personas que quedan atrapadas en el interior de la cabina. Con respecto a accidentes fatales, actualmente son poco frecuentes en el país pero han ido en aumento los últimos cinco años, teniendo un promedio de 1,5 personas fallecida por año a inicios de 2015, registrando el evento de mayor consecuencia en 1995 donde perdieron la vida 10 personas. Situación que se proyecta disminuir con el surgimiento de normativas mucho más exigentes que buscan regular el rubro y profesionalizar a sus trabajadores, para así generar mayores condiciones de seguridad e informar a las personas [15]. Es por eso, que el Gobierno planea a partir de a mediados de 2016 asegurar que sea obligatoria una mantención mensual a todos los ascensores, destacando que los de uso residencial sean certificados cada dos años y los que están en oficinas sean visados cada un año.

Sin embargo, los ascensores patrimoniales de Valparaíso viven una situación totalmente opuesta, debido a que no existe legislación ni normas oficiales que sean de aplicación obligatoria a los equipos esto expuesto explícitamente en la ley 20.296 en el decreto con fuerza de ley Nº 458, de 1975, del MINVU, que fija el texto de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, el artículo 159 bis [28]:

“Los ascensores, tanto verticales como inclinados o funiculares, montacargas y escaleras o rampas mecánicas, que se emplacen en edificios privados o públicos, deberán ser instalados y mantenidos conforme a las especificaciones técnicas de sus fabricantes y a las disposiciones que al efecto determine la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.”

Sumado a lo que se desprende del documento “Historia de la Ley 20.296” [16]:

“La señora asesora del Ministerio de Vivienda y Urbanismo expresó que el Ejecutivo estaría dispuesto a incorporar en forma expresa a los ascensores inclinados o funiculares, destacando que, en todo caso, la iniciativa no regulará a los equipos de transporte público, como los ascensores de Valparaíso.

[…]

En relación al proyecto de ley, propuso modificar, en el artículo 159 bis, la frase “propiedades privadas o públicas” por “edificios privados o públicos”, a fin de circunscribir la obligación de instalación y mantención a aquéllas que son parte de un edificio, cubriendo el 99% de los casos. Con ello, destacó, se excluyen las que no son parte de un edificio, como el teleférico y el funicular del cerro San Cristóbal, por ejemplo, y el funicular y las sillas en canchas de ski, pudiéndose señalar excepciones, tales como los ascensores de Valparaíso, del cerro Santa Lucia y similares. En cualquier caso, añadió, se estima que las instalaciones que no son parte de un edificio son menos del 1%, y tienen un propietario y/o administrador conocido, que habitualmente renta el servicio.”

Con respecto a lo referido a la gestión y protección del patrimonio nacional, el cuerpo jurídico principal en esta materia es la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales, la que data de 1970 y sus antecedentes directos se remontan a 1925, con el Decreto Supremo Nº 3500, que encarga a una comisión la redacción de un proyecto de ley sobre monumentos nacionales, y de posterior Ley 651, del mismo periodo, que en definitiva crea el Consejo de Monumentos Nacionales y establece las disposiciones para nuestros monumentos que rigieron los siguientes 45 años. En 1969 el Poder Ejecutivo presentó al Congreso el denominado "Proyecto de Ley que establece la protección del Patrimonio Histórico Cultural del Estado", que luego cambiaría esta última expresión por "el país" y que al año siguiente entraría en vigencia como Ley Nº 17.288 [17].

Actualmente se cuenta con una propuesta de reforma de la Ley de Monumentos Nacionales, con una Reforma de la Ley de Donaciones Culturales, vigente a partir de enero del 2014, y un proyecto de ley que crea el Ministerio de Cultura. Este último aplazado reiteradas veces por los distintos periodos de Gobiernos desde 2010, todo esto contextualizado en el elevado número de cambio de Ministros de Cultura, el más reciente en mayo de 2015 donde se dijo partir de cero e invito a distintos funcionarios de áreas especializadas en colaborar en la conformación del nuevo ministerio, pero que hasta la fecha no se tiene noticias concretas.

Es importante destacar, que durante el 2013 se avanzó en la salvaguarda del patrimonio con el beneficio tributario para propietarios de monumentos nacionales, todos los cuales han sido incorporados como beneficiarios de la Ley de Donaciones con Fines Culturales en virtud de la Ley 20.675 [18].

2.3 CERTIFICACIÓN

Con respecto a las certificaciones, es el MINVU el encargado de realizar las modificaciones al O.G.U.C., estos cambios comenzarán a regir seis meses después de la publicación en el Diario Oficial el Reglamento del Registro Nacional, esto es para otorgar un plazo prudente para que se inscriban en él los instaladores, mantenedores y certificadores. Los documentos de las certificaciones deberán ingresarse a la respectiva Dirección de Obras Municipales donde se archivarán en el expediente del permiso de edificación, que se encargará de informar al juez de Policía Local del incumplimiento con el fin de que se apliquen las multas. Así como también, una vez realizada la certificación se colocará un sello en el ascensor informando el cumplimiento de este.

En Chile los organismos de inspección y certificación no deben estar comprometidos en ninguna actividad que pueda crear conflictos con su independencia de juicio e integridad respecto a sus actividades de inspección. En particular, no deben estar relacionados directamente o indirectamente con el diseño del equipo, instalador, propietario, fabricación, suministro de repuesto, mantenimiento o uso.

Actualmente, el único organismo de inspección de ascensores acreditado por el Instituto Nacional de Normalización (INN) es el IDIEM (Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales) de la Universidad de Chile.

En Chile la cantidad de certificadores es muy limitada, registrando 29 hasta la fecha (Agosto de 2016) [29], los cuales no alcanzan a cubrir la demanda de los miles de ascensores a lo largo y ancho del país. Además de concentrarse mayoritariamente en la zona centro con 26 certificadores (24 en la región metropolitana y 2 en Valparaíso),

solo dos en la zona sur (Temuco y Cunco) y un último ubicado en Rancagua, dejando completamente a la deriva la zona norte y el resto de localidades del país (ANEXO B).

2.4 FUNICULARES [19]

Los funiculares o ascensores inclinados por su parte significan hoy en día un porcentaje pequeño en comparación a los tradicionales o verticales, concentrándose sola en la zona centro del país. El funicular metropolitano y el del Cerro 18 en Santiago, los ascensores patrimoniales en Valparaíso, dos unidades en ESVAL de la quinta región, algunos más en Viña del Mar y una unidad en Curicó completan la lista de los existentes en Chile actualmente. Considerando también algunos proyectos como el que se construirá en el morro de Arica, muestran el interés de este medio de transporte en el plano nacional, esto incitado en cierta parte por el privilegio de haber contado con esta tecnología en los años de su nacimiento a fines del 1883 con el apogeo del puerto de Valparaíso.

Con respecto al plano legislativo, la situación hoy en día es similar al ascensor vertical pero en menor medida debido a su menor popularidad, en el plano nacional solo se cuentan con dos normas, la NTM 009 y NCh 3365, las cuales ambas establecen los requisitos para equipos de transporte vertical tanto para ascensores como montacargas inclinados o funiculares, con la única diferencia de que la primera fue elaborada por el MINVU (2013) y la otra por el INN (2015). Como se mencionaba anteriormente estas normas son actualizaciones de acuerdo a los intereses del país de normas o legislaciones internacionales, los funiculares particularmente son fuertemente influenciadas por normas provenientes de España, destacando el “Pliego de condiciones técnicas para la construcción y explotación de las instalaciones de teleféricos y funiculares para transporte de viajes” [19].

2.5 ASCENSORES PATRIMONIALES

Actualmente la ciudad de Valparaíso cuenta con 9 ascensores en funcionamiento (Concepción, Cordillera, Artillería, Reina Victoria, Barón, Espíritu Santo, San Agustín, Polanco y Van Buren) de los cuales solo algunos están restaurados o reacondicionados completamente, 6 detenidos en proceso de recuperación (El Peral, Mariposa, Florida, Larraín, Monjas y Villaseca), 3 detenidos sin compromisos de restauración (Lecheros, Santo Domingo y La Cruz) y 13 totalmente eliminados por diversas razones entre las que destacan derrumbes, incendios, terremotos, fallas mecánicas y baja rentabilidad a medida pasaban los años.

De los 18 ascensores en total que se preservan (unos en mejores condiciones que otros) hasta el día de hoy en la ciudad, solo 16 han sido declarados Monumentos, quedando aún 2 sin esta condición (Santo Domingo y La Cruz). Esta situación los deja totalmente expuestos sin ninguna protección que una propiedad de estas características históricas merece, dejando nula posibilidad de alguna intervención por parte del Gobierno. Cabe señalar además que de los 3 ascensores que no presentan proyectos de restauración en el corto plazo, uno de ellos, específicamente el ascensor Lecheros inició a principio de este año los procesos para su adquisición por parte de la municipalidad, situación que ya ocurrió con el ascensor Santo Domingo y otros 9 en 2012. Quedando solamente el ascensor La Cruz en una condición altamente riesgosa para su preservación debido a que no es considerado Monumento y aún es propiedad de un privado luego de su remate en 2008.

Esta situación enmarca claramente el proceso que empezó hace mediados de 2010 el Gobierno de turno, con la intenciones de compra de todos los que aún se mantenían en manos de privados, y el inicio de la búsqueda por preservar estos bienes inmueble que

sin duda han dejado huella en la sociedad porteña y que hoy en día somos privilegiados testigo de la materialización de proyectos orientados a preservar los ascensores patrimoniales de Valparaíso. En este contexto es que nace a fines de 2013 el proyecto expuesto en el presente trabajo denominado "Restauración nueve ascensores de Valparaíso" que propone recuperar y restaurar 9 ascensores en el periodo comprendido entre 2016 - 2019.

Si bien es cierto estos equipos datan de hace más de cien años de antigüedad en promedio, es impresionante observar como sus elementos mecánicos se conservan operativos hasta el día de hoy, a diferencia de sus pares eléctricos, pues estos experimentaron un desarrollo considerable a la fecha dejando inoperativo y obsoletos los sistemas utilizados en los equipos originales.

De los elementos mecánicos que conforman estos equipos, si bien sufrieron un avance tecnológico a la fecha, su funcionalidad y lógica de operación sigue siendo la misma, solo haciendo la diferencia de que los equipos considerados son relativamente de mayor tamaño debido a su sobredimensión de los ingenieros de aquella época en comparación a los de hoy en día. En palabras simples hoy en día para diseñar un funicular se ocuparía una sala de máquina cuyo volumen seria al menos la mitad de lo que considera los existentes en los ascensores patrimoniales, logrando una disminución en su materiales, dimensiones, costos y tiempos de construcción, pero la teoría de funcionamiento y diseño de sus piezas mecánicas no variaría mayormente a lo que vemos en los equipos históricos.

CAPÍTULO 3:

MARCO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3 MARCO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 ADQUISICIÓN DE ASCENSORES POR PARTE DEL ESTADO

En 2012, el estado chileno en reconocimiento de su valor patrimonial y con miras de establecer su recuperación, preservación e incorporación definitiva como medio de transporte a la región, es que compró diez ascensores de Valparaíso declarados Monumentos Históricos, que aún estaban en manos de empresas privadas y la mayoría sin funcionar hace algunos años (solo dos operativos y en funcionamiento).

La inversión realizada por el Estado, posteriormente fue acompañada por el proyecto "Restauración nueve ascensores de Valparaíso" impulsado a fines del año 2013. El cual consiste en el plan de diseño para la recuperación de nueve ascensores, de los diez comprados por el Gobierno Regional (el ascensor Santo Domingo no fue incorporado debido a que se cuenta solo con el terreno y muy pocos vestigios de sus instalaciones).

3.2 PROYECTO DE RECUPERACIÓN [19]

Para el correcto desarrollo del proyecto se establece la creación de cuatro grupos, los cuales quedaron conformados de la siguiente manera [19]:

- Grupo 1: Cordillera, Espíritu Santo y Concepción.

- Grupo 2: Florida y Mariposas.

- Grupo 3: Larraín y Artillería.

- Grupo 4: Monjas y Villaseca.

Estos grupos a su vez fueron designados a cuatro empresas privadas quienes serán los encargados de diseñar el plan de remodelación para cada uno de los ascensores. La creación de los grupos se realiza debido a que las estructuras son consideradas obras de gran deterioro, ya que datan de hace 133 a 85 años de antigüedad. Destacando que la gran mayoría no se encuentran operativos desde 2009 y ascensores como el Cordillera, Espíritu Santo, Concepción y Artillería están funcionando pero con remodelaciones parciales realizadas hace un par de años atrás. Es por ello que los daños y efectos del tiempo son visibles en cada una de sus instalaciones, sumado a la poca mantención y la inexistencia de planes de conservación.

El estudio a desarrollar contempla la realización de propuestas que cumplan con las aprobaciones en todas las instituciones correspondientes considerando proyectos y anteproyectos en el área de arquitectura, electromecánica, estudios de suelo y planos de rodadura. Se espera que la vida útil a considerar para el diseño en las obras futuras debe ser de 25 años como mínimo.

3.2.1 MATERIAL DISPONIBLE [20]

Para la correcta apreciación de las condiciones y características de los ascensores es que se disponen de documentos que van en directa colaboración para la elaboración del proyecto. Los documentos disponibles son tres principalmente, los cuales corresponden a diagnósticos técnicos realizados a los ascensores de Valparaíso, y que son la base de la propuesta. Los documentos son los siguientes:

➢ Diagnóstico electromecánico y plano inclinado de los ascensores no municipales de Valparaíso. Desarrollado por la Universidad Técnica Federico Santa María a solicitud del Gobierno Regional en noviembre y diciembre del año 2009, el cual incluye el análisis para 11 ascensores entregados en marzo de 2010.

➢ Diagnóstico de los aspectos arquitectónicos de los ascensores privados de Valparaíso. Estudio realizado por el Seremi de Obras Públicas a la Dirección Regional de Arquitectura del Ministerio de Obras Publicas de Valparaíso, donde se entregan detalles del nivel de deterioro de las estaciones, y en los casos que corresponda, de las casas que muchas veces eran parte de las instalaciones.

➢ Diagnóstico de la rentabilidad social de los ascensores de Valparaíso. Destinado a evaluar la factibilidad de compra de los ascensores privados identificando la rentabilidad social para 10 ascensores.

Adicionalmente estarán disponible los estudios realizados para la recuperación de los 5 ascensores municipales (Barón, Reina Victoria, Polanco, San Agustín y El Peral), así como la restauración del ascensor del Hospital Van Buren, ejecutados por la Dirección de Arquitectura del MOP en el año 2012.

3.2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo general del proyecto es preservar y poner en valor los ascensores de Valparaíso, a través de los proyectos integrales de diseño que permitan su recuperación y revitalización, a fin de generar una dinámica de desarrollo cultural para los habitantes de la comuna y región, conservando la estructura del conjunto patrimonial y rescatando esencialmente su condición de medio de transporte.

3.2.3 ETAPAS DEL PROYECTO

El plazo total para el desarrollo del proyecto es de 250 días corridos, en los cuales se estima la correcta realización de cinco etapas, las que son denominadas:

- Etapa 1: Estudios de situación original, diagnóstico y situación actual.

- Etapa 2: Partido general y criterios de intervención.

- Etapa 3: Anteproyecto de arquitectura, de estructura, plano inclinado, electromecánico y de especialidades.

- Etapa 4: Proyecto de arquitectura, de estructura, plano inclinado, electromecánico y de especialidades.

- Etapa 5: Aprobaciones.

3.3 LA EMPRESA

La empresa realiza servicios de inspección y certificación de equipos de transporte vertical electromecánicos, ya sean ascensores, funiculares o montacargas. Creada con el fin de atender principalmente a comunidades de edificios habitacionales que posean ascensores modernos o antiguos, con y sin cuarto de máquinas, además de edificios de oficinas, comerciales y otros inmuebles que lo soliciten, dentro y fuera de la región de Valparaíso.

3.3.1 MISIÓN

Entregar asesoramiento calificado a inmobiliarias, comités y profesionales de la administración en edificios corporativos públicos y privados, relacionado con el funcionamiento óptimo en sus equipos de transporte vertical, recomendaciones asociados a procesos de mantención y cualquier intervención en sus equipos de elevación.

3.3.2 VISIÓN

Ser una organización de servicios para el transporte vertical en Chile, y a su vez aportar en el desarrollo y perfeccionamiento del campo, capacitando profesionales especializados en el área de transporte vertical.

3.3.3 SERVICIOS

Dentro de los servicios entregados por la empresa se destaca la ITO (Inspección Técnica de Obra), cuya función es fiscalizar la correcta ejecución de trabajos de instalación de ascensores en edificaciones nuevas, modernizaciones de equipos antiguos y en reparaciones importantes que afecten el normal funcionamiento de estos. Además, se ofrece el peritaje de incidentes y accidentes en equipos de transporte vertical, junto con la elaboración y participación en proyectos que aporten directamente al beneficio del rubro del transporte vertical en Chile.

3.3.4 NORMAS [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29]

La inspección, certificación y evaluación de proyectos de ascensores se realizan bajo las siguientes normas chilenas:

- NCh 440/1 Of. 2000: Construcción – Elevadores – Requisitos de seguridad e instalación – Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos (para ascensores instalados después de la promulgación de la Ley 20.296 [28], año 2008).

- NTM 008 Of. 2013: Requisitos para equipos de transporte vertical. Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos existentes (para ascensores instalados antes de la promulgación de la Ley 20.296, año 2008).

- NCh 2840/1 Of. 2014: Construcción- Elevadores – Requisitos de inspección – Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos.

- NCh Elec. 4/2003: Electricidad. Instalaciones interiores de baja tensión.

- NTM 006 Of. 2013: Requisitos mínimos de diseño, instalación y operación para ascensores electromecánicos frente a sismos.

- NCh 3365 Of. 2015: Requisitos para equipos de transporte vertical – Ascensores y montacargas inclinados o funiculares.

Cabe destacar que la empresa aún no realiza certificaciones, ya que la normativa actual no lo exige, debido a la mínima cantidad de certificadores a nivel nacional (Se registran

29 hasta la fecha [29]) versus la cantidad de ascensores que existen en Chile, junto con la modificación que se debe realizar a la O.G.U.C. en materia de ascensores.

3.3.5 ORGANIGRAMA [30]

La empresa cuenta con un Gerente General que posee un vasto conocimiento en materia del transporte vertical en Chile. La Ilustración 3.1 muestra el organigrama de la empresa, que además de un Gerente General posee:

- Gerente de Administración y Finanzas: Responsable de la gestión financiera de la empresa, aplicar las políticas generales de recursos humanos, preparar los estados de cuenta. Junto con entregar soporte a todas las unidades, supervisando y manteniendo la normativa contable.

- Gerente de Inspección y Certificación: Es responsable de gestionar las inspecciones y certificaciones. Además, debe supervisar la realización del servicio brindado, para asegurar el cumplimiento de los estándares de la empresa siempre alineado con el marco legal que exige el país.

- Gerente de Proyectos: Encargado de la elaboración, evaluación y supervisión de proyectos relacionados con el transporte vertical.

- Gerente de Calidad: Cumple la función de realizar la revisión y aprobación de los documentos en la empresa, relativos a las inspecciones y certificaciones de los ascensores. Junto con esto, se encarga de la acreditación de la empresa bajo la NCh-ISO 17020:2012 [30] o alguna otra norma de calidad.

➢ Supervisores de Terreno: Personal encargado de supervisar y asegurar la integridad del equipo de trabajo, así como también fiscalizar el desempeño de la labor para asegurar los estándares de calidad estipulados por la empresa.

➢ Soporte Técnico e Informático: Encargados del área técnica e informática de la empresa, asegurando de mantener operativa la página web, softwares y periféricos de la oficina. Además de mantener el control de bodega supervisando el stock de implementos, siempre manteniendo el orden y organización de esta.

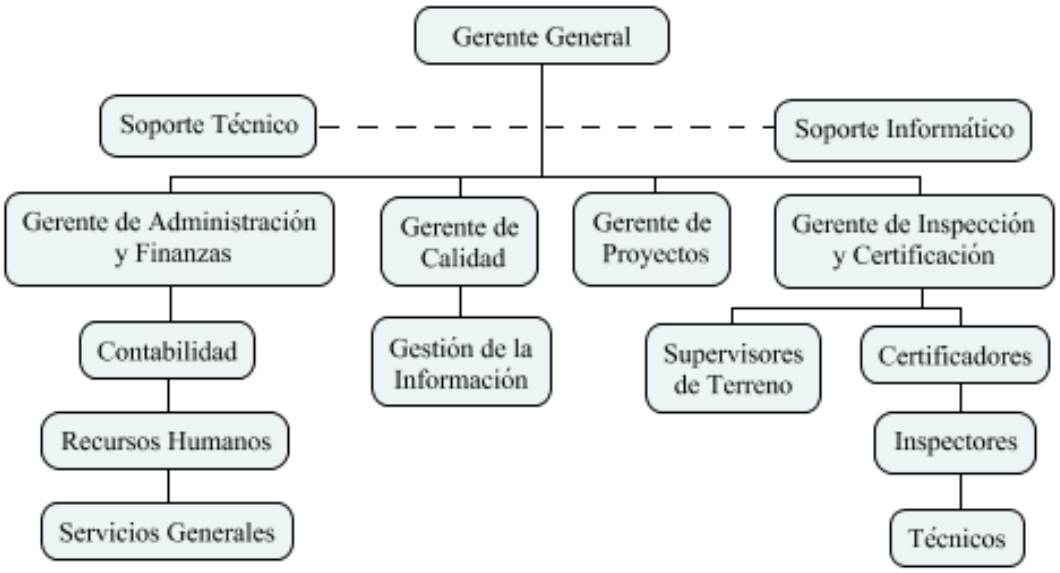


Ilustración 3.1. Organigrama de la empresa (Fuente propia).

CAPÍTULO 4:

LEVANTAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y SITUACIÓN ACTUAL

4 LEVANTAMIENTO, DIAGNÓSTICO Y SITUACIÓN ACTUAL

El presente capítulo contiene el levantamiento, diagnóstico y situación actual de los sistemas mecánicos del ascensor Villaseca inspeccionado en el mes de febrero del año 2015.

El alcance del levantamiento y diagnóstico contempla en primera instancia la identificación de todos los componentes, piezas y partes constituyentes de los siguientes sistemas y/o sub-sistemas:

- Máquina de arrastre: Sistema reductor de velocidad (cadena tipo Galle y engranajes de ruedas dentadas rectas), tambores de enrollamiento, estructura soportante y componentes menores asociados.

- Carros: Cabinas (paredes, piso, techo, puertas de acceso y componentes), chasis, elementos de rodado y sistemas de seguridad.

- Suspensión, arrastre y reenvío: Cables de arrastre y auxiliar, terminales de suspensión, poleas de reenvío y auxiliar.

- Plano de rodadura: Rieles guía, polines, cremallera de seguridad, durmientes, elementos de fijación y estructura soportante.

El apartado contiene también una síntesis de la conformación y funcionamiento de los sistemas del ascensor, además de la descripción de las tareas propias producto al levantamiento inicial todo esto apoyado por material fotográfico.

El diagnóstico de la situación inicial de los sistemas del ascensor se complementa con la conformación de una planilla que contiene el árbol morfológico en base a sistemas, sub-sistemas, componentes, piezas y partes, donde se detalla el diagnostico u observaciones referente al estado de conservación.

4.1 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL ASCENSOR

El ascensor Villaseca como se mencionó en capítulos previos es técnicamente un funicular, su funcionamiento es por medio de dos sendos tambores de arrastre los cuales están unidos solidariamente sobre un eje impulsado principalmente por un motor eléctrico, que al girar provoca el enrollamiento del cable de arrastre en uno de los tambores y el desenrollamiento en el otro, esta situación hace que el cable fijado en el otro extremo a los carros haga que suba y baje intermitentemente variando solo el sentido de rotación del sistema. Las cabinas provistas de ruedas viajan sobre un plano de rodadura conformado por rieles guía montados sobre un plano inclinado y este soportado por una estructura de acero anclada al cerro.

El equipo actualmente se encuentra fuera de servicio hace un tiempo aproximado de diez años, presentando un deterioro en sus partes mecánicas e infraestructura y la desaparición casi en su totalidad de las partes eléctricas y de control, salvo por el motor eléctrico.

Cabe recordar que el ascensor en sus inicios funcionaba por el principio de máquina a vapor, siendo reestructurado años posteriores al sistema eléctrico. Debido a esto es que se deduce que los equipos mecánicos, de interés para este informe, datan de una fecha cercana a los 80-90 años de antigüedad considerando su puesta en marcha hace 103 años.

4.2 MÁQUINA DE ARRASTRE

4.2.1 SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz incorporado en el ascensor Villaseca es de tipo arrastre, el cual está constituido por dos tambores de enrollamiento, un tren de reducción y el motor eléctrico. Los tambores son estructuras de acero de gran diámetro montados solidariamente sobre un eje cuya principal función es provocar el enrollamiento del cable de arrastre sobre la superficie de uno de los tambores y paralelamente desenrollar otro cable (de igual características e independiente) en el segundo tambor, lo que se traduce finalmente en el movimiento de ambos carros sobre el plano de rodadura.

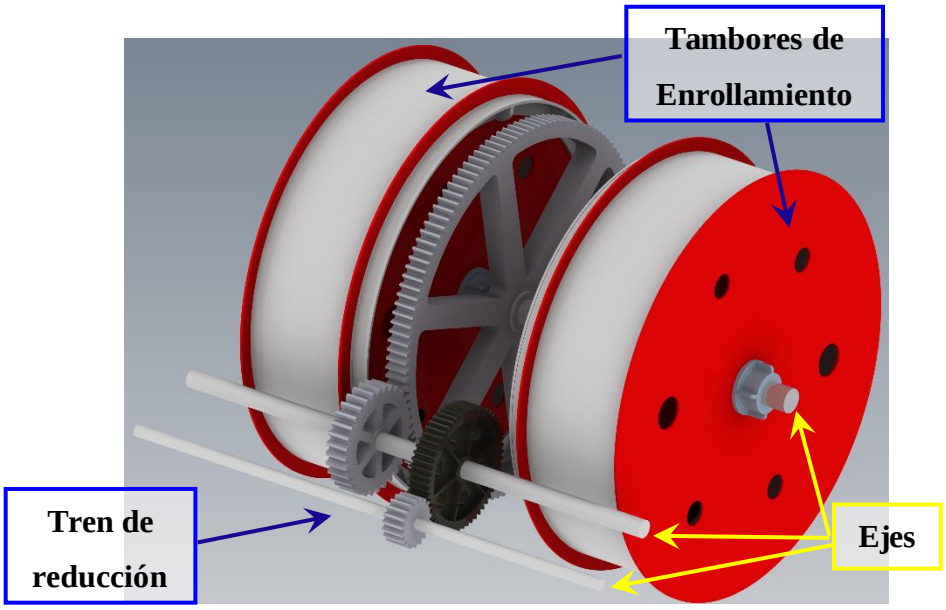


Ilustración 4.1. Tambores de enrollamiento y tren de reducción (Fuente propia).

El subsistema que provoca el movimiento rotacional de todo el sistema es un motor eléctrico acoplado a un tren de reducción conformado por dos juegos de engranajes de

dientes rectos como se aprecia en la Ilustración 4.1 (vista obtenida de la modelación del software INVENTOR), estas reducciones logran transformar las altas revoluciones y bajo torque del motor en un movimiento rotacional de baja velocidad y un elevado torque generado en los tambores.

El motor por su parte esta acoplado paralelamente al tren de reducciones por medio una cadena tipo Galle, siendo la primera reducción de un total de tres, como se muestra en la Ilustración 4.2.

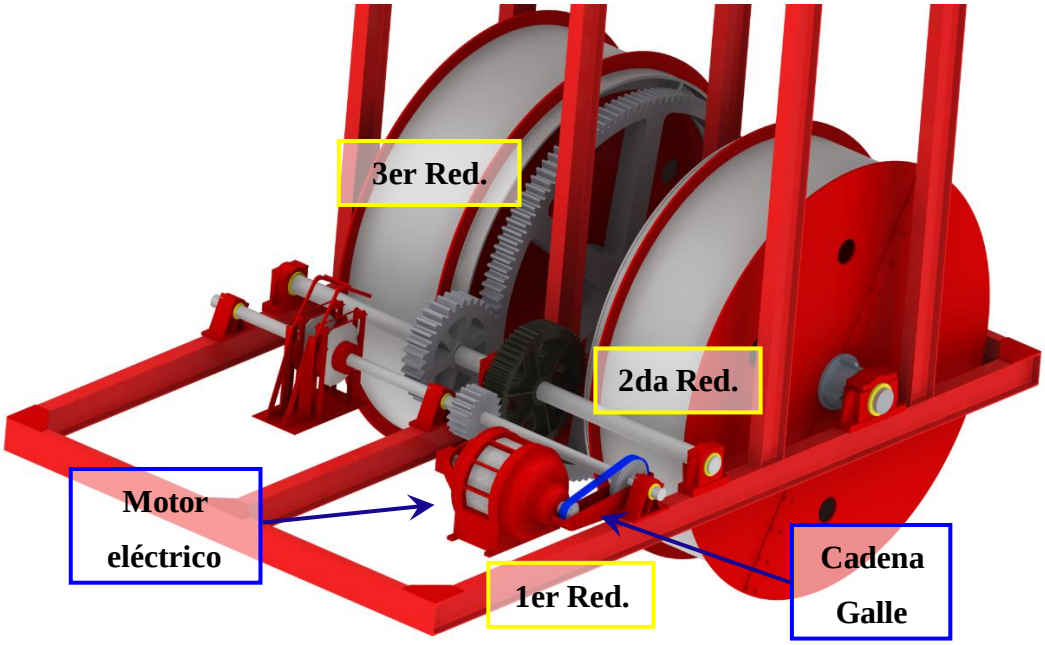


Ilustración 4.2. Sistema motriz ascensor Villaseca (Fuente propia).

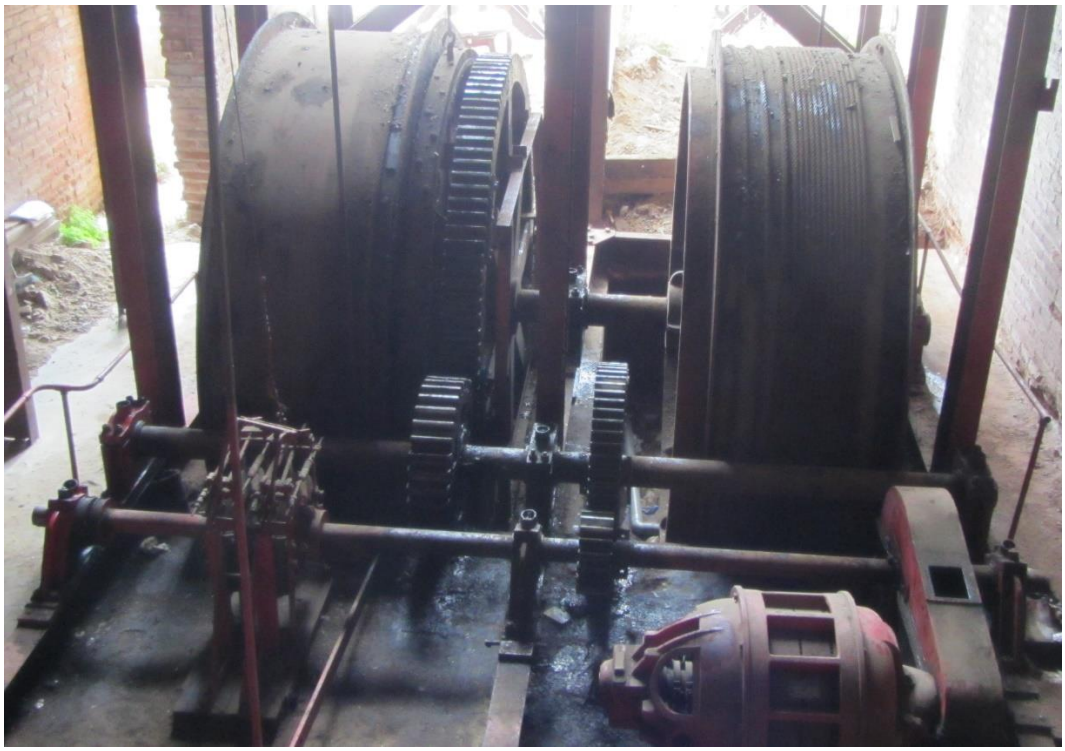


Ilustración 4.3. Fotografía de la vista superior del sistema motriz (Fuente propia).

4.2.2 SISTEMAS DE FRENOS

La máquina de arrastre como se aprecia en la Ilustración 4.3 posee dos subsistemas de frenos: el primero, un freno de doble disco cónico instalado en el primer eje del tren de reducción (Ilustración 4.4) y el segundo, un freno de banda (Ilustración 4.5) adosado a la superficie de una pestaña (Ilustración 4.6) acoplada en ambos tambores de enrollamiento. Ambos subsistemas de frenos en condiciones operativas son comandados por palancas y dispositivos (un pedal y manivela) accionados por el maquinista desde la sala de máquina.

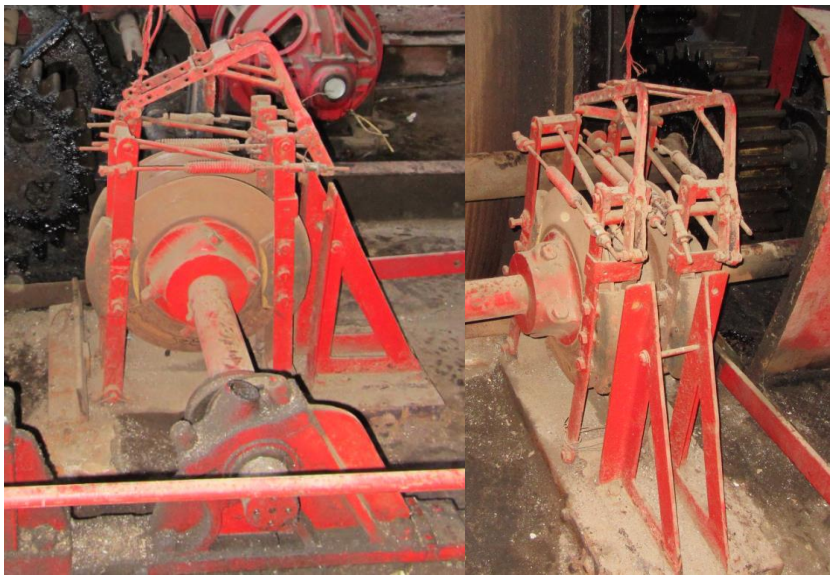


Ilustración 4.4. Freno de doble disco cónico (Fuente propia).



Ilustración 4.5. Freno de banda, pedal y manivela de control (Fuente propia).



Ilustración 4.6. Pestaña para banda de freno en tambor de enrollamiento (Fuente propia).

4.2.3 ESTRUCTURA SOPORTANTE Y COMPONENTES

La estructura que sirve como bancada o base para el sistema motriz está constituida por vigas de acero laminado tipo IPN y UPN, además de componentes mecánicos de unión como pernos, pletinas y cartelas para asegurar el acoplamiento de todas sus partes (Ilustración 4.7).



Ilustración 4.7. Bancada de la estructura soportante (Fuente propia).

Cabe señalar también que esta misma estructura soportante es utilizada para montar los sistemas de reenvió de cables (poleas de reenvió y auxiliar), como se aprecia en la imagen esquemática de la Ilustración 4.8.

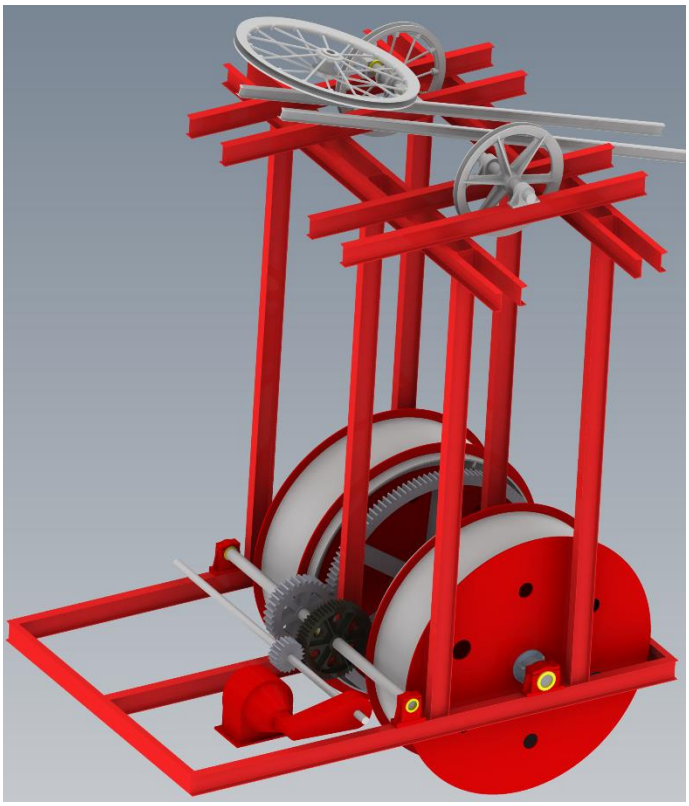


Ilustración 4.8. Estructura soportante sistema motriz y de reenvío de cables (Fuente propia).

Los elementos que complementan y permiten el correcto funcionamiento de los sistemas asociados a la estructura soportante del sistema motriz son los descansos mecánicos o chumaceras, los cuales para el sistema de arrastre se ubican en los extremos y centro de los tres ejes del tren de reducción. Los descansos implementados en el sistema son piezas de acero de tipo soporte de pie bi-partido (dos piezas) con

grasera superior por gravedad para llevar a cabo la lubricación y en su interior, acoplado un bujes bi-partidos de bronce para provocar el menor desgaste al momento de la rotación del eje (Ilustración 4.9).



Ilustración 4.9. Sistema de descansos en eje N°1 y N°2 (Fuente propia).

4.3 CARROS

El ascensor cuenta con dos carros, los cuales están compuesto principalmente por la cabina, chasis, sistema de rodado y de seguridad.

4.3.1 CABINA

La cabina es el cubículo formado por perfiles de acero en el cual se transportan los pasajeros y la carga que estos puedan llevar. Está elaborada por paredes y techo de planchas metálicas unida por remaches, piso y banca de madera, pasamano de acero e iluminación eléctrica en su interior. Posee una puerta de corredera metálica enchapada, la cual cuenta con un sistema de manivelas para permitir la abertura y cierre de esta

desde la cabina del maquinista, como se muestra en las fotografías de la Ilustración 4.10 e Ilustración 4.11.



Ilustración 4.10. Cabina y manivelas de control de puerta (Fuente propia).



Ilustración 4.11. Manivela de control de puerta desde la sala del maquinista (Fuente propia).

4.3.2 CHASIS

La estructura metálica encargada de soportar la cabina, y por ende el peso total sobre los carros, es el chasis. Está conformada por perfiles angular laminados logrando un armazón como el mostrado en la Ilustración 4.12, uniones de empernadura, remaches y cartelas.



Ilustración 4.12. Chasis del carro (Fuente propia).

4.3.3 ELEMENTOS DE RODADO

El conjunto formado por la cabina y el chasis para ambos carros se monta sobre los elementos mecánicos necesarios para permitir el movimiento de traslación sobre el plano de rodadura inclinado. Este subsistema está compuesto por las ruedas y ejes (los que giran solidariamente), bujes, portadados, dados y resortes de amortiguación, los que buscan lograr un movimiento de mayor uniformidad disminuyendo la vibración en

cabina. La fijación entre el subsistema de rodado y el chasis es por medio de empernadura entre los perfiles y el portadado como se muestra en la Ilustración 4.13.



Ilustración 4.13. Elementos de rodado (Fuente propia).

4.3.4 SISTEMA DE SEGURIDAD

Los subsistemas destinados a otorgar las medidas de seguridad mínima exigida y de accionamiento en caso de emergencia son dos: pletinas anti-vuelco y gancho de seguridad tipo “pico de loro”. El primero, está conformado por tres pares de pletinas de acero angulares de una holgura suficiente que permita el libre movimiento por sobre el riel guía pero que evite la inclinación o volcamiento excesivo del carro (Ilustración 4.14).

La segunda, es un subsistema de componentes de mayor complejidad que en caso de aflojamiento del cable de arrastre acciona inmediatamente dos ganchos que caen y provocan el enclavamiento sobre una cremallera de seguridad que acompaña todo el recorrido de los carros por sobre el plano de rodadura. El accionamiento se realiza 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 como se muestra en la parte inferior de la Ilustración 4.15.



Ilustración 4.14. Anti-vuelco en chasis del carro (Fuente propia).

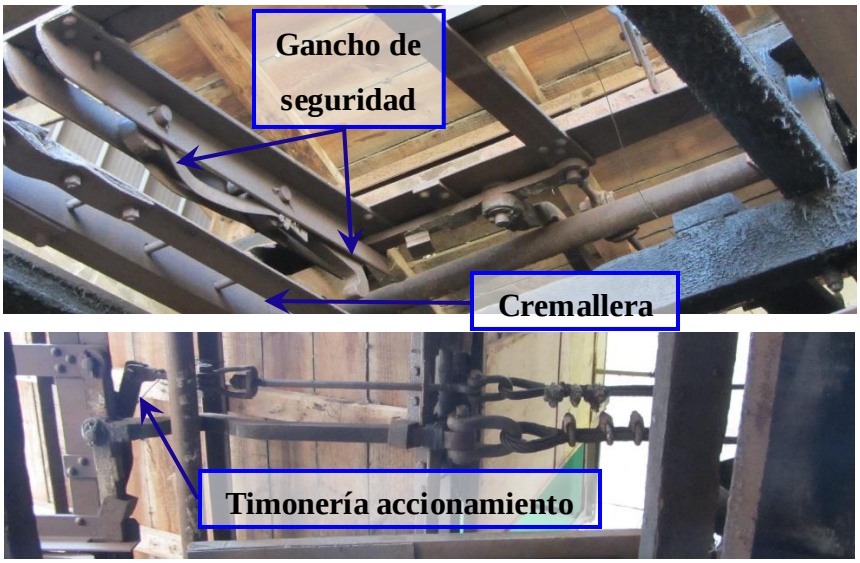


Ilustración 4.15. Gancho de seguridad y timonería de accionamiento por aflojamiento de cables (Fuente propia).

4.4 SUSPENSIÓN, ARRASTRE Y REENVÍO

4.4.1 CABLES

El sistema cuenta con dos cables de acero denominados de arrastre y auxiliar, el primero es enrollado sobre la superficie de los tambores con el objetivo directo de provocar el movimiento de ambos carros y el segundo de mayor diámetro, une ambos carros en busca de provocar la función de contrapeso. Los diámetros de los cables son de ¾" y 1" respectivamente.

4.4.2 TERMINAL DE SUSPENSIÓN

Ambos cables cuentan con similares terminales de suspensión en sus extremos, los cuales consideran un mínimo de tres abrazaderas, guardacabo y grillete. El cable de arrastre está unido al eje interior del tambor de enrollamiento por medio de una amarra sujetada por abrazaderas, y en su otro extremo al carro por un ojal formado por el guardacabo y reforzado por tres abrazaderas, estos 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 freno de emergencia de ganchos como se muestra en la Ilustración 4.16.

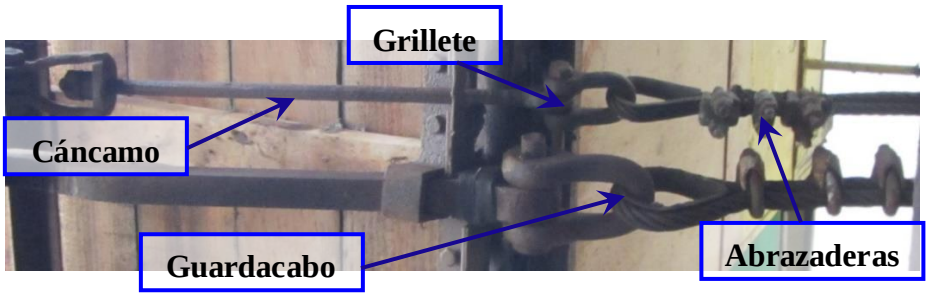


Ilustración 4.16. Terminal de suspensión en carro (Fuente propia).

Por otra parte, el cable auxiliar cuenta al igual que el cable de arrastre de un terminal de suspensión en ambos extremos compuesto por abrazaderas, guardacabo y grillete, con la diferencia de estar unido a una pieza de acero curvada (Ilustración 4.17) que pasa sobre el eje de las ruedas del carro para finalmente fijarse al chasis como se expone en la parte baja de la Ilustración 4.16.



Ilustración 4.17. Pieza de acero curvada que pasa sobre el eje de rodadura del carro, parte del terminal de suspensión del cable auxiliar (Fuente propia).

4.4.3 POLEAS

Para llevar a cabo ambas funciones de manera correcta se cuenta con tres poleas de grandes dimensiones: una polea denominada auxiliar cuya función principal es redireccionar provocando el menor daño sobre el cable del mismo nombre y así también unir ambos carros. Por otra parte, existen también dos poleas de reenvío llamadas “locas” debido a la particularidad de permitir su desplazamiento axial para acompañar y mejorar el enrollamiento o desenrollamiento de los cables de arrastre sobre la superficie de los tambores en el sistema motriz.

Los tres tipos de poleas presentes en el sistema de reenvío o desvío de los cables quedan de manifiesto en la Ilustración 4.18.

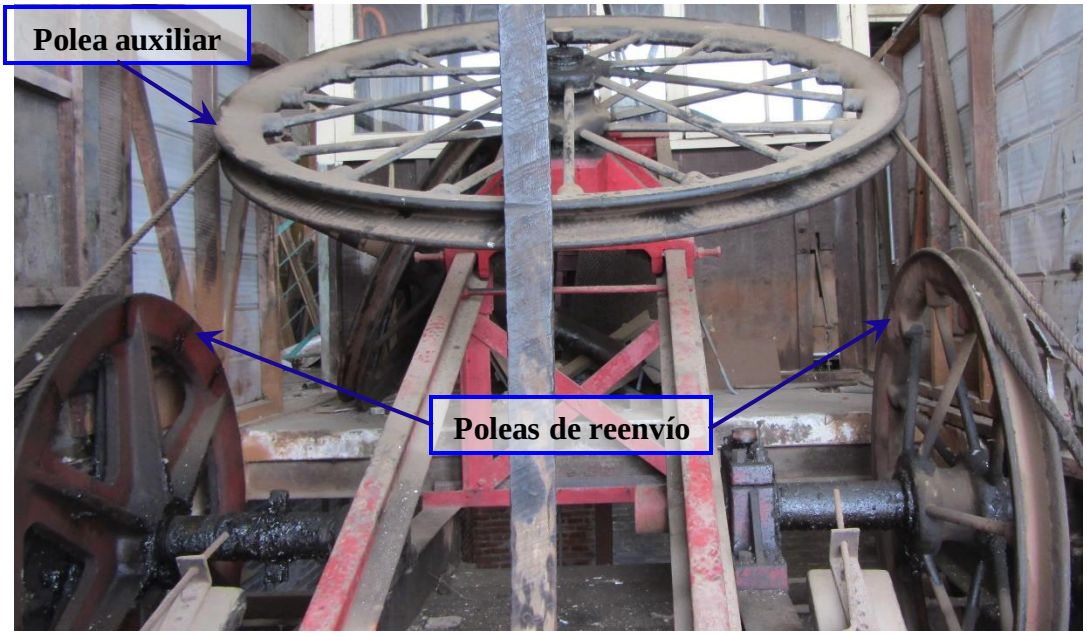


Ilustración 4.18. Poleas de desvío (Fuente propia).

4.5 PLANO DE RODADURA

4.5.1 RIELES GUÍA Y DURMIENTES

El plano de rodadura es el subsistema formado principalmente por rieles tipo ferroviarios montado sobre durmientes para guiar a los carros en su recorrido inclinado sobre la superficie del cerro considerando un par para vía férrea (dos vías, una para cada carro). Se destaca la existencia de dos tipos de durmientes: madera en la parte

superior del recorrido y de acero en la parte inferior, algunos montados directamente sobre la superficie del cerro.

Los rieles-guía son puestos en serie y unidos entre sí por eclisas empernadas como se muestra en la Ilustración 4.19, y fijados a los durmientes por medio de pernos rieleros tal como se indica en la Ilustración 4.20.

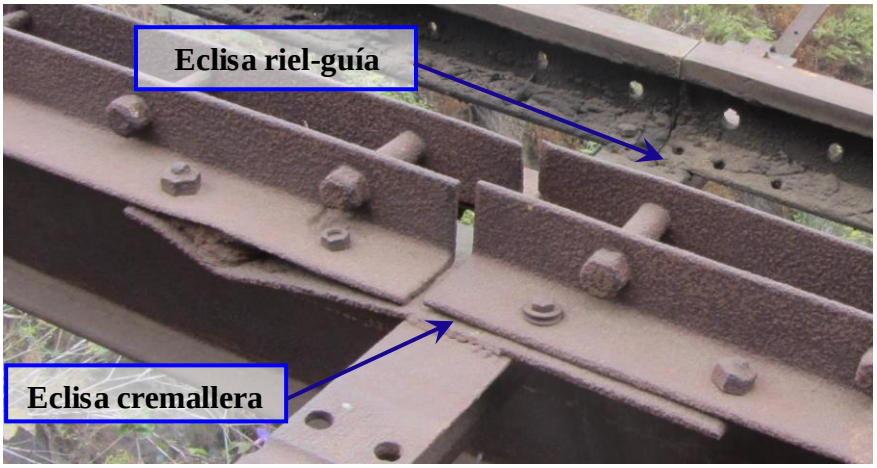


Ilustración 4.19. Detalle de eclisas y empalme (Fuente propia).

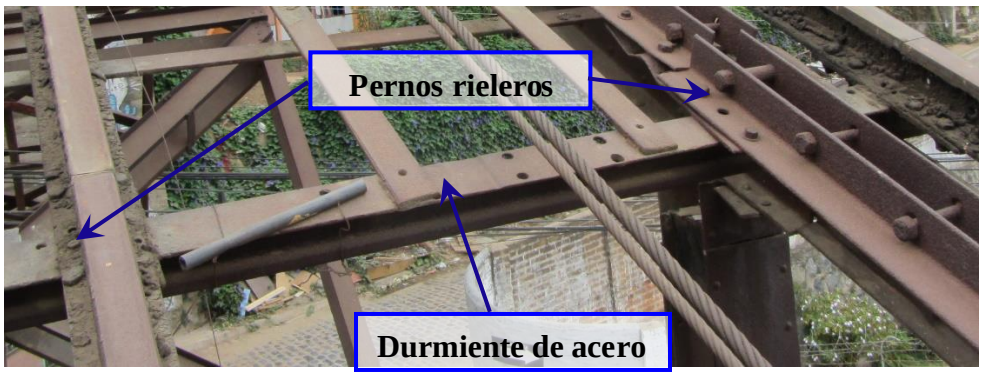


Ilustración 4.20. Detalle de fijación en plano de rodadura (Fuente propia).

4.5.2 CREMALLERA

La cremallera como se mencionó previamente es la estructura formada por dos perfiles angulares y unida por una serie de pernos recubiertos por una camisa de acero, que busca dar mayor rigidez a estos para en caso de emergencia permitir el enclavamiento de los ganchos del freno de emergencia tipo "pico de loro". La unión entre cada perfil puesto en serie, al igual que los rieles guía, se realiza por medio de eclisas y empernadura como se mostró en la Ilustración 4.19.

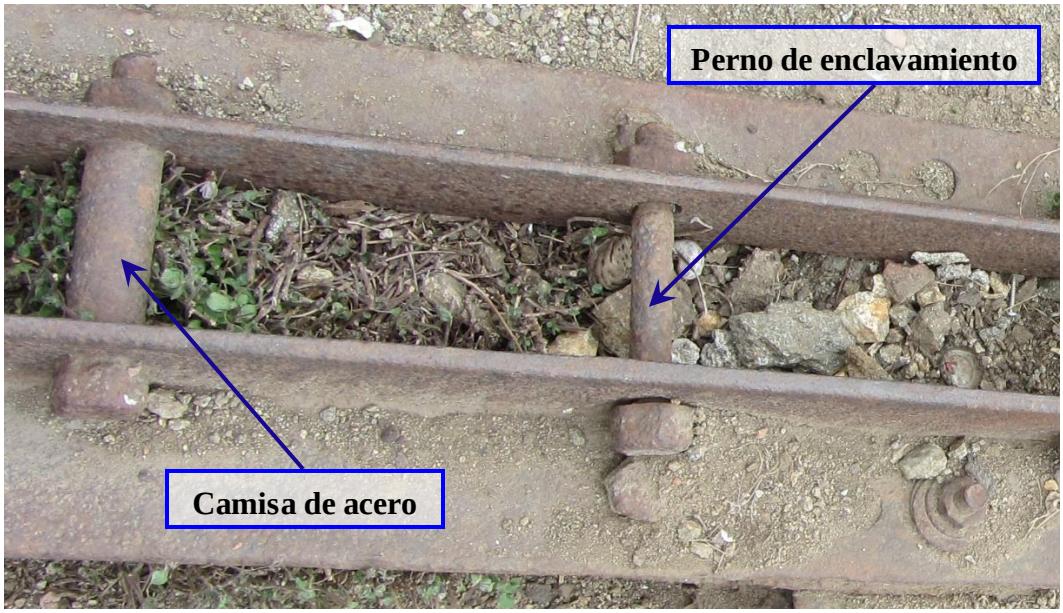


Ilustración 4.21. Detalle de cremallera y pernos de enclavamiento (Fuente propia).

4.5.3 POLINES

Los polines son los subsistemas orientados a facilitar la circulación de los cables sobre el plano de rodadura, disminuyendo así su fuerza de roce. Están compuestos por un

cilindro de acero con pestañas prominentes en sus extremos para evitar el desprendimiento de los cables desde su manto. Para permitir la rotación de estos, un eje gira solidario al cilindro y se apoya en dos descansos de pie en ambos costados. Por su parte, las chumaceras son fijadas por empernadura a un par de pletinas que a su vez son adheridas entre dos durmientes consecutivos como se expone en la Ilustración 4.22.

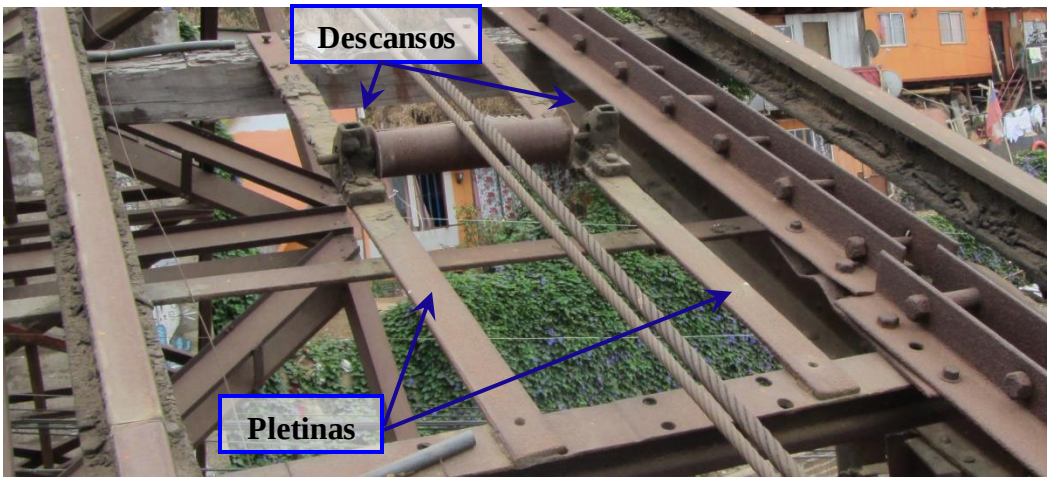


Ilustración 4.22. Detalle de polín (Fuente propia).

4.5.4 ESTRUCTURA SOPORTANTE

La estructura soportante en donde se emplaza el plano de rodadura antes descrito en detalle, está conformada por vigas y perfiles de acero unidos por secciones formando nodos estructurales. Se utilizan también empernadura, remaches y pletinas para lograr una mayor rigidez en todo el subsistema. Finalmente la estructura soportante es empotrada mediante cubos de hormigón sobre la superficie del cerro, pasando por encima de tres calles, siendo construida de manera tal que permite el paso de vehículos livianos por estas, como se muestra en la Ilustración 4.23 e Ilustración 4.24.



Ilustración 4.23. Vista superior del plano de rodadura (Fuente propia).



Ilustración 4.24. Detalle de estructura soportante (Fuente propia).

4.6 DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS MECÁNICOS

4.6.1 LEVANTAMIENTO EN TERRENO

Una de las primeras tareas realizadas en las instalaciones del ascensor es el levantamiento en terreno, cuyo objetivo es obtener un registro gráfico en detalle, tabular las medidas correspondientes (para la posterior modelación gráfica), establecer las características técnicas y realizar el diagnóstico de todos los componentes de los sistemas mecánicos.

Para llevar a cabo dichas actividades se efectuaron reiteradas visitas inspectivas, en las cuales primeramente se realizaron los registros fotográficos de las condiciones iniciales (Ilustración 4.25), para luego intervenir los sistemas mecánicos ejecutando un *overhaul* sobre los componentes que presentaban mayor nivel de complejidad, y no eran apreciables sus características a simple vista. El *overhaul* desarrollado en el sistema de la máquina de tracción, específicamente sobre las chumaceras y cadena tipo Galle se muestran en la Ilustración 4.26 e Ilustración 4.27.

Para el resto de los subsistemas se perpetraron tareas de despeje y limpieza con la finalidad de tabular medidas más precisas de las dimensiones características para todos los subsistemas y elementos (Ilustración 4.28 e Ilustración 4.29). Particularmente sobre las ruedas dentadas se realizaron labores de limpieza en las superficies, la cual presentaba una cantidad considerable de grasa, y posteriormente una vez terminado los trabajos se cubrió nuevamente las áreas despejadas con lubricante para evitar el desgaste por el factor ambiental sobre estas (Ilustración 4.30). A continuación se expone una secuencia gráfica del proceso de inspección de los sistemas mecánicos en el ascensor Villaseca.



Ilustración 4.25. Registro gráfico de la condición inicial de la máquina de arrastre (Fuente propia).

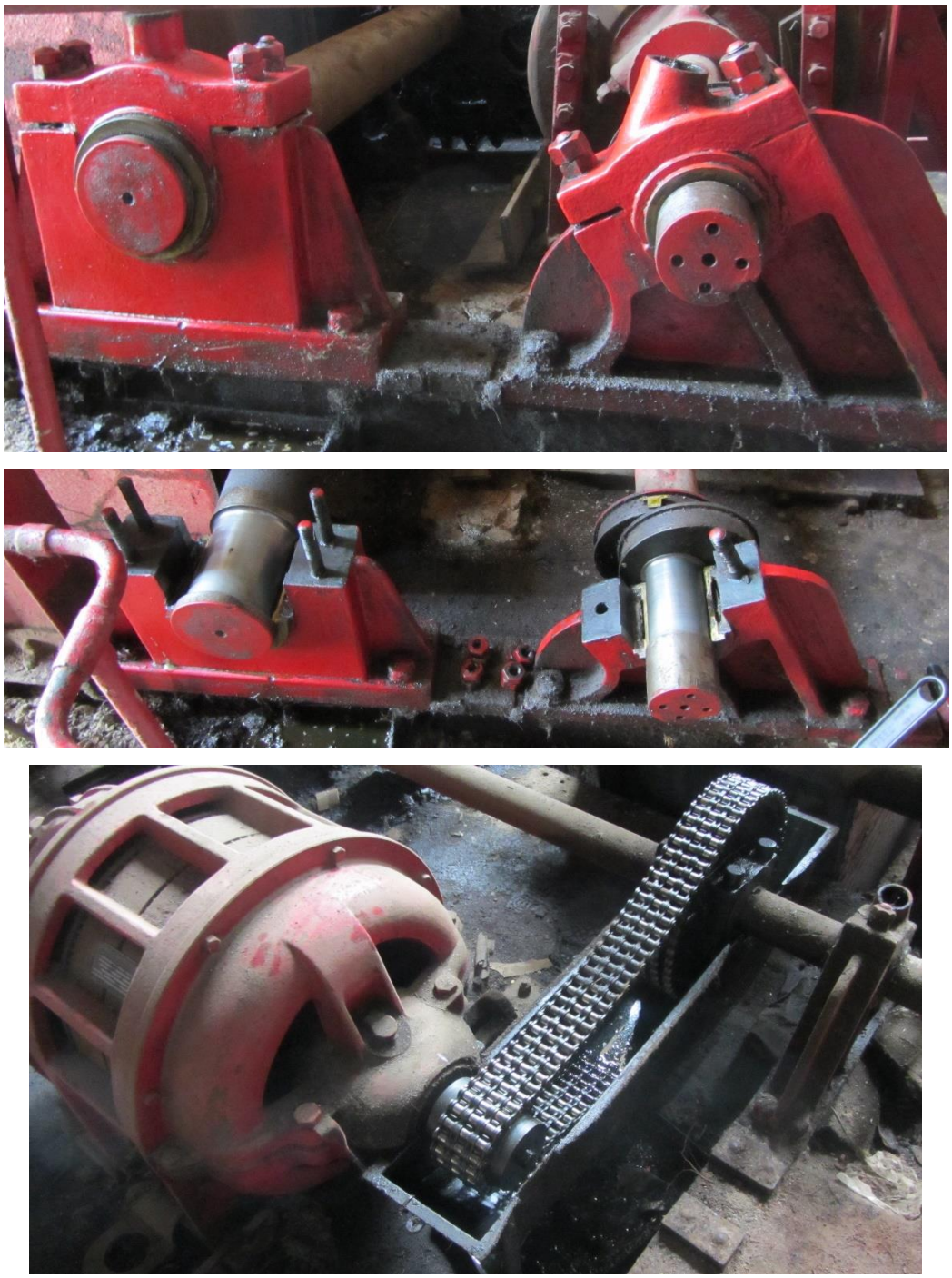


Ilustración 4.26. *Overhaul* en máquina de arrastre (Fuente propia).



Ilustración 4.27. *Overhaul* en chumaceras (Fuente propia).



Ilustración 4.28. Limpieza general máquina de arrastre (Fuente propia).







Ilustración 4.29. Registro gráfico, aseo y tabulación de datos en instalaciones del ascensor (Fuente propia).

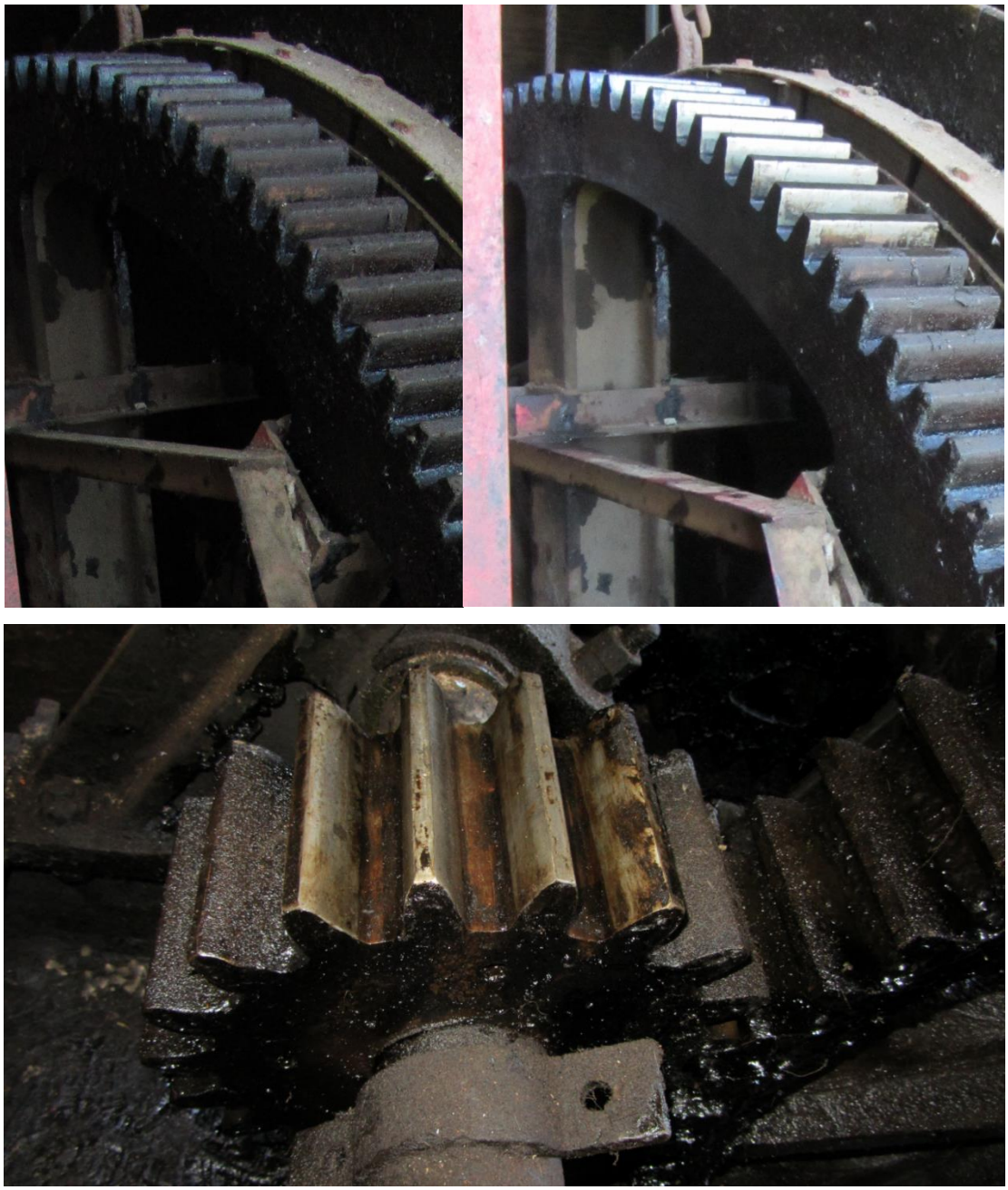


Ilustración 4.30. Detalle de limpieza en ruedas dentadas (Fuente propia).

4.6.2 MATRIZ DE DIAGNÓSTICO

Para realizar un correcto y detallado diagnóstico de todos los sistemas, subsistemas y componentes mecánicos del ascensor Villaseca es que se elabora una matriz, la que incluye el desagregado (Tabla 4.1), descripción y diagnóstico (Tabla 4.2) como se expone a continuación:

Tabla 4.1. Desagregado de sistemas ascensor Villaseca (Fuente propia).

DESAGREGADO DE SISTEMAS ASCENSOR VILLASECA					
SISTEMAS, SUB-SISTEMAS, COMPONENTES					**ÍTEM**
1 Carros	1.1 Carro N°1	1.1.1 Cabina	Paredes y Techo		1.1.1.1
			Piso		1.1.1.2
			Cielo		1.1.1.3
			Ventanas		1.1.1.4
			Mobiliario Interior		1.1.1.5
			Puertas y Sistemas Mecánicos Asociados		1.1.1.6
			Sistema de Apertura Manual		1.1.1.7
		1.1.2 Chasis	Estructura Metálica Soportante		1.1.2.1
			Ferretería (Empernadura y Remaches) Estructura Metálica Soportante		1.1.2.2
		1.1.3 Sistemas de Rodado	Conjunto Eje-Ruedas		1.1.3.1
			1.1.3.2 Soportes	Porta Dado	1.1.3.2.1
				Resortes	1.1.3.2.2
				Dado de Rodadura	1.1.3.2.3

		1.1.4 Sistemas de Seguridad		Dispositivos Anti-Vuelco	1.1.4.1
				Sistemas Gancho de Seguridad Tipo "Pico de Loro"	1.1.4.2
	1.2 Carro N°2	1.2.1 Cabina		Paredes y Techo	1.2.1.1
				Piso	1.2.1.2
				Cielo	1.2.1.3
				Ventanas	1.2.1.4
				Mobiliario Interior	1.2.1.5
				Puertas y Sistemas Mecánicos Asociados	1.2.1.6
				Sistema de Apertura Manual	1.2.1.7
		1.2.2 Chasis		Estructura Metálica Soportante	1.2.2.1
				Ferretería (Empernadura y Remaches) Estructura Metálica Soportante	1.2.2.2
		1.2.3 Sistemas de Rodado		Conjunto Eje-Ruedas	1.2.3.1
			1.2.3.2 Soportes	Porta Dado	1.2.3.2.1
				Resortes	1.2.3.2.2
				Dado de Rodadura	1.2.3.2.3
		1.2.4 Sistemas de Seguridad		Dispositivos Anti-Vuelco	1.2.4.1
				Sistemas Gancho de Seguridad Tipo "Pico de Loro"	1.2.4.2
2 Puertas de Acceso en Estaciones				Puertas en Estación Superior	2.1
				Puertas en Estación Inferior	2.2
3 Plano de Rodadura		3.1 Líneas de Rodado		Rieles-Guía	3.1.1
				Eclisas de Rieles-Guía	3.1.2
				Fijaciones de Rieles-Guía	3.1.3
		3.2 Elementos en Recorrido	3.2.1 Cremallera para Enclavamiento	Largueros	3.2.1.1
				Elementos de Enganche	3.2.1.2

		del Gancho de Seguridad	Eclisas	3.2.1.3
			Fijaciones	3.2.1.4
			Polines	3.2.2
4 Suspensión - Arrastre - Reenvío de Cables			Cables de Arrastre (Cant:2)	4.1
			Cable Auxiliar (Cant:1)	4.2
			Terminales de Suspensión y Abrazaderas	4.3
	4.4 Polea de Reenvío y Sistema Tensor Cable Auxiliar	4.4.1 Sub-Sistema Polea Loca para Reenvío Cable de Arrastre Carro N°1	Cuerpo Polea	4.4.1.1
			Buje en Cubo de la Polea (Cant:1)	4.4.1.2
			Eje	4.4.1.3
			Descansos Eje	4.4.1.4
			Componentes Mecánicos Generales	4.4.1.5
		4.4.2 Sub-Sistema Polea Loca para Reenvío Cable de Arrastre Carro N°2	Cuerpo Polea	4.4.2.1
			Eje	4.4.2.2
			Descansos Eje	4.4.2.3
			Buje en Descansos del Eje (Cant:2)	4.4.2.4
			Componentes Mecánicos Generales	4.4.2.5
		4.4.1 Sub-Sistema Polea de Reenvío y Tensora Cable Auxiliar	Cuerpo Polea	4.4.3.1
			Buje en Cubo de la Polea (Cant:1)	4.4.3.2
			Eje	4.4.3.3

			Sistema de Lubricación	4.4.3.4
			Base Desplazable para Soporte de Eje	4.4.3.5
			Husillo Tensor	4.4.3.6
			Tuerca Tensora y Soporte	4.4.3.7
			Componentes Mecánicos Generales	4.4.3.8
5 Máquina de Arrastre			Motor Eléctrico	5.1
			Dispositivo para Montaje y Ajuste del Motor (Sistema Tensor de Cadena Galle)	5.2
	5.3 Primera Reducción		Piñón Acoplado al Motor	5.3.1
			Cadena Tipo Galle	5.3.2
			Rueda Conducida Acoplada al Eje 1	5.3.3
			Carter	5.3.4
			Componentes Mecánicos Generales	5.3.5
			Eje N°1	5.4
	5.5 Descansos Eje N°1 (Cant.:3)		Chumaceras Bi-Partidas	5.5.1
			Bujes Bi-partidos	5.5.2
			Componentes Mecánicos Generales	5.5.3
	5.6 Sistemas de Freno Acoplados al Eje N°1	5.6.1 Freno de Doble Disco	Doble Disco de Freno Bi-Partido	5.6.1.1
			Balatas	5.6.1.2
			Porta-Balatas	5.6.1.3

			Mecanismo de Accionamiento	5.6.1.4
			Componentes Mecánicos Generales	5.6.1.5
		Bastidor para Soporte de Sistemas de Accionamiento de Frenos		5.6.2
	5.7 Segunda Reducción	Piñón Acoplado al Eje N°1 (Rueda dentada N°1)		5.7.1
		Elementos para Fijación del Piñón al Eje N°1		5.7.2
		Corona Acoplada al Eje 2 (Rueda dentada N°2)		5.7.3
		Elementos para Fijación de Corona al Eje N°2		5.7.4
		Componentes Mecánicos Generales		5.7.5
	Eje N°2			5.8
	5.9 Descansos Eje N°2 (Cant:3)	Chumaceras Bi-Partidas		5.9.1
		Bujes Bi-partidos		5.9.2
		Componentes Mecánicos Generales		5.9.3
	5.10 Tercera Reducción	Piñón Acoplado al Eje N°2 (Rueda dentada N°3)		5.10.1
		Elementos para Fijación del Piñón al Eje N°2		5.10.2
		Corona Bi-Partida Acoplada al Eje N°3 (Rueda dentada N°4)		5.10.3
		Elementos de Unión Corona Bi-Partida		5.10.4
		Elementos de Fijación de Corona al Eje N°3		5.10.5
		Elementos de Unión Corona Bi-Partida a Tambor de Enrollamiento N°2		5.10.6
		Componentes Mecánicos Generales		5.10.7

	Eje N°3 (Eje Tambores de Enrollamiento)		5.11
	5.12 Descansos Eje N°3 (Cant:3)	Chumaceras Bi-Partidas	5.12.1
		Bujes Bi-partidos	5.12.2
		Componentes Mecánicos Generales	5.12.3
	5.13 Tambor de Enrollamiento N°1	Manto Bi-Partido (Cant:2)	5.13.1
		Tapas Laterales (Cant:4)	5.13.2
		Anillo para Freno de Banda	5.13.3
		Cubo	5.13.4
		Anillo de Unión Interior	5.13.5
		Flanges de Unión	5.13.6
		Componentes Mecánicos Generales	5.13.7
	5.14 Tambor de Enrollamiento N°2	Manto Bi-Partido (Cant:2)	5.14.1
		Tapas Laterales (Cant:2)	5.14.2
		Anillo para Freno de Banda	5.14.3
		Cubo	5.14.4
		Anillo de Unión Interior	5.14.5
		Flanges de Unión	5.14.6
		Componentes Mecánicos Generales	5.14.7
	5.15 Freno de Banda N°1	Banda Metálica	5.15.1
		Tacos de Madera	5.15.2
		Sistemas de Accionamiento y Montaje	5.15.3
		Ferretería (Empernadura y Tirafondos) para Ensamblado y Montaje	5.15.4
	5.16 Freno de Banda N°2	Banda Metálica	5.16.1
		Tacos de Madera	5.16.2
		Sistemas de Accionamiento y Montaje	5.16.3
		Componentes Mecánicos Generales	5.16.4

	5.17 Estructura Soportante Maquinaria (Bastidor)		Base	5.17.1
		5.17.2 Superestructura para Soporte de Poleas de Reenvío	Pilares	5.17.2.1
			Envigado Superior	5.17.2.2
			Unión	5.17.2.3

Tabla 4.2. Descripción y diagnóstico en función del ítem del desagregado del sistema ascensor Villaseca (Fuente propia).

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	DIAGNÓSTICO
1.1.1.1	Chapa metálica. Montada sobre marco de ángulo laminado.	Chapa metálica con corrosión superficialmente. Desprendimiento de pintura. Existe placa metálica que tapa las ventanas izquierdas de cabina.
1.1.1.2	Madera.	Desgaste superficial.
1.1.1.3	Plancha aglomerada de madera soportada en marco de madera.	Deteriorado. Falta de material.
1.1.1.4	Ventanas fijas de vidrio.	Seis ventanas, de las cuales cinco poseen vidrio en malas condiciones.
1.1.1.5	Banca de madera.	Desgaste superficial. Pintura dañada.
1.1.1.6	De corredera y apertura lateral, soportada y guiadas por roldanas sobre una barra.	Puertas deterioradas, deformadas, corrosión superficial. Roldanas deterioradas. Deformación de elementos
1.1.1.7	Timonería. Dos barras unidas que son accionadas por el operador.	Elementos deformados, Mecanismos desajustados

1.1.2.1	Construida en perfiles ángulos laminados en medidas de: 90 x 5 mm; 60 x 5 mm.	Deformación permanente provocada por colisiones, refuerzos soldados y/o empernados. Perdida de propiedades mecánicas principalmente por corrosión de componentes.
1.1.2.2	Estructura ensamblada originalmente con remaches. Tiene elementos de refuerzo fijados con empernadura y elementos soldados.	Elementos oxidados o no existen.
1.1.3.1	Ejes unidos a las ruedas mediante chavetas. Material Ruedas: Fundición. Material Ejes: Acero.	Desgaste excesivo en pista de ruedas.
1.1.3.2.1	Material: Fundición. Contienen los descansos y dos resortes para amortiguación.	Sucio con polvo y grasa. No se observan mayores daños.
1.1.3.2.2	Helicoidales. Sección Circular.	Sucio con polvo y grasa. No se observan mayores daños.
1.1.3.2.3	Material: Fundición. Cuentan con buje de bronce.	Sucio con polvo y grasa. Presentan desgaste.
1.1.4.1	Material: Pletina de Acero curvada.	Falta de material. Falta de piezas. No cumplen su función.
1.1.4.2	Sistema accionado por aflojamiento del cable de arrastre o de del cable auxiliar. Lo constituyen dos ganchos pivotados sobre perfiles en el chasis, que están conectados a una timonería conectada a los cables de acero.	Sistema completo. Se encuentra desajustado y agripado.
1.2.1.1	Chapa metálica. Montada sobre marco de ángulo laminado. Existe placa metálica que tapa las ventanas izquierdas de la cabina.	Chapa metálica con óxido superficial. Desprendimiento de pintura.
1.2.1.2	Madera.	Desgaste superficial.
1.2.1.3	Plancha aglomerada de madera soportada en marco de madera.	Deteriorado. Falta de material.
1.2.1.4	Ventanas fijas de vidrio.	Seis ventanas. Cinco poseen vidrio en malas condiciones.
1.2.1.5	Banca de madera.	Desgaste superficial. Pintura dañada.

1.2.1.6	De corredera y apertura lateral, soportada y guiadas por roldanas sobre una barra.	No existen.
1.2.1.7	Timonería. Dos barras unidas que son accionadas por el operador.	No existen.
1.2.2.1	Construida en perfiles ángulos laminados en medidas de: 90 x 5 mm; 60 x 5 mm.	Deformación permanente provocada por colisiones, refuerzos soldados y/o empernados. Perdida de propiedades mecánicas principalmente por oxidación en elementos.
1.2.2.2	Estructura ensamblada originalmente con remaches. Tiene elementos de refuerzo fijados con empernadura y elementos soldados.	Elementos oxidados o no existen.
1.2.3.1	Ejes unidos a las ruedas mediante chavetas. Material Ruedas: Fundición. Material Ejes: Acero.	Desgaste excesivo en pista de ruedas.
1.2.3.2.1	Material: Fundición. Contienen los descansos y dos resortes para amortiguación.	Se puede visualizar solamente uno, sucio y con grasa, no se observan mayores daños. Los otros se encuentran cubiertos con rocas y polvo. Se observa soldadura en algunos sectores.
1.2.3.2.2	Helicoidales. Sección Circular.	Sucio con polvo y grasa. No se observan mayores daños.
1.2.3.2.3	Material: Fundición. Cuentan con buje de bronce.	Sucio con polvo y grasa. Presentan desgaste.
1.2.4.1	Material: Pletina de Acero curvada.	Falta de material. Falta de piezas. No cumplen su función.
1.2.4.2	Sistema accionado por aflojamiento del cable de arrastre o de del cable auxiliar. Lo constituyen dos ganchos pivotados sobre perfiles en el chasis, que están conectados a una timonería conectada a los cables de acero.	Sistema completo. Se encuentra desajustado y agripado.
2.1	No hay vestigio de las puertas en la estación superior.	No existe.

2.2	No hay vestigio de las puertas en la estación inferior.	No existe.
3.1.1	Medidas: Base: 128 mm; Altura: 150 mm. Tipo Y. Perfil 80 AS (Norma Técnica de Ferroviaria, EFE). Trocha: 1540 mm.	No se observan daños. Desalineamientos. Trocha irregular.
3.1.2	Eclisa de rieles por la espalda de los mismos. Uniones empernadas.	Se observan daños en las eclisas por óxido entre estas y el riel
3.1.3	Rieles fijados a los durmientes de madera mediante tirafondos y a los metálicos mediante empernadura.	Se observan daños en los durmientes.
3.2.1.1	Construidos en perfil ángulo laminado de 95 x 7,5 mm	Presentan oxido superficial y desalineamientos.
3.2.1.2	Cada elemento cuenta con empernadura y tubo separador de 7/8" por 90 mm.	Tubo separador dañado por oxido, en algunos casos estalló. Perdida de material en pernos.
3.2.1.3	Pletina de acero empernada a los largueros.	Se observan daños en las eclisas por óxido entre esta y el ángulo.
3.2.1.4	Largueros fijados a los durmientes de madera mediante tirafondos y a los metálicos mediante empernadura.	Se observan daños en los durmientes.
3.2.2	Material: Acero. Montados en soportes con buje. Graseras laterales.	No existen bujes, no existen graseras, corrosión superficial.
4.1	Diámetro: 1"	Cable con óxido y sin lubricación.
4.2	Diámetro: 3/4"	Cable con óxido y sin lubricación.
4.3	Amarra de los cables a la suspensión mediante guardacabos y tres abrazaderas conectados a grilletes unidos a la timonería del sistema de gancho de seguridad.	El sistema no es fiable.
4.4.1.1	Material: Fundición. La polea instalada es distinta a su par. Polea loca con dos grados de libertad sobre el eje (giro y desplazamiento axial). Diámetro 1400 mm.	Polea de reemplazo de original. No se observan daños.
4.4.1.2	Material: Bronce	Elemento desgastado.

4.4.1.3	Material: Acero. Eje montado rígidamente sobre sus descansos. Diámetro 128 mm.	Elemento desgastado.
4.4.1.4	Material: Fundición. Cuentan con fijación del eje mediante tornillo de presión.	No se observan daños.
4.4.1.5	Empernadura de fijación y anillos límites para desplazamiento axial de la polea.	No se observan daños.
4.4.2.1	Material: Fundición. Polea loca unida rígidamente al eje. Diámetro 1400 mm.	No se observan daños.
4.4.2.2	Material: Acero. Eje con dos grados de libertad sobre los descansos (giro y desplazamiento axial). Diámetro 103 mm.	Elemento desgastado.
4.4.2.3	Material: Fundición. Dos cuerpos: Base y Tapa. Cuentan con buje de bronce.	No se observan daños.
4.4.2.4	Material: Bronce	Elemento desgastado.
4.4.2.5	Chaveta, empernadura de fijación, anillos límites para desplazamiento axial del eje y grasera.	No se observan daños.
4.4.3.1	Material: Fundición. Diámetro 2180 mm.	No se observan daños. La forma geométrica de la polea, admite un cable auxiliar de mayor diámetro.
4.4.3.2	Material: Bronce	Elemento desgastado.
4.4.3.3	Material: Acero.	Elemento desgastado.
4.4.3.4	Grasera.	No se observan daños.
4.4.3.5	Material: Fundición: Estructura montada sobre los rieles.	No se observan daños.
4.4.3.6	Barra de acero redondo unida a flange, empernada en base desplazable.	No se observan daños.
4.4.3.7	Barra que ajusta la tensión de la polea.	No se observan daños.
4.4.3.8	Empernadura de fijación.	No se observan daños.

5.1	Motor Trifásico de Rotor Bobinado. 50 Hz / 96 A / 50 Hp / 475 Rpm. Marca: General Electric.	El motor presenta perdidas de algunos componentes menores y sin cables de conexión
5.2	Base guía adosada a radier. Pernos tensores laterales a base del motor.	No se observan daños.
5.3.1	Piñón enterizo de 24 dientes.	No se observan daños.
5.3.2	Triple	No se observan daños.
5.3.3	Rueda dentada bipartida de 58 dientes.	No se observan daños.
5.3.4	Contenedor de aceite de lubricación de la cadena.	No se observan daños.
5.3.5	Empernadura de fijación, chavetas, disco de tope	No se observan daños.
5.4	Material: Acero. Dimensiones: Diámetro 92 mm; Largo 4150 m. Reducción de diámetro en bujes 85 mm.	El eje se presenta dimensionalmente bien. Se encuentran elementos soldados.
5.5.1	Material: Fundición.	No se observan daños.
5.5.2	Material: Bronce. Dimensiones: Diámetro interior 85 mm; intermedio 103 mm; exterior 177 mm; largo 127 mm.	Elemento desgastado.
5.5.3	Empernadura de fijación, graseras.	No se observan daños.
5.6.1.1	Material: Fundición. Pieza bi-partida que contiene dos discos de forma cónica y su cubo contiene las perforaciones de unión.	No se observan daños.
5.6.1.2	Material estándar de balatas fabricadas a la medida correspondiente.	Elemento desgastado.
5.6.1.3	Material: Fundición	No se observan daños.
5.6.1.4	Sistema compuesto por diferentes elementos que realizan la apertura del freno.	El sistema presenta numerosas reparaciones con soldadura, reemplazos de pequeñas piezas, deformaciones.
5.6.1.5	Resortes, empernadura de fijación, barras roscadas, pernos.	Elementos desgastados.

5.6.2	Pieza de perfiles metálicos. Este elemento deja actuando los dos frenos en forma simultanea	El sistema presenta numerosas reparaciones con soldadura, reemplazos de pequeñas piezas, deformaciones.
5.7.1	Material: Fundición. Rueda dentada de 19 dientes. Diámetro de cabeza 336 mm.	No se observan daños.
5.7.2	Media abrazadera soldada, Chaveta.	Elementos soldados al eje.
5.7.3	Material: Fundición. Rueda dentada de 57 dientes. Diámetro de cabeza 962 mm.	No se observan daños.
5.7.4	Media abrazadera soldada, Chaveta.	Elementos soldados al eje.
5.7.5	Empernadura de fijación, graseras.	No se observan daños.
5.8	Material: Acero. Dimensiones: Diámetro 138 mm; Largo 4050 mm. Reducción de diámetro en bujes 120 mm.	El eje se presenta dimensionalmente bien. Se encuentran elementos soldados.
5.9.1	Material: Fundición.	No se observan daños.
5.9.2	Material: Bronce. Dimensiones: Diámetro interior 120 mm; intermedio 142 mm; exterior 170 mm; largo 150 mm.	Elemento desgastado.
5.9.3	Empernadura de fijación, graseras.	No se observan daños.
5.10.1	Material: Fundición. Rueda dentada de 32 dientes. Diámetro de cabeza 754 mm.	No se observan daños.
5.10.2	Anillo soldado, chaveta.	Elementos soldados al eje.
5.10.3	Material: Fundición. Rueda dentada de 128 dientes. Diámetro de cabeza 2876 mm.	No se observan daños.
5.10.4	Empernada en su corona y en su cubo.	No se observan daños.
5.10.5	Chaveta con tope soldado al eje	Elemento dañado.
5.10.6	Estructura de ángulos soldados entre si y a su vez a los brazos de la corona, fijados con un flange empernado a los laterales del tambor.	Elemento de acero soldado a elemento de fierro fundido sin procedimiento adecuado.
5.10.7	Empernadura de fijación, graseras.	No se observan daños.

5.11	Material: Acero. Dimensiones: Diámetro 188 mm; Largo 4125 mm. Reducción de diámetro en bujes 165 mm.	La dureza del eje con respecto a las chavetas es inferior, lo que ha provocado daño al chavetero del eje.
5.12.1	Material: Fundición.	No se observan daños.
5.12.2	Material: Bronce. Dimensiones: Diámetro interior 165 mm; intermedio 197 mm; exterior 240 mm; largo 200 mm.	Elemento dañado.
5.12.3	Empernadura de fijación, graseras.	No se observan daños.
5.13.1	Superficie metálica curvada donde se enrolla el cable de tracción. Espesor 12 mm; diámetro 3040 mm.	Corrosión superficial.
5.13.2	Material: Fundición. Dimensiones: espesor 20 mm; diámetro 3240 mm.	Corrosión superficial.
5.13.3	Material: Fundición. Dimensiones: ancho exterior 140 mm; ancho de pista 100 mm; espesor 45 mm.	No presenta desgaste. Elemento sin uso.
5.13.4	Material: Fundición. Dimensiones: diámetro exterior 500 mm; diámetro interior 188 mm; ancho 190 mm.	No se observan daños.
5.13.5	Material: Fundición. Anillo interior une el manto con las tapas laterales del tambor.	Presenta un desplazamiento de los ejes de las perforaciones para los remaches de unión con las tapas laterales.
5.13.6	Pletina de unión de las tapas laterales.	Corrosión superficial.
5.13.7	Ferretería (Empernadura y remaches) para Ensamblado de Tambor de Enrollamiento.	No se observan daños.
5.14.1	Superficie metálica curvada donde se enrolla el cable de tracción. Espesor 12 mm; diámetro 3040 mm.	Corrosión superficial.
5.14.2	Material: Fundición. Dimensiones: espesor 20 mm; diámetro 3240 mm.	Corrosión superficial.
5.14.3	Material: Fundición. Dimensiones: ancho exterior 140 mm; ancho de pista 100 mm; espesor 45 mm.	No se observan daños.

5.14.4	Material: Fundición. Dimensiones: diámetro exterior 500 mm; diámetro interior 188 mm; ancho 190 mm.	No se observan daños.
5.14.5	Material: Fundición. Anillo interior une el manto con las tapas laterales del tambor.	Presenta un desplazamiento de los ejes de las perforaciones para los remaches de unión con las tapas laterales.
5.14.6	Pletina de unión de las tapas laterales.	Corrosión superficial.
5.14.7	Ferretería (Empernadura y remaches) para Ensamblado de Tambor de Enrollamiento.	No se observan daños.
5.15.1	No hay vestigio de existencia.	No Aplica.
5.15.2	No hay vestigio de existencia.	No Aplica.
5.15.3	No hay vestigio de existencia.	No Aplica.
5.15.4	No hay vestigio de existencia.	No Aplica.
5.16.1	Pletina curvada. Dos secciones.	No se observan daños.
5.16.2	Madera dimensionada en secciones adecuadas a la forma geométrica.	Elemento desgastado.
5.16.3	Tensores ubicados en sentido radial. Elementos de apertura y cierre de la banda.	No se observan daños. Los resortes perdieron sus características.
5.16.4	Ferretería (Empernadura y Tirafondos) para Ensamblado y Montaje	No se observan daños.
5.17.1	Perfil IPN de 130 mm x 255 mm. Perfil UPN de 90 mm x 255 mm.	Corrosión superficial. Corrosión profunda. Pérdida de propiedades mecánicas. Pérdida de espesor.
5.17.2.1	Perfil IPN de 110 mm x 255 mm.	No se observan daños.
5.17.2.2	Perfil IPN de 130 mm x 255 mm. Perfil UPN de 90 mm x 255 mm.	No se observan daños.
5.17.2.3	Flanges, empernadura y remaches.	No se observan daños.

CAPÍTULO 5:

CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

5 CRITERIOS DE INTERVENCIÓN

Para realizar correctamente el diseño de las labores de recuperación, restauración, modificación o incorporación de los sistemas mecánicos del ascensor Villaseca se establecen los criterios de intervención, los cuales son considerados para determinar los distintos procedimientos a llevarse a cabo en la propuesta final del proyecto.

En el presente capitulo se realiza una descripción breve de los criterios definidos para los aspectos técnicos y patrimoniales del proyecto, los que se han priorizado, siendo el criterio técnico de seguridad el que primara por sobre el resto. Además de agregar al final del apartado la base técnica-normativa y documentos usados para formular dichos criterios.

5.1 PATRIMONIO INDUSTRIAL

Es de consideración que el proyecto en cuestión interviene una obra de gran valor para la comunidad nacional, lo que le ha valido la declaratoria de Monumento Histórico Nacional. Este reconocimiento se fundamenta en ciertas características excepcionales que se relacionan con su historia y especialmente sus características tecnológicas. Lo anterior enmarca esta obra en la categoría de Patrimonio Industrial, en su componente ‘Medio de Transporte’.

Por lo cual, se ha tenido presente en todo momento del estudio que el monumento corresponde a una instalación de carácter patrimonial pero sin olvidar que es un medio de transporte inclinado para pasajeros, donde la seguridad primará por sobre todo aspecto.

5.2 CRITERIOS DE INTERVENCIÓN [31]

Los criterios de intervención generales considerados para la elaboración del proyecto mecánico, en orden de prioridad son los siguientes [31]:

- Seguridad de los pasajeros, del personal de operación, mantenimiento y de la instalación mecánica.

- Confiabilidad, como la probabilidad que tiene la instalación de operar durante un determinado período de tiempo sin pérdida de su función.

- Mantenibilidad, Componente de la Confiabilidad, entendida como la capacidad que posee un sistema para que se le diagnostiquen asertivamente los fallos, junto a la posibilidad que tiene de ser reparado en el menor tiempo y con el menor costo posibles de acuerdo a su complejidad.

- Patrimonio, considerando como marco referencial las metodologías, acuerdos, criterios y recomendaciones contenidas en los documentos de organismos internacionales especialistas en el campo de la protección del patrimonio arquitectónico e industrial, material e intangible.

Existen otros criterios generales del proyecto global de restauración que aplican transversalmente a todas o varias de las especialidades del mismo, como la Accesibilidad Universal por ejemplo, los que en cuanto a prioridad están por debajo de los presentados y serán definidos particularmente en el proyecto de memoria de cálculo cuando aplique.

5.3 NORMATIVA DE RESPALDO

La formulación de los criterios antes mencionados para los sistemas mecánicos de la instalación son definidos según los lineamientos generales que establecen los cuerpos técnico-normativo vigente o de referencia (en caso de no existir) que aplican a la especialidad de transporte vertical, enfocado en los funiculares o de tipo inclinado y considerando siempre la condición de patrimonio industrial.

Esta última con la directa colaboración internacional en el campo de la protección del patrimonio por la fuerza intelectual de especialistas responsables de promover la conservación, protección y valoración de monumentos y sitios de interés cultural, labores específicamente realizadas por el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS – International Council on Monuments and Sites) y el Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial (TICCIH – The International Committe for the Conservation of the Industrial Heritage).

Las normas y documentos considerados a modo de soporte en la formulación de los criterios son las siguientes:

5.3.1 NORMAS CHILENAS OFICIALES

NCh 440/1 Of. 2014. Construcción - Elevadores - Requisitos de seguridad e instalación - Parte 1: Ascensores eléctricos.

NTM 008/2014. Requisitos para equipos de transporte vertical Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos existentes.

NCh 2840/1 Of. 2004. Construcción - Elevadores - Procedimientos de inspección - Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos.

Norma Técnica Ferroviaria EFE-NTF-11-002. "Elementos Constituyentes de la Vía".

5.3.2 NORMAS CHILENAS EN ESTUDIO

NCh 3365/2015. Requisitos para equipos de transporte vertical - Ascensores y Montacargas Inclinados o Funiculares.

5.3.3 NORMAS INTERNACIONALES

Orden del 14 de enero de 1998 del Ministro de Transportes y Comunicaciones de España. Pliego de Condiciones Técnicas para la Construcción y Explotación de las Instalaciones de Teleféricos y Funiculares para el Transporte de Viajeros.

ASME A17.1-2007/CSA B44-07. Safety Code for Elevators and Escalators, Included Requirements for Elevators, Escalators, Dumbwaiters, Moving Walks, Material Lifts, and Dumbwaiters Whit Automatic Transfer Devices.

5.3.4 DOCUMENTOS INTERNACIONALES DE PATRIMONIO

Carta Internacional Sobre la Conservación y la Restauración de Monumentos y Sitios; "Carta de Venecia" (1964). II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos Históricos. ICOMOS.

Principles for the Conservation of Industrial Heritage Sites, Structures, Areas and Landscapes; “The Dublin Principles” (2003, ratificada en 2011). ICOMOS-TICCIH / 17a Asamblea General de ICOMOS.

Principios para el Análisis, Conservación y de las Estructuras del Patrimonio Arquitectónico. (2003). ICOMOS / 14a Asamblea General de ICOMOS, en Victoria Falls, Zimbawe,

Carta de Nizhny Tagil sobre el Patrimonio Industrial. (2003) TICCIH.

CAPÍTULO 6:

ANTE-PROYECTO

6 ANTE-PROYECTO

En el presente capitulo se elaborará una imagen objetivo con las propuestas de intervención para los sistemas principales mediante los criterios de intervención establecidos previamente.

6.1 IMAGEN OBJETIVO

6.1.1 MÁQUINA DE ARRASTRE

Se establece que la máquina de tracción es el sistema mecánico sobre el que se practicarán las intervenciones menos invasivas, aunque se considera el reemplazo de componentes de tamaño medio (la totalidad de los ejes y bujes, la reducción por cadena y parte de la estructura soportante). Lo anterior por tratarse del sistema mejor conservado de todos los considerados en el alcance de la especialidad.

De manera general las intervenciones que se propone proyectar son las siguientes:

Reemplazo del motor eléctrico para asegurar vida útil mínima de 20 años y obtener uno de tipo comercial (características estándares).

Reemplazo de la primera reducción (cadenas Galle) por reductor de velocidad comercial que permita incorporar un freno de tambor, también comercial, acoplado solidariamente al eje del motor.

Reparaciones generales a los sistemas de mayor envergadura (estructura soportante y tambores de enrollamiento), reemplazo de los remaches dañados por uniones empernadas.

Recuperación de los frenos de banda adosados a los tambores de enrollamiento para la función de freno de seguridad en la máquina. Se requerirá incorporar el freno de banda faltante y los sistemas de accionamiento desde la sala de comandos.

Recuperación del freno de doble disco cónico para función de freno de seguridad en la máquina. Se requerirá incorporar el sistema de accionamiento desde la sala de comandos.

Reemplazo de todos los ejes en los sistemas mecánicos de la instalación.

Reemplazo de los elementos de desgaste en todos los descansos de ejes (bujes de bronce) y recuperación de chumaceras.

Reemplazo de elementos de la estructura soportante de la máquina que presenten pérdida de material por corrosión.

Tratamiento anticorrosivo y aplicación de esquema de pintura a todos los componentes de acuerdo a sus características.

6.1.2 CARROS

El extremadamente deteriorado estado de conservación de los carros no admite otra posibilidad más que el reemplazo total de los mismos, incluidos la totalidad de sus sub-sistemas. La propuesta de reemplazo considera los siguientes elementos:

Conservación de las dimensiones generales y morfología de chasis, destacando la marca de nuestro tiempo en la materialidad y componentes utilizados (principalmente acero galvanizado, pletinas, cartelas, soldadura y empernadura en vez de remaches).

Diseño de nuevas carrocerías en coordinación con la especialidad arquitectura y en consideración a los criterios de seguridad como elemento prioritario y a los criterios de intervención patrimoniales de ambas especialidades. Se conservará la volumetría y se incorporarán ventanas de mayor tamaño que las actuales, cubiertas con vidrio bajo norma.

Rediseño de los sistemas de rodado, considerando la configuración actual e incorporando los elementos que la práctica y técnica ferroviaria recomienden.

Rediseño de los sistemas de seguridad anti-vuelco y anti-deriva por enclavamiento (gancho tipo “pico de loro”) adecuándolos a estándares actuales.

Incorporación de seguridades a las puertas de acceso en cabinas, particularmente cerrojos que impidan la apertura desde el interior y la permitan desde el exterior, con una llave especial disponible permanentemente para el eventual rescate de pasajeros.

6.1.3 PUERTAS DE ACCESO EN CARROS Y ESTACIONES

Incorporación de puertas de acceso en carros y estaciones diseñadas de acuerdo a requisitos establecidos en la normativa técnica referencial.

6.1.4 SUSPENSIÓN, ARRASTRE Y REENVÍO

Reemplazo de los cables de arrastre, auxiliar y terminales de suspensión. Se rediseñará la configuración de los cables usando factores de seguridad de normativa referencial.

Retiro de la polea de reenvío provisoria y reinstalación de la original, actualmente reservada a un costado de su posición primigenia. Fabricación e instalación de los descansos faltantes para lo que se propone usar los descansos existentes como matriz para un molde de fundición con data de fabricación destacada en relieve.

Reparaciones generales a las poleas, tratamiento anticorrosivo y aplicación de esquema de pintura a todos los componentes de acuerdo a sus características.

Reemplazo de los ejes de las tres poleas de reenvío.

6.1.5 PLANO DE RODADURA

Reemplazo de la totalidad de los elementos del plano de rodadura (rieles guía, durmientes, eclisas, cremallera, polines y ferretería).

6.2 MATRIZ DE INTERVENCIÓN

Al igual que para el caso de la matriz de diagnóstico, y siguiendo el mismo formato de la tabla elaborada para dicho caso se realiza una matriz detallada por sistemas y subsistemas para las distintas intervenciones propuestas junto a una breve descripción para cada caso, la cual queda adjuntada en el ANEXO C.

CAPÍTULO 7:

MEMORIA DE CÁLCULO

7 MEMORIA DE CÁLCULO

En el cuerpo del presente capitulo se establecen los procedimientos generales para el desarrollo de la memoria de cálculo del modelo de restauración del ascensor Villaseca de Valparaíso, la que entrega la base teórica para determinar o diseñar las piezas, partes y equipos de dicho equipo. Además de proporcionar un análisis de esfuerzos para las piezas que presentan mayor criticidad en lo que respecta al sistema general.

7.1 CARROS

Como se indica en el informe de diagnóstico del ascensor, el estado general de los carros (carrocería, chasis, sistemas de rodado y de seguridad) presenta tal nivel de deterioro que su recuperación se hace inviable, por lo que se ha definido su reemplazo total considerando las especificaciones técnicas establecidas en el informe de ante-proyecto y su base teórica.

7.1.1 CABINAS

Las cabinas como se mencionó anteriormente presentan gran deterioro y perdida de elementos electrónicos que imposibilita su normal funcionamiento. Debido a esto y principalmente a su importancia en lo que respecta al transporte de personas, es que su diseño será completamente renovado. Un aspecto importante, es la capacidad de cada una de las cabinas de la instalación pues determinará la carga total a transportar, esta depende directamente de la superficie útil que poseen. Las dimensiones de la superficie en la cabina para ambos carros del ascensor Villaseca son:

- Largo: 4.460 [mm]

- Ancho: 1.990 [mm]

Lo que arroja una superficie total de 8,88 [m^2]. Por otro lado, De acuerdo a la normativa referencial se establece como criterios [19]:

- Superficie recomendada por persona: 0,25 [m^2]
- Peso medio por persona: 80 [Kg]
- Peso adicional por persona: 15 [Kg]

Posteriormente, la superficie total requerida según estos criterios establecidos, considerando un número total de 15 personas:

$$Sup.Total\ Requerida = 0{,}5 + Sup.Recomendada \cdot N°\ Personas$$

$$Sup.Total\ Requerida = 4{,}25\ [m^2]$$

Según este valor obtenido se cumple a cabalidad la superficie mínima para 15 personas por cabina, llegando incluso a permitir bajo este mismo criterio hasta 33 personas.

Por otra parte, el diseño de cabina hace mención a la inclusión de una banca en cabina mayor a dos plazas, la cual considera como superficie optima 0,45 [m] de ancho por 0,5 [m] de profundidad para cada persona. Debido a esto, se obtiene una banca de capacidad máxima hasta 9 personas, pero para el diseño del carro se considerarán 8 personas. Por su parte la superficie disponible para el resto de los pasajeros disminuye a 6,65 [m^2] por la inclusión de la banca, siendo aún favorable para la capacidad establecida inicialmente, incluso sobrando 2,4 [m^2], lo cual según los criterios de acceso universal permite el ingreso de una silla de rueda al interior del ascensor (superficie para una persona y silla de ruedas: 1,1 x 1,4 [m^2]).

Una vez determinada la superficie, es fácil obtener mediante los criterios establecidos previamente la carga total máxima en cabina.

$$Carga\ máxima\ en\ cabina = N°\ Psjeros \cdot (80 + 15) = 1425\ [kg]$$

Finalmente, se establece por medio de los cálculos que la cabina contará con capacidad para 15 personas, de las cuales 8 podrán ir sentadas en una banca que cubre todo la extensión de un lado del carro y además de permitir el ingreso de una en silla de ruedas como se muestra en la imagen. Lo que equivale a una carga en cabina de 1425 [Kg] en caso de mayor criticidad.

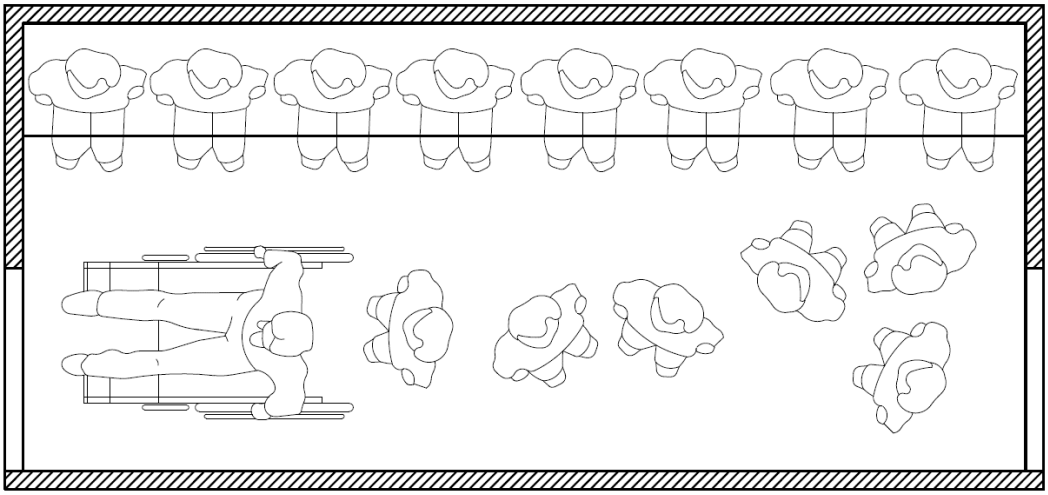


Imagen 7.1. Pasajeros en la superficie de cabina.

7.1.2 CHASIS

El chasis es una de las partes que representa mayor importancia en la conformación del sistema, es la responsable de dar sostén a la cabina y con esto a los pasajeros, es por

esto último que es de vital importancia. El chasis estará totalmente renovado y compuesto por perfiles, suples, cartelas y empernadura de acero orientado a soportar la carga total máxima en el carro.

Para el análisis dimensional de la estructura, se utiliza el software INVENTOR, en donde se analiza bajo la influencia de dos cargas fundamentales: gravedad y carga máxima. Esta última analizada en el punto anterior se le añade un factor de seguridad de 3,2 para realizar dicho estudio con el fin de asegurar la robustez de la estructura, como se muestra a continuación:

Tabla 7.1. Información general material ASTM A36-24ES.

Nombre	**A36 – 24 ES**	
General	Densidad de masa	7,87 g/cm^3
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	77,5194 GPa
Nombre(s) de pieza	Chasis	

Tabla 7.2. Resultados análisis chasis.

Nombre	**Mínimo**	**Máximo**
Volumen	175800000 mm^3	
Masa	1381,85 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000360184 MPa	444,146 MPa
Primera tensión principal	-38,4075 MPa	316,82 MPa
Tercera tensión principal	-347,444 MPa	36,9993 MPa
Desplazamiento	0 mm	10,5233 mm
Coeficiente de seguridad	0,466063 su	15 su

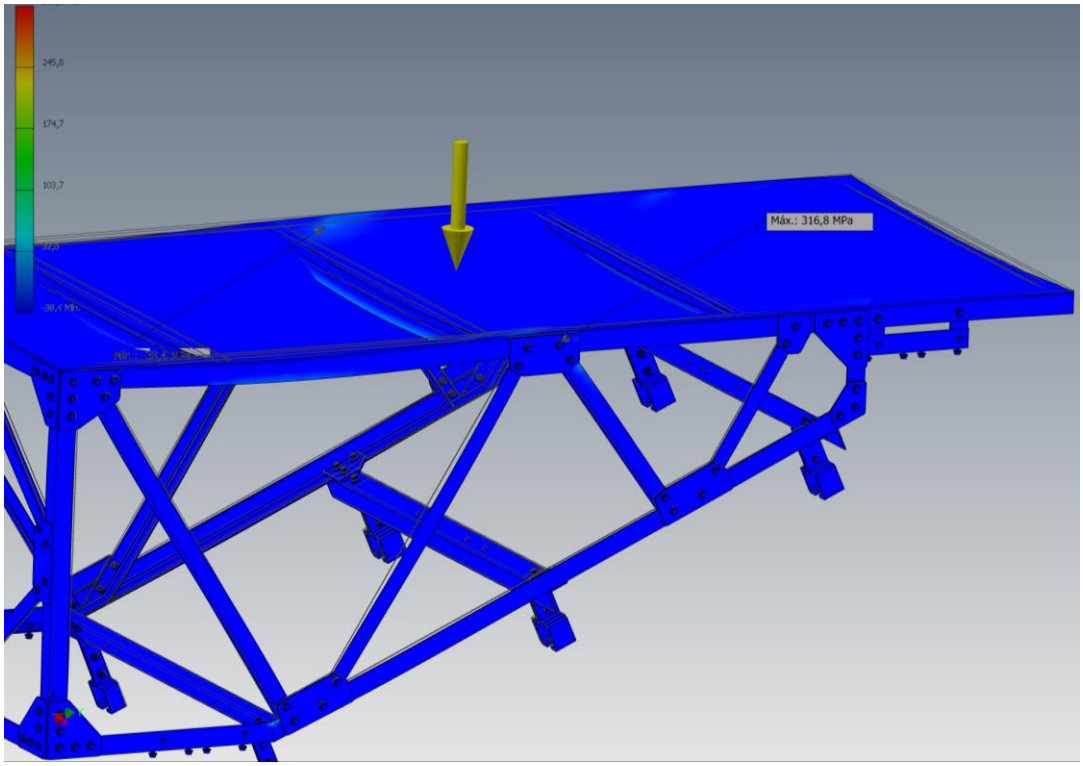


Imagen 7.2. Análisis estructural chasis.

De los resultados obtenidos, se aprecia fácilmente que la estructura es capaz de soportar las fuerzas establecidas correspondiente a 3,2 veces la carga máxima calculada, obteniendo valores menores a sus límites debido a la naturaleza del material. Se observa también que la tensión de Von Mises es la única en sobrepasar su valor de elasticidad máximo permitido en aproximadamente 90 [Mpa] y a 10 [Mpa] de su resistencia máxima a la tracción, lo que no representa una condición negativa para la estructura pues si se estableciera un factor de seguridad de 2, los limites serian ampliamente superados.

Finalmente se establece que el análisis estructural del chasis es válido siendo capaz de soportar la carga máxima calculada para la condición más crítica incluso sobredimensionando al doble.

7.2 POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO

7.2.1 DATOS [32]

A continuación se identifican las siguientes variables para realizar el cálculo de la potencia necesaria que requiere el motor eléctrico de la instalación para su correcto funcionamiento [32]:

Longitud del recorrido:	$L = 155\ [m]$
Inclinación del plano de rodadura:	$\theta = 24°$
Peso del carro sin carga:	$Q_c = 2661\ [kg]$
Carga útil máxima nominal del carro:	$Q_u = 1425\ [kg]$.
Diámetro de las ruedas del carro:	$D_r = 485\ [mm]$
Diámetro de polines:	$D_{po} = 89\ [mm]$
Diámetro de polea de reenvío:	$D_{pt} = 1212\ [mm]$
Diámetro de tambores:	$D_t = 3040\ [mm]$
Peso lineal del cable de acero ¾":	$w1 = 1{,}34\ [kg/m]$
Peso lineal del cable de acero 1":	$w2 = 2{,}51\ [kg/m]$
Aceleración lineal del carro:	$a = 0{,}8\ [m/s^2]$
Velocidad nominal del carro:	$v = 1{,}5\ [m/s]$
Aceleración de gravedad:	$g = 9{,}81\ [m/s^2]$

Rendimiento poleas de reenvío: $\eta_{pr} = 0{,}96$

Rendimiento tambores: $\eta_t = 0{,}96$

Rendimiento reductor engranajes cónicos: $\eta_r = 0{,}98$

Rendimiento acoplamiento mecánico: $\eta_a = 0{,}86$

7.2.2 DIAGRAMA CINEMÁTICO Y DCL DEL ASCENSOR

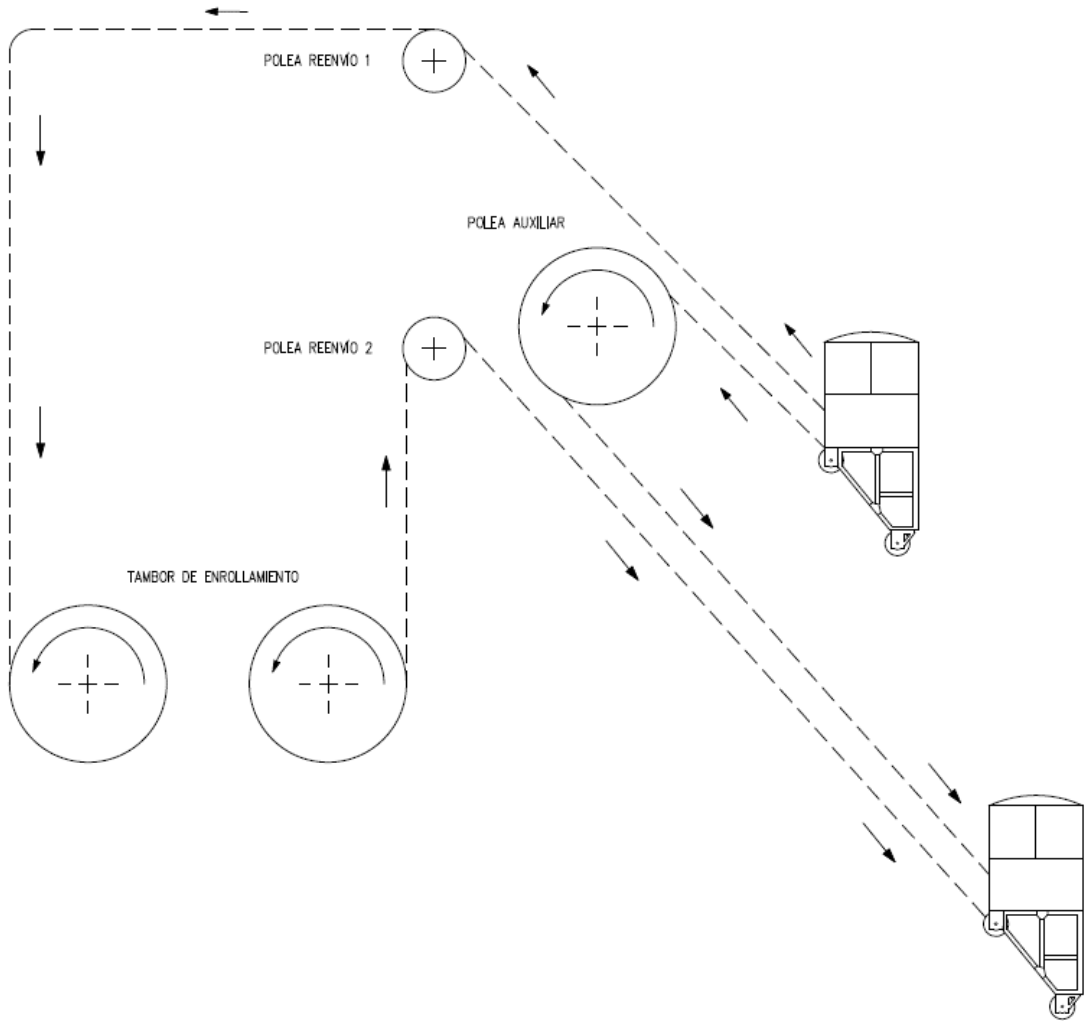


Imagen 7.3. Diagrama cinemático del ascensor.

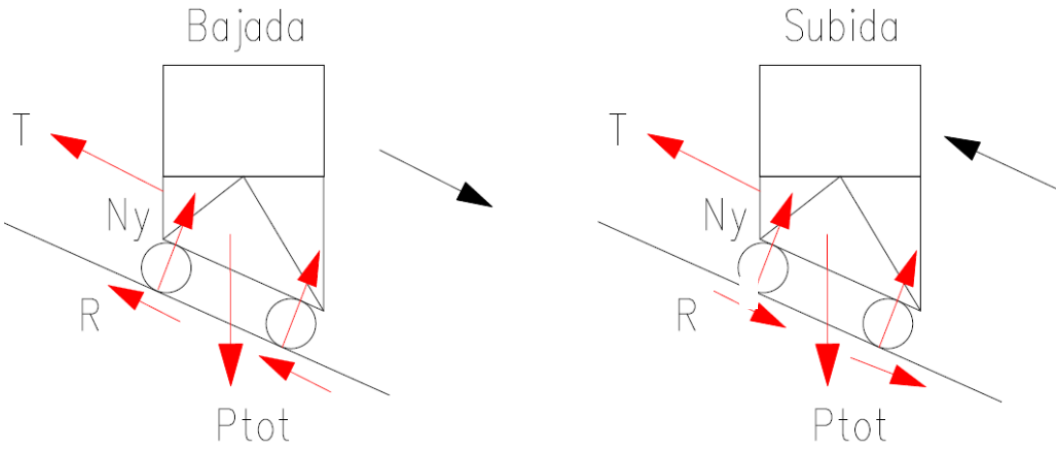


Imagen 7.4. DCL de los carros del ascensor.

7.2.3 COEFICIENTE DE RODADURA

7.2.3.1 RUEDAS DEL CARRO

El concepto de resistencia a la rodadura se presenta cuando un cuerpo rueda sobre una superficie, produciendo la deformación de uno o ambos cuerpos. Es similar al fenómeno de rozamiento con la diferencia de que este último considera el efecto de deslizamiento entre ambas superficies, mientras que el coeficiente de rodadura no lo hace, disminuyendo por ende la oposición al movimiento. El coeficiente de rodadura en la rueda del carro (C_{rr}) está dado por:

$$C_{rr} = \frac{\mu_r}{R}$$

Donde, μ_r representa el coeficiente de resistencia a la rodadura que depende de la rigidez de los cuerpos en contacto y R el radio de la superficie de contacto en milímetros.

De literatura se obtiene que para las ruedas de ferrocarril sobre rieles de acero μ_r es igual a 0,5 [mm].

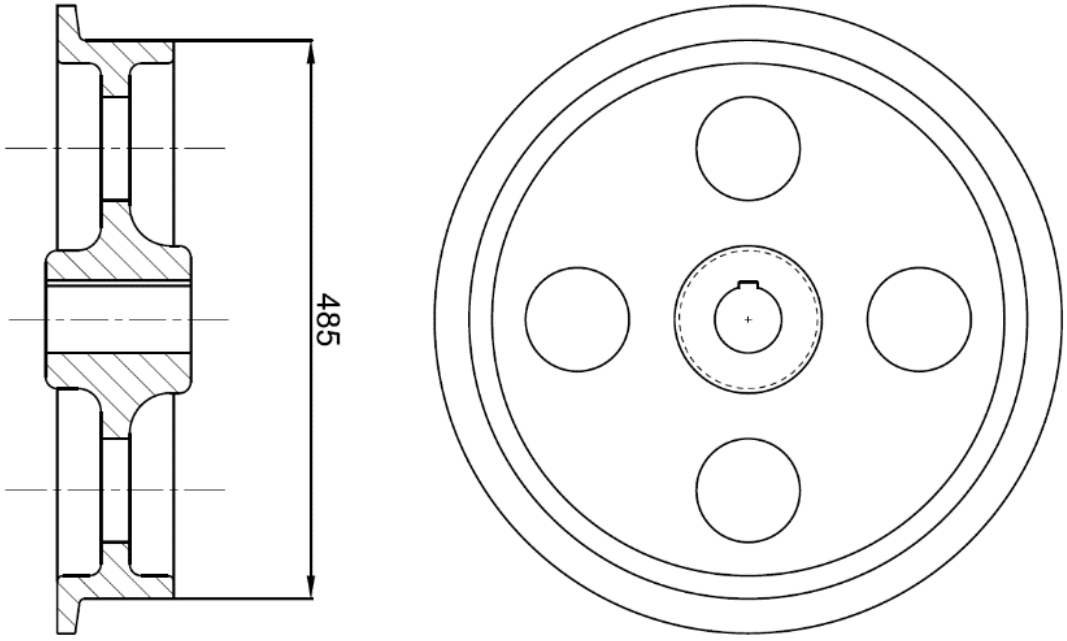


Imagen 7.5. Ruedas del carro.

Luego, usando el valor del radio de la rueda del carro donde se produce el contacto con el riel (Imagen 7.5), se obtiene el valor del coeficiente de rodadura.

$$C_{rr} = \frac{\mu_r}{R} = \frac{0{,}5}{D_r/2} = \frac{0{,}5}{485/2} = 0{,}002062\ [-]$$

7.2.3.2 POLÍN

Análogamente al caso anterior, el polín ejerce una oposición al movimiento de los cables que por el circulan (cable de arrastre y auxiliar). El coeficiente de rodadura producido entre los cables y el polín (C_{rrp}) se puede aproximar mediante la misma expresión, considerando el radio de la superficie en contacto:

$$C_{rrp} = \frac{0{,}5}{R_{po}} = \frac{0{,}5}{D_{po}/2} = \frac{0{,}5}{89/2} = 0{,}011236\ [-]$$

7.2.4 PESO DE LOS CABLES

El sistema cuenta con dos cables de acero, cable de arrastre y auxiliar, de ¾" y 1" de diámetro respectivamente. Estos recorren una larga distancia y por ende aportan un valor significativo a la carga del carro, la cual el sistema debe considerar. Para esto se establece el cálculo del peso del cable total máximo (P_{ca}), como se muestra continuación:

$$P_{ca} = wLg = (w1 + w2)Lg = (1{,}34 + 2{,}51) \cdot 155 \cdot 9{,}81 = 5854[N]$$

Donde, "w" equivale al peso lineal del cable de acero, "L" la longitud total del recorrido y "g" la correspondiente aceleración de gravedad. Cabe señalar que ambos cables poseen un diferente peso lineal dependiendo de su sección transversal.

7.2.5 ANÁLISIS DE FUERZAS

Mediante los diagramas de cuerpo libre adecuados se puede determinar adecuadamente el análisis de fuerzas para obtener la diferencia de tensión máxima en el caso que presenta mayor criticidad y por ende la máxima potencia en el motor eléctrico. El caso a estudiar es el referente a tener uno de los carros en la estación inferior en su máxima capacidad de pasajeros y carga permitida (condición crítica de carga), mientras que el otro carro se encuentra en la estación superior sin pasajeros ni carga (condición mínima de carga), ejerciendo el menor contra peso posible en el sistema. Para la correcta obtención de las fuerzas de tensión involucradas en ambos carros, se realiza el estudio de los dos casos por separado ayudándose del DCL de la Imagen 7.6 para un elemento infinitesimal del carro en el caso crítico de carga.

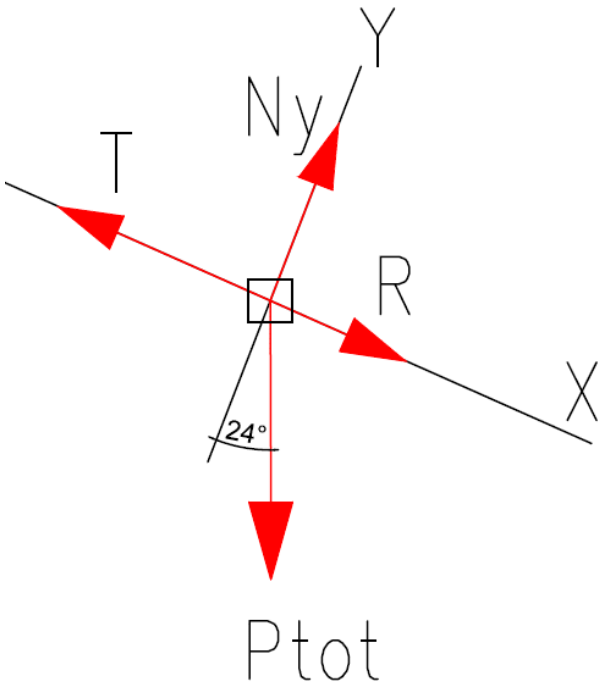


Imagen 7.6. DCL elemento infinitesimal carro en subida.

7.2.6 CONDICIÓN CRÍTICA DE CARGA

7.2.6.1 COMPONENTE NORMAL DEL CARRO

Para la obtención de la componente normal en el carro (N_y), se realiza el supuesto de distribución unitaria de la carga del carro sobre sus cuatro ruedas. Lo que permite obtener la normal realizando la correspondiente sumatoria de fuerzas en el eje Y, considerando además la componente para el peso total (P_{tot}) del carro debido a la inclinación de este, como se muestra a continuación:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N_y - (P_{tot})\cos(24°) = 0$$

Como: $Ptot = (Q_c + Q_u)g = (2661 + 1425) \cdot 9{,}81 = 40084\ [N]$

Se obtiene: $N_y = P_{tot} \cdot \cos(24°) = 36619\ [N]$

7.2.6.2 COMPONENTE NORMAL DE LOS CABLES

La fuerza normal de los cables (N_{ca}), es la componente que permitirá obtener la resistencia a la rodadura de estos, lo cuales aportan a la oposición del movimiento del carro y por ende al cálculo de la potencia requerida.

$$N_{ca} = P_{ca} \cdot \cos(38) = 5854 \cdot \cos(24°) = 5348\ [N]$$

7.2.6.3 RESISTENCIA A LA RODADURA

Como se comentó anteriormente, la fuerza producida por la oposición al movimiento de un cuerpo sobre una superficie que puede rodar, se llama resistencia a la rodadura. En el caso del carro del ascensor, se produce en dos casos, el primero entre las ruedas y los rieles del plano de rodadura, y el segundo entre los cables y los polines incorporados en intervalos a lo largo del recorrido.

Para el primer caso, teniendo la fuerza normal del carro y el coeficiente de rodadura producido por las cuatro ruedas sobre el riel, el cálculo de la resistencia a la rodadura es similar a la fuerza de roce, como se muestra a continuación:

$$R_1 = N_y C_{rr} = 36619 \cdot 0{,}002062 = 75{,}5\ [N]$$

Mientras que para el segundo caso, el cálculo se realiza de igual forma, utilizando las fuerzas correspondientes para la normal y coeficiente de rodadura.

$$R_2 = N_{ca} C_{rrp} = 5348 \cdot 0{,}011236 = 60{,}1\ [N]$$

Lo que finalmente produce una fuerza total para la resistencia a la rodadura de:

$$R = R_1 + R_2 = 135{,}6\ [N]$$

7.2.6.4 FUERZA DE TENSIÓN

Para obtener finalmente la fuerza de tensión en el caso de la condición crítica, es necesario aplicar la ecuación de movimiento correspondiente a la segunda ley de Newton enfocando al análisis en el eje X (Imagen 7.6). Cabe señalar que a este análisis del carro queda por agregar los efectos ocasionados por los cables a lo largo de todo el recorrido. La ecuación a desarrollar queda de la siguiente manera:

$$\sum F_x = ma \rightarrow \ T - R - (P_{tot})\, sin(24°) - (P_{ca})\, sin(24°) = ma$$

Donde: $m = (P_{tot} + P_{ca})/g = (40084 + 5854)/9{,}81 = 4683\ [kg]$

Despejando se tiene:

$$T = 4683 \cdot 0{,}8 + 135{,}6 + 16304 + 2381 = 22570\ [N] = 22{,}57[kN]$$

Finalmente, se obtiene que la tensión máxima de los cables en el caso de mayor criticidad, considerando ambos cables es de 22,57 [kN].

7.2.7 CONDICIÓN MÍNIMA DE CARGA

Para la condición mínima de carga, se realiza el equivalente al procedimiento demostrado anteriormente, utilizando el DCL para el carro en bajada (Imagen 7.7).

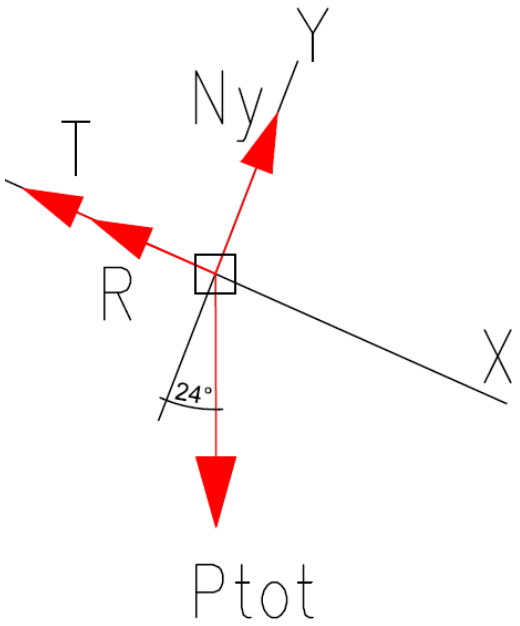


Imagen 7.7. DCL elemento infinitesimal carro en bajada.

7.2.7.1 COMPONENTE NORMAL DEL CARRO

Para la obtención de la componente normal en el carro (N_y), se realiza el mismo supuesto que para la primera situación, pero sin considerar la carga de los pasajeros, pues recordemos que para este caso se considera la cabina en la estación inferior sin pasajeros ni carga.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow N_y - (P_{tot})\cos(24°) = 0$$

Donde: $Ptot = (Q_c)g = (2661) \cdot 9{,}81 = 26105\ [N]$

Se obtiene: $N_y = P_{tot} \cdot \cos(24°) = 23848\ [N]$

7.2.7.2 COMPONENTE NORMAL DE LOS CABLES

La fuerza normal de los cables (N_{ca}) para esta situación se considera nula debido a que el carro se encuentra en la estación superior, donde el tambor de arrastre se encuentra totalmente enrollado en la sala de máquinas y por ende los cables están retraídos.

$$N_{ca} = P_{ca} \cdot \cos(38) = 0 \cdot \cos(24°) = 0\ [N]$$

7.2.7.3 RESISTENCIA A LA RODADURA

Para el primer caso, la fuerza normal del carro se reduce en comparación a la primera situación debido a la disminución en la carga, mientras que el coeficiente de rodadura se mantiene pues la condición es la misma.

$$R_1 = N_y \cdot C_{rr} = 23848 \cdot 0{,}002062 = 49{,}2\ [N]$$

Mientras que para el segundo caso, como se explicó en el apartado anterior, los cables no se consideran para el estudio de la situación.

$$R_2 = N_{ca} \cdot C_{rrp} = 0\ [N]$$

Lo que finalmente produce una fuerza total para la resistencia a la rodadura de:

$$R = R_1 + R_2 = 49{,}2\ [N]$$

7.2.7.4 FUERZA DE TENSIÓN

La ecuación a desarrollar es generada bajo la misma condición anterior, recordando que para esta situación los cables no son considerados. Entonces la ecuación queda:

$$\sum F_x = ma \rightarrow T + R - (P_{tot})\, sin(24°) = -ma$$

Donde:

$$m = (P_{tot})/g = (26105)/9{,}81 = 2661\ [kg]$$

Despejando se tiene:

$$T = -2661 \cdot 0{,}8 - 49{,}2 + 10618 = \ 8440\ [N] = 8{,}44\ [kN]$$

Se obtiene que la tensión máxima de los cables en el caso planteado de carga mínima, es de 8,44 [kN].

Finalmente, se puede concluir que la diferencia de tensión generada para la condición planteada de máxima criticidad representada anteriormente es de:

$$\Delta T = 22{,}57 - 8{,}44 = \ 14{,}13\ [kN]$$

7.2.8 POTENCIA MECÁNICA DEL MOTOR

Para la obtención de la potencia mecánica en el motor, se establece la diferencia de tensiones en los carros producidos por la situación crítica antes descrita como máxima condición de diseño para la potencia. Es por esto, que a modo de otorgar robustez al diseño a esta fuerza resultante, se le aplican un factor de seguridad correspondiente al diseño establecido por la sala de máquina y eficiencia de los subsistemas mecánicos como se muestra en la Imagen 7.8.

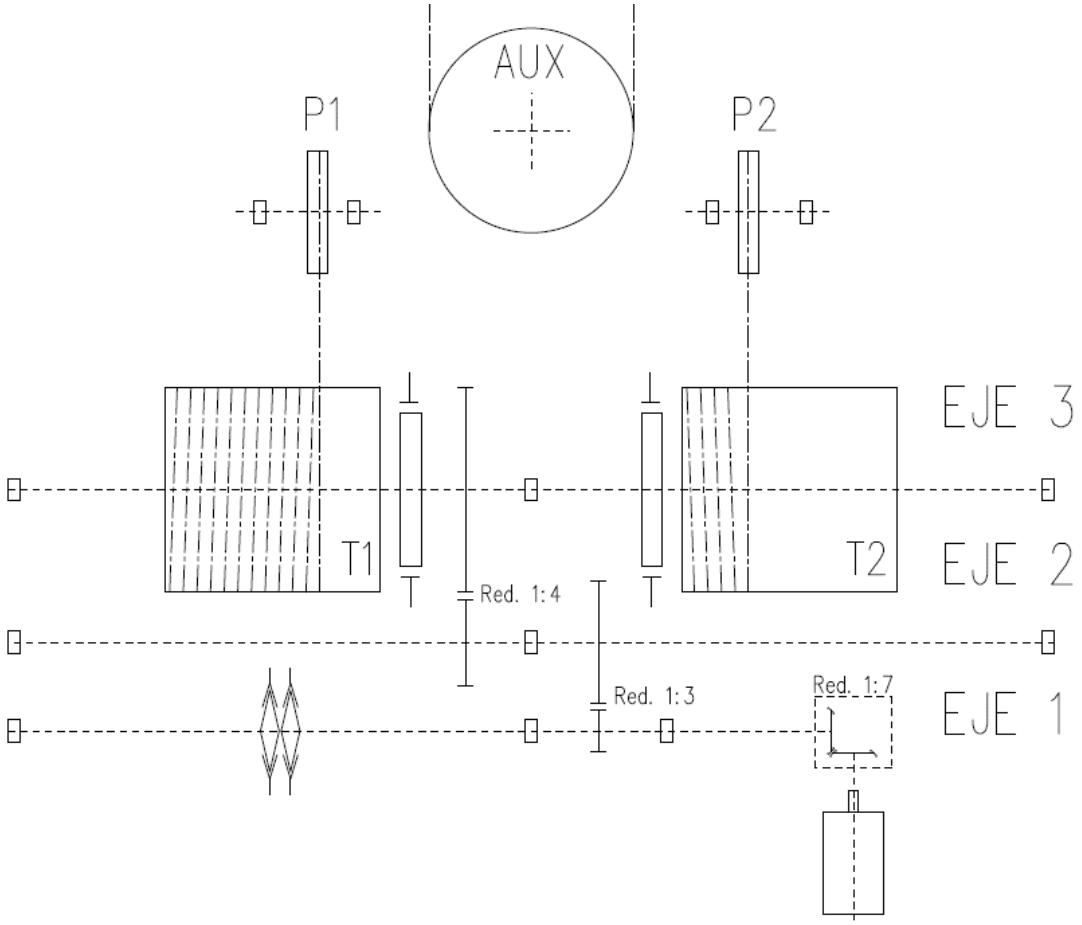


Imagen 7.8. Diagrama cinemático sala de máquina.

Considerando el diagrama cinemático expuesto y eficiencias mecánicas de los subsistemas referidos a las poleas de reenvió (η_{pr}), tambores de arrastre (η_t), reductor mecánico de engranajes cónicos (η_r) y los distintos acoples mecánicos a lo largo de la disposición mostrada (η_a), además de la incorporación de un factor del 30% para otorgar mayor seguridad al equipo. Se obtiene finalmente la potencia mecánica y la potencia necesaria para la selección del motor eléctrico:

$$Potencia\ Mecánica = \frac{\Delta T \cdot v}{\eta_{pr} \cdot \eta_t \cdot \eta_r \cdot \eta_a} = \frac{14130 \cdot 1{,}5}{0{,}96 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}86} = 27{,}36\ [kW]$$

$$Potencia\ Motor = 27{,}36 \cdot 1{,}3 = 35575\ [W] = 35{,}58\ [kW]$$

$$Potencia\ Motor = 47{,}69\ [HP]$$

Finalmente, y debido a la simplicidad por adquirir un motor de carácter comercial, se determina la potencia del motor eléctrico en 50 [HP] / 37 [kW].

7.3 CABLES [21], [32], [33], [34]

Los cables de acero son otros de los elementos que presentan mayor importancia dentro del diseño de elementos mecánicos en el sistema general, pues son los encargados de tirar de los carros para realizar el movimiento del ascensor. Es por esto que está directamente relacionado con la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema. La normativa vigente exige para ascensores verticales un factor mayor a 16 para tracción por adherencia con dos cables y mayor a 12 cuando se utilizan tambores de enrollamiento (caso en estudio) [21].

En el presente apartado se desarrollará el procedimiento para obtener los factores de seguridad estático y a la fatiga para luego comparar estos resultados con los valores exigidos por la norma [34]. Además de establecer condiciones de diseño favorables.

Como se hizo mención en el capítulo anterior el diseño del ascensor consta con dos cables de acero, uno de ¾" y el otro de 1" de diámetro. El tipo de cable seleccionado es comercial tipo Seale 6x19, esta denominación indica que las dos últimas capas llevan igual número de hilos y corresponde a un cable de 6 cordones metálicos enrollados helicoidalmente respecto a un alma textil. Cada cordón está formado por 19 hilos en tres orbitas. En la órbita más exterior existen 9 hilos, en la intermedia otros 9 hilos de menos diámetro y un único hilo en su centro (Imagen 7.9). Por otra parte, el arrollamiento del cable es de sentido regular o torsión Lang, es decir los alambres en el torón y los torones en el cable se tuercen en la misma dirección. Dependiendo del sentido de cableado de los cordones será a derecha o a izquierda. Este tipo de torcido presenta una mayor flexibilidad y una mayor superficie de apoyo, lo que implica tener la superficie exterior más lisa y un mejor llenado del área de la sección transversal. Debido a esto sufren un desgaste menor al trabajar en poleas o tambores. Con respecto a la configuración Seale (Imagen 7.10), en general es la más utilizada en las instalaciones de ascensores, debido a que hay una tendencia a la abrasión en servicio, los alambres más exteriores de esta configuración son muy gruesos, con gran resistencia a la rotura por abrasión, siendo lo más idóneo [32].

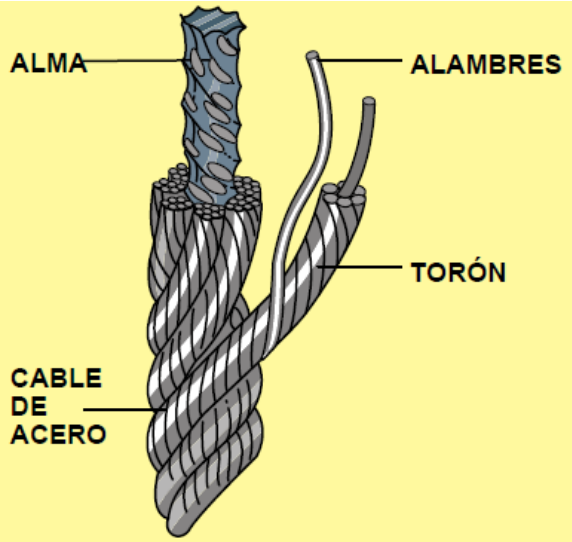


Imagen 7.9. Constitución de un cable de acero.

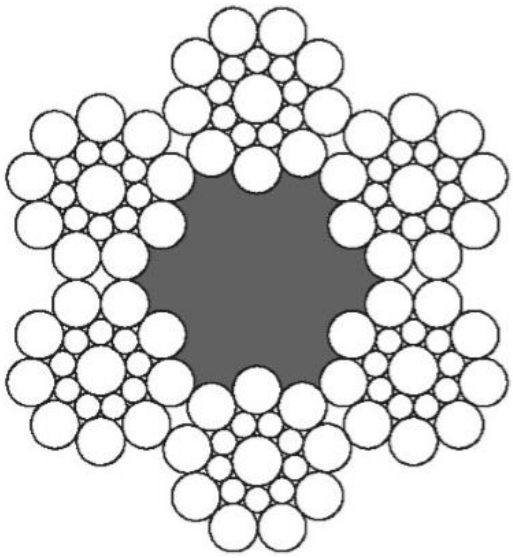


Imagen 7.10. Cable Seale 6x19.

Tabla 7.3. Propiedades para cable Seale 6x19 comercial [33].

Ø Nom (pulg.)	Ø Nom (mm)	Carga de rotura mínima garantizada (kN)	(1000 lb)	(tm)	Peso lineal (kg/m)
	9	55	12,3	5,6	0,30
3/8"	9,5	62	13,9	6,3	0,34
	10	68	15,2	6,9	0,37
	11	82	18,5	8,4	0,45
1/2"	13	115	25,8	11,7	0,63
9/16"	14	133	30,0	13,6	0,73
5/8"	16	175	39,2	17,8	0,95
	18	221	49,6	22,5	1,20
3/4"	19	246	55,3	25,1	1,34
	20	273	61,3	27,8	1,49
7/8"	22	330	74,1	33,6	1,80
	24	392	88,2	40,0	2,14
1"	26	461	103,6	47,0	2,51
	28	534	120,2	54,5	2,91

7.3.1 RELACIÓN DE DIÁMETROS

Una de las primeras condicionantes de la selección del diámetro del cable (d), es la relación de diámetros con la polea (D_p), donde se establece una relación mayor a 34 veces el diámetro del cable por sobre el de la polea. Este diámetro es el referente al de contacto entre la polea y el cable.

$$\frac{D_p}{d} > 34$$

7.3.1.1 RELACIÓN POLEA DE REENVIÓ

$$\frac{D_{pr}}{d_r} = \frac{1212}{19{,}05} = 63{,}62$$

7.3.1.2 RELACIÓN POLEA AUXILIAR

$$\frac{D_{pa}}{d_a} = \frac{1976}{25{,}4} = 77{,}80$$

Ambas relaciones, tanto para la polea de reenvió como la de auxiliar, superan ampliamente las 34 veces establecidas por norma para los diámetros mínimos seleccionados.

7.3.2 CARGA DE FLEXIÓN EQUIVALENTE

El efecto producido cuando un cable metálico pasa alrededor de una polea, es provocar cierto reajuste de los elementos del cable. Cada uno de los alambres y toroides debe deslizarse sobre otros produciéndose una flexión en el cable que va en directa relación con la tensión. Estos esfuerzos de tensiones provocadas por la flexión en la polea se denomina carga de flexión equivalente (F_b) y se determina mediante:

$$F_b = \frac{E_r d_w A_m}{D}$$

Para el desarrollo de la ecuación, es necesario el módulo de Young ($E_r = 82737{,}11\ [MPa]$), diámetro de los alambres (d_w) y área (A_m) entregados para el material y tipo de cable metálico bajo estudio. Además del diámetro (D) de la polea o tambor por donde circula el cable.

7.3.2.1 DIÁMETRO DE LOS ALAMBRES

El diámetro de los alambres (d_w) que conforman el cable metálico tipo 6x19 viene de la siguiente ecuación entregada por norma:

$$d_w = 0{,}067 \cdot d$$

Entonces, para ambos cables utilizados en el sistema:

$$d_{w1} = 0{,}067 \cdot 19{,}05 = 1{,}28\ [mm]\ (cable\ arrastre)$$

$$d_{w2} = 0{,}067 \cdot 25{,}4 = 1{,}7\ [mm]\ (cable\ auxiliar)$$

7.3.2.2 ÁREA DEL METAL

El área del metal corresponde a la sección transversal comprendida solo por los alambres del cable, y su valor es igual a:

$$A_m = 0{,}4 \cdot d^2$$

Entonces, para ambos cables utilizados en el sistema:

$$A_{m1} = 0{,}4 \cdot 19{,}05^2 = 145{,}16\ [mm^2]\ (cable\ arrastre)$$

$$A_{m2} = 0{,}4 \cdot 25{,}4^2 = 258{,}06\ [mm^2]\ (cable\ auxiliar)$$

7.3.2.3 CABLE DE ARRASTRE

La carga de flexión equivalente para el cable de arrastre, se obtiene mediante la ecuación expuesta condicionada por el paso sobre la polea de reenvió (D_{pr}) y finalmente por el enrollamiento en el tambor (D_t). La ecuación queda:

$$F_{b1} = E_r \cdot d_{w1} \cdot A_{m1} \cdot \left(\frac{1}{D_{pr}} + \frac{1}{D_t}\right) = 82737{,}11 \cdot 1{,}28 \cdot 145{,}16 \cdot \left(\frac{1}{1212} + \frac{1}{3040}\right)$$

$$F_{b1} = 17690{,}38\ [N]$$

7.3.2.4 CABLE AUXILIAR

La carga de flexión equivalente para el cable auxiliar, se obtiene de manera simétrica a la condición anterior, con la diferencia de considerar solamente el paso por la polea auxiliar (D_{pa}).

$$F_{b2} = \frac{E_r \cdot d_{w2} \cdot A_{m2}}{D_{pa}} = \frac{82737{,}11 \cdot 1{,}7 \cdot 258{,}06}{1976}$$

$$F_{b2} = 18388{,}63\ [N]$$

7.3.3 FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO

Para determinar el factor de seguridad estático, primero se tiene que tener en consideración la reducción de la resistencia última del cable debido a la pérdida que ocurre cuando el cable pasa sobre una superficie curva, el Gráfico 7.3.1 mostrado a continuación indica el porcentaje de perdida para la resistencia en relación a la relación

de diámetros (D/d). Se observa fácilmente que para la totalidad de las relaciones, el porcentaje de perdida para la resistencia es del 5%.

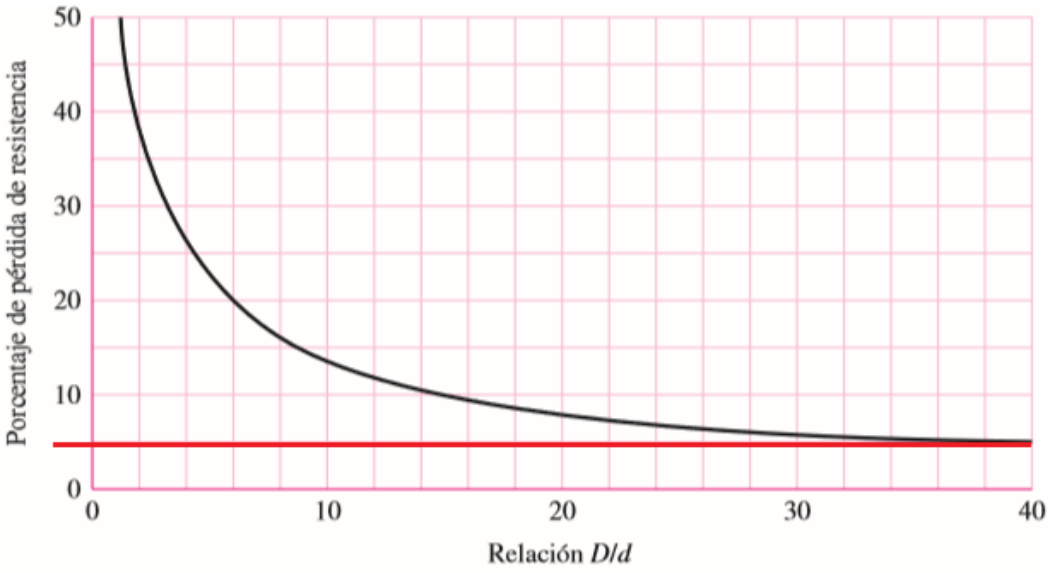


Gráfico 7.3.1. Porcentaje de pérdida de resistencia en el cable en función de la relación de diámetros.

Por lo tanto, la reducción total de la resistencia ultima de ambos cables al pasar por sus correspondientes superficies curvas, corresponde a 10% para el cable de arrastre y 5% para el auxiliar.

Por otra parte, de catálogos para ambos tipos comerciales de cable se obtiene la resistencia última para el cable de arrastre de ¾" en 246 [kN] y para su similar de 1" en 461 [kN]. Luego de aplicar el porcentaje de reducción calculada para ambos casos, se obtiene respectivamente que:

$$F_{u1} = 246000 \cdot 0{,}9 = 221400\ [N]$$

$$F_{u2} = 461000 \cdot 0{,}95 = 437950\ [N]$$

Finalmente los factores de seguridad estáticos para ambos casos, viene dado por la siguiente expresión, que relaciona las diferencias de fuerzas sobre la tensión máxima de trabajo en el cable (F_t):

$$n_e = \frac{F_u - F_b}{F_t}$$

Con respecto a la fuerza de tensión máxima de trabajo en el cable, se establece por los cálculos realizados en capítulos anteriores, una diferencia de tensiones de 22,57 [kN]. Esto para la condición crítica de utilizar solo un cable en las instalaciones del ascensor.

Para la condición normal de trabajo, donde se utilizan dos cables (arrastre y auxiliar), se asume la aproximación de distribución equitativa de carga en ambos cables, provocando una diferencia de tensión de 11,28 [kN] para cada cable. Los valores para los distintos factores de seguridad para las situaciones expuestas, quedan de la siguiente manera:

7.3.3.1 CABLE DE ARRASTRE

$$n_{e1.1} = \frac{F_{u1} - F_{b1}}{F_t} = \frac{221400 - 17690{,}38}{22566{,}54} = 9{,}027\ [-]$$

$$n_{e1.2} = \frac{F_{u1} - F_{b1}}{F_t/2} = \frac{221400 - 17690{,}38}{11283{,}27} = 18{,}054\ [-]\ (condición\ de\ trabajo)$$

7.3.3.2 CABLE AUXILIAR

$$n_{e2.1} = \frac{F_{u2} - F_{b2}}{F_t} = \frac{437950 - 18388{,}63}{22566{,}54} = 18{,}592\ [-]$$

$$n_{e2.2} = \frac{F_{u2} - F_{b2}}{F_t/2} = \frac{437950 - 18388{,}63}{11283{,}27} = 37{,}184\ [-]\ (condición\ de\ trabajo)$$

Finalmente, como se mencionó en un comienzo y comparado con los valores para ambos factores de seguridad, se determina que el par de cables cumple a cabalidad los criterios de seguridad estipulados en las normas, logrando incluso valores sobre las 16 veces para la condición normal de trabajo.

7.3.4 TENSIÓN PERMISIBLE A LA FATIGA

Para la obtención del factor de seguridad a la fatiga, se supone una tensión permisible para cierto número de flexiones hasta provocar la falla, fenómeno similar a la carga de flexión equivalente descrito anteriormente. Para el cálculo de esta tensión, se asume el criterio de vida infinita en el cable, lo cual queda representado por el factor obtenido a través del Gráfico 7.3.2.

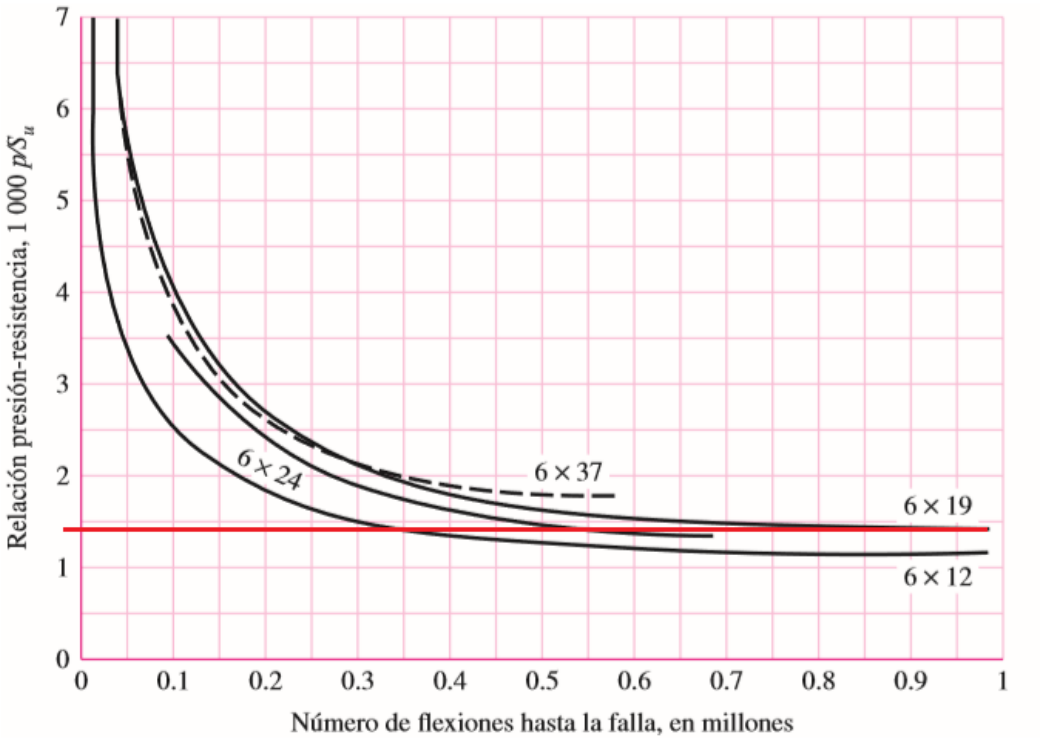


Gráfico 7.3.2. Relación presión-resistencia versus número de flexiones hasta la falla.

Desde el gráfico, se observa que para el supuesto de vida infinita el cable tipo 6x19 establece un factor de relación presión-resistencia (p/S_u) de 0,0014 [-].

Lo que, mediante la ecuación para la tensión permisible a la fatiga (F_f) mostrada a continuación, se puede posteriormente obtener el factor de seguridad a la fatiga debido a la acción de infinitos números de flexiones sobre las superficies curvas (D) correspondiente: poleas y/o tambores.

$$F_f = \frac{\left(p/S_u\right) \cdot S_u \cdot d \cdot D}{2}$$

De catálogos entregados por proveedores nacionales para el tipo de cable bajo estudio, se establecen valores para la resistencia última a la tensión (S_u) en los alambres del cable que varían entre los 1570 y 1960 [MPa]. Para el cálculo se utilizará el menor valor para asegurar una condición crítica en el sistema.

7.3.4.1 CABLE DE ARRASTRE

$$F_{f1} = \frac{\left({}^{p}/_{S_u}\right) \cdot S_u \cdot d_1 \cdot (D_{pr} + D_t)}{2}$$

$$F_{f1} = \frac{0{,}0014 \cdot 1570 \cdot 19{,}05 \cdot (1212 + 3040)}{2} = 89019{,}66\ [N]$$

7.3.4.2 CABLE AUXILIAR

$$F_{f2} = \frac{\left({}^{p}/_{S_u}\right) \cdot S_u \cdot d_2 \cdot D_a}{2}$$

$$F_{f2} = \frac{0{,}0014 \cdot 1570 \cdot 25{,}4 \cdot 1976}{2} = 55159{,}25\ [N]$$

7.3.5 FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

Al igual que para el caso del factor de seguridad estático, se establecen las mismas condiciones críticas y de trabajo para el análisis.

7.3.5.1 CABLE DE ARRASTRE

$$n_{f1.1} = \frac{F_{f1} - F_{b1}}{F_t} = \frac{89019{,}66 - 17690{,}38}{22566{,}54} = 3{,}161\ [-]$$

$$n_{f1.2} = \frac{F_{f2} - F_{b2}}{F_t/2} = \frac{89019{,}66 - 17690{,}38}{11283{,}27} = 6{,}322\ [-]\ (condición\ de\ trabajo)$$

7.3.5.2 CABLE AUXILIAR

$$n_{f2.1} = \frac{F_{f2} - F_{b2}}{F_t} = \frac{55159{,}25 - 18388{,}63}{22566{,}54} = 1{,}629\ [-]$$

$$n_{f2.2} = \frac{F_{f2} - F_{b2}}{F_t/2} = \frac{55159{,}25 - 18388{,}63}{11283{,}27} = 3{,}259\ [-]\ (condición\ de\ trabajo)$$

Con respecto a los factores de seguridad a la fatiga obtenidos, se observa que ambos cables cumplen con la condición mínima de ser mayor a uno.

Por lo tanto, el cable de acero seleccionado Seale 6x19, torcido regular o Lang de diámetros ¾" para el arrastre y 1" para el auxiliar, satisface todas las necesidades de diseño del sistema arrojando valores de factores de seguridad tanto estático como a la fatiga sobre la norma vigente del país.

7.3.6 ROTURA DE ALAMBRES [35]

Los cables debido a los efectos de la tracción y flexiones alternadas por la presión al pasar por poleas y tambores de enrollamiento causan la fatigación de los alambres en el cable produciendo su rotura, como se describió en párrafos anteriores. Generalmente, los alambres exteriores de un cable son los más propensos a la destrucción, pero también ocurre en los alambres interiores, específicamente en los puntos de apoyo de los torones o en el caso de una fuerte solicitación dinámica. Este fenómeno se intensifica cuando las poleas y tambores están recubiertas de cuero o madera.

En los cables Lang, los alambres se encuentran en el exterior en longitudes mayores, el cableado es menos apretado y los alambres resultan fijados menos intensamente. Es por esto que hay que hacer una diferencia entre un cable cruzado y del tipo regular o Lang. Las normas referente especifican que los cables deben ser reemplazados cuando la proporción de los alambres rotos visibles sobre la longitud de un paso, sobrepasan el 2% para el cable de 114 alambres (6 x 19 = 114 alambres) [35].

$$Alambres\ rotos = 0{,}02 \cdot 114 = 3\ [-]$$

Por lo tanto, se obtiene que el cable debe ser removido en cuanto tengan 3 alambres rotos en un paso debido a su conformación. Como definición se puede decir que un paso del cable es la distancia medida por el eje del cable donde un torón hace revolución completa alrededor del alma, como se explica de manera ilustrativa en la Imagen 7.11.

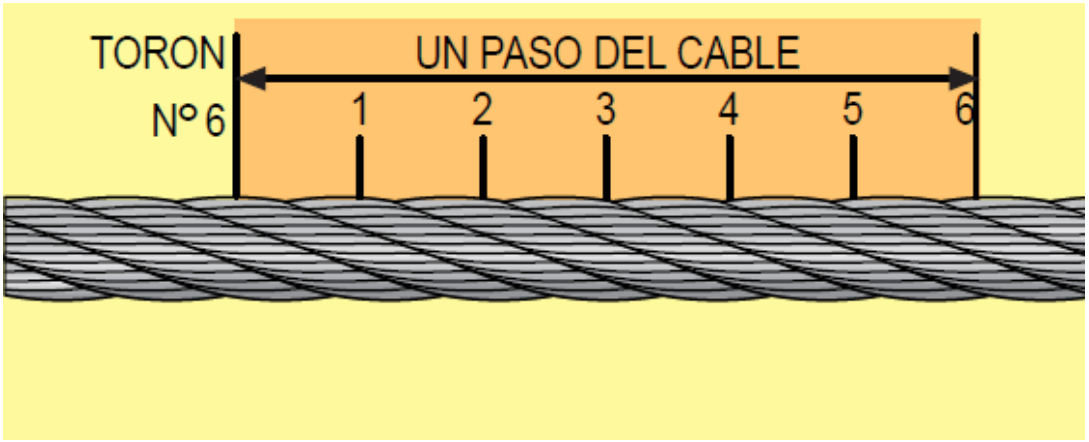


Imagen 7.11. Ilustración paso de un cable.

7.3.7 FIJACIÓN DE LOS CABLES [36]

Para la fijación de los terminales de los cables en las instalaciones del ascensor, se utilizan dos elementos de fijación usados habitualmente, abrazaderas y terminales de suspensión tipo cuña. Ambos elementos de carácter comercial que varían según el diámetro del cable [36].

Para las abrazaderas se establecen criterios de seguridad normados para los distintos tipos de cables, principalmente estableciendo un número de 4 y 5 unidades para los cables de arrastre y auxiliar, respectivamente. Además de establecer dimensiones que se deben cumplir para su correcta instalación, como se muestra en la Tabla 7.4 e Imagen 7.12.

Tabla 7.4. Tabla de instalación de abrazaderas.

Diámetro del cable	Cantidad	Distancia entre grapas	Longitud de cable a doblar	Longitud extremo libre	Torque de apriete tuercas
Pulg.	-	mm	mm	mm	Kg-m
3/4	4	114	456	114	193,4
1	5	156	780	156	334,8

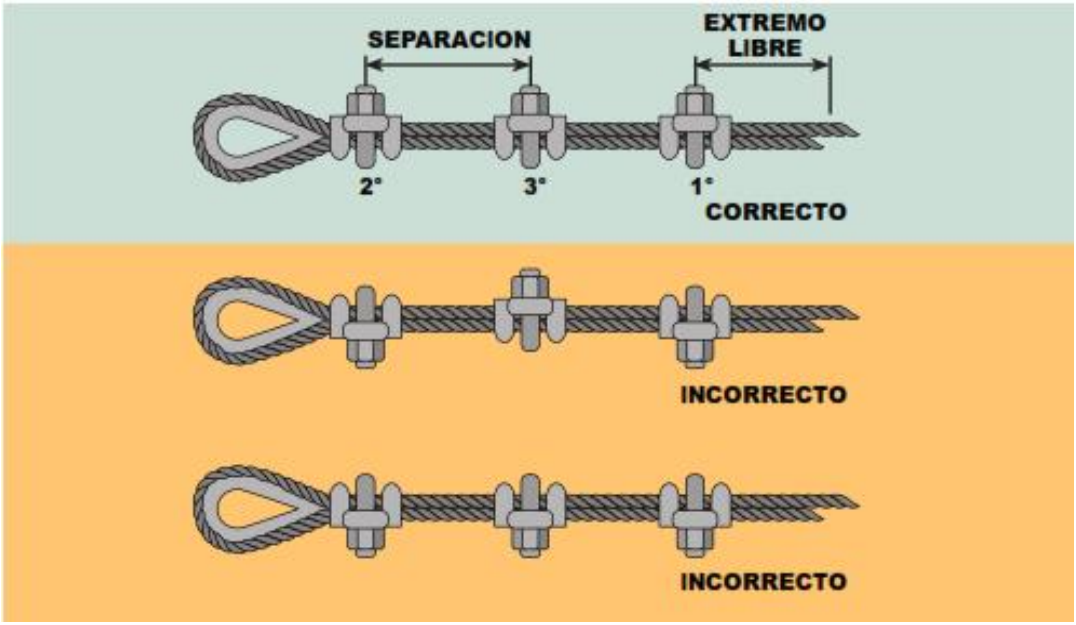


Imagen 7.12. Dimensiones de instalación de abrazaderas.

7.3.8 LARGO DE CABLES

Para establecer el largo de los cables, se considera todo el recorrido por sobre los elementos mecánicos por donde pasan los cables. Para el cable auxiliar, se considera el

paso por la mitad de la polea auxiliar, la distancia comprendida entre el carro en la estación inferior y el otro en la estación superior (se considera un 20% mayor al recorrido total del ascensor). Además de considerar la longitud de cable a doblar en los extremos, entregada en el apartado anterior.

$$Long.cable\ auxiliar = recorrido\ carro \cdot 1{,}2 + recorrido\ polea \cdot 0{,}5 + 2 \cdot Long.\ a\ doblar$$

$$Long.cable\ auxiliar = 155000 \cdot 1{,}2 + \pi \cdot D_{pa} \cdot 0{,}5 + 2 \cdot 780 = 190984\ [mm]$$

$$Long.cable\ auxiliar = 195[m]\ (aumentado\ 2\%)$$

Mientras que para el cable de arrastre, se considera la distancia de recorrido del carro en la estación inferior hacia el tambor de enrollamiento (considerando 1,5 espiras de enrollamiento fijas y 0,5 vueltas para la fijación al tambor) en la sala de máquina, pasando por la polea de reenvió (solo cubre ¾ de la polea) y al igual que el caso anterior, considerando la longitud del cable a doblar para cada extremo.

$$Long.cable\ arrastre = recorrido\ carro + recorrido\ sala\ máq. + recorrido\ tambor(1{,}5 + 0{,}5) + recorrido\ polea \cdot 0{,}75 + 2 \cdot Long.\ a\ doblar$$

$$Long.cable\ arrastre = 155000 + 59000 + \pi \cdot D_t \cdot 2 + \pi \cdot D_p \cdot 0{,}75 + 2 \cdot 456 = 237312\ [mm]$$

$$Long.cable\ arrastre = 243\ [m]\ (aumentado\ 2\%)$$

7.4 TAMBOR DE ENROLLAMIENTO [35]

Los tambores de enrollamiento presentes en la sala de máquina, están solicitados por tres fuerzas generalmente: torsión, flexión por la tracción de los cables y compresión causada por el apriete del cable (Imagen 7.13). Donde generalmente los esfuerzos de torsión y flexión son despreciables, con la excepción de este último que para longitudes excesivas se torna considerable [35].

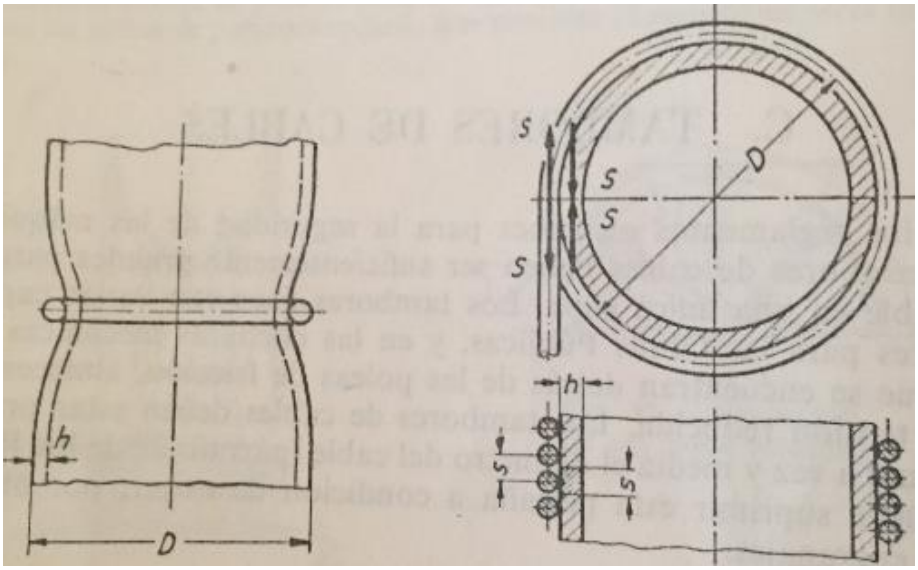


Imagen 7.13. Deformación de tambor bajo la influencia de una única espira (izq) y fuerzas de compresión en tambor (der).

7.4.1 DIMENSIONES

Se establece por normas internacionales para las máquinas de elevación que los tambores de cables deben ser suficientemente grandes para permitir el arrollamiento total del cable en una única capa.

7.4.1.1 PESTAÑA TAMBOR

Para evitar que el cable caiga del tambor por los costados de este, se determina la existencia de dos pestañas de altura mínima igual a vez y medio el diámetro del cable.

$$Pestaña\ mín. = 1{,}5 \cdot d_r = 1{,}5 \cdot 19{,}05 = 28{,}6\ [mm]$$

De los datos del sistema se obtiene que la pestaña de diseño presente en el tambor es de 100 [mm], por lo que la condición mínima para la pestaña se cumple considerablemente.

7.4.1.2 NÚMERO DE ESPIRAS

Para obtener el número de espiras necesarias (n), se realiza una relación que depende de la longitud del cable a enrollar (L) y el diámetro del tambor (D_t). Se recomienda dejar al menos 1,5 espiras muertas, que refuerzan la fijación del cable e impida que se desarrolle por completo, aun en el caso de que el carro se encuentra en su posición más baja.

$$n = \frac{L}{D_t \cdot \pi} + 1{,}5 = \frac{155000}{3040 \cdot \pi} + 1{,}5 = 18\ [-]$$

Por lo tanto, se establece la existencia de 18 espiras para el caso de máximo arrollamiento en el tambor, donde 1,5 espiras están fijas.

7.4.1.3 LONGITUD TAMBOR

Para obtener la longitud mínima en el tambor, se considera el número total de espiras para el caso de mayor solicitación y la separación o paso que existe entre cada una de estas. El paso existente entre cada espira se recomienda por literatura para tambores acanalados una distancia de 22 [mm], como se muestra en la Tabla 7.5 e Imagen 7.14.

$$Longitud\ tambor = n \cdot s = 18 \cdot 22 = 396\ [mm]$$

Tabla 7.5. Dimensiones tambor acanalado según diámetro del cable.

Diámetro del cable	10.	13.	16.	19.	22.	27.	33.	40.	44.
s	12	15	18	22	25	31	37	45	49
r	5,5	7	9	10,5	12	15	18	22	24
a	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6

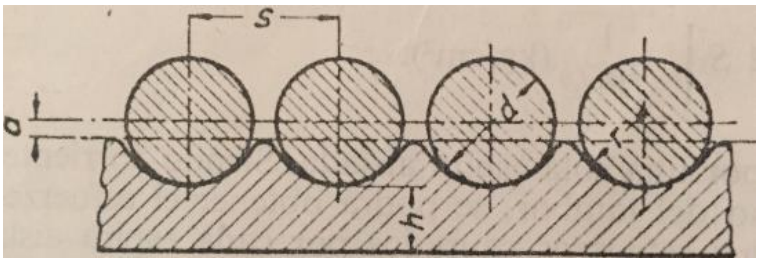


Imagen 7.14. Dimensiones tambor acanalado.

Si bien es cierto, el tambor utilizado no es acanalado, este dato nos entrega un valor para la longitud del tambor que satisface nuestros requerimientos, cuyo paso entre espira es cercana a los 19,1 [mm] debido a que los cables por acción natural tenderán

a posicionarse uno tras otro. La longitud del tambor existente es de 855 [mm], condición favorable al diseño pues satisface la longitud mínima calculada.

7.4.2 ESFUERZO EN TAMBOR

Debido al arrollamiento sobre el tambor, se originan fuerzas de compresión (σ) y flexión (σ_f) como se comentó en un comienzo. El tipo de solicitación se pone en evidencia imaginando un tambor que soporta una única espirada de cable (Imagen 7.13), la cual bajo la influencia de la tracción del cable ($T_{máx}$) el tambor se comprime con la máxima deformación debido al enrollamiento. A medida que nos alejamos de la espira, la deformación, y consecuentemente el esfuerzo debido a la compresión, disminuyen. La flexión existente en el tambor se presenta en sentido paralelo al eje del tambor como se aprecia en la figura, estos esfuerzos máximos debido a la idealización de una sola espira, quedan expresados por las siguientes ecuaciones:

$$\sigma = 0{,}93 \cdot T_{máx} \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{{D_t}^2 \cdot h^6}} \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

$$\sigma_f = 1{,}61 \cdot T_{máx} \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{{D_t}^2 \cdot h^6}} \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

De los datos de diseño del tambor, se obtiene que el espesor de la superficie del tambor (h) es igual a 12 [mm] y de los datos anteriormente expuestos, se sabe que la tensión máxima en los tambores es de 2300 [Kg] para la condición de mayor criticidad y 1150 [Kg] para la condición normal de trabajo. Por lo tanto, los esfuerzos para la idealización expuesta queda:

$$\sigma = 0{,}93 \cdot 2300 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{3040^2 \cdot 16^6}} = 60{,}63 \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

$$\sigma_f = 1{,}61 \cdot 2300 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{3040^2 \cdot 16^6}} = 104{,}96 \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

Como se mencionaba, estos resultados son a raíz de una idealización considerando una única espira, ya que en condiciones normales de trabajo, el tambor nunca será cargado por una sola espira aislada. Siendo corriente que el enrollamiento de cable sea desde un extremo hacia el otro conteniendo varias espiras, donde se podrá obtener el esfuerzo total soportado por las espiras, calculando los esfuerzos causados por cada espira aisladamente y superponiéndolas. Es este caso, la solicitación de la flexión local será nula, porque, si la tracción no varía, la deformación por o compresión es contaste y la generatriz del tambor permanecerá recta. No obstante, los esfuerzos de compresión se añadirán hasta que la sección correspondiente al paso del arrollamiento sea solicitada por la tracción del cable. Bajo esta hipótesis el esfuerzo de compresión se calcula como sigue, considerando además un factor del 25% por ser un elemento crítico para el sistema y un paso entre espiras (s) considerando un tambor de superficie lisa:

$$\sigma_{total} = \frac{T_{trabajo}}{h \cdot s} \cdot f = \frac{1150}{16 \cdot 19{,}1} \cdot 1{,}25 = 470{,}46 \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

Debido a que el tambor está en movimiento rotacional, el número de espiras totales varía entre 1,5 (espiras muertas) a 18. Esta situación hace que la hipótesis planteada no se cumpla siempre en forma exacta. Porque cuando se coloca la primera espira, el tambor no sufre la deformación total, que es el resultado del arrollamiento completo. A medida que la deformación del tambor aumenta bajo la influencia de las espiras, la tracción local de las primeras espiras disminuye. La fricción del cable sobre el tambor

evita que las tensiones se equilibren de un extremo a otro del arrollamiento. Para el tambor completamente recubierto de espiras se tiene que el esfuerzo de compresión representa el 85% del esfuerzo total.

$$\sigma_1 = 0{,}85 \cdot \sigma_{total} = 399{,}89 \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

Otra situación que se origina es en los extremos, donde el esfuerzo es inferior, porque la parte del tambor que no está recubierta todavía de espiras refuerza la parte arrollada. Para este caso el esfuerzo a compresión de la parte arrollada representa el 50% del esfuerzo total.

$$\sigma_a = 0{,}5 \cdot \sigma_{total} = 235{,}23 \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

Esta situación en los extremos, genera una fuerte flexión local que se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_{fa} = 0{,}96 \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{{D_t}^2 \cdot h^6}} = 62{,}58 \left[\frac{Kg}{cm^2}\right]$$

Estas dos solicitaciones son generadas simultáneamente, aunque actúan sobre sección desfasadas 90°.

Finalmente, considerando el material del tambor correspondiente a acero ASTM A36-24 ES, es recomendable según literatura que los esfuerzos de trabajo no sobrepasen los 500 [kg/cm^2], siendo cumplido por la totalidad de los esfuerzos calculados previamente.

7.4.3 ENROLLAMIENTO DE CABLE [33]

El enrollamiento del cable sobre la superficie del tambor es imprescindible para el buen funcionamiento de los tambores lisos (no acanalado). Es fundamental que el sentido de enrollamiento y torcido de los torones en el cable cumplan ciertas normas. Si el sentido de torcido de los torones no es adecuado, la tendencia del cable a destorcerse hará que al enrollarse sobre el tambor, las vueltas sucesivas tiendan a separase y el enrollamiento del cable sea irregular. Este a su vez, causa un aflojamiento de los torones en el cable cerca del anclaje en el tambor, poniéndose el cable más blando en este sector, permitiendo un movimiento de los alambres, resultando con deformaciones, desgaste y aplastamiento más rápido que lo normal [33].

En las imágenes de a continuación se indican los sentidos correctos de torsión de los cables, según su manera de enrollarse al tambor y su posición de anclaje. Cabe señalar que el anclaje se realizará al interior del tambor, fijado al eje de este.

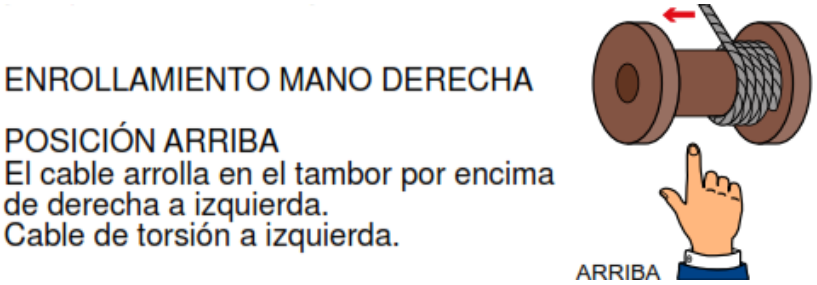


Imagen 7.15. Enrollamiento tambor izquierdo (vista mar-cerro).

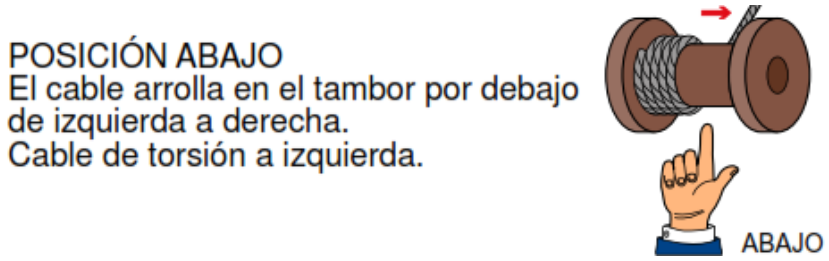


Imagen 7.16. Enrollamiento tambor derecho, lado rueda dentada (vista mar-cerro).

7.4.4 ÁNGULO DE ENROLLAMIENTO

Para lograr un enrollamiento parejo en un tambor liso es necesario tomar en cuenta varios factores, que incluyen: la relación diámetro tambor/ diámetro cable, la velocidad de giro, la carga aplicada y ángulo de desvió. Esta última es la que tiene una mayor injerencia sobre las características del enrollamiento.

El ángulo de desvió se puede definir como el ángulo incluido dentro de dos líneas. Una línea dibujada desde el centro de la polea hasta el centro del tambor, perpendicular al eje del tambor, y la segunda línea dibujada desde el costado del tambor hasta el fondo de la canaleta de la polea como se muestra en la Imagen 7.17.

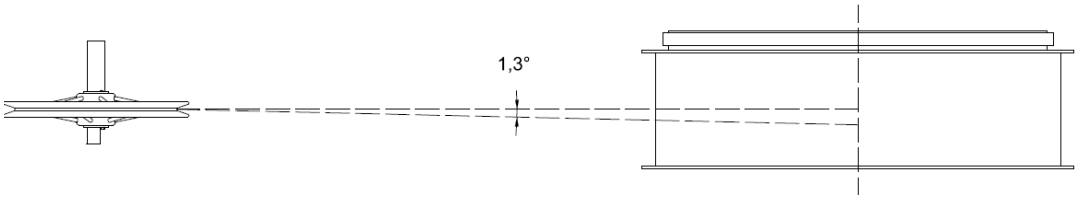


Imagen 7.17. Ángulo desfase (máximo ángulo).

En el caso de los tambores lisos, el ángulo no debe ser mayor de 1°30'' para lograr una eficiencia óptima. Si el ángulo es mayor entonces aparecen problemas de enrollamiento disparejo, roce entre el cable y los costados de la polea. Igualmente, si el ángulo es menor de 0°30', el cable tenderá a acumularse en un solo sector del tambor.

Para provocar el correcto movimiento del cable entre los tambores y el carro sobre el plano de rodadura varios metros más arriba, el sistema cuenta con poleas de desvió. Estas son llamadas "poleas locas" debido a que el movimiento es solidario con el eje, lo que les otorga ciertos grados de libertad de movimiento en el eje axial. Este movimiento permite enrollar el cable sobre la superficie del tambor desde el costado más próximo al anclaje hasta pasado la mitad, como se muestra en la imagen anterior, cumpliendo con las condiciones de diseño antes descritas.

7.5 POLEAS DE REENVÍO [35]

El ascensor cuenta con tres poleas de reenvío como se aprecia en la Imagen 7.18, las cuales están orientadas en brindar una correcta transmisión de movimiento entre el sistema de tracción y los carros en el plano de rodadura. Una polea denominada "auxiliar" cuyo objetivo es redireccionar el cable del mismo nombre para conectar ambos carros provocando el efecto de contrapeso en el sistema y dos "poleas locas" cuyo objetivo se describió anteriormente.

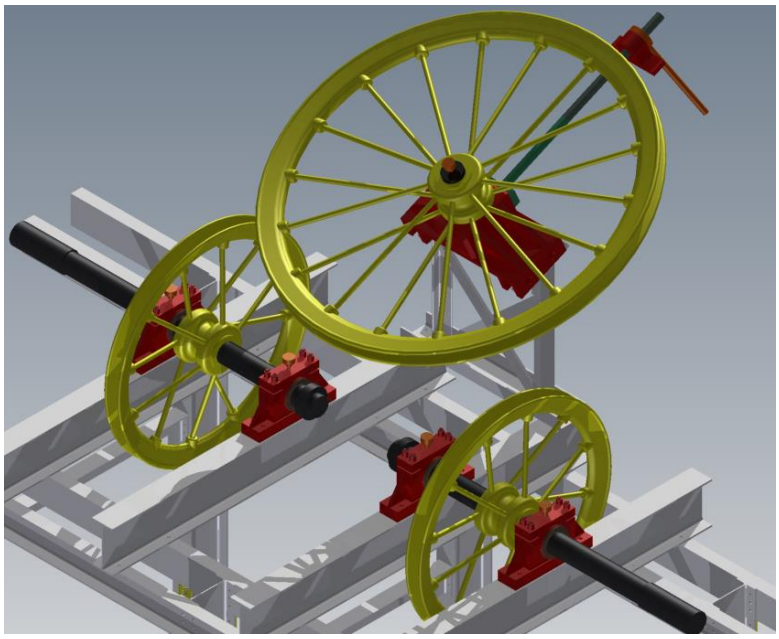


Imagen 7.18. Poleas de reenvío.

Con respecto al diseño de estas, poseen tres características que las definen: su diámetro, el perfil de sus gargantas y el material [35].

El diámetro tiene un límite inferior, ya que la duración del cable es tanto mayor, cuando mayor sea la relación entre el diámetro de la polea y el cable. La norma establece dicha relación en un mínimo de 40. Los cuales como se demostró anteriormente, sobre pasan a cabalidad dicho valor.

El perfil de las gargantas es de tipo semicircular con ángulos de abertura de 30° y 38° (Imagen 7.19), debido a que se obtiene menor adherencia pero tienen una duración mucho mayor de cable y garganta. Finalmente con respecto al material empleado en ambas poleas es fundición gris nodular ferrítico A536.

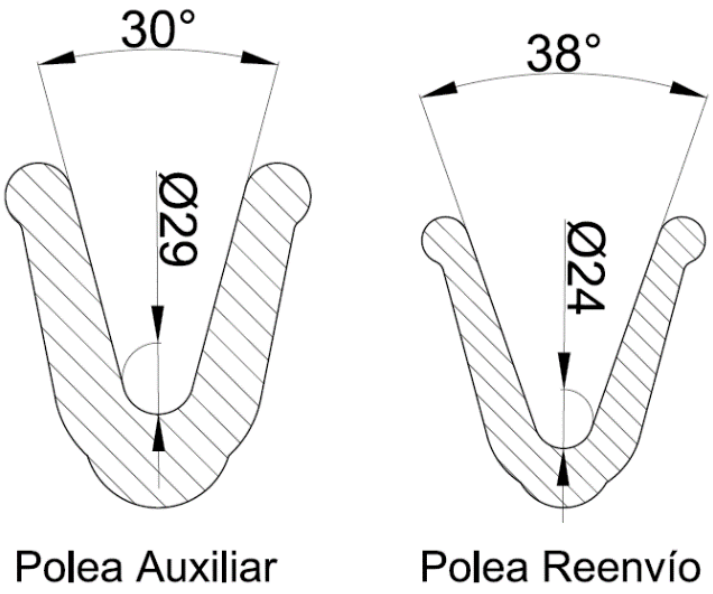


Imagen 7.19. Perfil en corte de gargantas.

7.6 POLINES

Los polines son elementos mecánicos compuesto por una estructura cilíndrica de acero de interior hueco que gira sobre un eje por medio de rodamientos tipo bola ubicados en ambos costados, posee además una pestaña que cumple con la normativa vigente para impedir el desborde de los cables (Imagen 7.20).

$$Pestaña\ mín.polín = 1{,}5 \cdot d_r = 1{,}5 \cdot 25{,}4 = 38{,}1\ [mm]$$

El objetivo es aligerar la carga de los cables sobre el carro haciéndolos transitar de mejor manera debido a su baja oposición al movimiento (coeficiente de rodadura), evitando también la formación de una elevada catenaria. Los polines son ubicados a lo largo del plano de rodadura justo debajo de la posición de los cables de los carros,

constando con 10 elementos por tramo, los cuales deben resistir una carga máxima entregada por los cables de 55 [Kg] cada uno.

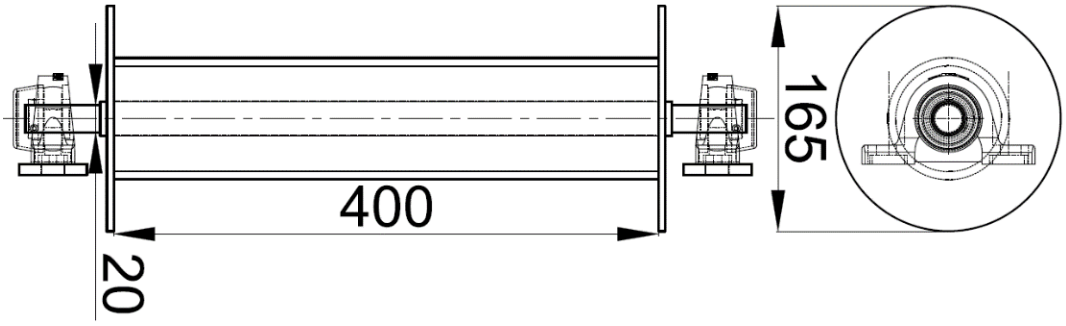


Imagen 7.20. Dimensiones polín ascensor Villaseca.

7.7 RUEDAS DENTADAS

El sistema cuenta con 4 ruedas dentadas, las cuales conforman dos de las tres unidades de reducción en el sistema de transmisión de potencia por arrastre (Imagen 7.21). Estas son las encargadas de transmitir movimiento y momentos de todo el sistema, es por eso que su diseño es de suma importancia. Si estas son diseñadas correctamente y montadas dentro de las tolerancias especificadas se tendrá una transmisión uniforme adonde los dientes van engranados dentro de los vaciados o intervalos. Por el contrario, si su diseño es defectuosos, al estar en constante movimiento provocan fuerte ruido, vibraciones, desgaste prematuro hasta incluso daños en otros componentes. Es por eso que tanto el diseño como el montaje resultan ser procedimientos de alto nivel de precisión.

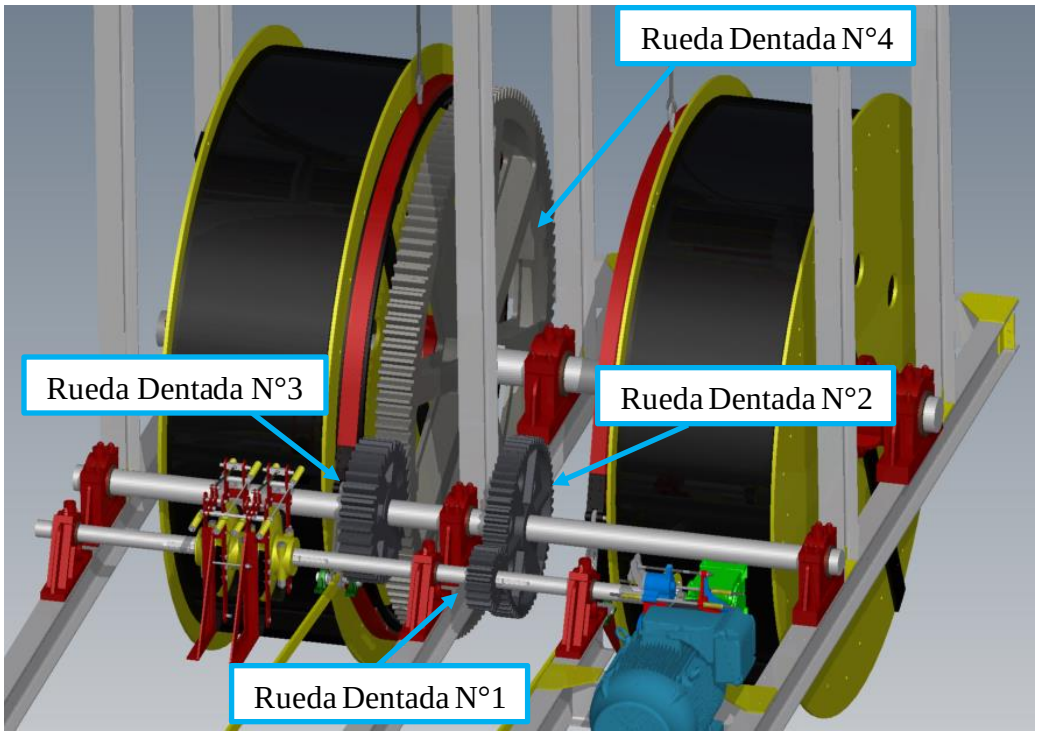


Imagen 7.21. Identificación ruedas dentadas en la sala de máquinas.

A continuación se procederá con identificar y verificar las dimensiones de las ruedas dentadas para corroborar que las magnitudes estén dentro de los límites admisibles según la normativa vigente.

7.7.1 MAGNITUDES CARACTERÍSTICAS

Las magnitudes características (Imagen 7.22) que sirven para identificar una rueda dentada son el número de dientes (z), diámetro de cabeza o Addendum (d_a), diámetro de pie o Dedendum (d_f), ancho de cara (b_c) y ángulo de la hélice en el círculo de cabeza (β_a). Este último es nulo para ruedas dentadas rectas. Estos valores para las ruedas dentadas del sistema quedan expuestos en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6. Magnitudes características rueda dentada recta.

Simbología	Unidad	Rueda Dentada			
		Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
z	Dientes	19	57	32	128
d_a	mm	336	962	754	2876
d_f	mm	268	890	655	2776
β_a	°	0	0	0	0
b_f	mm	132	129	177	180

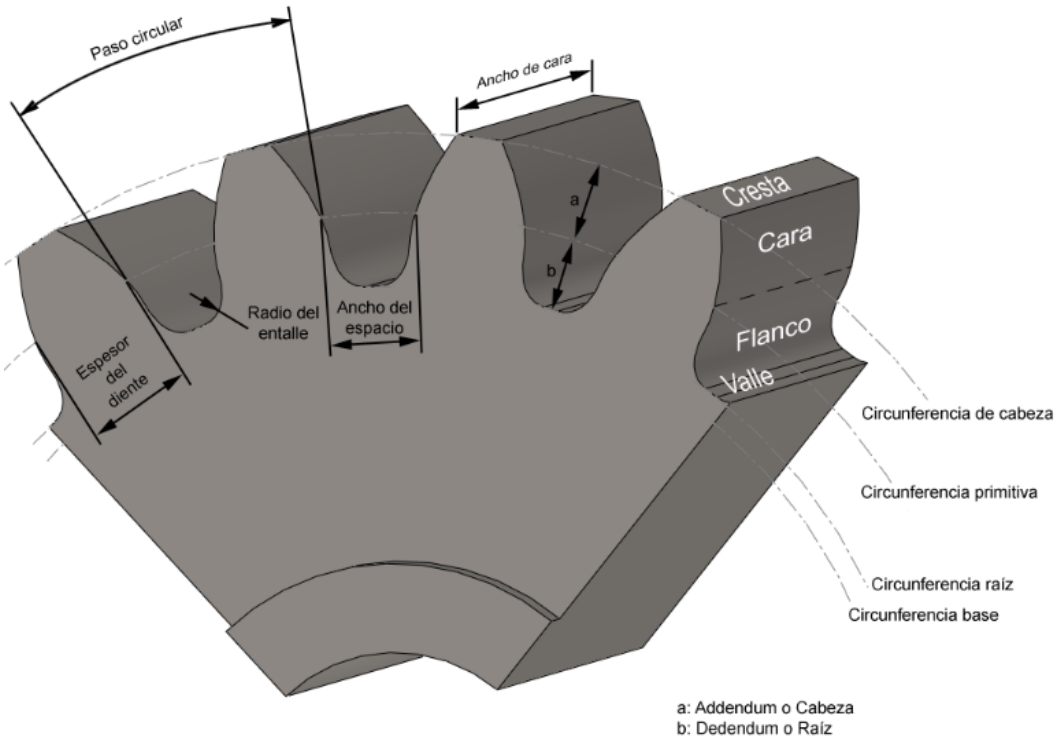


Imagen 7.22. Parámetros de diseño rueda dentada recta.

7.7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

7.7.2.1 CÍRCULO PRIMITIVO [37]

Para el diseño de la rueda dentada por envolventicas rectas, el caso del dentado se forma por medio de envolventes de círculo, las cuales están determinadas por el círculo de base (Imagen 7.23). El procedimiento toma una cuerda imaginaria para enrollar en torno al círculo de base, donde un extremo de la misma esta fija al círculo y en el otro se coloca un lápiz, el cual puede trazar una evolvente de círculo, al ir desenrollando la cuerda manteniéndola siempre tensa [37].

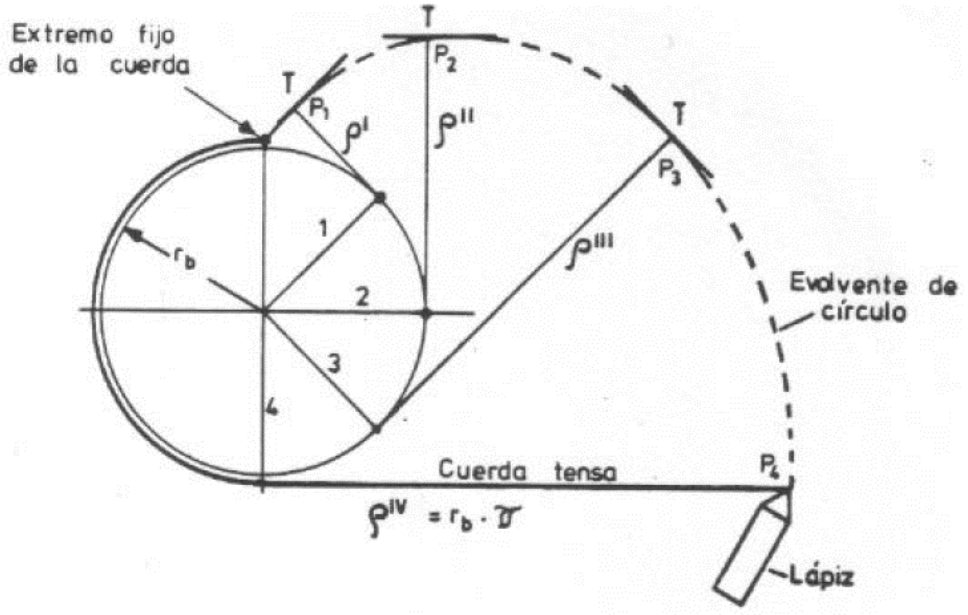


Imagen 7.23. Generación de la evolvente de círculo.

Obteniendo el círculo de base y la evolvente de círculo es posible trazar, el círculo primitivo por medio de la siguiente expresión:

$$r_b = r \cdot \cos \alpha$$

Donde, por medio del radio del círculo de base (r_b) y el ángulo de perfil en el círculo de división (α) se obtiene el radio del círculo primitivo (r). Cabe señalar que para ruedas dentadas rectas el ángulo de perfil en el círculo primitivo es generalmente igual a 20°.

A partir del círculo primitivo (Imagen 7.24) se puede establecer el resto de las cantidades dimensionales de interés para el diseño de la rueda dentada recta.

Cabe señalar que el círculo de base y el círculo primitivo, son circunferencias que sirven para definir la geometría de la rueda dentada. Los cuales se obtienen mediante cálculos, ya que no se pueden medir.

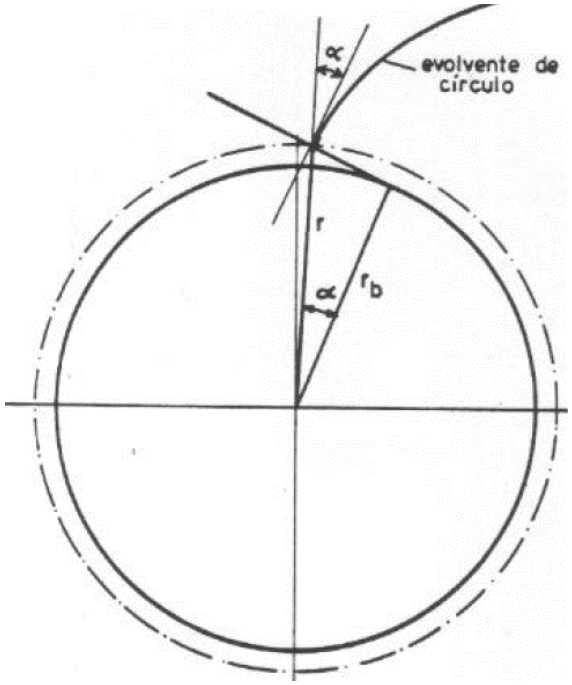


Imagen 7.24. Círculo primitivo (segmentado).

7.7.2.2 PERFIL DEL DIENTE

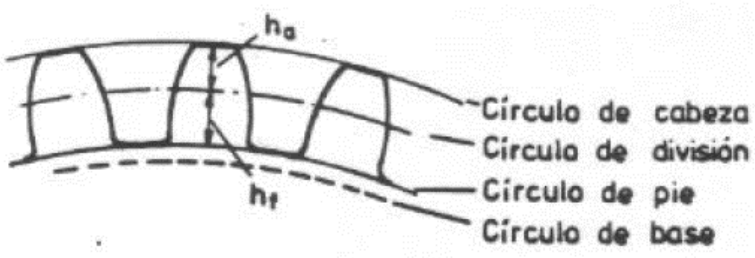


Imagen 7.25. Perfil del diente.

Del perfil de la rueda dentada (Imagen 7.25), es fácil calcular la altura del diente (h) del cual mediante la siguiente relación se puede obtener el modulo (m):

$$h = \frac{d_a - d_f}{2} = 2{,}25 \cdot m$$

$$m = \frac{d_a - d_f}{2 \cdot 2{,}25}$$

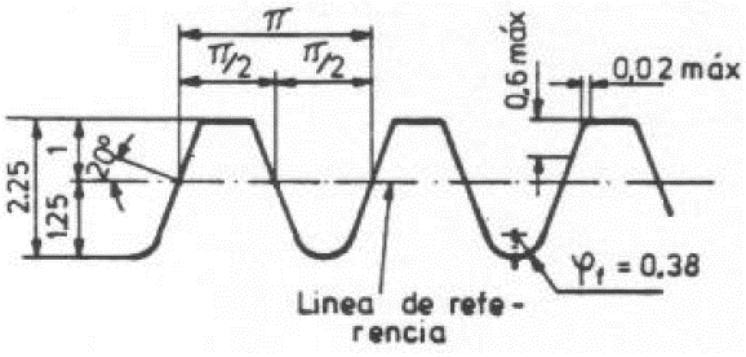


Imagen 7.26. Dimensiones de referencia (valido para modulos entre 1 y 50).

A su vez, obteniendo el modulo se establece que el circulo de cabeza de los dientes están desde la línea de referencia (primitiva o división) a una distancia igual al modulo ($altura\ de\ cabeza = h_a = m$), mientras que la línea de pie a 1,25 veces el modulo ($altura\ de\ pie = h_f = 1{,}25 \cdot m$). Lo que da pasó a las siguientes expresiones, relacionando el diámetro primitivo (d).

$$d_a = d + 2 \cdot m$$

$$d_f = d - 2{,}5 \cdot m$$

$$h = h_a + h_f = 2{,}25 \cdot m$$

Otra de las cualidades importantes a verificar en una rueda dentada la constituye el espaciado entre los dientes (p), el cual debe ser constante. El que se calcula:

$$p = m \cdot \pi$$

Finalmente el cálculo de la totalidad de estos parámetros da origen al diseño de la rueda dentada de dientes rectos, los cuales se indican en la Imagen 7.27.

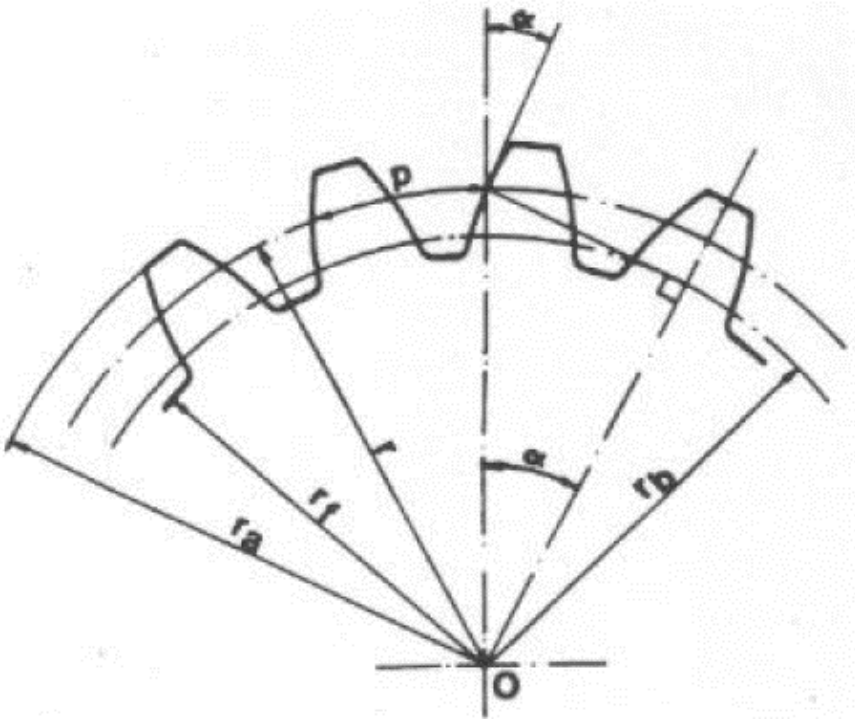


Imagen 7.27. Paso y dimensiones características de una rueda dentada de dientes rectos.

7.7.2.3 MODULO NORMAL [38]

De las expresiones entregadas previamente, es fácil detectar la importancia del módulo "m" para el cálculo de las dimensiones de las ruedas dentadas. El cual la norma chilena establece la regulación de los valores, y así junto con esto estandarizar las ruedas dentadas [38].

Se encuentran establecidos dos series de módulos normalizados, serie I de los cuales se deben elegir preferentemente y serie II para módulos intermedios. Dicha series se indican en la Tabla 7.7.

Tabla 7.7. Módulos normalizados para ruedas dentadas.

I	II
1	1,125
1,25	1,375
1,5	1,75
2	2,25
2,5	2,75
3	3,5
4	4,5
5	5,5
6	(6,5)
8	7
10	9
12	11
16	14
20	18
25	22
32	28
40	36
50	45

7.7.2.4 DESPLAZAMIENTO DE PERFIL

Un problema presente para cualquier tipo de rueda dentada ya sean rectas o helicoidales, es la interferencia en el engrane para permitir la correcta adaptación de ruedas en distancias entre ejes fijas, asegurando un buen contacto entre dientes y con esto una eficiencia en la transmisión de potencia. Para esto se efectúan algunas correcciones a las ruedas dentadas durante su fabricación, destacando entre ellas el desplazamiento de perfil, rebaje de cabeza, rebaje de pie y rebaje en extremos.

Por desplazamiento de perfil se entiende la distancia "$x \cdot m$" desde la línea de referencia del perfil al círculo de división (primitivo) como se aprecia en la Imagen 7.28. Si la línea de referencia se encuentra sobre el círculo primitivo, se trata entonces de un desplazamiento de perfil positivo, si se encuentra por debajo se entiendo por desplazamiento de perfil negativo. Para el cálculo se considera el coeficiente de desplazamiento de perfil designado por la letra "x".

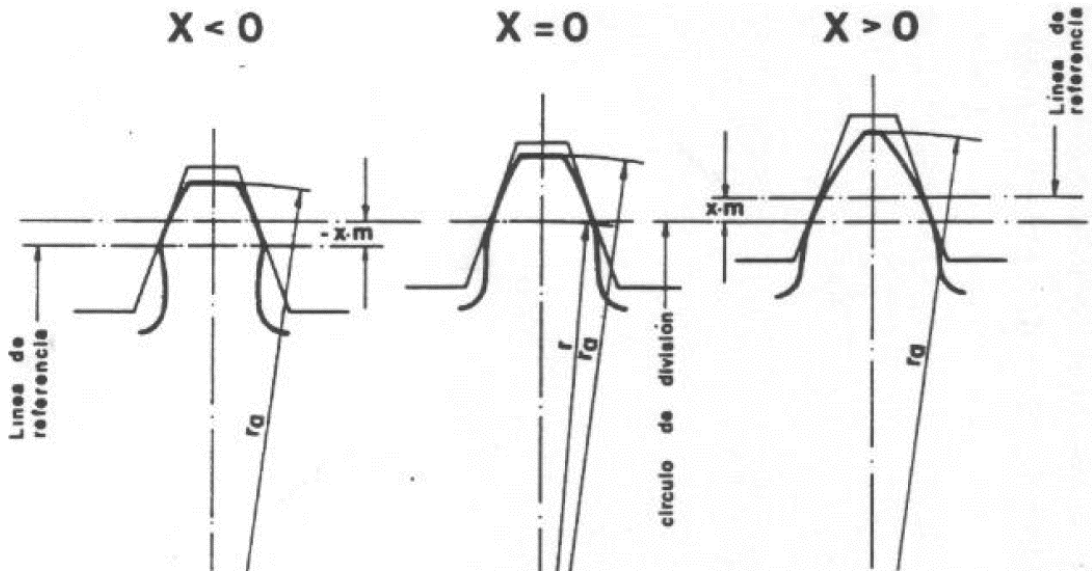


Imagen 7.28. Desplazamiento de perfil.

De literatura se establece que un coeficiente de desplazamiento de perfil puede ser positivo o negativo y se recomiendo que dicho valor oscile en torno a 0,5 ($|x| < 0{,}5$).

7.7.2.5 DIMENSIONES CARACTERÍSTICAS

Los ajustes producidos por el coeficiente de desplazamiento de perfil modifican las ecuaciones antes demostradas para la obtención de las dimensiones características de la rueda dentada de dientes rectos, dando paso a las siguientes ecuaciones considerando el modulo normalizado (m_n):

$$h_a = m_n \cdot (1 + x)$$

$$h_f = m_n \cdot (1{,}25 - x)$$

$$h = 2{,}25 \cdot m_n$$

$$d = z \cdot m_n \cdot (\cos \beta)^{-1}$$

$$r_b = r \cdot \cos \alpha$$

$$d_a = m_n \cdot [z \cdot (\cos \beta)^{-1} + 2 + 2x]$$

$$d_f = m_n \cdot [z \cdot (\cos \beta)^{-1} - 2{,}5 + 2x]$$

7.7.2.6 CÁLCULO PARÁMETROS DE DISEÑO

De las ecuaciones planteadas previamente se obtienen los parámetros característicos para el diseño de las cuatro ruedas dentadas existentes en el sistema. Se considera primeramente el cálculo sin el módulo normalizado (Tabla 7.8) y luego con las modificaciones que la normalización trae al diseño (Tabla 7.10).

Tabla 7.8. Dimensiones rueda dentada considerando modulo “m”.

Valores Calculados	Simbología	Unid.	Rueda Dentada			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Altura de diente	h	mm	34,00	36,00	49,50	50,00
Módulo	m	mm	15,11	16,00	22,00	22,22
Altura de cabeza	h_a	mm	15,11	16,00	22,00	22,22
Altura de pie	h_f	mm	18,89	20,00	27,50	27,78
Diámetro Primitivo	d	mm	305,78	930,00	710,00	2831,56
Paso	p	mm	47,47	50,27	69,12	69,81

Tabla 7.9. Módulos normalizados para las cuatro ruedas dentadas.

Valores Normalizados	Simbología	Unid.	Rueda Dentada			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Módulo Normal	m	mm	16	16	22	22
	Serie		I	I	II	II

Tabla 7.10. Dimensiones rueda dentada considerando modulo normalizado.

Valores Calculados Normalizados	Simbología	Unid.	Rueda Dentada			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Diámetro Primitivo	d	mm	304	912	704	2816
Coef. de Desplazamiento de Perfil cabeza	x_a	-	0,0000	0,5625	0,1364	0,3636
Coef. de Desplazamiento de Perfil pie	x_f	-	0,1250	0,5625	0,1364	0,3409
Coef. de Desplazamiento de Perfil	x	-	0,0625	0,5625	0,1364	0,3523
Altura de diente	h	mm	36,00	36,00	49,50	49,50
Altura de cabeza	h_a	mm	17,00	25,00	25,00	29,75
Altura de pie	h_f	mm	19,00	11,00	24,50	19,75
Paso	p	mm	50,27	50,27	69,12	69,12

Ángulo de Hélice en Círculo Primitivo	β	°	0	0	0	0
Radio circulo de base	r_b	mm	143	428	331	1323

De la Tabla 7.10 se observa el valor del coeficiente de desplazamiento de perfil cabeza y coeficiente de desplazamiento de perfil pie, que equivale a la obtención del coeficiente "x" para el desplazamiento de perfil según la ecuación que considera el diámetro de cabeza y de pie, respectivamente. Para obtener finalmente el coeficiente de desplazamiento de perfil "x" utilizado en los cálculos se emplea un promedio de estos dos parámetros.

7.7.3 VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS

Para completar el diseño de las ruedas dentadas es de importancia la verificación de ciertos parámetros de acuerdo a especificaciones técnicas, para comprobar el correcto diseño por medio de los cálculos. La verificación habitualmente contempla la medición durante el proceso de fabricación y luego la confirmación final, luego del tratamiento térmico, proceso de acabado y montaje.

Generalmente el diseño de la rueda dentada sufre variaciones, es por esto que se realizan las comprobaciones antes mencionadas. Entre las desviaciones habituales se encuentran la del espesor cordal, excentricidad, paso de engrane y longitud tangente de base. A continuación se realizará el proceso para el cálculo de la desviación del espesor cordal y longitud tangente base, las cuales servirán de parámetros comparativos con los valores medidos por un instrumento pudiendo obtener el correspondiente cálculo del error.

7.7.3.1 ESPESOR CORDAL

El espesor cordal "$\bar{s}$", es la recta que une los puntos de contacto entre el pie de metro (instrumento de medición utilizado para este caso) en el círculo primitivo del diente en la rueda dentada, tal como se observa en la Imagen 7.29.

Estas mediciones se efectúan a partir del círculo de cabeza "d_a", debiendo ajustar la altura cordal nominal de cabeza llamándose "$\overline{h_{an}}$". Una vez ajustado este valor se efectúa la medición del espesor cordal. Luego el valor obtenido se compara con el espesor cordal nominal "$\overline{s_n}$" calculado, para determinar el porcentaje de error presente en el diseño.

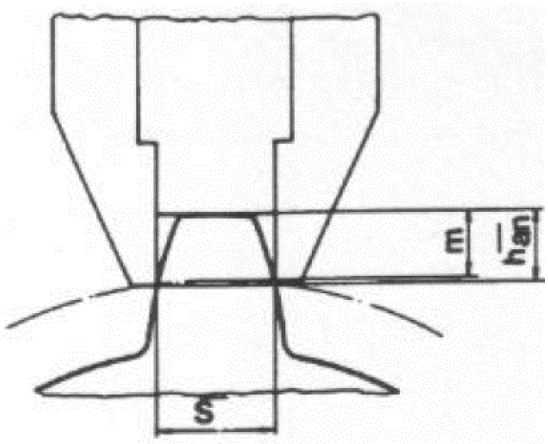


Imagen 7.29. Espesor cordal.

Las relaciones para determinar dichos valores se muestran a continuación:

$$\overline{h_{an}} = m_n + \frac{m_n \cdot z_n}{2} \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\frac{\pi}{2} + 2x \cdot \tan \alpha_n}{z_n} \cdot \frac{180}{\pi}\right)\right] + m_n \cdot x$$

$$\bar{s_n} = m_n \cdot z_n \cdot \sin\left(\frac{\frac{\pi}{2} + 2x \cdot \tan\alpha_n}{z_n} \cdot \frac{180}{\pi}\right)$$

Donde, se relaciona el número de dientes equivalentes (z_n), modulo normal (m_n), ángulo de perfil normal en el círculo primitivo (α_n) y coeficiente de desplazamiento de perfil (x). Parámetros en su mayoría calculados anteriormente, excepto el número de dientes equivalente. El cual se calcula de acuerdo a la siguiente expresión, considerando el número de dientes (z), función evolvente (inv) y ángulo de perfil transversal en el círculo primitivo (α_t):

$$z_n = z \cdot \frac{inv\ \alpha_t}{inv\ \alpha_n}$$

A su vez, la función evolvente se determina como sigue:

$$inv\ \alpha_t = \tan\alpha_t - \alpha_t \cdot \frac{2\pi}{360}$$

$$inv\ \alpha_n = \tan\alpha_n - \alpha_n \cdot \frac{2\pi}{360}$$

$$\alpha_t = arc\tan\left(\frac{\tan\alpha_n}{\cos\beta}\right)$$

Considerando, como se señaló anteriormente el ángulo de hélice en el círculo primitivo (β) nula para ruedas dentadas rectas y el ángulo de perfil normal (α_n) en el círculo primitivo igual a 20°.

7.7.3.2 LONGITUD TANGENTE BASE

La longitud tangente base (w) al igual que el cálculo del espesor cordal, ayudan a entregar un parámetro para ratificar el diseño de la rueda dentada como se ha explicado anteriormente. La medición de esta longitud se prefiere en vez del espesor cordal por su mayor simplicidad. Para la medición de esta se usa un micrómetro de platillos teniendo como ventaja que independiente de la posición en que se ubique los discos del micrómetro sobre los dientes, la recta que une los puntos de contacto pasará por la tangente al círculo base como se muestra en la imagen.

De los parámetros establecidos se obtiene la siguiente relación para el cálculo de la longitud tangente base nominal (w_n) indicada a continuación:

$$w_n = m_n \cdot \cos \alpha_n \cdot [(k - 0{,}5) \cdot \pi + z \cdot inv\ \alpha_t] + 2 \cdot x \cdot m_n \cdot \sin \alpha_n$$

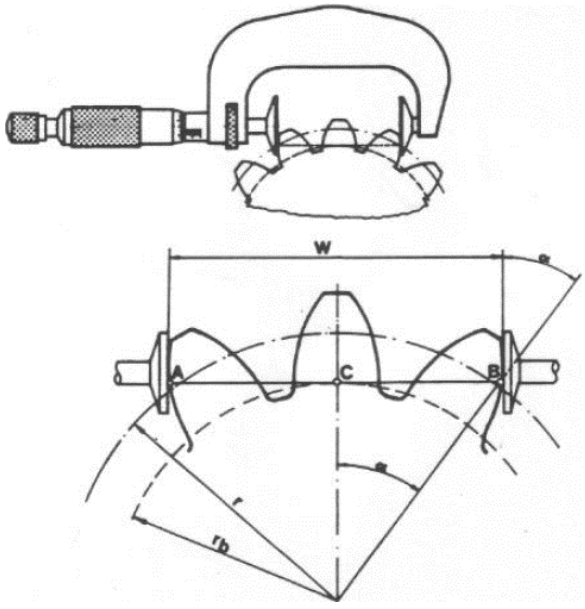


Imagen 7.30. Medición de la longitud tangente base.

De la ecuación se considera el número de dientes sobre el cual se realiza la medición de la longitud de tangente base (k), el cual debe ser un número entero. Este valor se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$k = \frac{z}{\pi} \cdot \left(\frac{\tan \alpha_{tx}}{\cos^2 \beta_b} - 2 \cdot \frac{x}{z} \cdot \tan \alpha_n - inv\ \alpha_t \right) + 0{,}5$$

$$\alpha_{tx} = arc\cos\left(\cos \alpha_t \cdot \frac{z}{z + 2 \cdot x \cdot \cos \beta} \right)$$

$$\beta_b = arc\tan(\tan \beta \cdot \cos \alpha_t)$$

En donde se relaciona el ángulo de hélice en el círculo primitivo (β_b) y el ángulo de engrane en un plano frontal en un diámetro "$d + 2 \cdot x \cdot m_n$".

Finalmente la medición de la longitud de tangente base se obtiene en base a “k” dientes. De los cuales puede determinar la deviación longitud tangente base (f_w) existente de la diferencia entre la longitud de tangente base real (w) y la longitud de tangente base nominal (w_n).

$$f_w = w - w_n$$

7.7.3.3 TOLERANCIAS DE MEDICIÓN

Para asegurar el correcto funcionamiento y así evitar con esto exceso de ruidos, relaciones de transmisiones incorrectas y defectos mayores provocados por los errores en las dimensiones de la rueda dentada establecidas por el cálculo o por el montaje, es que la normativa vigente establece límites específicos.

Para el ajuste del dentado existen dos sistemas, uno referente a la distancia entre centros (DIN 3964 [1954]) y otro para el espesor de los dientes base (DIN 3967 [1978]). Esta última de interés para nuestros cálculos, ya que va en directa relación con los datos conseguidos anteriormente.

Para seleccionar la tolerancia del espesor del diente se deben establecer primeramente la calidad (de 21 a 30), la posición (de h hasta a) y el diámetro del círculo primitivo. Una vez establecido dichos parámetros y utilizando la norma DIN 3967 (1978), se especifican los limites admisibles dentro de los cuales se debe encontrar el espesor cordal y la longitud tangente base.

El procedimiento para la obtención de dichos límites, se realiza primeramente consiguiendo la tolerancia del espesor del diente (T_{sn}) de la Tabla 7.11 para el correspondiente diámetro del círculo primitivo y calidad establecida. Una vez hecho esto, y similar al método anterior, se obtiene la diferencia superior del espesor del diente (A_{sne}) de la Tabla 7.12. Para posteriormente mediante la siguiente expresión obtener la diferencia inferior del espesor del diente (A_{sni}):

$$A_{sni} = A_{sne} - T_{sn}$$

Lo que finalmente, da paso a la obtención de los límites para el espesor cordal como se muestra a continuación:

$$S_{nmáx} = S_n + A_{sne}$$

$$S_{nmín} = S_n + A_{sni}$$

Mientras que para los límites de la longitud tangente base se realiza el mismo procedimiento, obteniendo de las mismas tablas anteriores los valores para la tolerancia de la longitud tangente base (T_{wn}), la diferencia superior de la longitud tangente base (A_{wne}) y la diferencia inferior de la longitud tangente base (A_{wni}). Los cuales resultan ser de igual magnitud que los utilizados para el cálculo de los límites del espesor cordal. Finalmente los límites para la longitud tangente base se obtienen mediante las siguientes expresiones:

$$W_{nmáx} = W_n + A_{wne}$$

$$W_{nmín} = W_n + A_{wni}$$

Con respecto a los resultados obtenidos para los distintos parámetros calculados, se recuerda que el objetivo de estos es la verificación de datos para comprobar la correcta fabricación de la rueda dentada. Es por esta razón que los valores para los límites obtenidos se ajustan a la escala del instrumento de medición respectivo, con el fin de facilitar la comparación de datos.

Tabla 7.11. Tolerancia del espesor del diente (T_{sn}) en µm.

DIAM. DEL CIRC. DE DIVISION (mm)		TOLERANCIA									
sobre	hasta	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
–	10	3	5	8	12	20	30	50	80	130	200
10	50	5	8	12	20	30	50	80	130	200	300
50	125	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
125	280	8	12	20	30	50	80	130	200	300	500
280	560	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
560	1 000	12	20	30	50	80	130	200	300	500	800
1000	1 600	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
1600	2 500	20	30	50	80	130	200	300	500	800	1300
2500	4 000	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
4000	6 300	30	50	80	130	200	300	500	800	1300	2000
6300	10 000	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2400

Tabla 7.12. Diferencia superior del espesor del diente (A_{sne}) en µm.

Ø CIRC. DIV. (mm)		POSICION										
sobre	hasta	a	ab	b	bc	c	cd	d	e	f	g	h
–	10	- 100	- 85	- 70	- 58	- 48	- 40	- 33	- 22	- 10	- 5	0
10	50	- 135	- 110	- 95	- 75	- 65	- 54	- 44	- 30	- 14	- 7	0
50	125	- 180	- 150	- 125	- 105	- 85	- 70	- 60	- 40	- 19	- 9	0
125	280	- 250	- 200	- 170	- 140	- 115	- 95	- 80	- 56	- 26	- 12	0
280	560	- 330	- 280	- 230	- 190	- 155	- 130	- 110	- 75	- 35	- 17	0
560	1 000	- 450	- 370	- 310	- 260	- 210	- 175	- 145	- 100	- 48	- 22	0
1000	1 600	- 600	- 500	- 420	- 340	- 290	- 240	- 200	- 135	- 64	- 30	0
1600	2 500	- 820	- 680	- 560	- 460	- 390	- 320	- 270	- 180	- 85	- 41	0
2500	4 000	- 1100	- 920	- 760	- 620	- 520	- 430	- 360	- 250	- 115	- 56	0
4000	6 300	- 1500	- 1250	- 1020	- 840	- 700	- 580	- 480	- 330	- 155	- 75	0
6300	10 000	- 2000	- 1650	- 1350	- 1150	- 940	- 780	- 640	- 450	- 210	- 100	0

7.7.3.4 RESULTADO DE CÁLCULOS

A continuación se adjuntan los resultados para las cuatro ruedas dentadas de los distintos parámetros de verificación antes mencionados:

Tabla 7.13. Resultados de parámetros para el espesor cordal.

Nombre	**Simbol.**	**Unid.**	**Rueda Dentada**			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Ángulo Perfil Normal en Círc. Primitivo	α_n	°	20	20	20	20
Función Evolvente del Ángulo de Perfil Normal	inv α_n	rad	0,01490	0,01490	0,01490	0,01490
Ángulo Perfil Transversal	α_t	°	20	20	20	20
Función Evolvente del Ángulo Perfil Transversal	inv α_t	rad	0,01490	0,01490	0,01490	0,01490

N° Dientes Equivalentes	z_n	Dientes	19	57	32	128
Altura Cordal Nominal	h_{an}	mm	17,5496	25,2751	25,4792	29,8934
	h_{an} (*)	mm	17,54	25,27	25,47	29,89
Espesor Cordal Nominal	s_n	mm	25,8295	31,6778	36,7246	40,1976
Dif. Sup. Espesor Diente	A_{sne}	mm	-0,075	-0,1	-0,1	-0,25
Tolerancia Espesor Diente	T_{sn}	mm	0,1	0,13	0,13	0,25
Dif. Inf. Espesor Diente	A_{sni}	mm	-0,175	-0,23	-0,23	-0,5
Espesor Cordal Máx.	$S_{nmáx}$	mm	25,7545	31,5778	36,6246	39,9476
	$S_{nmáx}$ (*)	mm	25,75	31,58	36,62	39,95
Espesor Cordal Mín.	$S_{nmín}$	mm	25,6545	31,4478	36,4946	39,6976
	$S_{nmín}$ (*)	mm	25,65	31,45	36,49	39,7

(*): Valores redondeados y ajustados a la resolución del pie de metro (0,01 mm).

Tabla 7.14. Resultados de parámetros para la longitud tangente base.

Nombre	**Simbol.**	**Unid.**	**Rueda Dentada**			
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
Ángulo de Engrane en Plano Frontal	α_{tx}	°	21,0047	22,8528	21,2904	20,8446
Ángulo de Hélice en Círculo Base	β_b	°	0	0	0	0
N° Dientes Long. de Base	k	Dientes	2,7175	7,7458	4,2859	15,3245
	k (entero)	Dientes	3	8	4	15
Long. Tan. Base Nominal	W_n	mm	123,026	373,185	239,226	986,470
Dif. Sup. Long. Tan. Base	A_{wne}	mm	-0,075	-0,1	-0,1	-0,25
Tolerancia Long. Tan. Base	T_{wn}	mm	0,1	0,13	0,13	0,25

Dif. Inf. Long. Tan. Base	A_{wni}	mm	-0,175	-0,23	-0,23	-0,5
Long. Tan. Base Máx.	$W_{nmáx}$	mm	122,95	373,09	239,13	986,22
	$W_{nmáx}$ (**)	mm	122,95	373,09	239,13	986,22
Long. Tan. Base Mín.	$W_{nmín}$	mm	122,85	372,96	238,99	985,97
	$W_{nmín}$ (**)	mm	122,85	372,96	239,00	985,97

(**): Valores redondeados y ajustados a la resolución del micrómetro de platillos (0,01 mm).

7.7.4 DISTANCIA ENTRE EJES

La distancia entre ejes o centros es el parámetro que determina la separación entre un par de ruedas dentadas o engranes. El cálculo de este valor para las ruedas dentadas rectas se realiza mediante la siguiente expresión:

$$Distancia\ entre\ centros = m_n \cdot \frac{z_1 + z_2}{2}$$

Donde m_n es el modulo normalizado, z_1 y z_2 representan el número de dientes para la rueda dentada recta número 1 y número 2 analizada en el cálculo. Los resultados de dichos valores se muestran en la Tabla 7.15, los que son ilustrados en la Imagen 7.32 e Imagen 7.31.

Tabla 7.15. Distancia entre centros.

Unidad	**Ejes**	
	Nº1 - Nº2	Nº 2 - Nº3
mm	608	1760

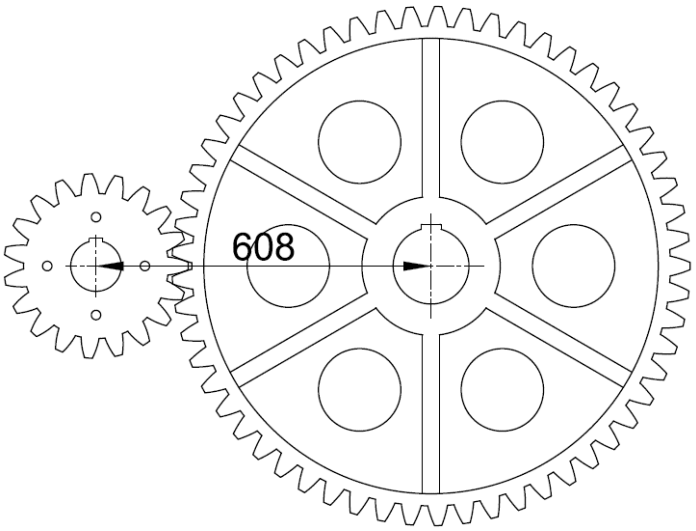


Imagen 7.31. Distancia entre centros ruedas dentadas n°1 - n°2.

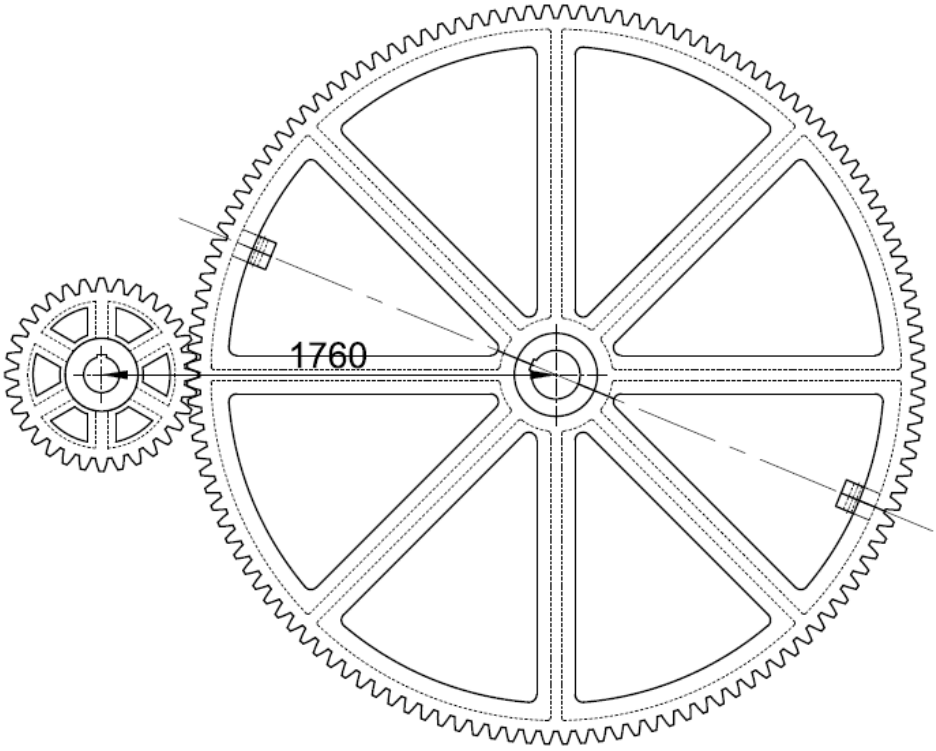


Imagen 7.32. Distancia entre centros ruedas dentadas n°3 - n°4.

7.8 REDUCTOR DE VELOCIDAD

El sistema contempla la incorporación de una unidad completamente nueva correspondiente a una caja reductora tipo ortogonal de engranajes cónicos (Imagen 7.33), la cual se puede encontrar en el mercado nacional.

Para seleccionar el reductor se necesita principalmente determinar la potencia del motor del sistema y relación de transmisión requerida. La potencia utilizada, como se determinó previamente es de 50 [HP]. Con respecto a la transmisión requerida por el sistema, se obtiene mediante las velocidades angulares y numero de dientes en las ruedas dentadas.

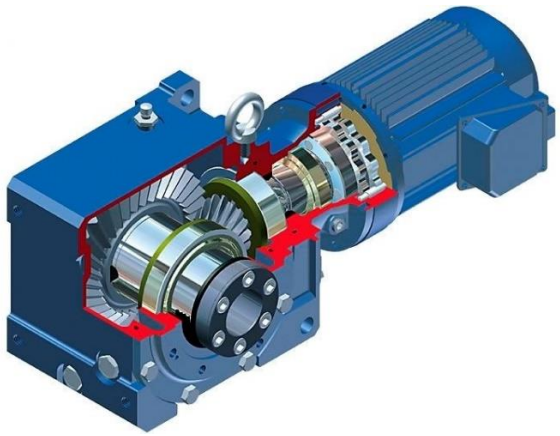


Imagen 7.33. Reductor ortogonal comercial engranajes cónicos.

7.8.1 VELOCIDAD ANGULAR

Para dar inicio al cálculo de las velocidades angulares, se obtiene primeramente la producida en el tambor de arrastre para luego llegar hasta el eje que conecta el reductor con el motor eléctrico.

Considerando el diámetro de la superficie del tambor de enrollamiento (D_t) de 3040 [mm] y la velocidad tangencial (v_t) igual que la registrada por el carro en el plano de rodadura de 1,5 [m/s], mediante la siguiente expresión se obtiene la velocidad angular para el tambor (w_t):

$$w_t = \frac{v_t}{\left(\frac{D_t}{2}\right)} = 0{,}987 \left[\frac{rad}{s}\right]$$

$$RPM = w_t \cdot \frac{30}{\pi} = 9{,}4$$

Este valor para la velocidad angular en el tambor es la misma presentada por la rueda dentada n°4, ya que están acopladas al mismo eje (eje n°3). Así mismo, para obtener la velocidad angular para las ruedas dentadas n°3 y n°2, se debe obtener primero la relación de transmisión entre el eje n°3 y n°2.

Luego se repite el procedimiento para calcular la velocidad angular en el eje n°1 y la relación de transmisión entre las ruedas dentadas n°2 y n°1.

7.8.2 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

La relación de transmisión en el sistema se calcula mediante el cociente del número de dientes de ambas ruedas dentadas involucradas mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{z_{mayor}}{z_{menor}}$$

Así, se obtiene la relación de transmisión existente entre la rueda dentada n°4 y n°3:

$$i_{4-3} = \frac{128}{32} = 4\ [-]$$

Su similar para las ruedas dentadas n°2 y n°1:

$$i_{2-1} = \frac{57}{19} = 3\ [-]$$

7.8.3 PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS

Una vez calculado las relaciones de transmisión en el sistema, se procede en obtener como se explicaba anteriormente las velocidades angulares correspondientes para finalmente conseguir la relación de transmisión necesaria para el reductor.

Por la relación de transmisión producida entre las ruedas dentadas n°3 y n°4, la velocidad angular aumenta su magnitud desde el eje n°3 al eje n°2, como se muestra a continuación:

$$w_2 = w_3 \cdot i_{4-3} = w_t \cdot i_{4-3} = 9{,}4 \cdot 4 = 37{,}7\ [RPM]$$

Así mismo, se aumenta aún más al pasar desde el eje n°2 al eje n°1:

$$w_1 = w_2 \cdot i_{2-1} = 37{,}7 \cdot 3 = 113{,}1\ [RPM]$$

De las características del motor eléctrico seleccionado se obtiene que la velocidad angular entregada por este es de 740 [RPM] para los requerimientos solicitados, es por eso que se obtiene una relación de transmisión en la caja reductora obtenida de la siguiente ecuación:

$$i_{reductor} = \frac{w_1}{w_{motor}} = \frac{113{,}1}{740} = 6{,}5\ [-]$$

Finalmente se puede conseguir la relación de transmisión global del sistema que considera la reducción mecánica producida desde el tambor de arrastre hasta el eje del motor:

$$i_{global} = i_{reductor} \cdot i_{2-1} \cdot i_{4-3} = 78{,}5\ [-]$$

7.9 EJE DE RODADO [34]

Uno de los elementos que presenta mayor grado de criticidad en la totalidad del conjunto de piezas que conforman el ascensor Villaseca son los ejes, es por esta razón que el cálculo de estos es de suma importancia para el diseño del sistema. En el cálculo de los ejes se consideraran los factores de seguridad tanto para evitar una falla de tipo estática como de fatiga, considerando sus distintas dimensiones y seleccionando un material adecuado para el diseño [34].

El ascensor cuenta con una totalidad de siete ejes de distintas dimensiones, los cuales van orientados a cumplir distintas funciones. Estos son: "Eje de Rodado", "Eje de Polea de Reenvío", "Eje de Polea Auxiliar", "Eje N°1, N°2 y N°3" (Sala de Máquinas) y "Eje Motor".

A continuación se detalla el procedimiento de cálculo para el "Eje de Rodado", para luego continuar con la misma metodología y obtener los resultados para el resto de los ejes, sin considerar el "Eje Motor", el cual se incorporará con el conjunto de reducción nuevo tipo comercial adyacente al motor eléctrico.

El “Eje de Rodado” está ubicado en los carros del funicular, y son los encargados de unir el sistema de rodado al chasis del carro. A su vez el sistema contempla las ruedas quienes serán las encargadas de soportar la carga total del carro sobre el plano de rodadura (Imagen 7.34) y permitir el desplazamiento a lo largo de todo el recorrido.

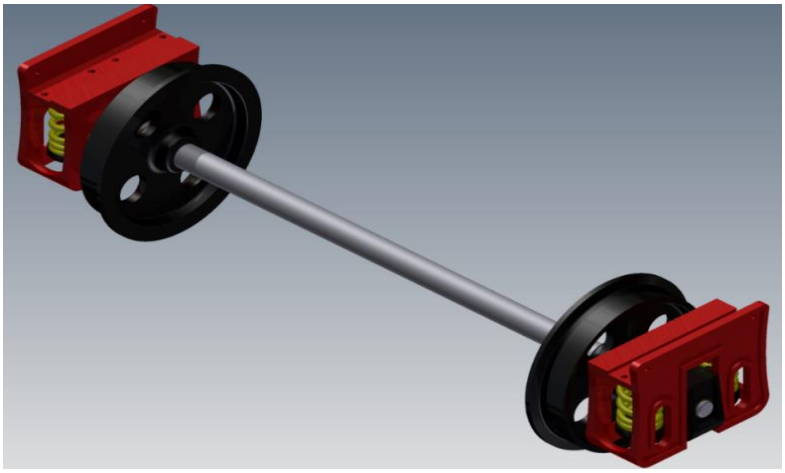


Imagen 7.34. Sistema de rodado. Considera: eje, ruedas, buje, dado, portadado y muelle de suspensión.

7.9.1 MATERIAL

Uno de los aspectos a definir primeramente para el correcto cálculo de diseño, es el material. Con el material seleccionado se puede obtener fácilmente las propiedades físicas, indicadas para cada tipo como se muestra a continuación:

Material:	Acero SAE 1045.
Resistencia a la fluencia:	Sy = 392 [MPa]
Resistencia a la tensión:	Su = 618 [MPa]

7.9.2 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE (DCL)

Las fuerzas presentes en el eje son las determinantes para los distintos factores de seguridad a obtener con el cálculo. Dichas fuerzas se grafican en el diagrama de cuerpo libre para cada eje. A continuación el DCL para el eje de rodado:

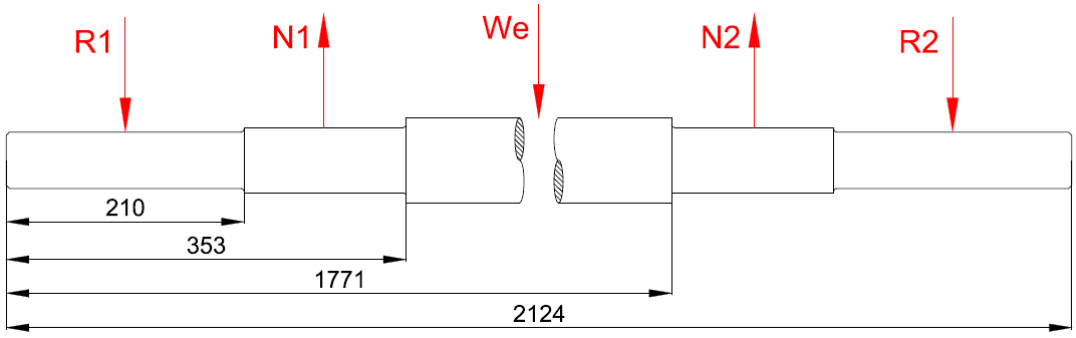


Imagen 7.35. DCL eje de rodado.

En el DCL del eje de rodado (Imagen 7.35) se identifican tres distintos tipos de fuerzas: "N", "R" y "We". Las componentes "N1" y "N2" corresponden a las cargas normales que actúan sobre las ruedas del carro, en este caso se realiza la suposición de que la carga total del carro, incluida la carga de los pasajeros, se distribuye simétricamente entre las cuatro ruedas. La expresión para N, queda como se muestra a continuación, considerando la carga total normal crítica del carro (Qtn) equivalente a 36619 [N] (obtenida del apartado "Potencia del motor eléctrico").

$$N_1 = N_2 = \frac{36619}{4} = 9017{,}5\ [N]$$

We, Corresponde al peso del eje igual a: We = 62 [kg]

Mientras que, R1 y R2 son las cargas que soportan los cojinetes en los dados de rodadura. Para conocer estas cargas, se hace uso del software INVENTOR que entrega el diagrama de fuerzas cortantes indicado en el Gráfico 7.9.1. Las cargas emanadas en los cojinetes son iguales a: R1 = R2 = 8716,3 [N].

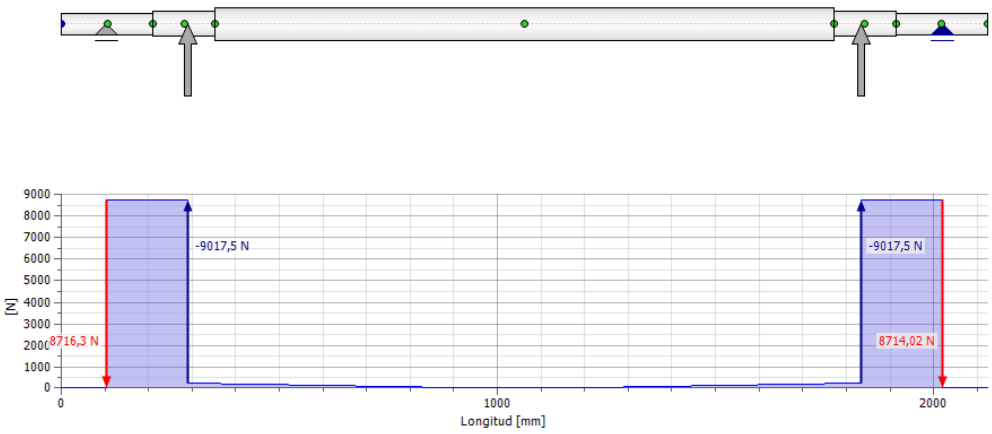


Gráfico 7.9.1. Diagrama de fuerzas cortantes en eje de rodado.

7.9.3 PAR DE TORSIÓN

En el eje no hay transmisión de potencia, por ende el par de torsión se hace igual a:

$$T = 0\ [Nmm]$$

7.9.4 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

De igual manera que el diagrama de fuerzas cortantes, se obtiene el diagrama de momento flector total en el eje (Gráfico 7.9.2), el cual será utilizado para el posterior cálculo de los factores de seguridad correspondientes.

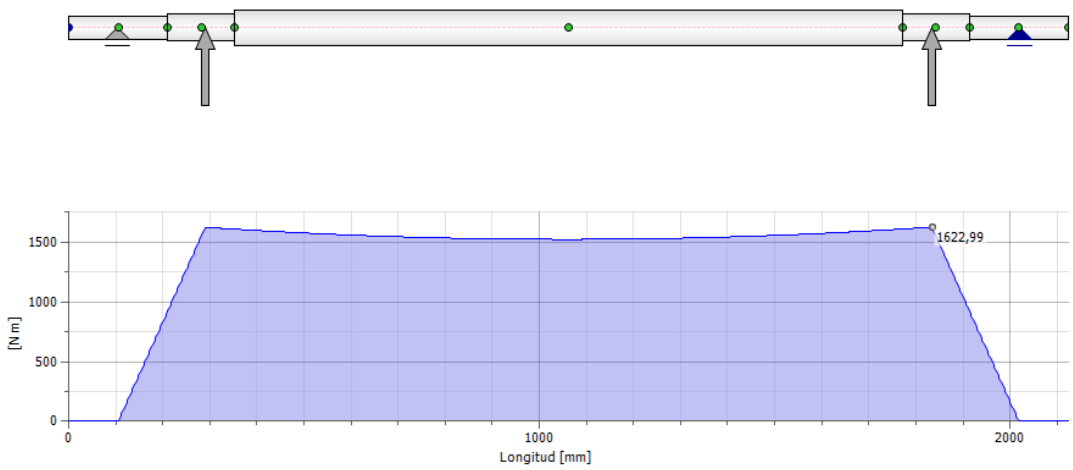


Gráfico 7.9.2. Diagrama de momento flector total en eje de rodado.

Se observa que la máxima solicitación del eje se encuentra en el chavetero donde se encuentra montada la rueda del carro. En este punto el momento flector (M_f) tiene un valor de 1622,99 [Nm] o 1622990 [Nmm] (usado para las formulas planteadas).

Sin embargo del mismo modo se debe analizar el cambio de sección de diámetro 58-75 [mm], ya que en estos puntos también existe una concentración de esfuerzos que debe ser verificada.

7.9.5 ANÁLISIS EN EL CHAVETERO

Se realizaran los siguientes cálculos para la sección del eje donde se ubica el chavetero, sección cuyo diámetro (d) es de 58 [mm].

7.9.6 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO

7.9.6.1 TEORÍA DE VON MISSES

Para el cálculo del factor de seguridad estático del eje, se utiliza el modelo para carga combinada correspondiente a la teoría de Von Misses, utilizando la siguiente ecuación:

$$d^3 = \frac{32n}{\pi S_y}\sqrt{\left(M_f + \frac{F_a d}{8}\right)^2 + 3\left(\frac{T}{2}\right)^2}$$

En este caso la fuerza axial $F_a = 0$, por lo tanto y considerando M_f en [Nmm], el factor de seguridad estático es igual a:

$$n = \frac{d^3 \pi S_y}{32\sqrt{(M_f)^2}} = \frac{58^3 \cdot \pi \cdot 392}{32\sqrt{(1622990)^2}} = 4{,}63\ [-]$$

Consiguientemente el eje cumple satisfactoriamente los requisitos de seguridad para una falla de tipo estática presentando un factor de seguridad de 4,63.

7.9.7 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

Para el procedimiento del cálculo del eje por fatiga se deben tener en cuenta todos los factores que modifican su resistencia para este modo de falla, a continuación se determinan estos factores para posteriormente obtener el factor de seguridad a la vida infinita para el eje de rodado.

7.9.7.1 FACTOR DE SUPERFICIE

Este factor depende de la calidad del acabado superficial y de la resistencia a la tensión del material. Se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$k_a = aS_u{}^b$$

Donde a y b son parámetros para el factor de superficie, los cuales se encuentran en la Tabla 7.16. Para este caso se considerará un acabado superficial del eje como maquinado o laminado en frío.

Tabla 7.16. Factor de superficie.

Acabado superficial	Factor a		Exponente
	S_{ut}, kpsi	S_{ut}, MPa	b
Esmerilado	1.34	1.58	−0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	−0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	−0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	−0.995

Por lo tanto el factor de superficie es igual a:

$$k_a = 4{,}51 \cdot S_u{}^{-0{,}265} = 4{,}51 \cdot 618^{-0{,}265} = 0{,}8214$$

7.9.7.2 FACTOR DE TAMAÑO

Este factor se determina mediante la siguiente expresión:

$$k_b = 1{,}51 \cdot d^{-0{,}157} = 1{,}51 \cdot 58^{-0{,}157} = 0{,}798$$

7.9.7.3 FACTOR DE CARGA

Este factor depende de la solicitación de carga del eje, como en este caso solo se encuentra sometido a flexión, este factor equivale a:

$$k_c = 1$$

7.9.7.4 FACTOR DE TEMPERATURA

Este factor, como su nombre lo indica depende de la temperatura de operación del eje y su valor viene dado por la Tabla 7.17, donde S_T es la resistencia a la tensión a temperatura de operación y S_{RT} la resistencia a la tensión a temperatura ambiente. El factor de temperatura viene dado por:

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

Como en este caso se considera que el eje trabaja a temperatura ambiente de 20°C, tomando este factor el valor de:

$$k_d = 1$$

Tabla 7.17. Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

7.9.7.5 SENSIBILIDAD A LA MUESCA EN FLEXIÓN

La sensibilidad a la muesca es un factor que se utiliza para obtener los esfuerzos máximos debido a las irregularidades o cambios de sección presentes en el eje. En este caso como se está analizando el punto en el cual se encuentra el chavetero, se considera el caso de "filete de hombro: agudo" de acuerdo a la Tabla 7.18, lo que indica:

$$\frac{r}{d} = 0{,}02$$

Por lo tanto, el radio de la muesca en el chavetero es igual a:

$$r = 0{,}02 \cdot d = 0{,}02 \cdot 58 = 1{,}16\ [mm]$$

Tabla 7.18. Factores de concentración de esfuerzos teóricos.

	Flexión	Torsión	Axial
Filete de hombro: agudo ($r/d = 0.02$)	2.7	2.2	3.0
Filete de hombro: bien redondeado ($r/d = 0.1$)	1.7	1.5	1.9
Cuñero fresado ($r/d = 0.02$)	2.2	3.0	—
Cuñero de patín o trapezoidal	1.7	—	—
Ranura para anillo de retención	5.0	3.0	5.0

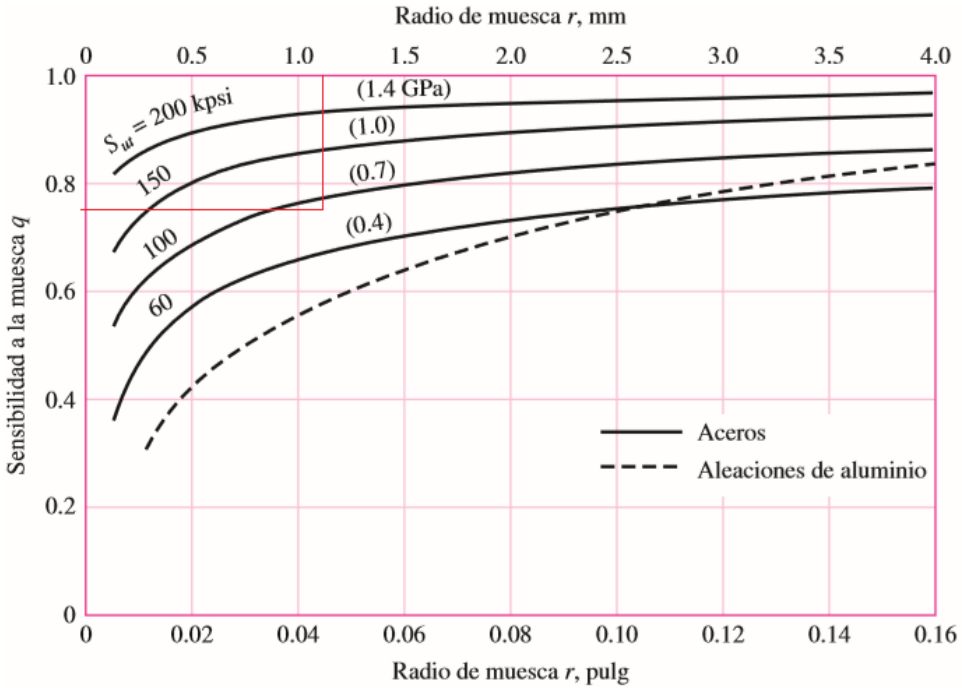


Gráfico 7.9.3. Sensibilidad vs radio de muesca en flexión para eje de rodado.

Ahora, utilizando el Gráfico 7.9.3 y mediante el radio de la muesca calculado anteriormente, por medio de la resistencia a la tensión correspondiente (0,618 GPa) se obtiene el valor del factor de sensibilidad a la muesca igual a:

$$q = 0{,}75$$

7.9.7.6 FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZO DEBIDO AL CHAVETERO

Para calcular el factor de concentración de esfuerzo debido a la irregularidad del chavetero se emplea la siguiente ecuación:

$$K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1)$$

Donde, K_t corresponde al factor teórico de concentración de esfuerzo, el cual suele considerarse igual a 2,2. Luego, el factor teórico de concentración de esfuerzo es igual a:

$$K_f = 1 + 0{,}75 \cdot (2{,}2 - 1) = 1{,}9$$

7.9.7.7 RESISTENCIA A LA FATIGA

Ahora que se conocen los factores que intervienen en el cálculo de la resistencia a la fatiga se emplea la siguiente ecuación para obtener su valor:

$$S_e = 0{,}504 \cdot S_{ut} \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d = 204{,}22\ [MPa]$$

7.9.7.8 ESFUERZO ALTERNO

Para calcular el esfuerzo alterno se utiliza la siguiente ecuación empleando el valor del momento flector correspondiente al punto sujeto a análisis, en este caso el chavetero:

$$\sigma_a{}' = \frac{32 M_f}{\pi d^3} \cdot K_f = 160{,}99\ [MPa]$$

7.9.7.9 ESFUERZO MEDIO

Como no existe transmisión de potencia en el eje, por ende no hay par de torsión presente, la fórmula utilizada para calcular el esfuerzo medio se hace igual a:

$$\sigma_m{}' = \sqrt{3}\frac{16T}{\pi d^3} \cdot K_{ts} = 0\ [MPa]$$

7.9.7.10 FORMULA ELÍPTICA DE ASME

Finalmente se utiliza la siguiente ecuación para obtener el factor de seguridad a la fatiga:

$$\left(n_f \cdot \frac{\sigma_a{}'}{S_e}\right)^2 + \left(n_f \cdot \frac{\sigma_m{}'}{S_y}\right)^2 = 1$$

7.9.7.11 FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

Despejando de la fórmula anterior se obtiene el factor de seguridad a la fatiga igual a:

$$n_f = 1{,}27$$

Por lo tanto el eje cumple satisfactoriamente los requisitos de seguridad para una falla por fatiga.

7.9.8 ANÁLISIS EN EL CAMBIO DE SECCIÓN

El análisis se realizará ahora en el cambio de sección del eje utilizando el mismo procedimiento anterior, el cambio es de 58 [mm] a 75 [mm], en este punto el momento flector tiene un valor de Mf2 = 1603,25 [Nm] (obtenido de igual manera, por medio del Gráfico 7.9.2).

7.9.9 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO

7.9.9.1 TEORÍA DE VON MISSES

$$n = \frac{d^3 \pi S_y}{32\sqrt{\left(M_f\right)^2}} = \frac{58^3 \cdot \pi \cdot 392}{32\sqrt{(1603250)^2}} = 4{,}68\ [-]$$

7.9.10 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

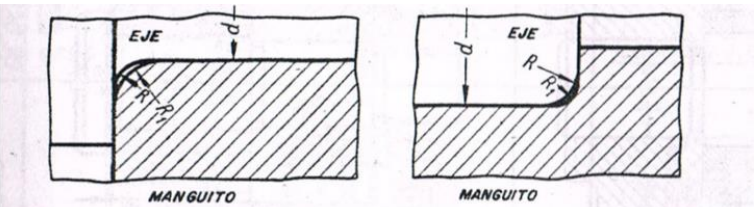
Como se explicó en el apartado anterior, el procedimiento para obtener los factores de seguridad son idénticos a los expuestos anteriormente con la única excepción que los factores de concentración de esfuerzo difieren debido a los radios de muesca, como se detallara a continuación:

7.9.10.1 SENSIBILIDAD A LA MUESCA EN FLEXIÓN

El método para obtener el radio de muesca, debido a que se produce un cambio de sección, difiere ligeramente al expuesto anteriormente. Dicha metodología se realiza utilizando la Tabla 7.19, en donde se puede obtener el factor para distintas situaciones,

en este caso como el diámetro es de 58 [mm] el radio de muesca (r) en el cambio de sección es igual a 2,5 [mm].

Tabla 7.19. Radios de redondeo.



DIAMETRO DEL EJE d EN mm.		10-18	20-28	30-46	48-68	70-100	105-150	155-200	210-250
RADIO DE REDONDEO EN mm.	R	0,6	1,5	2	2,5	3	4	5	6
	R_1	1	2	2,5	3	4	5	6	8

Luego, se obtiene al igual que para el caso anterior, el valor de la sensibilidad de la muesca del Gráfico 7.9.3, quedando en:

$$q = 0{,}83$$

7.9.10.2 FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZO DEBIDO AL CAMBIO DE SECCIÓN

Para obtener este factor, primero se debe determinar el factor teórico de concentración de esfuerzo proveniente del Gráfico 7.9.4, para luego realizar el cálculo del factor real. Los valores indicados en el gráfico corresponden a:

$$D/d = 75/58 = 1{,}29$$

$$r/d = 2{,}5/58 = 0{,}043$$

Del cual se obtiene un valor de $K_t = 2{,}1$. Luego, el factor de concentración de esfuerzo real viene dado por:

$$K_f = 1 + q \cdot (K_t - 1) = 1 + 0{,}83 \cdot (2{,}1 - 1) = 1{,}913$$

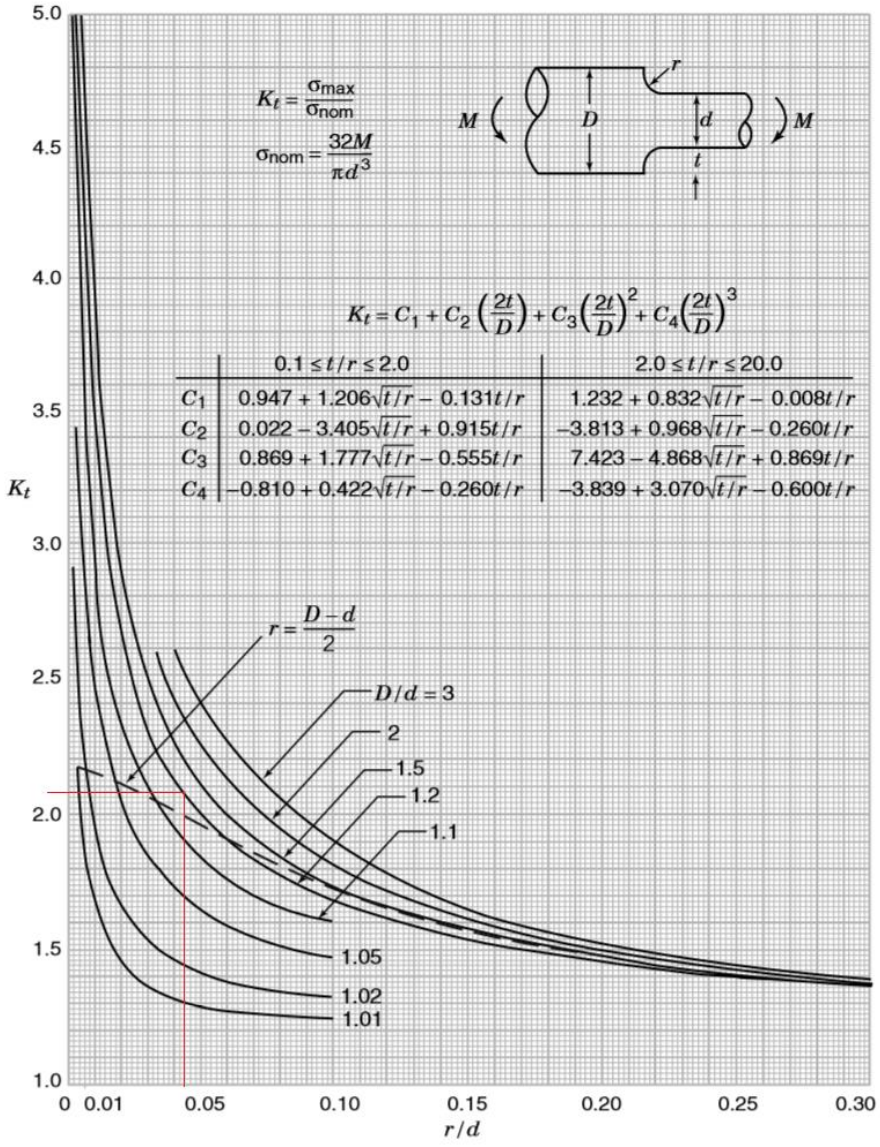


Gráfico 7.9.4. Factor de concentración de esfuerzos.

7.9.10.3 ESFUERZO ALTERNO

$$\sigma_a{}' = \frac{32M_f}{\pi d^3} \cdot K_f = \frac{32 \cdot 1603250}{\pi 58^3} \cdot 1{,}913 = 160{,}12\ [MPa]$$

7.9.10.4 ESFUERZO MEDIO

$$\sigma_m{}' = \sqrt{3}\frac{16T}{\pi d^3} \cdot K_{ts} = 0\ [MPa]$$

7.9.10.5 FÓRMULA ELÍPTICA DE ASME

$$\left(n_f \frac{\sigma_a{}'}{S_e}\right)^2 + \left(n_f \frac{\sigma_m{}'}{S_y}\right)^2 = \left(n_f \cdot \frac{160{,}12}{204{,}22}\right)^2 + \left(n_f \cdot \frac{0}{392}\right)^2 = 1$$

7.9.10.6 FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

Despejando el factor de seguridad a la fatigase obtiene:

$$n_f = 1{,}28\ [-]$$

Finalmente, debido a que todos los factores de seguridad calculados para el eje de rodadura cumplen con ser mayor que la unidad, se concluye que el eje cumple con las condiciones mínimas siendo un elemento mecánico valido para el sistema con factores de seguridad estático mayores a 4,63 [-] y a la fatiga de 1,27 [-].

7.10 EJE N°1

7.10.1 DCL

El diagrama de cuerpo libre que deja de manifiesto las componentes de fuerzas presentes en el eje N°1 del sistema de transmisión en la sala de máquinas queda expresado a continuación en la Imagen 7.36 e Imagen 7.37. Cabe señalar que debido a que el sistema de arrastre es quien domina el movimiento ascendente o descendente del carro en el plano de rodadura, es que el eje gira en dos sentidos: positivo y negativo.

De los diagramas se identifican las reacciones de las chumaceras sobre el eje (R), ambos pares de torsión producido por la potencia mecánica que transmite el eje (M_t), la acción de los pesos del cubo macizo del freno de doble disco (w_{fd}), del eje N°1 (w_{e1}), la rueda dentada N°1 (w_{r1}) y del acople flexible (w_{af}). Además de las correspondientes fuerzas producidas en la periferia de la rueda dentada de dientes rectos: fuerza tangencial (F_t) y fuerza radial (F_r), las cuales son representadas de mejor manera para ambos sentidos de giro en la Imagen 7.38 e Imagen 7.39.

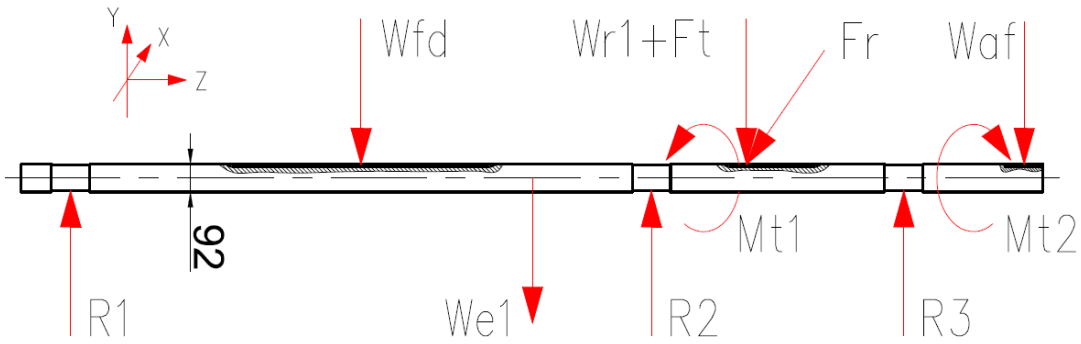


Imagen 7.36. DCL eje N°1 (sentido positivo).

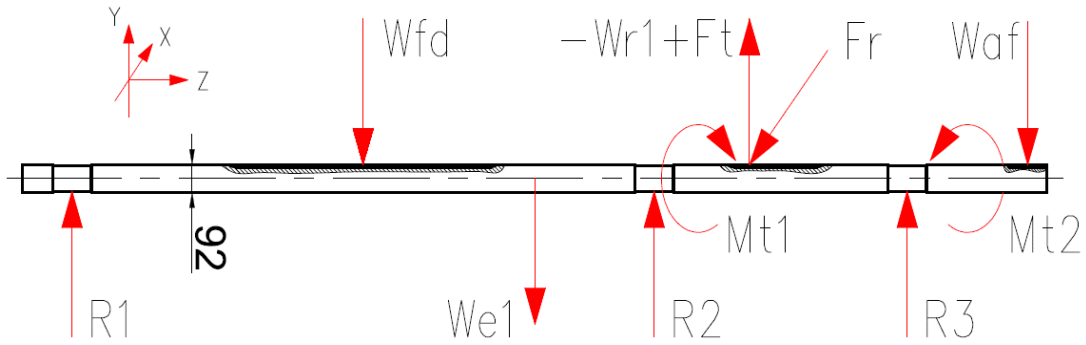


Imagen 7.37. DCL eje N°1 (sentido negativo).

Para el diseño de los ejes del sistema, se considera como valor critico la potencia de salida del reductor que a su vez es transmitida al acople flexible. La potencia de salida empleada para el procesamiento de datos es la calculada en el apartado para la "potencia del motor eléctrico" cuyo valor es de 50 [HP]. Este valor busca obtener una mayor solidez en el factor de seguridad debido a que no se consideran las pérdidas de potencia en la transmisión.

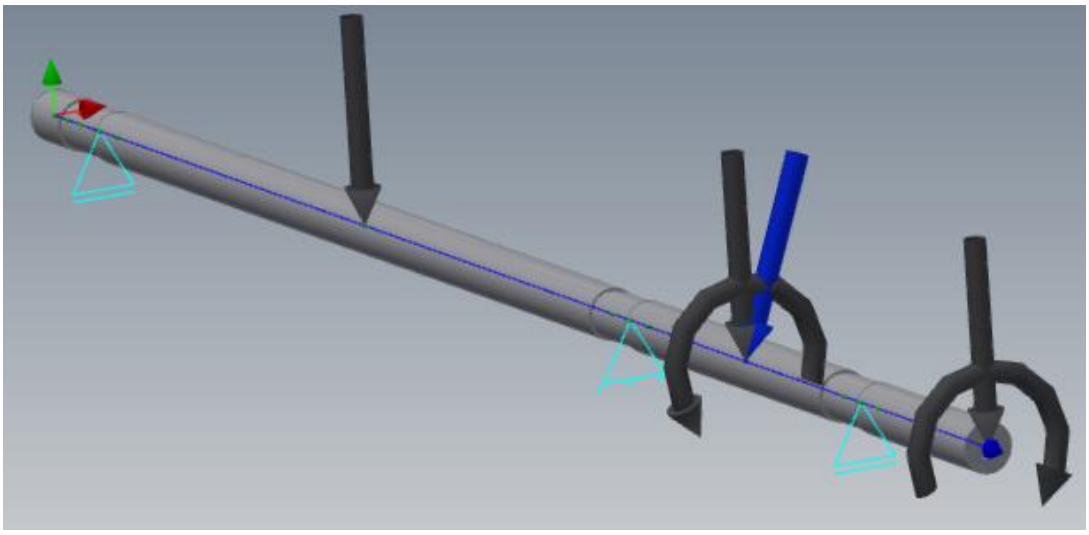


Imagen 7.38. Componentes de fuerzas en el eje N°1 (sentido positivo).

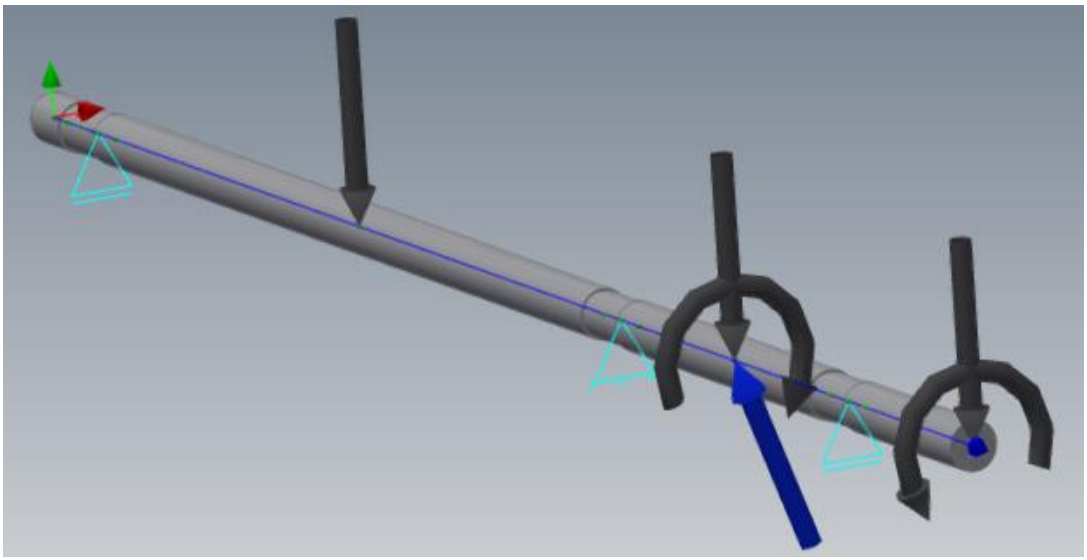


Imagen 7.39. Componentes de fuerzas en el eje N°1 (sentido negativo).

Para el cálculo de la fuerza tangencial provocada en los dientes rectos de la rueda dentada N°1, se utiliza la potencia crítica transmitida a esta y la relación con el par de torsión transmitida por el motor, los cuales quedan definidos por las siguientes expresiones:

$$Par\ de\ torsión\ [Nm] = 746 \cdot \frac{Potencia\ crít.\ [HP]}{RPM} \cdot \frac{30}{\pi}$$

$$M_t = 746 \cdot \frac{50}{113{,}1} \cdot \frac{30}{\pi} = 3149{,}78\ [Nm]$$

$$F_t = \frac{M_t}{brazo\ rueda\ dentada\ N°1} = \frac{3149{,}78}{\frac{0{,}304}{2}} = 20722{,}22\ [N]$$

Tanto las rpm del eje N°1 como la longitud del brazo hasta el circulo primitivo de la rueda dentada N°1 son obtenidos de datos anteriormente utilizados.

Una vez conseguida la fuerza tangencial en la rueda dentada, es fácil calcular la fuerza radial provocada, mediante la siguiente ecuación:

$$F_r = F_t \cdot \tan 20° = 7542{,}27\ [N]$$

Los datos restantes a utilizar en el cálculo en su mayoría son entregados por el SOFTWARE INVENTOR, los cuales además de entregar las magnitudes de los pesos involucrados también permite generar el diagrama de fuerzas cortantes para ambos casos.

$$w_{fd} = masa\ cubo\ doble\ disco \cdot ac.\ gravedad = 225\ [Kg] \cdot 9{,}81 = 2207{,}25\ [N]$$

$$w_{e1} = 174\ [Kg] \cdot 9{,}81 = 1706{,}94\ [N]$$

$$w_{r1} = 62\ [Kg] \cdot 9{,}81 = 608{,}2\ [N]$$

$$w_{af} = 86\ [Kg] \cdot 9{,}81 = 843{,}7\ [N]$$

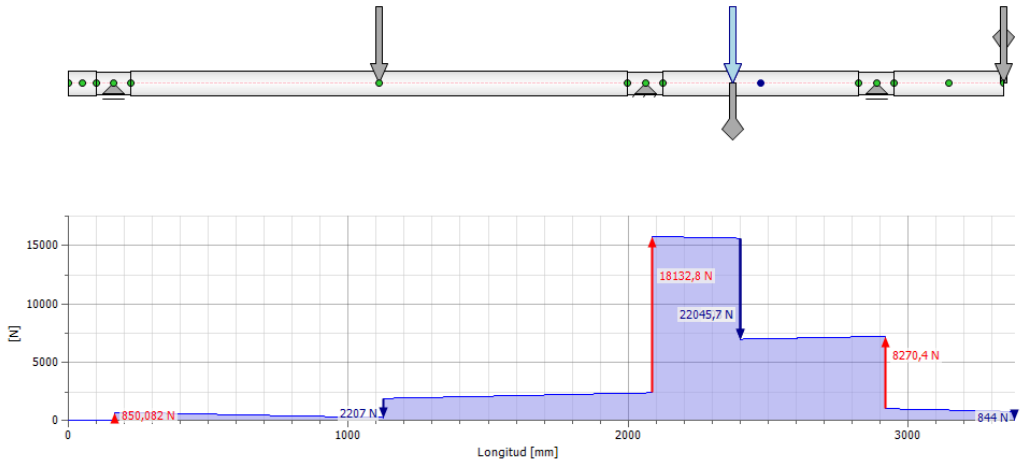


Gráfico 7.10.1. Diagrama de fuerzas cortantes eje N°1 (sentido positivo).

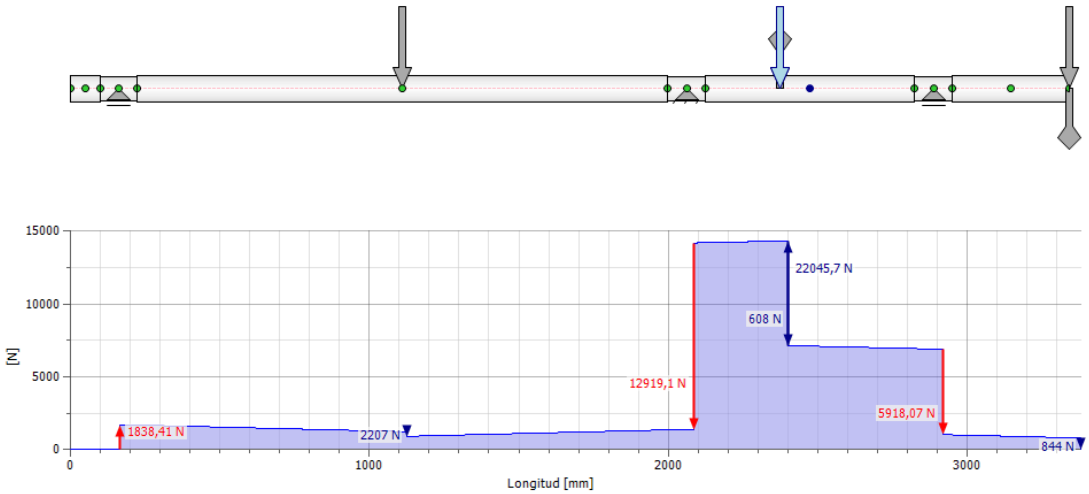


Gráfico 7.10.2. Diagrama de fuerzas cortantes eje N°1 (sentido negativo).

7.10.2 PAR DE TORSIÓN

En este caso, como se mencionó anteriormente si existe transmisión de potencia, por lo cual el par de torsión transmitido se calcula mediante la relación entre la potencia crítica establecida y las rpm del eje correspondiente. El valor calculado es de 3149,78 [Nm] o 3149780 [Nmm].

7.10.3 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

En base a los datos antes expuestos se obtienen ambos gráficos para el momento flector total (Gráfico 7.10.3 y Gráfico 7.10.4), de los cuales se puede determinar el momento máximo y el punto de mayor solicitación en el eje.

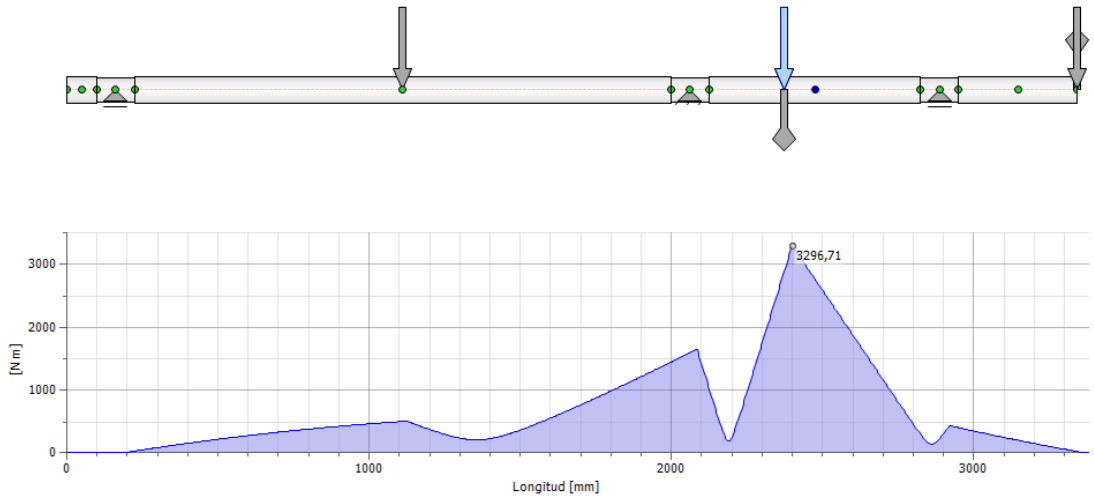


Gráfico 7.10.3. Diagrama de momento flector total en eje N°1 (sentido positivo).

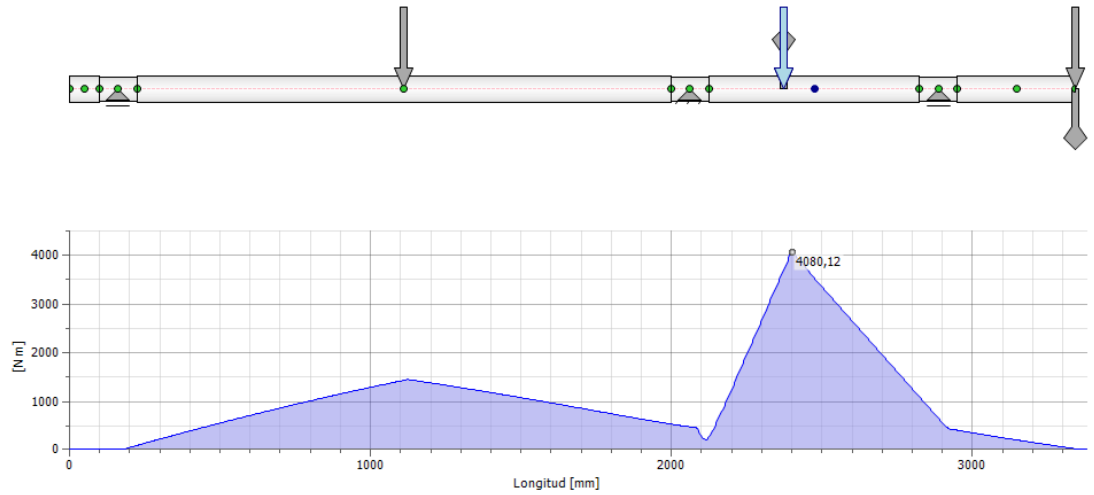


Gráfico 7.10.4. Diagrama de momento flector total en eje N°1 (sentido negativo).

Es así, como se determina que el momento flector máximo (M_f) es de 4080,12 [Nm] o 4080120 [Nmm] obtenido para las componentes de fuerzas cuando el eje gira en sentido negativo, donde el punto que presenta mayor criticidad esta sitiado en el chavetero de la rueda dentada N°1.

7.10.4 ANÁLISIS EN EL CHAVETERO

Los cálculos para la obtención de ambos factores de seguridad (estático y dinámico) se realizarán sobre el chavetero cuya sección transversal es de diámetro (d) 92 [mm].

7.10.5 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO

7.10.5.1 TEORÍA DE VON MISSES

$$n = \frac{d^3 \pi S_y}{32\sqrt{\left(M_f\right)^2 + 3\left(\frac{T}{2}\right)^2}} = \frac{92^3 \pi \cdot 588}{32\sqrt{(4459370)^2 + 3\left(\frac{3149780}{2}\right)^2}} = 9{,}16\ [-]$$

7.10.6 CÁLCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

7.10.6.1 FACTOR DE SUPERFICIE

Se considera el eje maquinado o laminado en frio:

$$k_a = 4{,}51 \cdot {S_u}^{-0{,}265} = 4{,}51 \cdot 932^{-0{,}265} = 0{,}7367$$

7.10.6.2 FACTOR DE TAMAÑO

$$k_b = 1{,}51 \cdot d^{-0{,}157} = 1{,}51 \cdot 92^{-0{,}157} = 0{,}7424$$

7.10.6.3 FACTOR DE CARGA

Eje sometido a cargas combinadas.

$$k_c = 1$$

7.10.6.4 FACTOR DE TEMPERATURA

Se considera contexto de trabajo a temperatura ambiente:

$$k_d = 1$$

7.10.6.5 SENSIBILIDAD A LA MUESCA EN FLEXIÓN

Se considera cuñero fresado:

$$r = 0{,}02 \cdot d = 0{,}02 \cdot 92 = \ 1{,}84\ [mm]$$

La sensibilidad a la muesca (q) se obtiene mediante el Gráfico 7.9.3, el cual utilizando la resistencia a la tensión (0,932 [GPa]) y el radio a la muesca antes calculado se logra el valor de 0,87.

7.10.6.6 SENSIBILIDAD A LA MUESCA EN TORSIÓN

Para este caso como el eje se encuentra sometido a torsión, se deben obtener los correspondientes factores para determinar la concentración de esfuerzos debido a las solicitaciones que la torsión genera.

Mediante el Gráfico 7.10.5 se obtiene el valor para el factor de sensibilidad a la muesca en torsión (q_s) considerando la condición para "acero templado y estirados" cuyo valor es de 0,98.

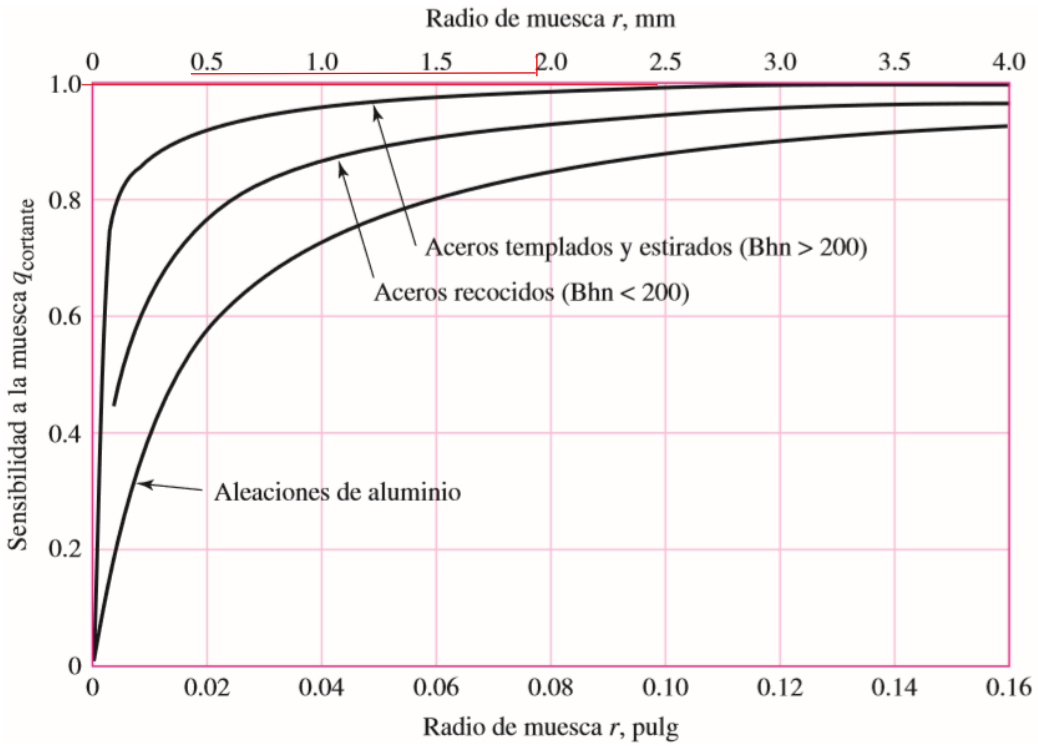


Gráfico 7.10.5. Sensibilidad vs radio de muesca en torsión para eje de transmisión.

7.10.6.7 FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZO DEBIDO AL CHAVETERO

Considerando $K_t = 2{,}2$, el factor teórico de concentración de esfuerzo es igual a:

$$K_f = 1 + 0{,}87 \cdot (2{,}2 - 1) = 2{,}044$$

Mientras que para la torsión, se considera como factor teórico de concentración de esfuerzo ($K_{ts\prime}$) en el chavetero debido a la torsión:

$$K_{ts\prime} = 3$$

Luego, el factor teórico de concentración de esfuerzo debido a la torsión es igual a:

$$K_{ts} = 1 + q_s \cdot (K_{ts\prime} - 1)$$

$$K_{ts} = 1 + 0{,}98 \cdot (3 - 1) = 2{,}96$$

7.10.6.8 RESISTENCIA A LA FATIGA

$$S_e = 0{,}504 \cdot S_{ut} k_a k_b k_c k_d = 0{,}504 \cdot 932 \cdot 0{,}7367 \cdot 0{,}7424 \cdot 1 \cdot 1 = 256{,}92\ [MPa]$$

7.10.6.9 ESFUERZO ALTERNO

$$\sigma_a{}' = \frac{32 M_f}{\pi d^3} K_f = \frac{32 \cdot 4080120}{\pi \cdot 92^3} \cdot 2{,}044 = 109{,}09\ [MPa]$$

7.10.6.10 ESFUERZO MEDIO

$$\sigma_m{}' = \sqrt{3}\frac{16T}{\pi d^3}K_{ts} = \sqrt{3}\frac{16 \cdot 3149780}{\pi \cdot 92^3} \cdot 2{,}96 = 105{,}62\ [MPa]$$

7.10.6.11 FORMULA ELÍPTICA DE ASME

$$\left(n_f \frac{\sigma_a{}'}{S_e}\right)^2 + \left(n_f \frac{\sigma_m{}'}{S_y}\right)^2 = \left(n_f \cdot \frac{119{,}23}{256{,}92}\right)^2 + \left(n_f \cdot \frac{105{,}62}{588}\right)^2 = 1$$

7.10.6.12 FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

Despejando apropiadamente la ecuación para la formula elíptica de ASME, se obtiene el factor de seguridad a la fatiga:

$$n_f = 2{,}17\ [-]$$

Consiguientemente, debido a que el factor de seguridad estático es de 9,16 [-] y el correspondiente a la fatiga de 2,17 [-], se concluye que el eje N°1 cumple con las condiciones mínimas de diseño para el sistema de transmisión en la sala de máquinas siendo válido para su fabricación.

7.11 ACOPLAMIENTO FLEXIBLE

Para la correcta unión entre el eje motor proveniente de la caja reductora ortogonal y el eje N°1, es que se incorpora un acoplamiento flexible (Imagen 7.40).



Imagen 7.40. Acoplamiento flexible comercial.

Este tipo de acoplamiento como su nombre lo señala es flexible y torsionalmente elástico con elementos de poliuretano resistentes al polvo, agua, aceite e intemperies. Admite desalineamientos radiales, axiales y angulares entre los ejes acoplados e incluso absorbe choques y vibraciones provenientes de la máquina accionada y motora. Es de construcción simplificada permitiendo una rápida instalación y segura, dispensando de lubricación minimizando con esto el mantenimiento.

7.11.1 SELECCIÓN DE CATALOGO [39]

Para la correcta selección del acoplamiento es necesario conocer la potencia a transmitir, la rotación en el eje en que está instalado, el tipo de máquina a ser accionada y el ciclo operativo de la máquina [39]. Es necesario también considerar el factor de servicio (f_s) conforme a tablas, el cual cuantifica las influencias de las condiciones externas sobre la operación dependiendo del tipo de servicio ($F1$), tiempo de funcionamiento diario ($F2$), número de arranques por hora ($F3$) y de la temperatura ambiente ($F4$).

$$f_s = F1 \cdot F2 \cdot F3 \cdot F4$$

El momento máximo permitido por el acoplamiento $(M_{amáx})$ deberá ser mayor que el momento equivalente calculado (M_{eq}) a través de la siguiente formula:

$$M_{eq} = 9550 \cdot \frac{Pot}{n} \cdot f_s$$

En donde:

$$Pot = Potencia\ de\ la\ maquina\ motora = 50\ [HP] = \ 37\ [kW]$$

$$n = Rotacion\ del\ acoplamiento = 113{,}1\ [RPM]$$

Tabla 7.20. Factor de aplicación (F1), accionamiento con motor eléctrico.

Aplicación	F1
Descortezadora y laminadora	2,00
Desfibradores	2,00
Cepilladoras	2,00
Dosificadoras	1,25
Dragas	
Accionamiento de criba	2,00
Bomba (carga uniforme)	1,50
Carretes de cable	1,75
Cabrestantes de uso general	2,00
Elevadores	
De descarga centrífuga	1,25
De cangilones	1,50
Montacargas	1,50
De pasajeros	2,00

Tabla 7.21. Factor de operación (F2).

Funcionamento contínuo diário *Operación diaria continua* Continuous Daily Operation	**Fator (F2)** *Factor (F2)* Factor (F2)
até 8 h/dia *hasta 8 h/día* Up to 8 hours a day	1,00
acima de 8 até 16 h/dia *de 16 hasta 24 h/día* From 8 to16 hours a day	1,06
acima de 16 até 24 h/dia *de 16 hasta 24 h/día* From 16 to 24 hours a day	1,12

Tabla 7.22. Factor de frecuencia de arranques/h (F3).

Partidas / hora *Arranques / horas* Continuous Daily Operation	**Fator (F3)** *Factor (F3)* Factor (F3)
até 3 hasta 3 Up to 3	1,50
acima de 3 até 20 de 3 hasta 20 From 3 to 20	1,80
acima de 20 até 40 de 20 hasta 40 From 20 to 40	1,95

Tabla 7.23. Factor de temperatura ambiente (F4).

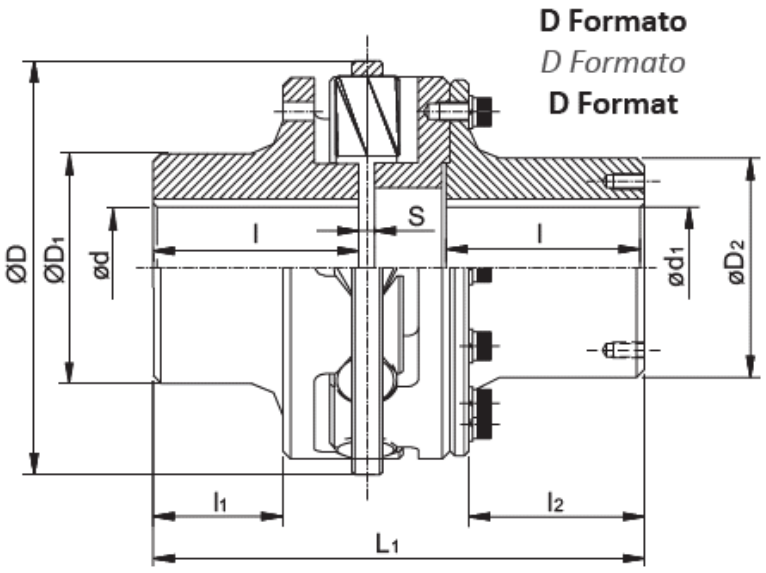
Temperatura ambiente *Temperatura ambiente* Ambient Temperature	**Fator (F4)** *Factor (F4)* Factor (F4)
até 75ºC hasta 75ºC Up to 75 ˚C	1,00
acima de 75ºC superior a 75ºC Above 75 ˚C	1,20

Por lo tanto, el momento equivalente para la selección del acople flexible tipo comercial corresponde al valor obtenido al reemplazar en la ecuación como se muestra a continuación:

$$f_s = F1 \cdot F2 \cdot F3 \cdot F4 = 2 \cdot 1{,}12 \cdot 1{,}95 \cdot 1 = 4{,}368$$

$$M_{eq} = 9550 \cdot \frac{37}{113{,}1} \cdot 4{,}368 = 13648{,}6\ [Nm]$$

Tabla 7.24. Características técnicas (dimensiones en [mm]).



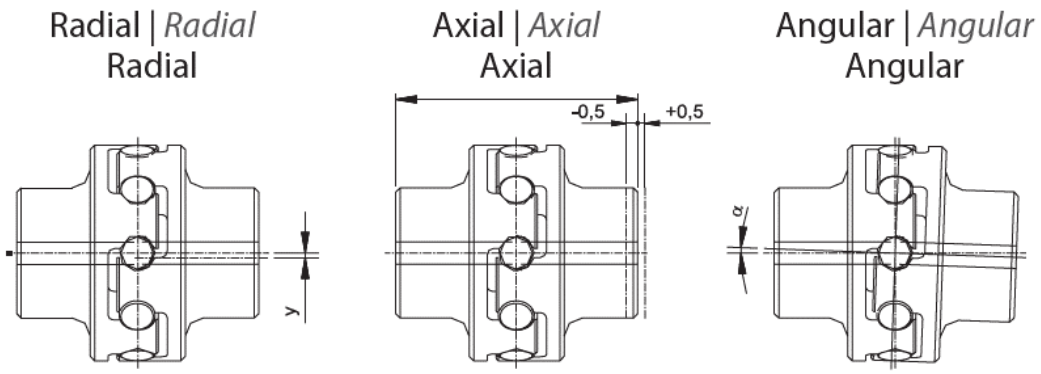
Tamanho *Tamaño* Coupling Size	Momento Máximo *Momento Máximo* Maximum Torque (Nm)	n máx. (rpm)	d		d1		D	D1	l	l1	S
			mín.	máx.	mín.	máx.					
24	10000	2900	30	95	30	90	260	145	130	82	10
30	21000	2350	45	125	45	115	320	190	160	103	10
35	36000	2100	60	150	60	140	370	225	180	120	10

Por lo tanto, del catálogo comercial se selecciona de la Tabla 7.24 el modelo de "tamaño 30" que permite un momento de 21000 [Nm] y 2350 [RPM] como límites máximos.

7.11.2 INSTALACIÓN

Para la instalación del acoplamiento flexible al eje se debe tener en consideración los valores para los desalineamientos admisibles como se muestra en la Tabla 7.25. En donde se obtiene un ajuste radial, axial y angular de 1 [mm], +- 0,5 [mm] y 30 [min] respectivamente. La correcta instalación elevara la vida útil del elemento elástico y también los cojinetes de los ejes interconectados.

Tabla 7.25. Desalineamientos admisibles (*en minutos).



Tamanho *Tamaño* Coupling Size	C Formato *C Formato* C Format		D Formato *D Formato* D Format				Desalinhamento *Desalineación* Misalignment	
	L	**Peso** | Weight (kg)	D_2	L_1	l_2	**Peso** | Weight (kg)	Radial y | *Radial y* | Radial y	*Angular α
24	270	50	140	313	113	65	1	30
30	330	86	170	382	139	110	1	30
35	370	118	210	425	158	153	0,5	24

7.12 CHAVETAS [34]

El cálculo de las chavetas para los ejes de transmisión de potencial establecidos en la sala de máquinas es de importancia debido a las componentes de fuerzas generadas por su función. Es por ello, que para las solicitaciones producidas al trabajar bajo una carga de torsión se establecen dos casos: Corte y Aplastamiento [34].

Para ambos casos se compara los valores calculados con los admisibles para las distintas chavetas según el material, el cual para este caso se utilizará SAE 1045.

7.12.1 CORTE

Las fórmulas utilizadas para obtener los esfuerzos de corte admisible (τ_{adm}) y calculado (τ) en función a su área de esfuerzo de corte (Imagen 7.41) son las siguientes:

$$\tau = \frac{F}{wl} = \frac{2T}{dwl}$$

$$\tau_{adm} = \frac{S_{sy}}{n} = \frac{S_y \cdot 0{,}577}{n}$$

En donde, se relaciona el par de torsión en el eje (T), el diámetro del eje (d), largo chaveta (l), ancho chaveta (w), esfuerzo de fluencia del material (S_y) y un factor de seguridad (n).

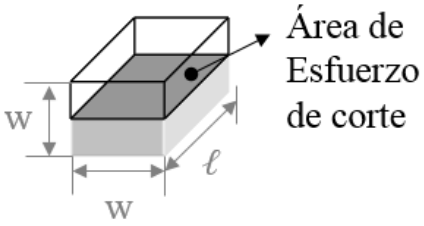


Imagen 7.41. Área de esfuerzo de corte.

7.12.2 APLASTAMIENTO

Las fórmulas utilizadas para obtener los esfuerzos de compresión admisible (σ_{adm}) y calculada (σ) en función a su área de esfuerzo de compresión (Imagen 7.42) son las siguientes:

$$\sigma = \frac{F}{A_c} = \frac{F}{l \cdot \frac{w}{2}} = \frac{4T}{dwl}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{0{,}9 \cdot S_y}{n}$$

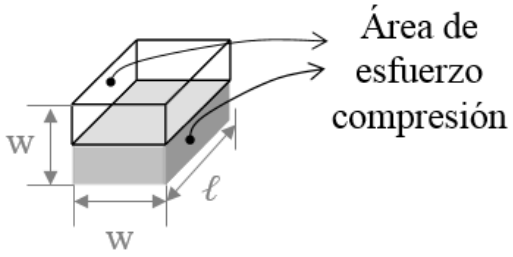


Imagen 7.42. Área de esfuerzo de compresión.

7.12.3 CÁLCULOS

Debido al material planteado para el análisis se obtienen los siguientes valores admisibles, los cuales no deben ser superados por los calculados para cada eje:

$$\tau_{adm} = \frac{392 \cdot 0{,}577}{3} = 75{,}39\ [MPa]$$

$$\sigma_{adm} = \frac{0{,}9 \cdot 392}{3} = 117{,}6\ [MPa]$$

Tabla 7.26. Resultados cálculo de chavetas en ejes de transmisión (Fuente propia).

	Cálculo chavetas				Normalizado	Tipo
EJE 1	Diámetro eje N°1	d	92,00	[mm]	125	DIN 6887 25x14
	Par torsión eje N°1	T	3.149.777,78	[Nmm]		
	Fuerza en la sup. del eje	F	68.473,43	[N]		
	Ancho chaveta	w	25,00	[mm]		
	largo chaveta	l	125,00	[mm]		
	Esfuerzo de fluencia	Sy	392,00	[Mpa]		
	Resistencia al cortante	Ssy	226,18	[Mpa]		
	Factor de seguridad	n	3,00	[-]		
	Esfuerzo de corte	t	21,91	[Mpa]		
	Esfuerzo de compresión	σ	43,82	[Mpa]		
EJE 2	Diámetro eje N°2	d	138,00	[mm]	125 / 180	DIN 6887 36x20
	Par torsión eje N°2	T	9.449.333,33	[Nmm]		
	Fuerza en la sup. del eje	F	136.946,86	[N]		
	Ancho chaveta	w	36,00	[mm]		
	largo chaveta	l	125,00	[mm]		
	Esfuerzo de fluencia	Sy	392,00	[Mpa]		
	Resistencia al cortante	Ssy	226,18	[Mpa]		
	Factor de seguridad	n	3,00	[-]		
	Esfuerzo de corte	t	30,43	[Mpa]		
	Esfuerzo de compresión	σ	60,87	[Mpa]		
EJE 3	Diámetro eje N°3	d	188,00	[mm]	220 / 250	DIN 6887 45x25
	Par torsión eje N°3	T	37.797.333,33	[Nmm]		
	Fuerza en la sup. del eje	F	402.099,29	[N]		
	Ancho chaveta	w	45,00	[mm]		

	largo chaveta	l	220,00	[mm]		
	Esfuerzo de fluencia	Sy	392,00	[Mpa]		
	Resistencia al cortante	Ssy	226,18	[Mpa]		
	Factor de seguridad	n	3,00	[-]		
	Esfuerzo de corte	t	40,62	[Mpa]		
	Esfuerzo de compresión	σ	81,23	[Mpa]		

Cabe señalar que en los ejes N°2 y N°3 existen dos largos diferentes debido a la existencia de dos chavetas en el eje, para estos casos el análisis se realiza en el largo normalizado de mayor criticidad para el cálculo, es decir el de menor dimensión como se muestra en la Tabla 7.26. Finalmente, se aprecia fácilmente que los valores calculados son menores que los admisibles, por ende el diseño de las chavetas es apropiado para el sistema.

7.13 BUJES [34]

Los bujes ubicados en los extremos y/o centro de los ejes son los destinados a soportar las cargas normales resultantes del movimiento de transmisión de potencia del sistema analizados en capítulos anteriores [34].

7.13.1 PÉRDIDA DE POTENCIA

Debido a la acción de los bujes, en donde se apoyan y giran los ejes, se provoca una perdida en la transmisión de potencia (P_f), la cual se determina mediante ecuaciones que relacionan la fuerza normal máxima generada en el eje (N_y), coeficiente de roce (μ), radio del eje (R), velocidad angular (n), fuerza de roce (F_r) y el correspondiente par de torsión provocado por la fricción (T_f). Se establece las siguientes relaciones:

$$F_r = N_y \cdot \mu \ [Nm]$$

$$T_f = \frac{F_r \cdot R}{1000} \ [Nm]$$

$$P_f = \frac{T_f \cdot n \cdot \pi}{746 \cdot 30} \ [HP]$$

$$P_{ft} = P_f \cdot N° \ Bujes \ [HP]$$

7.13.2 CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga es un factor que relaciona la presión (P) y velocidad tangencial sobre el buje (V), la que busca obtener un valor comparativo, el cual no debe sobrepasar la capacidad de carga admisible para un eje de material definido.

El material utilizado en la fabricación de la totalidad de los bujes del sistema es aleación de bronce SAE 640, el cual posee un valor admisible de $2{,}625 \ [MPa \cdot m/s]$.

Las ecuaciones que determinan el factor de capacidad de carga (PV) son las siguientes:

$$P = \frac{N_y}{L \cdot 2R} \ [MPa]$$

$$V = \frac{R \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 30} \ [m/s]$$

7.13.3 RESULTADOS

Para la obtención de los resultados de los diferentes parámetros establecidos previamente (Tabla 7.27), la fuerza normal sobre los descansos que se utiliza para el cálculo es la que representa mayor criticidad y por ende mayor pérdida de potencia.

El coeficiente de roce para el material establecido se obtiene de catálogo el valor de 0,06.

Tabla 7.27. Características bujes del sistema (Fuente propia).

Buje	**Ny**	**Fr**	**R**	**L**	**RPM**
	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[rpm]
Rodado	8.714,02	522,84	25,0	198	9,42
Polea reenvío	30.078,00	1804,68	64,0	156	9,42
Eje N°1	18.132,80	1087,97	42,5	127	113,08
Eje N°2	12.912,30	774,74	60,0	150	37,69
Eje N°3	79.147,50	4748,85	165,0	200	9,42

Tabla 7.28. Resultados para la capacidad de carga en los bujes del sistema (Fuente propia).

Buje	**P**	**V**	**PV**
	[Mpa]	[m/s]	[Mpa · m/s]
Rodado	0,88	0,02	0,02
Polea reenvío	1,51	0,06	0,10
Eje N°1	1,68	0,50	0,85
Eje N°2	0,72	0,24	0,17
Eje N°3	1,20	0,16	0,20

De los resultados obtenidos en la Tabla 7.28, se aprecia fácilmente que todos los bujes del sistema cumplen con el criterio de no sobrepasar el límite admisible para la capacidad de carga, por ende se consideran aptos para el diseño.

7.14 MUELLE DE SUSPENSIÓN [34]

En términos generales el procedimiento de cálculo para el diseño de los muelles de compresión se realiza de igual manera.

A continuación se llevará a cabo el diseño del resorte a utilizar en el sistema de rodado, específicamente en la unión entre el porta dado y dado en los ejes de rodadura del carro (Imagen 7.43). Cabe destacar que este proceso se utilizará como guía para el cálculo de todos los resortes o muelles considerados en el informe [34].

La función del resorte de suspensión es amortiguar la carga ocasionada por el peso suministrado por la cabina y los pasajeros sobre el sistema de rodado, para establecer así un movimiento en la cabina más estable sin grandes vibraciones y asegurar también que las ruedas siempre estén en contacto tangencial con los rieles. El cálculo verificará las condiciones de seguridad del diseño del muelle, así como los parámetros característicos necesarios para su fabricación.



Imagen 7.43. Muelle de compresión en sistema de rodado.

7.14.1 DATOS INICIALES

De las mediciones realizadas en terreno se establecen parámetros característicos que ayudaran al diseño del respectivo muelle de compresión. Los parámetros establecidos son el diámetro del cable (d) y diámetro exterior del resorte (D_o).

$$d = 18{,}5\ [mm]$$

$$D_o = 113\ [mm]$$

7.14.2 DIÁMETRO INTERIOR

El cálculo del diámetro interior (D_i) se determina mediante la relación entre el diámetro exterior y el diámetro del cable, como se muestra a continuación:

$$D_i = D_o - 2 \cdot d = 113 - 2 \cdot 18{,}5 = 76\ [mm]$$

7.14.3 FIJACIÓN A SISTEMA

Con respecto a la fijación de los muelles al sistema correspondiente, las alternativas más habituales son vástagos o pestañas cilíndricas que actúan como guía del resorte, las cuales deben presentar un diámetro (D_{fi}) con holgura mínima correspondiente a la décima parte del diámetro del cable, esto con el fin de lograr el correcto funcionamiento del muelle y asegurar el acoplamiento sin desprendimiento en el caso de la pestaña. La pestaña por su parte debe contar con una altura (h_{fi}) mínima de 1,5 veces el diámetro del cable.

$$Holgura = \frac{d}{10} = \frac{18{,}5}{10} = 1{,}9[mm]$$

$$D_{fi} = D_i - 2 \cdot Holgura = 76 - 2 \cdot 1{,}9 = 72\ [mm]$$

$$h_{fi} = 1{,}5 \cdot d = 1{,}5 \cdot 18{,}5 = 28\ [mm]$$

7.14.4 ÍNDICE DEL RESORTE

Se establece un parámetro denominado índice del resorte (C), el cual por literatura se establece un rango límite entre 4 y 12 que no debe ser sobrepasado. Esto se debe a que un índice muy pequeño puede ser difícil de fabricar y requiere de técnicas especiales de montaje, mientras que por otro lado, un índice muy elevado puede ser difícil de manejar y puede provocar que se enrede. El valor del índice del resorte queda determinado por la siguiente ecuación:

$$C = \frac{D_o - d}{d} = \frac{113 - 18{,}5}{18{,}5} = 5\ [-]$$

7.14.5 DIÁMETRO MEDIO

$$D = C \cdot d = 5 \cdot 18{,}5 = 94{,}5\ [mm]$$

7.14.6 FACTOR DE CORRECCIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE

A partir del índice del resorte, se define un factor de corrección para el posterior cálculo del esfuerzo cortante máximo.

$$K_s = \frac{C + 0{,}5}{C} = \frac{5 + 0{,}5}{5} = 1{,}1\ [-]$$

7.14.7 FACTOR DE BERGSTRÄSSER

Este factor determina el efecto que tiene la curvatura del alambre, lo cual causa que se incremente el esfuerzo en el interior del resorte y lo disminuya en el exterior. Esta componente es de importancia en el cálculo de la fatiga.

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} = \frac{4 \cdot 5 + 2}{4 \cdot 5 - 3} = 1{,}287\ [-]$$

7.14.8 RESISTENCIA A LA TENSIÓN

La resistencia a la tensión del resorte depende del material y se puede estimar mediante la relación entre la resistencia última de los alambres y las constantes “A” y “m” entregadas en la Tabla 7.29.

El material seleccionado para los resortes de suspensión corresponde a un acero SAE 5160, el cual tiene como referencia desde catálogos el valor de 952 [MPa].

La ecuación para el cálculo de la resistencia a la tensión en este caso viene dada asumiendo un alambre de material estirado duro A227:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{1783}{18{,}5^{0{,}19}} = 1024{,}21\ [MPa]$$

Tabla 7.29. Constantes “A” y “m” para estimar la resistencia mínima de los alambres en muelles de uso común.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg^m	Diámetro, mm	A, MPa · mm^m	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite†	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro‡	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo vanadio§	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1

7.14.9 ESFUERZO DE FLUENCIA A LA TORSIÓN

El esfuerzo de fluencia a la torsión se puede estimar mediante la resistencia última del alambre, el cual es equivalente a un porcentaje de esta. Se establecen rangos generales según materiales, el cual establece el porcentaje equivalente. Estos límites se aprecian en la Tabla 7.30 para la tensión y torsión respectivamente, para el cálculo se utilizará el valor más crítico del rango, por lo tanto su valor corresponde a:

$$S_{sy} = 0{,}45 \cdot S_{ut} = 460{,}89\ [MPa]$$

Tabla 7.30. Propiedades mecánicas del alambre para muelles.

Material	Límite elástico, porcentaje de S_{ut}, tensión	torsión	Diámetro d, pulg	E Mpsi	E GPa	G Mpsi	G GPa
Alambre de piano A228	65-75	45-60	<0.032	29.5	203.4	12.0	82.7
			0.033-0.063	29.0	200	11.85	81.7
			0.064-0.125	28.5	196.5	11.75	81.0
			>0.125	28.0	193	11.6	80.0
Resorte estirado duro A227	60-70	45-55	<0.032	28.8	198.6	11.7	80.7
			0.033-0.063	28.7	197.9	11.6	80.0
			0.064-0.125	28.6	197.2	11.5	79.3
			>0.125	28.5	196.5	11.4	78.6
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2	77.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
A232	88-93			29.5	203.4	11.2	77.2

7.14.10 MÓDULO DE RUPTURA POR TORSIÓN

$$S_{su} = 0{,}6 \cdot S_{ut} = 614{,}53\ [MPa]$$

7.14.11 CONSTANTE DE RIGIDEZ

La constante de rigidez del resorte (k) se calcula en función del diámetro de la espira (d), el diámetro medio (D), el módulo de rigidez torsional (G) y el número de espiras activas (N_a) mediante la ecuación señalada al final del apartado.

Con respecto a los datos necesarios para la obtención de la constante de rigidez, el diseño preliminar del resorte contempla un número de espiras activas igual a 4. Las espiras activas corresponden a las espiras que están libres y se deflactan bajo carga.

Mientras que el módulo de rigidez torsional para el material se puede determinar mediante la Tabla 7.30, el cual establece para diámetros del cable mayor a 3 [mm] valores de $78{,}6\ [GPa]$ o $78600\ [MPa]$.

Luego, la constante de rigidez del resorte es igual a:

$$k = \frac{G \cdot d^4}{8D^3 \cdot N_a} = \frac{78600 \cdot 18{,}5^4}{8 \cdot 94{,}5^3 \cdot 4} = 340{,}93\ [N/mm]$$

7.14.12 FUERZA EJERCIDA

La fuerza máxima ejercida en este caso corresponde a la octava parte de la componente normal del peso total del carro (incluida la carga máxima de pasajeros) calculada anteriormente. Por lo tanto la fuerza máxima que ejerce el resorte es igual a:

$$F_{máx} = \frac{37000}{8} = 4625\ [N]$$

7.14.13 DEFLEXIÓN MÁXIMA

La deflexión máxima del resorte corresponde a:

$$\Delta_{máx} = \frac{F_{máx}}{k} = \frac{4625}{340{,}93} = 13{,}6\ [mm]$$

7.14.14 NÚMERO DE ESPIRAS TOTALES

El número de espiras totales está directamente relacionado con el tipo de extremos seleccionado por el diseño para el muelle de compresión. Para este caso en donde los muelles de suspensión están entre dos piezas de superficie plana se determina ambos extremos de tipo “a escuadra y rectificados” como se ejemplifica en la Imagen 7.44.

Una vez seleccionado los tipos de extremos, de catálogos se establecen ecuaciones que determinan las dimensiones características para el muelle de compresión como se indica en la Tabla 7.31.

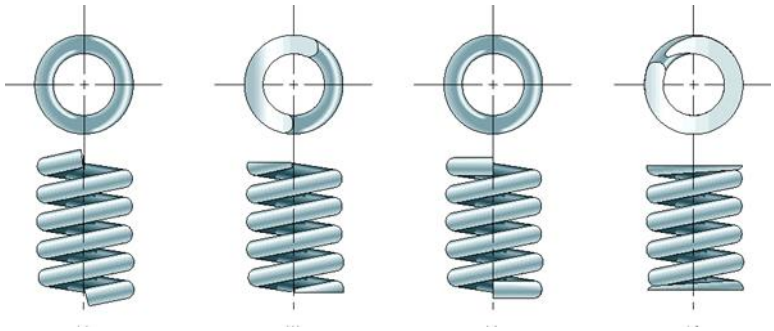


Imagen 7.44. Tipos de extremos de muelles de compresión. De izquierda a derecha: extremos simples, extremos simples y rectificados, extremos a escuadra o cerrados y extremos a escuadra y rectificados.

Como el tipo de extremos del resorte seleccionado es "a escuadra y rectificados", determina 2 espiras en los extremos y la ecuación que determina el número de espiras totales es la siguiente:

$$N_t = N_a + 2 = 4 + 2 = 6$$

Tabla 7.31. Fórmulas de dimensiones características para muelles de compresión.

	Simple	**Simple y rectificado**	**A escuadra o cerrado**	**A escuadra y rectificado**
Espiras en extremos	0	1	2	2
Espiras totales	N_a	$N_a + 1$	$N_a + 2$	$N_a + 2$
Longitud libre, L_f	$d + pN_a$	$p\,(N_a + 1)$	$3d + pN_a$	$2d + pN_a$
Longitud sólida, Ls	$d(N_t + 1)$	dN_t	$d(N_t + 1)$	dN_t
Paso, p	$(L_f - d) / N_a$	$L_f / (N_a + 1)$	$(L_f - 3d) / N_a$	$(L_f - 2d) / N_a$

7.14.15 LONGITUD SÓLIDA

La longitud sólida corresponde a la longitud cuando el resorte está cargado con la fuerza suficiente como para cerrar todas sus espiras y su valor queda determinado por la Tabla 7.31.

$$L_s = d \cdot N_t = 18{,}5 \cdot 6 = 111\ [mm]$$

7.14.16 LONGITUD LIBRE

La longitud libre corresponde a la medida del resorte en estado libre o sin cargas. Para determinar esta longitud se deben plantear dos supuestos:

Primero, al igual que una columna, el muelle puede sufrir pandeo cuando la fuerza que provoca la deformación es demasiado grande. Para evitar esto, la literatura indica que la longitud libre (L_0) no debe sobrepasar el valor que se obtiene de la siguiente expresión:

$$L_0 < \frac{\pi D}{\alpha}\sqrt{\frac{2(E-G)}{(2G+E)}}$$

En donde relaciona el diámetro medio (D), el módulo de rigidez torsional (G), módulo de elasticidad del alambre (E) y un factor relacionado con las condiciones en los extremos (α).

El valor para el módulo de elasticidad del alambre se establece de igual manera que G, obteniendo de la Tabla 7.30 un valor de 196,5 $[GPa]$ o 196500 $[MPa]$.

Con respecto a la constante de condición de los extremos, su valor depende de cómo se comporten los extremos del resorte. En la Tabla 7.32 se proporcionan los valores para la constante en situaciones típicas de funcionamiento.

Tabla 7.32. Constantes para la condición de extremos para muelles helicoidales de compresión.

Condición de extremo	Constante α
Resorte apoyado entre superficies planas paralelas (extremos fijos)	0.5
Un extremo apoyado por una superficie plana perpendicular al eje del resorte (fijo); el otro extremo con pivote (articulado)	0.707
Ambos extremos con pivote (articulados)	1
Un extremo sujeto; el otro libre	2

Para el caso del muelle de suspensión, como se mencionó anteriormente se encuentra apoyado entre superficies planas paralelas por ende el valor para la constante equivale a 0,5.

Por lo tanto, la ecuación para la longitud libre queda:

$$L_0 < \frac{\pi \cdot 94{,}5}{0{,}5} \sqrt{\frac{2 \cdot (196{,}5 - 78{,}6) \cdot 1000}{(2 \cdot 78{,}6 + 196{,}5) \cdot 1000}} = 484{,}8\ [mm]$$

El otro criterio que debe considerar para el diseño de la longitud libre, es que el muelle no se debe comprimir hasta su longitud sólida, por lo que se establece la siguiente ecuación que determina dicha situación:

$$L_0 - \Delta_{máx} > L_s$$

Por lo que, se establece para la longitud libre la siguiente condición de diseño:

$$L_0 > L_s + \Delta_{máx} = 111 + 13{,}6 = 124{,}6\ [mm]$$

Por lo tanto, se establece un rango límite para determinar la longitud libre:

$$124{,}6 < L_0 < 484{,}8\ [mm]$$

Finalmente se establece una longitud libre de diseño de

$$L_0 = 200\ [mm]$$

7.14.17 PASO

El paso del muelle es la distancia existente entre el centro del alambre de dos espiras consecutivas. Se determina según:

$$p = \frac{L_0 - 2d}{N_a} = \frac{200 - 2 \cdot 18{,}5}{4} = 40{,}75\ [mm]$$

7.14.18 ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO

$$\tau_{máx} = \frac{8F_{máx}DK_s}{\pi d^3} = \frac{8 \cdot 4625 \cdot 94{,}5 \cdot 1{,}1}{\pi \cdot 18{,}5^3} = 192{,}99\ [MPa]$$

7.14.19 FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{máx}} = \frac{460{,}89}{192{,}99} = 2{,}39\ [-]$$

7.14.20 RESISTENCIA A LA FATIGA

Los resortes generalmente están sometidos a cargas por fatiga, ya que en su funcionamiento se aplican cargas cíclicas, por ende el cálculo del factor de seguridad a la fatiga es de interés para el diseño del muelle. Con respecto a la resistencia a la fatiga se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$S_{se} = \frac{S_{sa}}{1 - \left(\frac{S_{sm}}{S_{su}}\right)^2}$$

Donde se establecen la relación entre módulos determinados por la técnica de fabricación del resorte, como se muestra a continuación:

Resorte sin martillar: $S_{sa} = 241\ [MPa]$ y $S_{sm} = 379\ [MPa]$

Resorte martillado: $S_{sa} = 398\ [MPa]$ y $S_{sm} = 534\ [MPa]$

Para este caso se determina como característica de diseño "sin martillar", debido a que representa una condición de mayor criticidad. Entonces, la resistencia a la fatiga queda definida por:

$$S_{se} = \frac{241}{1 - \left(\frac{379}{614{,}53}\right)^2} = 388{,}94\ [MPa]$$

7.14.21 FUERZA ALTERNA

Como se mencionó anteriormente el muelle está sometida a esfuerzos cíclicos los cuales son necesarios para el cálculo del factor de seguridad, los cuales quedan representados por los esfuerzos medios y alternos. Estos últimos se obtienen mediante la relación entre sus fuerzas correspondientes como se muestra continuación:

$$F_a = \frac{F_{máx} - F_{mín}}{2} = \frac{4625 - 3000}{2} = 812{,}5\ [N]$$

7.14.22 FUERZA MEDIA

$$F_m = \frac{F_{máx} + F_{mín}}{2} = \frac{4625 + 3000}{2} = 3812{,}5\ [N]$$

7.14.23 ESFUERZO CORTANTE ALTERNO

$$\tau_a = \frac{8F_a D K_B}{\pi d^3} = \frac{8 \cdot 812{,}5 \cdot 94{,}5 \cdot 1{,}287}{\pi \cdot 18{,}5^3} = 39{,}74\ [MPa]$$

7.14.24 ESFUERZO CORTANTE MEDIO

$$\tau_m = \frac{8F_m D K_B}{\pi d^3} = \frac{8 \cdot 3812{,}5 \cdot 94{,}5 \cdot 1{,}287}{\pi \cdot 18{,}5^3} = 186{,}46\ [MPa]$$

7.14.25 FACTOR DE SEGURIDAD A LA FATIGA

$$n_f = \frac{1}{\frac{\tau_a}{S_{se}} + \frac{\tau_m}{S_{su}}} = \frac{1}{\frac{39{,}74}{388{,}94} + \frac{186{,}46}{614{,}53}} = 2{,}47\ [-]$$

Por lo tanto, debido a que el factor de seguridad estático calculado es de 2,39 y el correspondiente a la fatiga de 2,47. Se concluye como valido el diseño para la fabricación del muelle de compresión para la suspensión del sistema de rodado.

7.14.26 PARÁMETROS DE DISEÑO

Finalmente, una vez validado el diseño del muelle de compresión, se establecen dimensiones características para la fabricación, las cuales quedan definidas en la Imagen 7.45.

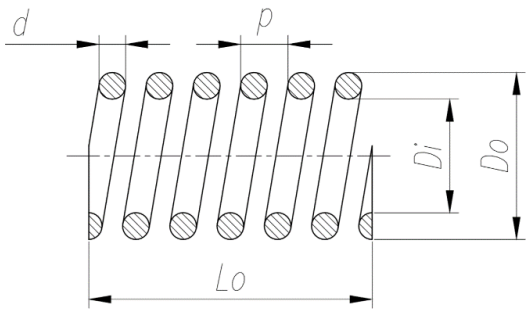


Imagen 7.45. Dimensiones características del muelle de compresión.

7.15 MUELLE SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO

El muelle del sistema de enclavamiento o gancho de seguridad (Imagen 7.46) es el encargado de accionar los ganchos para provocar el asentamiento con la cremallera del plano de rodadura y así lograr la detención del carro en muy pocos segundos. El muelle correspondiente es de extensión, por lo cual su procedimiento de cálculo es similar al de compresión pero posee diferencias significativas para el diseño.

A continuación se procede con el cálculo del resorte de extensión, a modo de determinar los parámetros de diseño característicos para su fabricación. Al igual que para el caso de compresión se establecen los siguientes datos preliminares:

Material:	A228
Diámetro exterior (D_o):	50 [mm]
Diámetro espira (d):	6 [mm]

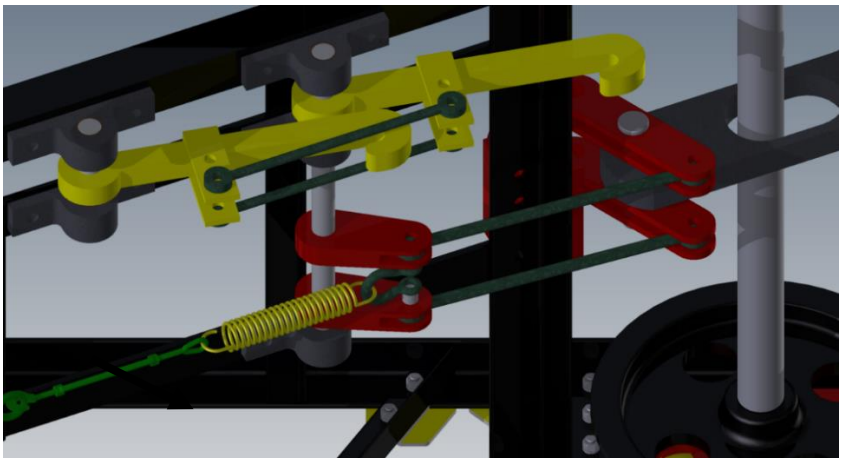


Imagen 7.46 - Muelle de extensión en sistema de enclavamiento de seguridad.

7.15.1 ÍNDICE DEL RESORTE

$$C = \frac{D_o - d}{d} = \frac{50 - 6}{6} = 7{,}3\ [-]$$

Por lo que se cumple la condición: $3 < C < 16$

7.15.2 DIÁMETRO MEDIO

$$D = C \cdot d = 7{,}3 \cdot 6 = 44\ [mm]$$

7.15.3 LONGITUD LIBRE

Para determinar la longitud libre en el muelle de extensión, se obtiene de la siguiente expresión estableciendo un número determinado de espiras totales (N_t). Se consideran para este caso 23 espiras totales.

$$L_0 = 2(D - d) + (N_t + 1)d = (2C - 1 + N_b)d$$

$$L_0 = (2 \cdot 7{,}3 - 1 + 23) \cdot 6 = 220\ [mm]$$

7.15.4 TENSIÓN INICIAL

Los fabricantes recomiendan cierta tensión inicial en los resortes con enrollado apretado (espiras que hacen contacto entre sí) con el propósito de mantener la longitud libre con mayor precisión. El intervalo de fabricación para muelles puede expresarse en términos del esfuerzo de torsión no corregido como:

$$\tau_i = \frac{33500}{e^{(0,105C)}} \pm 1000\left(4 - \frac{C-3}{6,5}\right)\left(\frac{6,89}{1000}\right)\ [MPa]$$

De manera que el esfuerzo de torsión mínimo y máximo respectivamente es igual a:

$$\tau_{imín} = 83,9\ [MPa]$$

$$\tau_{imax} = 129,8\ [MPa]$$

Por lo que se realiza el supuesto que el resorte se fabricará entre este intervalo, para este caso se tomará el promedio entre ambos valores, entonces el esfuerzo de torsión mínimo igual a:

$$\tau_i = \frac{\tau_{imín} + \tau_{imáx}}{2} = 106,9\ [MPa]$$

7.15.5 FUERZA INICIAL O PRETENSIÓN

Por medio del valor del esfuerzo de torsión se calcula la fuerza de pretensión o inicial mediante la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{\pi d^3 \tau_i}{8D} = \frac{\pi \cdot 6^3 \cdot 106,9}{8 \cdot 44} = 206\ [N]$$

7.15.6 CONSTANTE DE RIGIDEZ

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

Donde, de igual manera que el muelle de compresión se determinan de la Tabla 7.30:

$$G = 80\ [GPa] = 80000\ [MPa]$$

$$N_a = N_b - 1 = 23 - 1 = 22$$

Entonces:

$$k = \frac{d^4 G}{8 D^3 N_a} = \frac{6^4 \cdot 80000}{8 \cdot 44^3 \cdot 22} = 6{,}92\ [N/mm]$$

7.15.7 FUERZA MÁXIMA

La fuerza máxima del resorte es directamente proporcional al estiramiento. Para este caso se establece la deformación total que debe experimentar el muelle para mantener los ganchos levantados, correspondiente a $\Delta = 72\ [mm]$. Esta distancia corresponde al recorrido del resorte para que los ganchos se enclaven en la cremallera.

La fuerza máxima del resorte queda determinado por:

$$F_{máx} = F_i + k \cdot \Delta = 206 + 6{,}92 \cdot 72 = 703{,}94\ [N]$$

7.15.8 RESISTENCIA A LA TENSIÓN

De la Tabla 7.29 se obtiene:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} = \frac{2211}{6^{0,145}} = 1705,1\ [MPa]$$

7.15.9 ESFUERZO DE FLUENCIA A LA TORSIÓN

De la Tabla 7.30 se obtiene:

$$S_{sy} = 0,45 \cdot S_{ut} = 767,3\ [MPa]$$

7.15.10 FACTOR DE BERGSTRÄSSER

$$K_B = \frac{4C + 2}{4C - 3} = \frac{4 \cdot 7,3 + 2}{4 \cdot 7,3 - 3} = 1,19\ [-]$$

7.15.11 ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO

$$\tau_{máx} = \frac{8F_{máx}DK_B}{\pi d^3} = \frac{8 \cdot 703,94 \cdot 44 \cdot 1,19}{\pi \cdot 6^3} = 434,5\ [MPa]$$

7.15.12 FACTOR DE SEGURIDAD ESTÁTICO

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{máx}} = \frac{767,3}{434,5} = 1,77\ [-]$$

Por lo tanto, el factor de seguridad estático es de 1,77 por lo cual establece un diseño valido para la fabricación del muelle de extensión para el sistema de seguridad mediante ganchos de enclavamiento.

7.15.13 PARÁMETROS DE DISEÑO

Finalmente, una vez validado el diseño del muelle de extensión, se establecen dimensiones características para la fabricación, las cuales quedan definidas en la Imagen 7.47.

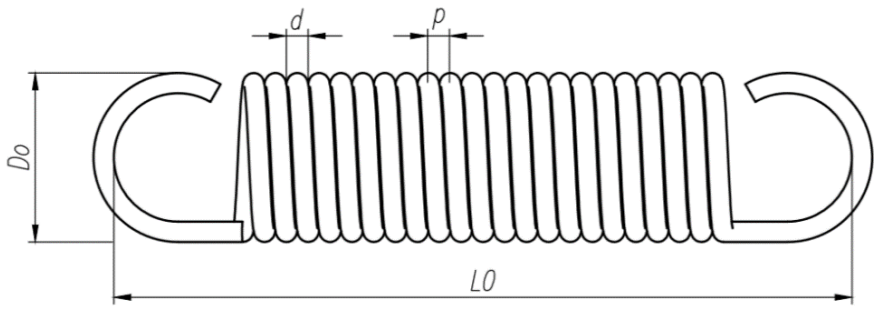


Imagen 7.47. Dimensiones características del muelle de extensión.

7.16 SISTEMAS DE FRENO

El Ascensor Villaseca cuenta con dos sistemas de frenos de emergencia que se analizaran en la presente memoria de cálculo: Freno de banda y freno de doble disco cónico. Ambos orientados al frenado de emergencia del ascensor y controlados por el maquinista.

Cabe destacar la incorporación de un tercer sistema de freno completamente nuevo, el cual se ubicará entre el motor y el sistema reductor con el objetivo de actuar como freno de operación a diferencia de los otros dos sistemas ya mencionados.

7.17 FRENO DE BANDA

El freno de banda dispuesto en las instalaciones del ascensor está conformado por una palanca (1), banda de freno (2), terminales de unión (3), muelles tensores (4) y sistema de accionamiento (5), como se muestra en la Imagen 7.48. La banda de freno a su vez, cuenta con tacos de madera (Roble Pellín) cuya superficie está cubierta por "Tejido Industrial", material industrial quien tiene un elevado coeficiente de roce y propiedades a fin.

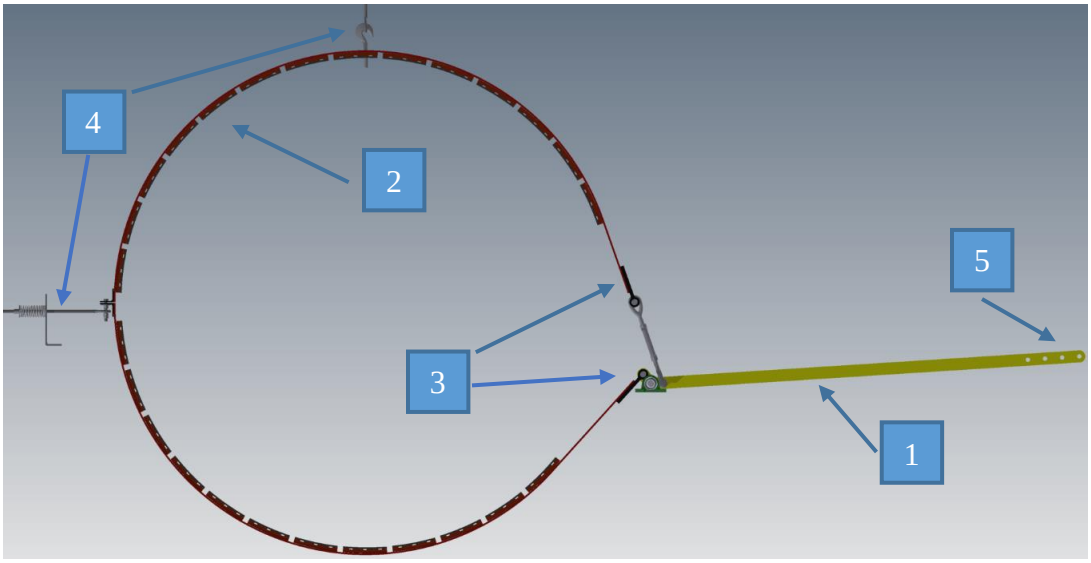


Imagen 7.48. Freno de banda.

7.17.1 FUNDAMENTO TEÓRICO DE FRENO BANDA [35]

El sistema de freno se ubica alrededor de ambos tambores de arrastre, siendo dos unidades de igual características para cada tambor. Debido a la rotación y fricción producida por el tambor, la fuerza de accionamiento S2 es menor que la reacción S1. Se define un elemento infinitesimal para realizar el análisis, donde para cualquier elemento en la banda de longitud angular dφ, estará en equilibrio ante la acción de las fuerzas que se muestran en la Imagen 7.49. Al realizar la sumatoria de fuerzas en dirección vertical, se obtiene [35]:

$$(S + dS)\ sen\ \frac{d\varphi}{2} + S \cdot sen\frac{d\varphi}{2} - dP = 0$$

$$dP = S\ d\varphi \qquad \text{(a)}$$

Considerando, que para ángulos pequeños $sen\ d\varphi/2 = d\varphi/2$. Al sumar estas fuerzas en dirección horizontal, se tiene que:

$$(S + dS)\ cos\ \frac{d\varphi}{2} - S \cdot cos\frac{d\varphi}{2} - f\ dP = 0$$

$$dS - f\ dP = 0 \qquad \text{(b)}$$

Asi mismo, para angulos pequeños $cos\frac{d\varphi}{2} = 1$, al sustituir el valor de dP de la ecuación "a" en "b" y luego de efectuar la integral se obtiene:

$$\int_{S2}^{S1} \frac{dS}{S} = f \int_0^{\alpha} d\varphi$$

$$\ln \frac{S1}{S2} = f \cdot \alpha$$

$$\frac{S1}{S2} = e^{f \cdot \alpha} \qquad \text{(c)}$$

Considerando "α" como el ángulo de contacto de la cinta de freno sobre el tambor expresado en radianes y "f" coeficiente de rozamiento entre la cinta de freno y tambor.

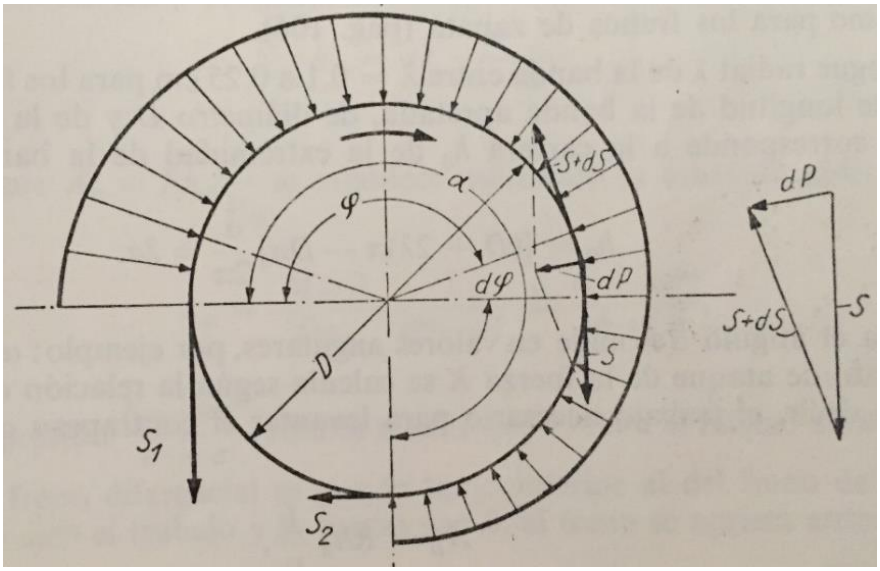


Imagen 7.49. Fuerzas en freno de banda.

Por otro lado, el par de torsión puede obtenerse de la ecuación:

$$T = (S1 - S2)\frac{D}{2}$$

La fuerza normal dP que actúa sobre un elemento de área de anchura "b", con una presión "p" y longitud r dφ es:

$$dP = p\ b\ r\ d\varphi \qquad \text{(d)}$$

Reemplazando “d” en “a” se obtiene:

$$\mathrm{dP}\ \mathrm{d}\varphi = \mathrm{p}\ \mathrm{b}\ \mathrm{r}\ \mathrm{d}\varphi$$

Por consiguiente, con “r” radio y “D” diámetro:

$$p = \frac{S}{b\ r} = \frac{2\ S}{b\ D}$$

Considerando que la presión es proporcional a la tensión en la banda. La presión máxima “Pa” se presentará en la punta y tiene el siguiente valor:

$$\mathrm{Pa} = \frac{2\ \mathrm{S1}}{\mathrm{b\ D}}$$

Finalmente, en un freno de cinta o de banda la acción de frenado se obtiene tirando de la banda para que se apriete contra el tambor. La fuerza de frenado es la diferencia entre las tensiones existentes en los dos extremos de la banda.

$$U = S1 - S2 \qquad \text{(e)}$$

Considerando “c”, “e” y las tensiones S1 y S2, se obtiene:

$$S1 = U \cdot \frac{1}{(e^{f \cdot \alpha} - 1)}$$

$$S2 = U \cdot \frac{e^{f \cdot \alpha}}{(e^{f \cdot \alpha} - 1)}$$

Esto considerando la rotación en sentido de las agujas del reloj. Cabe destacar que cuando la dirección de la rotación se invierte, las tensiones igual lo hacen.

7.17.2 NOMENCLATURA

α	Arco abrazado
μ	Coeficiente de fricción
Pot	Potencia del motor de elevación
M	Par nominal motor
Mf	Momento de frenado máx. (Motor)
U	Fuerza tangencial de frenado máx. (Motor)
S1	Fuerza de tracción máx. en banda
S2	Fuerza de tracción mín. en banda
P	Fuerza de aplicación
a	Distancia pivote-S1
b	Distancia pivote-S2

c	Distancia pivote-Fuerza palanca
K	Fuerza en palanca de freno (horario)
K´	Fuerza en palanca de freno (anti horario)
b<=	Freno bloqueado e irreversible
Sup1	Superficie pulida de polea (no cubierta por freno)
C1	Coeficiente de radiación para el hierro pulido
Sup2	Dos superficies laterales de poleas
C2	Coeficiente de radiación para el hierro mate
t1	Temperatura límite de polea (calidad de guarnición)
t2	Temperatura ambiente
W1	Energía evacuada por radiación por hora
Cn	Coeficiente de convección natural
Sup3	Superficie total de la polea (no cubierta por freno)
FdM	Factor de marcha de polea (servicio ligero)
W2	Energía evacuada por convección natural por hora
v0	Velocidad periférica Sup1 superior

v1	Velocidad periférica Sup1 inferior
W3	Energía evacuado por convección forzada hora
Wt	Calor total evacuado por hora en polea
Q	Carga media de descenso
h	Altura media de descenso
Z1	Número de descensos por hora
ηmec	Rendimiento mecánico sistema poleas tracción
Wabs	Calor total absorbido por hora en descenso
P0	Presión específica
P0v	Valor límite servicio ligero (emergencia)
Mc	Par de carga carro
∑I	Sumatoria de momento de inercia tambor freno
tf1	Duración de frenado en elevación
tf2	Duración de frenado en descenso
tf	Duración de frenado promedio
Zfreno	Número de frenados del sistema de freno

Q	Volumen de desgaste de la guarnición
q	Desgaste relativo
A	Trabajo de frenado individual
vida	Años de vida para guarnición
η	Rendimiento mecánico
ν	Seguridad
Mf'	Momento de frenado necesario
λ	Despegue radial de la banda
h0	Carrera entre banda apretada y despegada
hk	Carrera de fuerza palanca
ηD	Rendimiento mecánico freno de banda
Ad	Trabajo de despegue
Adt	Trabajo necesario (sobredimensionado)
b0	Ancho de superficie de freno

7.17.3 DATOS

$\alpha = 4,71$ [rad] = 270 [°]

$\mu = 0,4$ [-] (Tejido Industrial)

Pot = 50 [HP] = 50,71 [CV]

a = 70 [mm]

b = 70 [mm]

c = 2500 [mm]

Sup1 = 1,34 [m^2]

Sup2 = 0,35 [m^2]

Sup3 = 1,69 [m^2]

C1 = 1,3 [-] (Coef. para hierro pulido)

C2 = 4,3 [-] (Coef. para hierro oxidado de superficie mate)

T1 = 100 °C

T2 = 35 °C

Cn = 5 [Kcal/m^2°Ch]

FdM = 0,15 [-]

Z1= 5 [-] (Permite hasta 5 accionamiento del freno)

Ηmec = 0,75

q = 0,2 [cm^3·hr/CV]

v = 3 [-] (Freno de Emergencia)

λ = 5 [mm]

ηD = 0,95 [-]

rpm= 9,4 [RPM]

Øfreno = 2834 [mm]

b0 = 88 [mm]

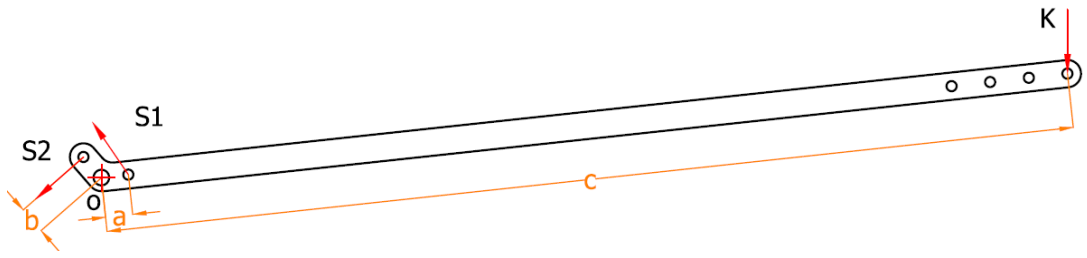


Imagen 7.50. DCL palanca freno de banda.

7.17.4 CÁLCULOS

$$M = \frac{71620 \cdot Pot}{rpm} = 385397\ [Kgcm]$$

$$Mf = \frac{M \cdot \eta \cdot v^2}{100} = 3257\ [Kgm]$$

$$U = \frac{Mf \cdot 2}{\text{Øfreno}} = 3257\ [Kg]$$

$$S1 = S2 \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 2710[Kg]$$

$$S2 = \frac{U}{e^{\mu \cdot \alpha} - 1} = 412\ [Kg]$$

$$P = \frac{Mf}{(\text{Øfreno} \cdot \mu)} = 2874[Kg]$$

$$K = \frac{S2 \cdot b + S1 \cdot a}{c} = 88\ [Kg]$$

$$K' = K = 88\ [Kg]$$

El tipo de freno seleccionado, es de tipo adicional donde los dos extremos de la banda se fijan sobre la palanca al mismo lado de la articulación "o". Las dos fuerzas "S1" y "S2" se oponen a la fuerza "K" como se muestra en la Imagen 7.50. Esta disposición evita el fenómeno de auto bloqueo por efecto del sentido de rotación. Así la fuerza "K" necesaria para obtener el par de frenado en cualquier sentido de giro del tambor es de 88 [kg] o 857 [N].

Otro aspecto importante para el dimensionado y diseño del freno, es el cálculo del recalentamiento ya que el tambor queda totalmente o en gran parte, envuelta por la banda de freno, y ello disminuye la evacuación de calor, particularmente la evacuación por radiación si se compara con otro tipo de freno.

Para el análisis, se considera un freno de descenso, es decir que han de absorber la energía potencia de la carga permitiendo regular la velocidad. La polea evacua el calor absorbido por radiación y convección.

$$W1 = [C1 \cdot S1 + C2 \cdot S2] \cdot \left[\left(\frac{273 + t1}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + t2}{100}\right)^4\right] = 337\ [\frac{Kcal}{h}]$$

$$W2 = Cn \cdot S3 \cdot (t1 - t2) \cdot (1 - FdM) = 467\ [\frac{Kcal}{h}]$$

$$W3 = FdM \cdot (t1 - t2) \cdot 6{,}14 \cdot [Sup1 \cdot v0^{0,78} + 2 \cdot Sup2 \cdot v1^{0,78}] = 158\ [\frac{Kcal}{h}]$$

$$Wt = W1 + W2 + W3 = 962\ [\frac{Kcal}{h}]$$

Este valor del calor total evacuado en una hora por radiación y convección “Wt” debe ser al menos igual al valor absorbido en el mismo intervalo.

$$Wabs = Carga \cdot h \cdot Z1 \cdot \frac{\eta mec}{427} = 1116\ [\frac{Kcal}{h}]$$

Estos resultados, indican que no existen problemas de sobrecalentamiento al considerar un material cuyo límite máximo de temperatura sea los 100°C. Mientras que los valores

son aún más favorable al considerar las guarniciones de madera, específicamente Roble Pellín cuya temperatura puede llegar a los 280°C.

Un valor general para los frenos, considerando un servicio ocasional de gran carga es:

$$P0 \cdot v \leq 12$$

Mientras que la presión especifica varía a lo largo de la longitud de la banda, estableciéndose:

$$P0 = \frac{S \cdot 2}{\text{Øfreno} \cdot \text{b}_0} = 2{,}17\ [\frac{Kg}{cm^2}]$$

$$Po \cdot v0 = 3{,}05\ \left[\frac{Kgm}{cm^2 s}\right] \ll 12$$

Según Niemann se puede calcular aproximadamente la duración de la guarnición del freno en años según la fórmula:

$$\text{Zfreno} = \frac{\text{Q}}{\text{q} \cdot \text{A}}$$

$$A = Mf \cdot \pi \cdot \frac{rpm}{30} \cdot tf \cdot 0{,}5$$

$tf1 = \frac{\Sigma I \cdot w}{Mf+Mc}$, donde: $\Sigma I = 24219\ [Kgm^2]$

$Mc = 0{,}3 \cdot Mf$

$tf1 = 5{,}7\ [s]$

$$tf2 = \frac{\Sigma I \cdot w}{Mf - Mc} = 10{,}5\ [s]$$

$$tf = \frac{tf1 + tf2}{2} = 8{,}1\ [s]$$

$A = 0{,}05\ [CV \cdot hr]$

$Q = 2 \cdot ancho \cdot largo \cdot espesor = 435\ [cm^3]$ (Guarnición de desgaste)

$Zfreno = 45286\ [veces]$

Vida = 50 [años].

La vida se obtuvo considerando 2,5 horas diarias de funcionamiento los 365 días del año. Tomando en cuenta que es un freno de emergencia, el cual solo funcionará en caso de accidentes o emergencias en la máquina, el tiempo considerado es mucho mayor al real obteniendo una vida útil del material de frenado sumamente óptimo.

La fuerza "K" calculada anteriormente necesaria para provocar el accionamiento del freno se puede ejercer a mano, por resorte o contrapeso. La forma seleccionada por el freno de banda del ascensor es por contrapeso, anclada en el extremo de la palanca y accionada por el maquinista por medio de un sistema de poleas y palanca ubicadas en la sala de control.

El despegue radial de la banda es de 5 [mm] y considera una diferencia de longitud entre la banda apretada y despegada, cuya carrera de las extremidades es determinada por:

$$h0 = \lambda \cdot \alpha = 24 \text{ [mm]}$$

Por otra parte, el alargamiento de la banda necesario para el despegue de la polea, resulta de la diferencia de los desplazamientos "h1" y "h2" de los puntos de ataque de las fuerzas "S1" y "S2", que es de 24 [mm]. La carrera "h_k" el punto de ataque de la fuerza "K" se calcula según la relación de las palancas, como se muestra a continuación:

$$hk = h0 \cdot \frac{c}{b - a} = 421 \ [mm]$$

Esta carrera de 421 [mm] de la palanca permite obtener el trabajo de despegue, es decir, el trabajo necesario para levantar el contrapeso es:

$$Ad = \frac{hk \cdot K}{\eta D} = 38{,}71 \ [Kgm]$$

Aplicando un factor de seguridad del 25%: $Adt = 48{,}39 \ [Kgm]$

7.18 FRENO DE DOBLE DISCO CÓNICO [34]

El freno de doble disco cónico como se mencionó previamente está previsto para funcionar en caso de emergencia al igual que el freno de banda con la diferencia de estar ubicado en el primer eje de la sala de máquinas, más próximo al motor, mientras

que el de banda está posicionado en el tercer eje cubriendo la superficie del tambor de arrastre. Este sistema de freno consta de dos discos cónicos sólidos (1), el cual por medio del accionamiento de una palanca (2), cuatro balatas (3) hacen contacto con la superficie inclinada del disco (Imagen 7.51). Este sistema es de carácter cerrado en su posición natural, es decir se mantiene frenado, esto por la acción de muelles de compresión ubicados en ambos discos (4). Las balatas de frenos en su superficie están cubierta con bloques moldeados, material altamente resistente a temperaturas y elevado coeficiente de fricción.

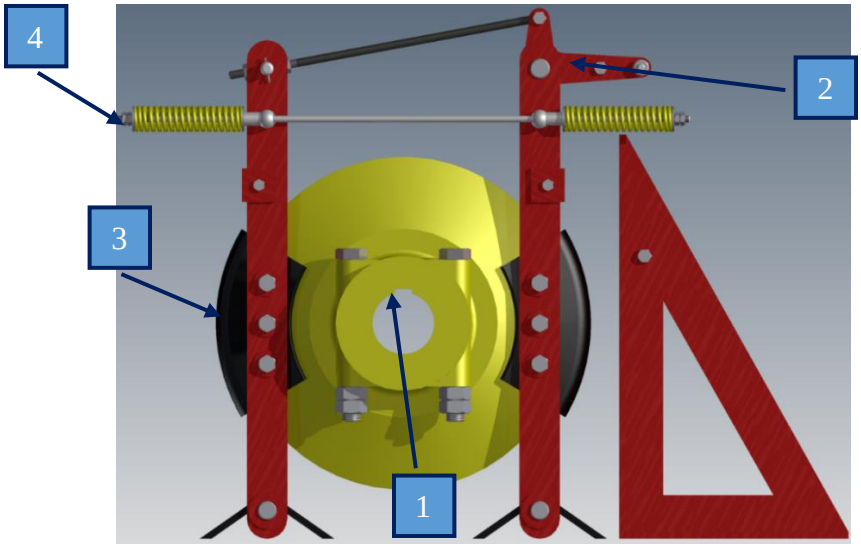


Imagen 7.51. Freno de doble disco cónico.

7.18.1 FUNDAMENTO TEÓRICO DE FRENO DE DOBLE DISCO CÓNICO

El sistema de freno ocupa el principio de funcionamiento de un freno de fricción de contacto axial, donde un disco de radio exterior “ro” y radio interior “ri”, busca por medio de una fuerza axial “F” producir un cierto par de torsión “T” y presión “P” que

provoque la reducción de velocidad o detención de este. En forma general se dispone de dos métodos para resolver esta problemática en función a su construcción. Si los discos son rígidos la mayor cantidad de desgaste ocurrirá primero en las áreas exteriores, puesto que allí es donde ocurre el mayor trabajo de fricción. Después que ha tenido una cierta cantidad de desgaste, la distribución de la presión se modificara permitiendo que el desgaste sea uniforme. Otro método de construcción considera el empleo de resortes para obtener una presión uniforme sobre el área.

El método empleado para realizar la presente memoria de cálculo, es el método de desgaste uniforme debido a que es el fenómeno más acertado a la realidad de nuestra situación [34].

En la Imagen 7.52 se representa la geometría de un área de contacto de las balatas sobre el diámetro del disco de freno mirado frontalmente. Debido a que la superficie de contacto del sistema de freno es inclinada es que se ocupa también una relación donde se considera el ángulo del disco cónico "α".

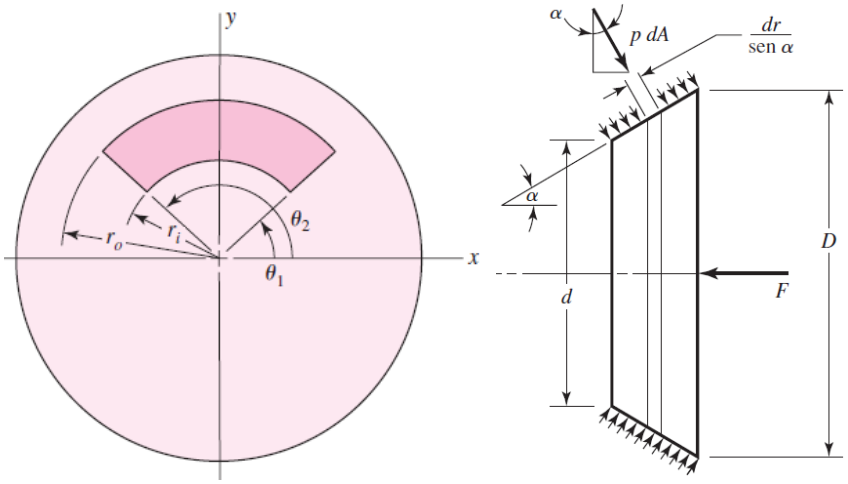


Imagen 7.52. Área de contacto del freno disco cónico.

Para obtener la fuerza necesaria para hacer que el freno cumpla su objetivo, se puede tomar la expresión para la presión total "P", considerando la fuerza "F" y área "A":

$$P = \frac{F}{A}$$

De la cual considerando los elementos de área expuestos anteriormente, se obtiene que:

$$F = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \int_{ri}^{r0} P \, dA$$

De la Imagen 7.52 se obtiene:

$$dA = r \cdot \frac{dr}{\sin \alpha} \, d\theta$$

Considerando que la fuerza total requerida se descompone en "x" e "y" debido a estar inclinada se originan dos fuerzas: Fx y Fy. Por otra parte, después que se produce el desgaste inicial y de que los discos se desgasten hasta un punto donde se establece un desgaste uniforme, el desgaste axial se expresa por la siguiente ecuación donde se consideran varios factores referentes al material:

$$desgaste\ axial = f1 \cdot f2 \cdot K \cdot P \cdot V \cdot t$$

En donde "t" es tiempo, "f1" es el factor que varía según el tipo de movimiento, carga y velocidad. "f2" condiciones ambientales y "K" factor de desgaste según material. Sólo la presión total "P" y la velocidad tangencial "V" varían de un lugar a otro en la superficie de rozamiento. Por definición, el desgaste uniformes es constante de un lugar a otro, es por eso que:

$$P \cdot V = Constante1$$

$$P \cdot r \cdot w = Constante2$$

Como la velocidad angular "w" también es constante, la ecuación queda:

$$P \cdot r = Constante3 = Pmáx \cdot ri = Pa \cdot ri = Pa \cdot \frac{d}{2}$$

Obteniendo finalmente la expresión para la presión total "P", radio de superficie "r" y máxima presión normal admisible "Pa".

$$P = Pa \cdot \frac{ri}{r}$$

Esta expresión permite obtener la fuerza de accionamiento para la presión máxima "Pa" seleccionada, siendo válida para cualquier número de pares o superficies de fricción.

Obteniendo finalmente las fuerzas en dirección a las balatas:

$$Fx = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \int_{ri}^{r0} P \cdot \sin\alpha \cdot r \cdot \frac{dr}{\sin\alpha} d\theta$$

$$Fx = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \int_{ri}^{r0} Pa \cdot ri \; dr d\theta$$

$$Fx = (\theta 2 - \theta 1) \cdot Pa \cdot ri \cdot (ro - ri) \qquad \text{(a)}$$

$$Fy = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \int_{ri}^{r0} P \cdot \cos\alpha \cdot r \cdot \frac{dr}{\sin\alpha} d\theta$$

$$Fy = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \int_{ri}^{r0} Pa \cdot ri \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}\ drd\theta$$

$$Fy = (\theta 2 - \theta 1) \cdot Pa \cdot ri \cdot \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha} \cdot (ro - ri) \qquad \text{(b)}$$

Con respecto a la fuerza de torsión "T" generada por el sistema de freno, se obtiene considerando la fuerza de roce "F_μ" como se muestra a continuación:

$$T = F_\mu \cdot distancia$$

A su vez, la fuerza de roce es igual al coeficiente de roce "μ" multiplicado por la fuerza aplicada normal, en este caso la presión total "P" a una distancia igual al radio del disco de freno "r". Aplicando el análisis infinitesimal queda la siguiente expresión:

$$T = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \int_{ri}^{r0} \mu \cdot P \cdot r\ dA$$

$$T = \int_{\theta 1}^{\theta 2} \int_{ri}^{r0} \mu \cdot \left(Pa \cdot \frac{ri}{r}\right) \cdot r\ \cdot \frac{r}{\sin\alpha}\ drd\theta$$

$$T = (\theta 2 - \theta 1) \cdot Pa \cdot ri \cdot \frac{\mu}{\sin\alpha} \cdot \left(\frac{ro^2 - ri^2}{2}\right) \qquad \text{(c)}$$

Finalmente por el sistema de ecuaciones establecido, se obtiene de "a" y "c":

$$Fx = T \cdot \frac{\sin \alpha}{\mu} \cdot \frac{2}{(ro + ri)}$$

A su vez, de “b” y “c”:

$$Fy = T \cdot \frac{\cos \alpha}{\mu} \cdot \frac{2}{(ro + ri)}$$

Y de “a” y “b”:

$$Fy = Fx \cdot \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}$$

Para obtener la máxima presión normal permisible en el freno, se utiliza la ecuación “a”, donde se despeja convenientemente quedando:

$$Pa = \frac{T}{(\theta 2 - \theta 1) \cdot ri} \cdot \frac{\sin \alpha}{\mu} \cdot \left(\frac{2}{ro^2 - ri^2}\right)$$

Así obteniendo todas las expresiones relevantes para obtener las fuerzas necesarias para que el sistema de frenos de “Doble Disco Cónico” funcione correctamente, solo basta conocer la torsión generada “T”.

Otro factor importante para el sistema de freno, es la consideración sobre la energía principalmente la temperatura. La teoría indica que este tipo de freno no debería tener problemas de temperatura pues sus áreas de contacto con el disco son mínimas y por ende posee una gran área donde disipa temperatura con el ambiente. Algunas fórmulas para obtener datos de respaldo acerca de la temperatura se presentan a continuación:

$$Energía = I1 \cdot I2 \cdot \frac{(w1 - w2)^2}{2 \cdot (I1 + I2)}$$

Donde, I1 e I2 son los momentos de inercia del disco de freno y las balatas respectivamente expresadas en "$Kg\ m^2$". Mientras que w1 y w2 son las velocidades angulares en radianes.

Lo que nos permite calcular la diferencia de temperatura alcanzada por ambas superficies:

$$\Delta T° = \frac{Energía}{Cp \cdot m}$$

Con "Cp" capacidad térmica especifica del material y "m" masa del disco o freno.

7.18.2 NOMENCLATURA

θ	Arco abrazado por balatas
μ	Coeficiente de fricción material
α	Ángulo del cono
ri	Radio interno disco
r0	Radio externo disco
Pot	Potencia del motor

Tn	Par nominal motor
Mf	Momento de frenado máx. (Motor)
η	Rendimiento mecánico
ν	Factor de seguridad
T	Par de torsión en balatas de freno
Pa	Máxima presión normal permisible
Pmín	Presión local de contacto mínima
Fx	Fuerza axial de freno
Fy	Fuerza radial de freno
F	Fuerza normal de freno a superficie inclinada
I1	Momento de inercia de “Doble Disco”
I2	Momento de inercia de “Balatas”
w	Velocidad angular
E	Energía absorbida
Cp	Capacidad térmica especifica
m	Masa de discos de freno

$\Delta T°$ Diferencia de temperatura por roce en sistema de freno

7.18.3 DATOS

$\theta = \theta_2 - \theta_1 = 1{,}06$ [rad]

$\mu = 0{,}45$ [-] (Material: Tejido industrial comercial)

$\alpha = 1{,}26$ [rad]

ri = 171 [mm]

r0 = 247 [mm]

Pot = 50 [HP] = 50,71 [CV]

$\eta = 0{,}95$ [-]

$\nu = 1{,}1$ [-]

I1 = 4,25 [Kg m^2] (Software Inventor)

I2 = 0,133 [Kg m^2] (Software Inventor)

w = 113 [RPM] = 11,84 [rad]

Cp = 500 [J/ Kg C°] (Acero o Hierro fundido)

m = 225 [Kg]

7.18.4 CÁLCULOS

Como se mencionó anteriormente en la etapa teórica, teniendo el par de torsión por medio de las ecuaciones establecidas se pueden obtener las fuerzas normales a las balatas. El par de torsión se obtiene considerando la potencia total del motor, si bien es cierto la componente necesaria es menor, se considera esta magnitud por motivos de seguridad. Es así que:

$$Tn = \frac{71620 \cdot Pot[CV]}{rpm}$$

Considerando en el primer eje 113 [RPM], se obtiene:

$$Tn = 32116{,}42\ [Kg\ cm]$$

$$Mf = Tn \cdot \eta \cdot \nu = 318{,}84\ [kg\ m]$$

Debido a que se cuenta con ocho balatas alrededor de ambos discos cónicos (cuatro por disco), el momento de frenado máximo se distribuye sobre estas superficies, quedando el par de torsión necesario para que el sistema de freno funcione correctamente como:

$$T = 9{,}81 \cdot \frac{Mf}{8} = 391[Nm]$$

Al obtener el par de torsión del sistema de freno, por medio de las ecuaciones establecida previamente, resulta fácil obtener la máxima presión normal permisible "Pa" y con esto las componentes de las fuerzas, como se muestra a continuación:

$$\text{Pa} = 286{,}3\ [\text{Kpa}]$$

$$\text{Pmín} = 199\ [\text{Kpa}]$$

$$\text{Fx} = 3950\ [\text{N}]$$

$$\text{Fy} = 1284\ [\text{N}]$$

$$\text{F} = 4154\ [\text{N}]$$

Con respecto a la diferencia de temperatura registrada en el sistema de freno, como la teoría indicaba es casi nula debido a la alta transferencia de calor entre las superficies con el medio ambiente:

$$Energía = 4{,}25 \cdot 0{,}133 \cdot \frac{(11{,}84 - 0)^2}{2 \cdot (4{,}25 + 0{,}133)} = 9{,}02\ [J]$$

$$\Delta T° = \frac{9{,}02}{500 \cdot 225} \cong 0$$

Una vez obtenida las fuerzas generadas para el buen funcionamiento del sistema de freno, resulta de vital importancia obtener la fuerza "P" necesaria para accionar la palanca de freno, quien será la encargada de gobernar el frenado del sistema. Para ello es que se utiliza el DCL del sistema como se muestra en la Imagen 7.53.

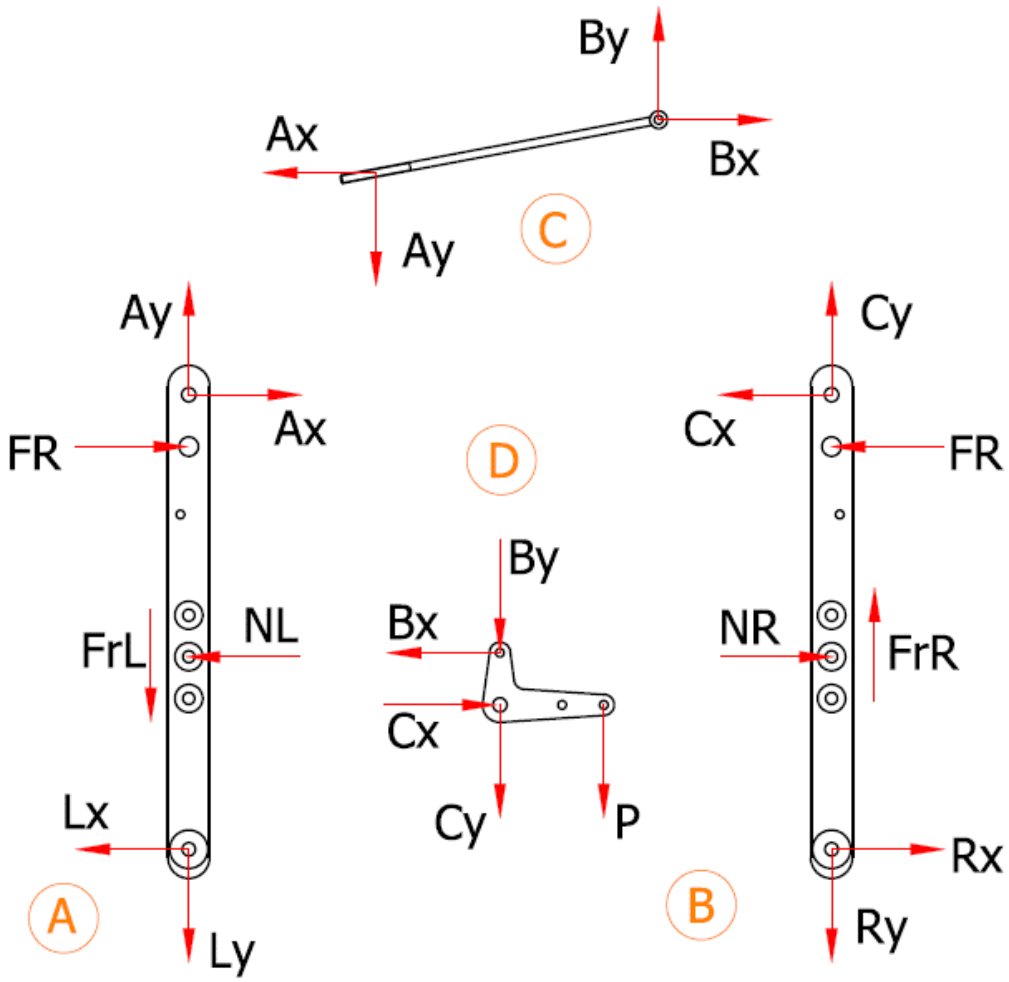


Imagen 7.53. DCL Sistema freno doble disco cónico.

El modelo que se utiliza para determinar las reacciones de fuerzas, fuerza de los resortes y la fuerza “P” en la palanca se encuentra representado en el DCL previo, donde se incluyen las todas las fuerzas que actúan en cada una de las balatas con el disco girando en sentido horario.

En este caso la nomenclatura de las fuerzas es la siguiente:

FR: Fuerza de accionamiento ejercida por los resortes

NL: Fuerza normal que actúa sobre la balata izquierda

NR: Fuerza normal que actúa sobre la balata derecha

Fr: Fuerza de fricción entre las balatas y el disco de hierro fundido

Para obtener las fuerzas normales en ambas balatas se realiza un análisis estático en cada zapata para determinar la fuerza de accionamiento que se requieren. Estas fuerzas deben ser similares a la fuerza "Fy" obtenida previamente por el análisis adimensional, con la diferencia que el sentido de giro del disco hace que una fuerza, NL o NR sea mayor sobre la otra.

El criterio utilizado será el de frenos de doble zapata, cuyas balatas tengan ángulos de contacto mayor a 60°, como lo es en este caso, el ángulo de contacto corresponde a 61° y el par de frenado se expresa por:

$$T = \mu \cdot (N_L + N_R) \cdot \left(\frac{4R \cdot \sin\frac{\theta}{2}}{\theta + \sin\theta} \right)$$

Donde:

R: Radio del disco de hierro fundido igual a r0 = 247 [mm].

Como todos los datos de la ecuación son datos conocidos, se obtiene que:

$$(N_L + N_R) = 3360\ [N]$$

Para realizar análisis de la magnitud de estas fuerzas, se asume la idealización de las fuerzas, siendo ambas iguales.

$$N_L = N_R = 1680\ [N]$$

De estas fuerzas obtenidas, al comparar con su similar Fy = 1284 [N] es fácil apreciar que esta es menor, por lo que la hipótesis planteada es válida pues entregará un valor algo mayor al requerido, aportando al factor de seguridad del sistema.

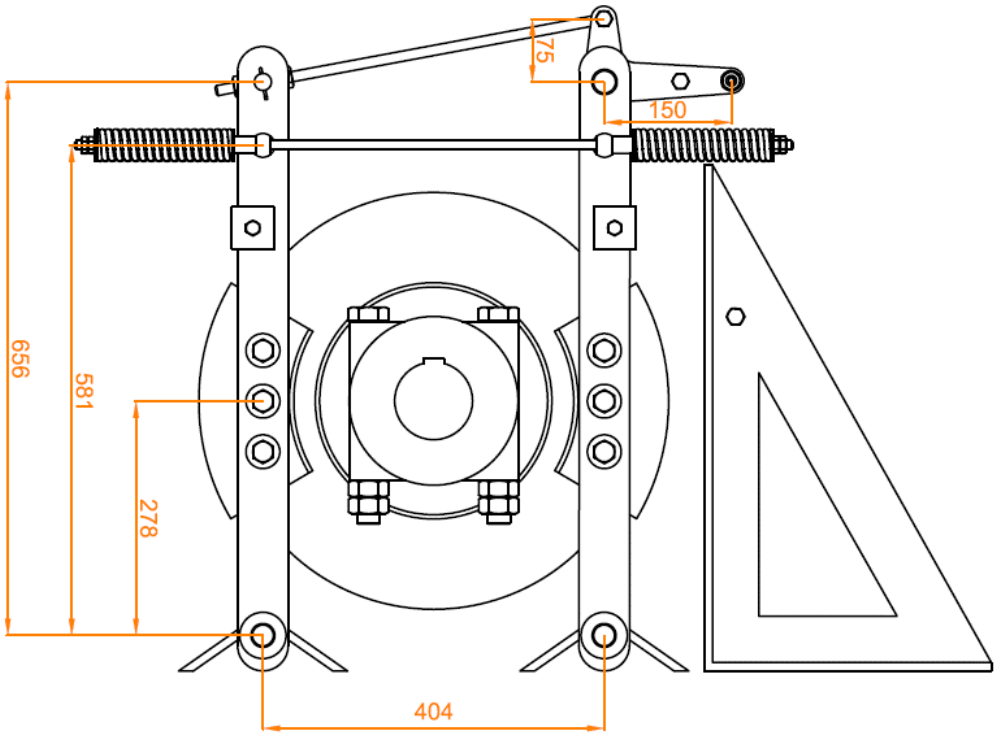


Imagen 7.54. Dimensiones freno doble disco.

Considerando el diagrama de cuerpo libre (Imagen 7.53) y dimensiones expuestas en la Imagen 7.54, se realiza una sumatoria de momentos con respecto al punto “L” en la

pieza “A” (pletina izquierda) para obtener la expresión que nos permita despejar la fuerza en los resortes:

$$\sum M_L = 278 \cdot N_L - 581 \cdot FR - 656 \cdot Ax = 0$$

Para obtener la fuerza “FR”, se considera solamente como la oposición a la fuerza generada por el disco en la balata, es decir “NL” o “NR”, según sea el caso.

$$FR = N_L \cdot \frac{278}{581} = 803\ [N]$$

Esta fuerza del resorte de 803 [N], es la que se necesita para el diseño del muelle de compresión para cada balata.

Para obtener el resto de las componentes de fuerzas, se realiza el mismo procedimiento considerando además fuerzas en eje X e Y.

A continuación los cálculos para la Pieza “A”:

$$\sum F_x = Ax + FR - NL - Lx = 0$$

$$\sum F_y = Ay - F_{rL} - Ly = 0$$

Pieza “B”:

$$\sum M_R = -278 * N_R + 581 * FR + 656 * Cx = 0$$

$$\sum F_x = Rx + NR - FR - CX = 0$$

$$\sum F_y = Ry - F_{rR} - Cy = 0$$

Pieza “C”:

$$\sum M_A = By * 404 - Bx * 75 = 0$$

$$\sum F_x = Ax - Bx = 0$$

$$\sum F_y = Ay - By = 0$$

Pieza “D”:

$$\sum M_c = Bx * 75 - P * 150 = 0$$

$$\sum F_x = Cx - Bx = 0$$

$$\sum F_y = P + Cy + By = 0$$

Luego, al hacer los correspondientes sistemas de ecuaciones para cada expresión, se obtienen los siguientes resultados:

$$Ax = Bx = Cx = \frac{N_L \cdot 278 - FR \cdot 581}{656} = 0$$

De esta expresión y para obtener la totalidad de las componentes, se analiza el sistema sin la componente de fuerza "N_L" debido a que la fuerza "P" se provoca para abrir el sistema de freno, es decir, cuando "N_L" se hace nula. Por lo tanto:

$$Ax = Bx = Cx = -711\ [N]$$

$$Lx = Ax + FR - N_L = 92\ [N]$$

$$Rx = Cx + FR - N_R = 92\ [N]$$

$$Ay = By = Bx \cdot \frac{75}{404} = -132\ [N]$$

$$P = Bx \cdot \frac{75}{150} = -356\ [N]$$

$$Cy = -By - P = 488\ [N]$$

$$F_{rR} = F_{rL} = \mu \cdot N_L = 756[N]$$

$$Ry = Cy + F_{rR} = 1244\ [N]$$

$$Ly = By - F_{rL} = -888\ [N]$$

Por lo tanto, considerando las componentes de las fuerzas en la estructura se obtiene una fuerza "P" de magnitud 356 [N] equivalente a 36,25 [Kg].

CAPÍTULO 8:

PRESUPUESTO DEL MODELO DE RECUPERACIÓN

8 PRESUPUESTO DEL MODELO DE RECUPERACIÓN

En el presente capitulo se describe el procedimiento para la elaboración del presupuesto del modelo de recuperación del ascensor Villaseca. Se destaca la labor de cotización y la matriz detallada de presupuesto, matizando el precio unitario de los elementos, sistemas y subsistemas junto con el costo total del proyecto.

8.1 COTIZACIÓN

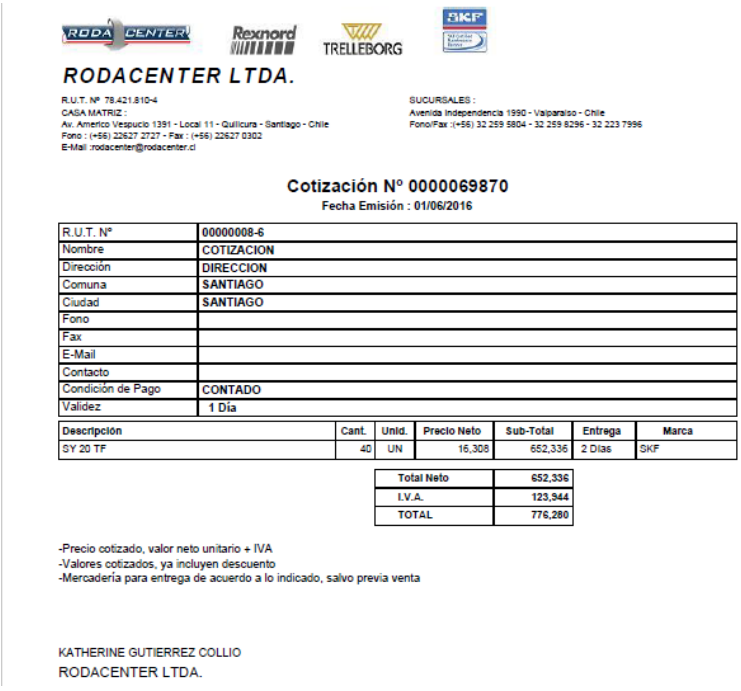
Una de las operaciones imperantes para obtener un buen cálculo anticipado de los gastos totales para la parte mecánica del proyecto, es el proceso de cotización. El cual consta en primera instancia de realizar un estudio de mercado de las empresas distribuidoras de los componentes involucrados, quienes muchas veces son representantes de grandes marcas a nivel mundial en el país y es menester para el cálculo obtener los valores actualizados en moneda nacional. Una vez obtenido los datos de dichos proveedores, se enfrentan cuatro posibles situaciones: realizar un contacto telefónico, utilizar alguna plataforma online mediante página web, contacto vía correo electrónico o concurrir directamente en persona a las sucursales correspondientes. Generalmente la primera opción es la que representa una mayor comodidad, rapidez y brinda mejores resultados para el solicitante.

Cabe destacar que durante el desarrollo del proyecto, las cotizaciones realizadas para algunos elementos específicos de los sistemas fueron por medio de la modalidad vía contacto telefónico, plataforma online y/o correo electrónico. A continuación se describen los procedimientos utilizados durante la elaboración del presupuesto:

8.1.1 VÍA CONTACTO TELEFÓNICO [40]

La cotización vía contacto telefónico se realiza una vez identificado el modelo y características de los elementos específicos de interés para el solicitante junto con la cantidad necesaria. Generalmente una vez abordado el tema con la contraparte se obtiene una cotización vía correo electrónico o algunas veces simplemente se entrega la información a través del teléfono sin un archivo escrito de por medio.

A continuación a modo de ejemplo se adjunta la cotización obtenida vía contacto telefónico con la empresa RODACENTER LTDA (representante de la marca SKF en Chile), quienes respondieron a nuestra solicitud por medio de un archivo PDF entregado vía correo electrónico (Ilustración 8.1).



RODACENTER LTDA.

R.U.T. Nº 78.421.810-4
CASA MATRIZ :
Av. Americo Vespucio 1391 - Local 11 - Quilicura - Santiago - Chile
Fono : (+56) 22627 2727 - Fax : (+56) 22627 0302
E-Mail :rodacenter@rodacenter.cl

SUCURSALES :
Avenida Independencia 1990 - Valparaiso - Chile
Fono/Fax :(+56) 32 259 5804 - 32 259 8296 - 32 223 7996

Cotización Nº 0000069870
Fecha Emisión : 01/06/2016

R.U.T. Nº	00000008-6
Nombre	COTIZACION
Dirección	DIRECCION
Comuna	SANTIAGO
Ciudad	SANTIAGO
Fono	
Fax	
E-Mail	
Contacto	
Condición de Pago	CONTADO
Validez	1 Dia

Descripción	Cant.	Unid.	Precio Neto	Sub-Total	Entrega	Marca
SY 20 TF	40	UN	16,308	652,336	2 Dias	SKF

Total Neto	652,336
I.V.A.	123,944
TOTAL	776,280

-Precio cotizado, valor neto unitario + IVA
-Valores cotizados, ya incluyen descuento
-Mercaderia para entrega de acuerdo a lo indicado, salvo previa venta

KATHERINE GUTIERREZ COLLIO
RODACENTER LTDA.

Ilustración 8.1. Cotización RODACENTER LTDA [40].

8.1.2 PLATAFORMA ONLINE [41]

El procedimiento por medio de una plataforma online es muy similar al anteriormente descrito, con la salvedad que la solicitud de los elementos de interés se realiza mediante la página web de la empresa oferente (Ilustración 8.2) y la respuesta se obtiene mediante correo electrónico (habitualmente durante el día de la solicitud o al día hábil siguiente). Esto último va en directa relación con el nivel de modernización y actualización de la página web respectiva.

Cabe enfatizar que esta metodología fue la más utilizada durante la fase de cotización, obteniendo resultados rápidos y precisos, dando la posibilidad de intercambiar datos técnicos con mayor facilidad (planos, fotos y referencias). Algunas de las cotizaciones obtenidas se adjuntan en el ANEXO D.

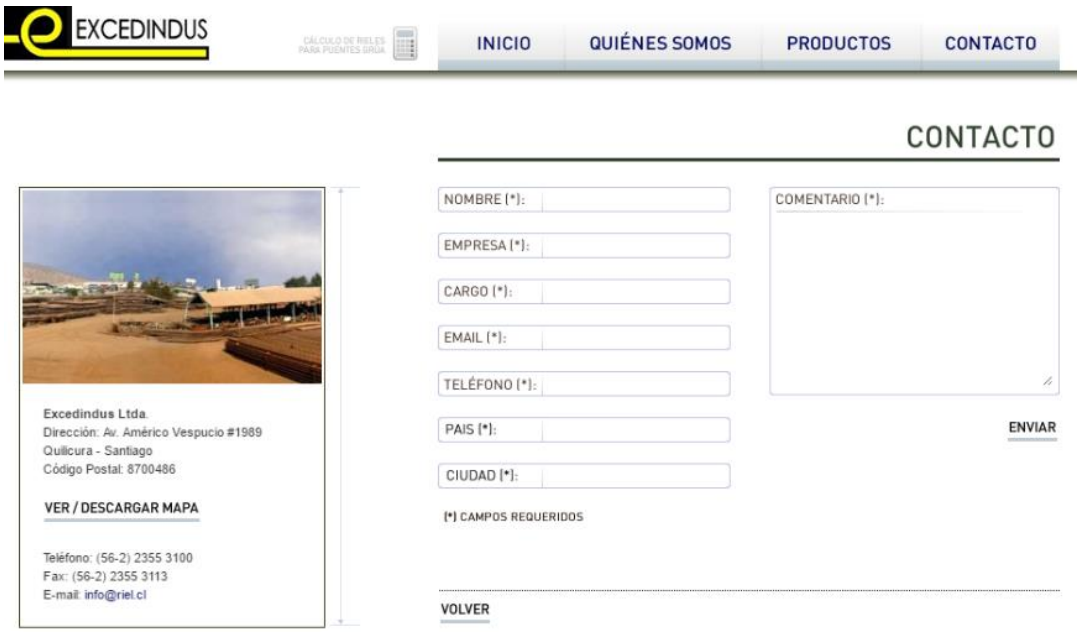


Ilustración 8.2. Vista inicial del portal web de la empresa EXCEDINDUS Ltda. [41].

8.2 PRESUPUESTO

Una vez cotizada la totalidad de los elementos de interés por las metodologías descritas anteriormente y la asesoría del equipo técnico de la empresa, se construye la matriz de presupuesto. En donde se detalla mediante seis columnas (numeración, nombre del ítem, cantidad, observaciones, precio unitario y precio total) todas las partidas constituyentes a la parte mecánica del ascensor Villaseca obteniendo como resultado un total de $ 253.287.040 (CLP).

Tabla 8.1. Matriz presupuesto - Parte 1 (Fuente propia).

4.1	**SISTEMAS MECÁNICOS**	**Cantidad**
4.1.1	**CHASIS**	
4.1.1.1	**Estructura**	
4.1.1.1.1	Perfil L 80x80x8	6
4.1.1.1.2	Perfil L 80x80x8	4
4.1.1.1.3	Perfil L 80x80x8	4
4.1.1.1.4	Perfil L 80x80x8	4
4.1.1.1.5	Perfil L 80x80x8	4
4.1.1.1.6	Perfil L 80x80x8	4
4.1.1.1.7	Perfil L 80x40x6	4
4.1.1.1.8	Perfil L 65x65x6	8
4.1.1.1.9	Perfil L 65x65x6	8
4.1.1.1.10	Perfil L 65x65x6	4
4.1.1.1.11	Perfil L 65x65x6	4
4.1.1.1.12	Perfil L 65x65x6	4
4.1.1.1.13	Perfil L 65x65x6	4
4.1.1.1.14	Cartela Frontal Esquina	8
4.1.1.1.15	Cartela Frontal Centro	4
4.1.1.1.16	Cartela Frontal Lateral	4
4.1.1.1.17	Cartela Lateral Esquina Delantera Superior	4
4.1.1.1.18	Cartela Lateral Esquina Delantera Inferior	4
4.1.1.1.19	Cartela Lateral Esquina Trasera Superior	4
4.1.1.1.20	Cartela Lateral Esquina Trasera Inferior	4
4.1.1.1.21	Cartela Lateral Inclinada Delantera	4
4.1.1.1.22	Cartela Lateral Inclinada Trasera	4

4.1.1.1.23	Cartela Lateral Centro	4
4.1.1.1.24	Cartela Lateral Trasera	4
4.1.1.1.25	Perno hexagonal 3/8-16 x 2"	24
4.1.1.1.26	Tuerca hexagonal 3/8"-16	24
4.1.1.1.27	Golilla plana corriente 3/8"	24
4.1.1.1.28	Golilla de presión 3/8"	24
4.1.1.1.29	Perno hexagonal 5/8-11 x 2"	212
4.1.1.1.30	Tuerca hexagonal 5/8"-11	212
4.1.1.1.31	Golilla plana corriente 5/8"	212
4.1.1.1.32	Golilla de presión 5/8"	212
4.1.1.1.33	Suple Cartela Frontal Esquina	8
4.1.1.1.34	Suple Cartela Frontal Lateral	8
4.1.1.1.35	Suple Cartela Frontal Centro Viga T	4
4.1.1.1.36	Suple Cartela Frontal Centro Marco	8
4.1.1.1.37	Suple Cartela Frontal Centro Ángulo	8
4.1.1.1.38	Suple Cartela Lateral Esquina Delantera	8
4.1.1.1.39	Suple Cartela Lateral Esquina Delantera Superior	4
4.1.1.1.40	Suple Cartela Lateral Esquina Trasera Superior	4
4.1.1.1.41	Suple Cartela Lateral Esquina Trasera Inferior	4
4.1.1.1.42	Suple Cartela Lateral Inclinada Delantera Inferior	4
4.1.1.1.43	Suple Cartela Lateral Inclinada Delantera Superior	4
4.1.1.1.44	Suple Cartela Lateral Inclinada Trasera Inferior	4
4.1.1.1.45	Suple Cartela Lateral Inclinada Trasera Superior	4
4.1.1.1.46	Suple Cartela Lateral Centro Delantera	4
4.1.1.1.47	Suple Cartela Lateral Centro Trasera	4
4.1.1.1.48	Suple Cartela Lateral Trasera	4
4.1.1.1.49	Tope de dispositivo paragolpes	4
4.1.1.1.50	Tensor tope de dispositivo paragolpes	4
4.1.1.1.51	Perno hexagonal 3/4"-10 x 2"	16
4.1.1.1.52	Tuerca hexagonal 3/4-10	16
4.1.1.1.53	Golilla plana corriente 3/4"	16
4.1.1.1.54	Golilla de presión 3/4"	16
4.1.1.1.55	Dispositivo electromecánico de puertas en cabina	4
4.1.1.2	**Sistema de Rodado**	
4.1.1.2.1	Eje Rodado	4
4.1.1.2.2	Rueda Carro	8
4.1.1.2.3	Prisioneros	8
4.1.1.2.4	Chaveta Rueda	8
4.1.1.2.5	Porta Dado	8
4.1.1.2.6	Dado	8
4.1.1.2.7	Resorte de Amortiguación	16
4.1.1.2.8	Buje	8
4.1.1.2.9	Perfil L 80x80x8	4
4.1.1.2.10	Perfil L 80x80x8	8
4.1.1.2.11	Perfil L 65x65x6	4

4.1.1.2.12	Perno hexagonal 5/8-11 x 2 1/2"	32
4.1.1.2.13	Tuerca hexagonal 5/8"-11	32
4.1.1.2.14	Golilla plana corriente 5/8"	32
4.1.1.2.15	Golilla de presión 5/8"	32
4.1.1.2.16	Perno hexagonal 1/2-13 x 2 1/2"	16
4.1.1.2.17	Tuerca hexagonal 1/2"-13	16
4.1.1.2.18	Golilla plana corriente 1/2"	16
4.1.1.2.19	Golilla de presión 1/2"	16
4.1.1.2.20	Perno hexagonal 5/8-11 x 2"	24
4.1.1.2.21	Tuerca hexagonal 5/8"-11	24
4.1.1.2.22	Golilla plana corriente 5/8"	24
4.1.1.2.23	Golilla de presión 5/8"	24
4.1.1.3	**Sistema de Seguridad**	
4.1.1.3.1	Pletina Anti-vuelco Tipo A	4
4.1.1.3.2	Pletina Anti-vuelco Tipo B	8
4.1.1.3.3	Golilla plana 5/8"	24
4.1.1.3.4	Perno hexagonal 5/8-11 x 2 1/2"	48
4.1.1.3.5	Tuerca hexagonal 5/8"-11	48
4.1.1.3.6	Golilla plana corriente 5/8"	48
4.1.1.3.7	Golilla de presión 5/8"	48
4.1.1.3.8	Perfil L 100x100x8	4
4.1.1.4	**Sistemas de seguridad: Gancho de Enclavamiento**	
4.1.1.3.1	Gancho de Seguridad	4
4.1.1.3.2	Pieza Conexión de Ganchos	4
4.1.1.3.3	Barra unión Ganchos	4
4.1.1.3.4	Pasador 20x110	4
4.1.1.3.5	Pasador de aletas 5 [mm]	4
4.1.1.3.6	Chumaceras	10
4.1.1.3.7	Eje Corto	2
4.1.1.3.8	Eje Largo	2
4.1.1.3.9	Tornillo Prisionero M10x35	4
4.1.1.3.10	Elemento Accionador de Ganchos	4
4.1.1.3.11	Tornillo Prisionero M10x30	4
4.1.1.3.12	Pieza L Central	2
4.1.1.3.13	Barras Principales	8
4.1.1.3.14	Pletinas Centrales	4
4.1.1.3.15	Barra de Accionamiento Principal	4
4.1.1.3.16	Buje Ejes	10
4.1.1.3.17	Pasador 20x200	2
4.1.1.3.18	Pasador de aletas 5 [mm]	2
4.1.1.3.19	Pasador 20x65	4
4.1.1.3.20	Pasador de aletas 5 [mm]	4
4.1.1.3.21	Pasador 36x70	4

4.1.1.3.22	Pasador de aletas 6 [mm]	4
4.1.1.3.23	Cáncamo 5/8 x 1-3/4	2
4.1.1.3.24	Tuerca y Contratuerca Cáncamo 5/8	4
4.1.1.3.25	Tensor 3/8 x 6 Gancho-Ojo	2
4.1.1.3.26	Resorte de extensión	2
4.1.1.3.27	Grillete 5/8	2
4.1.1.3.28	Camisa Corta Eje largo	4
4.1.1.3.29	Unión cables accionamiento	2
4.1.1.3.30	Pasador 50x200	2
4.1.1.3.31	Pasador de aletas 6 [mm]	2
4.1.1.3.32	Unión cables entre rodado	2
4.1.1.3.33	Perfil L 80x80x8	6
4.1.1.3.34	Perno hexagonal 3/4"-10 x 2"	40
4.1.1.3.35	Tuerca hexagonal 3/4"-10	40
4.1.1.3.36	Golilla plana corriente 3/4"	40
4.1.1.3.37	Golilla de presión 3/4"	40
4.1.1.3.38	Perfil L 80x80x8	2
4.1.1.3.39	Perno hexagonal 5/8"-11 x 2"	4
4.1.1.3.40	Tuerca hexagonal 5/8"-11	4
4.1.1.3.41	Golilla plana corriente 5/8"	4
4.1.1.3.42	Golilla de presión 5/8"	4
4.1.2	**PLANO DE RODADURA**	
4.1.2.1	**Líneas de Rodado**	
4.1.2.1.1	Rieles - Guía	52
4.1.2.1.2	Eclisas de Rieles - Guía	48
4.1.2.1.3	Empernadura Eclisa Riel - Guía	384
4.1.2.1.4	Placa de Asiento	356
4.1.2.1.5	Clip Elástico	712
4.1.2.1.6	Ferretería Fijación de Placas de Asiento	712
4.1.2.1.7	Durmientes	89
4.1.2.2	**Elementos en Recorrido**	
4.1.2.2.1	Perfil Cremallera	100
4.1.2.2.2	Camisa Pernos de Enganche	1450
4.1.2.2.3	Pernos hexagonal M20-2.5 x 150	1450
4.1.2.2.4	Tuerca hexagonal M20	1450
4.1.2.2.5	Golilla plana corriente M20	1450
4.1.2.2.6	Golilla de presión M20	1450
4.1.2.2.7	Eclisas Cremallera	96
4.1.2.2.8	Perno hexagonal 3/4"-10 x 2"	384
4.1.2.2.9	Tuerca hexagonal 3/4-10	384
4.1.2.2.10	Golilla plana corriente 3/4"	384
4.1.2.2.11	Golilla de presión 3/4"	384
4.1.2.2.12	Ferretería Fijación Cremallera	600

4.1.2.2.13	Polines	20
4.1.2.2.14	Rodamiento Y	40
4.1.2.2.15	Pletina Fijación Polines	40
4.1.2.2.16	Empernadura Fijación Polines	80
4.1.2.2.17	Amortiguadores Paragolpes	4
4.1.2.2.18	Dispositivo electromecánico de puertas en estaciones	4
4.1.3	**SUSPENSIÓN Y REENVÍO DE CABLES**	
4.1.3.1	**Cables de Suspensión**	
4.1.3.1.1	Cables de Arrastre	2
4.1.3.1.2	Cable Auxiliar	1
4.1.3.1.3	Terminales de Suspensión Arrastre	2
4.1.3.1.4	Abrazaderas Cable Arrastre	16
4.1.3.1.5	Terminales de Suspensión Auxiliar	2
4.1.3.1.6	Abrazaderas Cable Auxiliar	20
4.1.3.1.7	Tensor 1-1/2" x 12" Quijada-Ojo	2
4.1.3.2	**Poleas de Reenvío**	
4.1.3.2.1	Cuerpo Polea de Reenvío	2
4.1.3.2.2	Eje Polea Reenvío	2
4.1.3.2.3	Anillo Retención	2
4.1.3.2.4	Prisionero 5/8" x 2 1/2"	2
4.1.3.2.5	Chumacera	4
4.1.3.2.6	Esparrago 3/4"-10 x 6"	16
4.1.3.2.7	Perno hexagonal 3/4"-10 x 5"	16
4.1.3.2.8	Tuerca hexagonal 3/4-10	16
4.1.3.2.9	Golilla plana corriente 3/4"	16
4.1.3.2.10	Golilla de presión 3/4"	16
4.1.3.2.11	Bujes Bi-Partidos	2
4.1.3.2.12	Grasera	2
4.1.3.2.13	Chaveta	2
4.1.3.3	**Polea Auxiliar**	
4.1.3.3.1	Cuerpo Polea Auxiliar	1
4.1.3.3.2	Eje Polea Auxiliar	1
4.1.3.3.3	Grasera	1
4.1.3.3.4	Base Desplazable para Soporte de Eje	1
4.1.3.3.5	Perno hexagonal 7/8" x 4 1/2"	8
4.1.3.3.6	Tuerca hexagonal 7/8"	8
4.1.3.3.7	Prisionero 7/8" x 4"	1
4.1.3.3.8	Husillo Tensor	1
4.1.3.3.9	Perno hexagonal 7/8" x 4 1/2"	4
4.1.3.3.10	Golilla plana corriente 7/8"	4
4.1.3.3.11	Golilla de presión 7/8"	4
4.1.3.3.12	Soporte Tensor	1
4.1.3.3.13	Perno hexagonal 3/8" x 3"	4

4.1.3.3.14	Tuerca hexagonal 3/8"	4
4.1.3.3.15	Golilla plana corriente 3/8"	4
4.1.3.3.16	Golilla de presión 3/8"	4
4.1.3.3.17	Tuerca Husillo Tensor	1
4.1.3.3.18	Llave Tuerca	1
4.1.4	**MÁQUINA DE ARRASTRE**	
4.1.4.1	**Primera Reducción**	
4.1.4.1.1	Reductor	1
4.1.4.1.2	Freno de Accionamiento Eléctrico	1
4.1.4.1.3	Acoplamiento Reductor-Eje N°1	1
4.1.4.1.4	Bancada	1
4.1.4.2	**Eje N°1**	
4.1.4.2.1	Eje N°1	1
4.1.4.2.2	Chumaceras	3
4.1.4.2.3	Bujes Bi-Partidos	3
4.1.4.2.4	Rueda Dentada N°1	1
4.1.4.2.5	Chaveta N°1	1
4.1.4.3	**Sistema de Freno Acoplado al Eje N°1**	
4.1.4.3.1	Disco de Freno Bi-Partido	2
4.1.4.3.2	Balatas	4
4.1.4.3.3	Material de Freno	1
4.1.4.3.4	Porta Balatas	4
4.1.4.3.5	Base de Fijación Freno	1
4.1.4.3.6	Muelle de compresión	8
4.1.4.3.7	Chavetas en Disco	2
4.1.4.3.8	Mecanismo de Accionamiento	1
4.1.4.4	**Eje N°2**	
4.1.4.4.1	Eje N°2	1
4.1.4.4.2	Chumaceras	3
4.1.4.4.3	Bujes Bi-Partidos	3
4.1.4.4.4	Rueda Dentada N°2	1
4.1.4.4.5	Chaveta N°2	1
4.1.4.4.6	Rueda Dentada N°3	1
4.1.4.4.7	Chaveta N°3	1
4.1.4.5	**Eje N°3**	
4.1.4.5.1	Eje N°3	1
4.1.4.5.2	Chumaceras	3
4.1.4.5.3	Bujes Bi-Partidos	3
4.1.4.5.4	Rueda Dentada N°4	1
4.1.4.5.5	Chaveta N°4	1
4.1.4.6	**Tambor de Enrollamiento**	
4.1.4.6.1	Chavetas Tambor	4
4.1.4.6.2	Manto Bi-Partido	2

4.1.4.6.3	Tapas Laterales Bi-Partidas	4
4.1.4.6.4	Anillo Interior	4
4.1.4.6.5	Cubos	4
4.1.4.6.6	Anillo de Unión Interior Bi-Partido	4
4.1.4.6.7	Anillo para Freno de Banda Bi-Partido	2
4.1.4.6.8	Perno hexagonal 7/8" x 2,5"	248
4.1.4.6.9	Tuerca hexagonal 7/8"	248
4.1.4.6.10	Golilla plana corriente 7/8"	248
4.1.4.6.11	Golilla de presión 7/8"	248
4.1.4.6.12	Perno hexagonal 1" x 4,5"	48
4.1.4.6.13	Tuerca hexagonal 1"	48
4.1.4.6.14	Golilla plana corriente 1"	48
4.1.4.6.15	Golilla de presión 1"	48
4.1.4.7	**Sistema de Freno Acoplado al Eje N°3**	
4.1.4.7.1	Banda Metálica Bi-Partida	2
4.1.4.7.2	Perfil L 80x80x8	4
4.1.4.7.3	Perno hexagonal 3/8" x 1,5"	16
4.1.4.7.4	Tuerca hexagonal 3/8"	16
4.1.4.7.5	Golilla plana corriente 3/8"	16
4.1.4.7.6	Golilla de presión 3/8"	16
4.1.4.7.7	Tacos de Madera	52
4.1.4.7.8	Rollo Moldeado de Freno	52
4.1.4.7.9	Empernadura Fijación Tacos de Freno	156
4.1.4.7.10	Terminales de Unión a Palanca de Accionamiento	4
4.1.4.7.11	Pasador 24x120	4
4.1.4.7.12	Perno hexagonal 1/2 x 2 1/2"	24
4.1.4.7.13	Tuerca hexagonal 1/2"	24
4.1.4.7.14	Golilla plana corriente 1/2"	24
4.1.4.7.15	Golilla de presión 1/2"	24
4.1.4.7.16	Tensor banda	2
4.1.4.7.17	Palanca de Accionamiento	2
4.1.4.7.18	Eje	2
4.1.4.7.19	Chumacera con rodamiento tipo Y	4
4.1.4.7.20	Muelle de compresión	4
4.1.4.7.21	Pletina 80x10 Tensor Horizontal	2
4.1.4.7.22	Perno hexagonal 3/4"-10 x 3"	2
4.1.4.7.23	Tuerca hexagonal 3/4-10	2
4.1.4.7.24	Golilla plana corriente 3/4"	2
4.1.4.7.25	Golilla de presión 3/4"	2
4.1.4.7.26	Perno hexagonal 1/2"-13 x 2 1/2"	4
4.1.4.7.27	Tuerca hexagonal 1/2"-13	4
4.1.4.7.28	Golilla plana corriente 1/2"	4
4.1.4.7.29	Golilla de presión 1/2"	4

4.1.4.7.30	Cáncamo 3/4" macho corto	2
4.1.4.7.31	Gancho 1/4" tensor vertical	2
4.1.4.7.32	Cáncamo 3/4" macho largo	2
4.1.4.7.33	Sistema de Accionamiento de Emergencia	2
4.1.4.7.34	Masa de Actuación y Terminales de Unión	2
4.1.5	**ESTRUCTURA SOPORTANTE MAQUINARIA**	
4.1.5.1	**Estructura Base Sala de Máquinas**	
4.1.5.1.1	Viga UPE 270x95	2
4.1.5.1.2	Viga IPE 270x135	3
4.1.5.1.3	Viga IPE 270x135	1
4.1.5.1.4	Viga IPE 270x135	1
4.1.5.1.5	Cartela Central	2
4.1.5.1.6	Cartela Esquina	5
4.1.5.1.7	Cartela Extensión Moto reductor	2
4.1.5.1.8	Perno Hexagonal 3/4-10 x 2"	42
4.1.5.1.9	Tuerca Hexagonal 3/4-10	42
4.1.5.1.10	Golilla Plana Corriente 3/4"	42
4.1.5.1.11	Golilla de Presión 3/4"	42
4.1.5.1.12	Suple Unión Estructura Base	12
4.1.5.1.13	Perno Hexagonal 5/8-11 x 2"	54
4.1.5.1.14	Tuerca Hexagonal 5/8-11	54
4.1.5.1.15	Golilla Plana Corriente 5/8"	54
4.1.5.1.16	Golilla de Presión 5/8"	54
4.1.5.2	**Estructura Superior Poleas**	
4.1.5.2.1	Viga IPE 270x135	6
4.1.5.2.2	Suple Unión Estructura Base - Pilares	10
4.1.5.2.3	Perno Hexagonal 5/8-11 x 2"	96
4.1.5.2.4	Tuerca Hexagonal 5/8-11	96
4.1.5.2.5	Golilla Plana Corriente 5/8"	96
4.1.5.2.6	Golilla de Presión 5/8"	96
4.1.5.2.7	Viga IPE 300x150	4
4.1.5.2.8	Viga UPE 200x80	4
4.1.5.2.9	Suple Unión Estructura Superior - Pilares	12
4.1.5.2.10	Viga T 100x100	3
4.1.5.2.11	Perfil L 90x90x10	1
4.1.5.2.12	Perno Hexagonal 1/2-13 x 2"	30
4.1.5.2.13	Tuerca Hexagonal 1/2-13	30
4.1.5.2.14	Golilla Plana Corriente 1/2"	30
4.1.5.2.15	Golilla de Presión 1/2"	30

Tabla 8.2. Matriz presupuesto - Parte 2 (Fuente propia).

4.1	Observaciones	Precio Unitario	Precio Total
4.1.1			
4.1.1.1			
4.1.1.1.1	Material: A36-24ES, Largo: 2050 [mm]	$ 20.000	$ 120.000
4.1.1.1.2	Material: A36-24ES, Largo: 4510 [mm]	$ 40.000	$ 160.000
4.1.1.1.3	Material: A36-24ES, Largo: 1015 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.4	Material: A36-24ES, Largo: 2870 [mm]	$ 30.000	$ 120.000
4.1.1.1.5	Material: A36-24ES, Largo: 450 [mm]	$ 6.000	$ 24.000
4.1.1.1.6	Material: A36-24ES, Largo: 1584 [mm]	$ 15.000	$ 60.000
4.1.1.1.7	Material: A36-24ES, Largo: 1584 [mm]	$ 12.000	$ 48.000
4.1.1.1.8	Material: A36-24ES, Largo: 2034[mm]	$ 12.000	$ 96.000
4.1.1.1.9	Material: A36-24ES, Largo: 1280 [mm]	$ 8.000	$ 64.000
4.1.1.1.10	Material: A36-24ES, Largo: 1853 [mm]	$ 12.000	$ 48.000
4.1.1.1.11	Material: A36-24ES, Largo: 1824 [mm]	$ 12.000	$ 48.000
4.1.1.1.12	Material: A36-24ES, Largo: 1014 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.13	Material: A36-24ES, Largo: 939 [mm]	$ 8.000	$ 32.000
4.1.1.1.14	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 80.000
4.1.1.1.15	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.16	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.17	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.18	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.19	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.20	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.21	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.22	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.23	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.24	Espesor: 8 [mm]	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.1.25	Grado 5 UNC, Empernadura frontis perfil angular 80x40	$ 500	$ 12.000
4.1.1.1.26		$ 170	$ 4.080
4.1.1.1.27		$ 80	$ 1.920
4.1.1.1.28		$ 80	$ 1.920
4.1.1.1.29	Grado 5 UNC, Empernadura frontis perfil angular 80x40	$ 700	$ 148.400
4.1.1.1.30		$ 420	$ 89.040
4.1.1.1.31		$ 120	$ 25.440

4.1.1.1.32		$ 120	$ 25.440
4.1.1.1.33	Dimensión: 155 x 80 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 40.000
4.1.1.1.34	Dimensión: 97 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 40.000
4.1.1.1.35	Dimensión: 135 x 80 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.36	Dimensión: 145 x 57 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 40.000
4.1.1.1.37	Dimensión: 124 x 65 [mm], Espesor: 16 [mm]	$ 5.000	$ 40.000
4.1.1.1.38	Dimensión: 155 x 80 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 40.000
4.1.1.1.39	Dimensión: 107 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.40	Dimensión: 150 x 80 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.41	Dimensión: 80 x 79 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.42	Dimensión: 66 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.43	Dimensión: 113 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.44	Dimensión: 67 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.45	Dimensión: 115 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.46	Dimensión: 90 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.47	Dimensión: 96 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.48	Dimensión: 90 x 65 [mm], Espesor: 8 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.1.49	Material: A36-24ES.	$ 300.000	$ 1.200.000
4.1.1.1.50	Material: A36-24ES.	$ 200.000	$ 800.000
4.1.1.1.51	Grado 5 UNC, Empernadura fijación dispositivo paragolpes y tensor	$ 900	$ 14.400
4.1.1.1.52		$ 600	$ 9.600
4.1.1.1.53		$ 200	$ 3.200
4.1.1.1.54		$ 200	$ 3.200
4.1.1.1.55		$ 500.000	$ 2.000.000
4.1.1.2			
4.1.1.2.1	Material: SAE 1045, Largo: 2124 [mm]	$ 350.000	$ 1.400.000
4.1.1.2.2	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536, Diám. contacto: 485 [mm]	$ 800.000	$ 6.400.000
4.1.1.2.3	M12x40 Tipo Allen, fijación de ruedas a ejes de rodado	$ 800	$ 6.400
4.1.1.2.4	Material: SAE 1043, 16x10 DIN 6885-1, Largo: 125 [mm]	$ 100.000	$ 800.000
4.1.1.2.5	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 1.400.000	$ 11.200.000
4.1.1.2.6	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 350.000	$ 2.800.000
4.1.1.2.7	Material: SAE 5160, Dext: 113 [mm], Dint: 76 [mm], Largo: 200 [mm]	$ 200.000	$ 3.200.000
4.1.1.2.8	Material: SAE 640, Dint: 50, Dext: 63 [mm], Largo: 198 [mm], Ranura de lubricación tipo H	$ 250.000	$ 2.000.000
4.1.1.2.9	Material: A36-24ES, Largo: 452 [mm], Base Soporte Portadado	$ 10.000	$ 40.000
4.1.1.2.10	Material: A36-24ES, Largo: 177 [mm], Lateral Soporte Portadado	$ 5.000	$ 40.000
4.1.1.2.11	Material: A36-24ES, Largo: 65 [mm], Suple unión soporte Porta Dado	$ 4.000	$ 16.000
4.1.1.2.12	Grado 5 UNC, Empernadura fijación base Portadado	$ 750	$ 24.000

4.1.1.2.13		$ 420	$ 13.440
4.1.1.2.14		$ 120	$ 3.840
4.1.1.2.15		$ 120	$ 3.840
4.1.1.2.16	Grado 5 UNC, Empernadura fijación frontal Portadado	$ 600	$ 9.600
4.1.1.2.17		$ 400	$ 6.400
4.1.1.2.18		$ 130	$ 2.080
4.1.1.2.19		$ 130	$ 2.080
4.1.1.2.20	Grado 5 UNC, Empernadura Soporte Portadado a Chasis	$ 700	$ 16.800
4.1.1.2.21		$ 420	$ 10.080
4.1.1.2.22		$ 120	$ 2.880
4.1.1.2.23		$ 120	$ 2.880
4.1.1.3			
4.1.1.3.1	Material: A36-24ES, Pletina curvada 65x13	$ 100.000	$ 400.000
4.1.1.3.2	Material: A36-24ES, Pletina curvada 92x13	$ 100.000	$ 800.000
4.1.1.3.3	Grado 5 UNC, Espesor: 2,5 [mm], Golilla de separación Pletinas de Seguridad	$ 420	$ 10.080
4.1.1.3.4	Grado 5 UNC, Empernadura Fijación Sistema Anti-vuelco a Chasis	$ 750	$ 36.000
4.1.1.3.5		$ 420	$ 20.160
4.1.1.3.6		$ 120	$ 5.760
4.1.1.3.7		$ 120	$ 5.760
4.1.1.3.8	Material: A36-24ES, Largo: 2050[mm], Estructura soportante de Anti-vuelcos	$ 20.000	$ 80.000
4.1.1.4			
4.1.1.3.1	Material: A36-24ES	$ 200.000	$ 800.000
4.1.1.3.2	Material: A36-24ES, Pieza tipo C soldada a ganchos	$ 7.000	$ 28.000
4.1.1.3.3	Material: A36-24ES, Barra tipo Ojo-Ojo, Largo: 410 [mm], unión de piezas C	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.3.4	Comercial, articulación de piezas 4.1.1.3.2 y 4.1.1.3.4	$ 2.500	$ 10.000
4.1.1.3.5	Comercial, seguridad para pasador 4.1.1.3.4	$ 1.000	$ 4.000
4.1.1.3.6	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 20.000	$ 200.000
4.1.1.3.7	Material: SAE 1045, D:38 [mm], Largo: 218 [mm]	$ 10.000	$ 20.000
4.1.1.3.8	Material: SAE 1045, D:38 [mm], Largo: 668 [mm]	$ 15.000	$ 30.000
4.1.1.3.9	Tipo Allen, fijación de ganchos a ejes corto y largo	$ 3.000	$ 12.000
4.1.1.3.10	Material: A36-24ES, pieza con sacado en su extremo	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.3.11	Comercial, fijación de pieza 4.1.1.3.10 a eje largo.	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.3.12	Material: A36-24ES	$ 7.000	$ 14.000
4.1.1.3.13	Material: A36-24ES, articulación de tensores principales	$ 8.000	$ 64.000
4.1.1.3.14	Material: A36-24ES, Soporte con articulación de barras principales, soldadas a 4.1.1.3.12	$ 12.000	$ 48.000
4.1.1.3.15	Material: A36-24ES, Barra tipo Ojo-Ojo, Largo: 483 [mm], unión de Barras principales con Elemento accionador de ganchos	$ 15.000	$ 60.000

4.1.1.3.16	Material: SAE 640, descanso ejes corto y largo, Di=38 [mm], Dext=44[mm], Largo=58 [mm]	$ 25.000	$ 250.000
4.1.1.3.17	Comercial, articulación de barras de accionamiento principal	$ 6.000	$ 12.000
4.1.1.3.18	Comercial, seguridad para pasador 4.1.1.3.17	$ 2.500	$ 5.000
4.1.1.3.19	Comercial, articulación de barras principales con 4.1.1.3.15	$ 3.000	$ 12.000
4.1.1.3.20	Comercial, seguridad para pasador 4.1.1.3.19	$ 2.500	$ 10.000
4.1.1.3.21	Comercial, articulación de barras principales con 4.1.1.3.14	$ 8.000	$ 32.000
4.1.1.3.22	Comercial, seguridad para pasador 4.1.1.3.21	$ 3.000	$ 12.000
4.1.1.3.23	Crosby S-279	$ 12.000	$ 24.000
4.1.1.3.24	Grado 5 UNC	$ 2.500	$ 10.000
4.1.1.3.25	Crosby HG-225	$ 15.000	$ 30.000
4.1.1.3.26	Material: A228, Diámetro espira: 6 [mm], Largo: 220 [mm], Dext: 50 [mm]	$ 25.000	$ 50.000
4.1.1.3.27	Crosby G-2140	$ 30.000	$ 60.000
4.1.1.3.28	Material: A36-24ES, fijación de grillete 5/8 para impedir mov. axial, Dext: 26 [mm], Dint: 21 [mm]	$ 5.000	$ 20.000
4.1.1.3.29	Material: A36-24ES, Pieza pivoteada en centro, fija terminales de cables con barras principales de accionamiento	$ 10.000	$ 20.000
4.1.1.3.30	Comercial, articulación de piezas 4.1.1.3.29 y 4.1.1.3.32	$ 8.000	$ 16.000
4.1.1.3.31	Comercial, seguridad para pasador 4.1.1.3.30	$ 3.000	$ 6.000
4.1.1.3.32	Material: A36-24ES, Pieza que une 4.1.1.3.29 con el sistema de enclavamiento dejando pasar el eje de rodado por el centro	$ 25.000	$ 50.000
4.1.1.3.33	Material: A36-24ES, Largo: 1400 [mm]	$ 12.000	$ 72.000
4.1.1.3.34	Grado 8 UNC, Empernadura fijación sistema enclavamiento	$ 900	$ 36.000
4.1.1.3.35		$ 600	$ 24.000
4.1.1.3.36		$ 200	$ 8.000
4.1.1.3.37		$ 200	$ 8.000
4.1.1.3.38	Material: A36-24ES, Largo: 530 [mm]	$ 5.000	$ 10.000
4.1.1.3.39	Grado 8 UNC, Empernadura fijación pletina porta cáncamo	$ 700	$ 2.800
4.1.1.3.40		$ 420	$ 1.680
4.1.1.3.41		$ 120	$ 480
4.1.1.3.42		$ 120	$ 480
4.1.2			
4.1.2.1			
4.1.2.1.1	Perfil ASCE 80, Largo: 11,887 [m]	$ 1.250.000	$ 65.000.000
4.1.2.1.2	Kit Eclisa y Empernadura para riel ASCE 80, Grado 5 UNC 5/8" x 2 1/2"	$ 68.600	$ 3.292.800
4.1.2.1.3			
4.1.2.1.4	Asiento para riel ASCE 80	$ 15.600	$ 5.553.600
4.1.2.1.5	Clip elástico tirafondo Rielero No 2	$ 8.000	$ 5.696.000
4.1.2.1.6	Tirafondo Rielero No 2 M30 x 150, Fijación de Placas de Asiento al Durmiente	$ 620	$ 441.440
4.1.2.1.7	Roble impregnado EFE NT01-01-07, 6"x8", Largo: 4300 [mm]	$ 110.000	$ 9.790.000

4.1.2.2			
4.1.2.2.1	Material: A36-24ES, Perfil L 80x80x10, Largo: 6[m]	$ 150.000	$ 15.000.000
4.1.2.2.2	Material: A36-24ES, Dint: 21 [mm], Dext: 27 [mm], Largo: 98 [mm]	$ 1.000	$ 1.450.000
4.1.2.2.3	Grado 8,8 DIN 931, Perno Enganche Cremallera	$ 1.000	$ 1.450.000
4.1.2.2.4		$ 600	$ 870.000
4.1.2.2.5		$ 200	$ 290.000
4.1.2.2.6		$ 200	$ 290.000
4.1.2.2.7	Material: SAE 1045, Pletina 100x10, Largo: 366 [mm]	$ 5.000	$ 480.000
4.1.2.2.8	Grado 5 UNC, Empernadura unión Eclisa Cremallera	$ 900	$ 345.600
4.1.2.2.9		$ 600	$ 230.400
4.1.2.2.10		$ 200	$ 76.800
4.1.2.2.11		$ 200	$ 76.800
4.1.2.2.12	Tirafondo Rielero M20 x 110, Fijación de Placas de Asiento al Durmiente	$ 620	$ 372.000
4.1.2.2.13	Comercial, rodillo gravitacional ITALCHILE, Carga: 70 [Kg]	$ 70.000	$ 1.400.000
4.1.2.2.14	Comercial: Rodamiento Y, 20 mm	$ 18.000	$ 720.000
4.1.2.2.15	Pletina 100x10, Largo 1900 [mm]	$ 18.000	$ 720.000
4.1.2.2.16	Grado 5 UNC, Empernadura 3/4" unión Eclisa Cremallera	$ 2.500	$ 200.000
4.1.2.2.17	Molde para fabricación de piezas mecánicas: Paragolpes y Barra de ajuste.	$ 350.000	$ 1.400.000
4.1.2.2.18		$ 500.000	$ 2.000.000
4.1.3			
4.1.3.1			
4.1.3.1.1	Cable 3/4" 6x19s AF Tipo Cobra, Largo: 250 [Mts]	$ 5.000.000	$ 10.000.000
4.1.3.1.2	Cable 1" 6x19s AF Tipo Cobra, Largo: 201 [Mts]	$ 9.000.000	$ 9.000.000
4.1.3.1.3	Crosby S-421T para cable 3/4"	$ 400.000	$ 800.000
4.1.3.1.4	Crosby G-450 para cable 3/4"	$ 10.000	$ 160.000
4.1.3.1.5	Crosby S-421T para cable 1"	$ 400.000	$ 800.000
4.1.3.1.6	Crosby G-450 para cable 1"	$ 10.000	$ 200.000
4.1.3.1.7	Crosby HG-227	$ 30.000	$ 60.000
4.1.3.2			
4.1.3.2.1	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536, Re-mecanizado, tratamiento anticorrosivo y aplicación de pintura	$ 1.800.000	$ 3.600.000
4.1.3.2.2	Material: SAE 4340, Diámetro: 128 [mm], Largo: 2191 [mm]	$ 400.000	$ 800.000
4.1.3.2.3	Material: A36-24ES, Dint: 128 [mm], Dext: 192 [mm], Espesor: 50 [mm]	$ 120.000	$ 240.000
4.1.3.2.4	Grado 12.9 UNC, Prisionero Allen Pta. Copa, Prisionero Eje - Anillo	$ 15.000	$ 30.000
4.1.3.2.5	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 400.000	$ 1.600.000
4.1.3.2.6	Grado 5 UNC, Esparrago unión Chumacera	$ 3.000	$ 48.000
4.1.3.2.7	Grado 5 UNC, Empernadura fijación Chumacera	$ 1.800	$ 28.800

4.1.3.2.8		$ 600	$ 9.600
4.1.3.2.9		$ 200	$ 3.200
4.1.3.2.10		$ 200	$ 3.200
4.1.3.2.11	Material: SAE 640, Dint: 128 [mm], Dext: 188 [mm], Largo: 156 [mm]	$ 1.000.000	$ 2.000.000
4.1.3.2.12	Diámetro: 16 [mm]	$ 50.000	$ 100.000
4.1.3.2.13	Material: 1043, Chaveta con cabeza, tipo cuña 32x18x250 DIN 6887	$ 80.000	$ 160.000
4.1.3.3			
4.1.3.3.1	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536, Re-mecanizado, tratamiento anticorrosivo y aplicación de pintura	$ 2.000.000	$ 2.000.000
4.1.3.3.2	Material: SAE 4340, Diámetro: 124 [mm], Largo: 435 [mm]	$ 400.000	$ 400.000
4.1.3.3.3	Diámetro: 16 [mm]	$ 50.000	$ 50.000
4.1.3.3.4	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 800.000	$ 800.000
4.1.3.3.5	Grado 5 UNC, Fijación Base Desplazable - Rieles	$ 1.800	$ 14.400
4.1.3.3.6		$ 600	$ 4.800
4.1.3.3.7	Grado 12.9 UNC, Perno Hex. Pta. Copa, Prisionero Eje-Base	$ 15.000	$ 15.000
4.1.3.3.8	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536, Diámetro: 2", Largo: 1300 [mm]	$ 600.000	$ 600.000
4.1.3.3.9	Grado 5 UNC, Unión Husillo Tensor - Base Desplazable	$ 1.800	$ 7.200
4.1.3.3.10		$ 200	$ 800
4.1.3.3.11		$ 200	$ 800
4.1.3.3.12	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536, Soporte para ajustar Husillo Tensor y Base Desplazable	$ 50.000	$ 50.000
4.1.3.3.13	Grado 5 UNC, Fijación de Soporte Tensor a Viga Base IPN 160	$ 1.000	$ 4.000
4.1.3.3.14		$ 170	$ 680
4.1.3.3.15		$ 80	$ 320
4.1.3.3.16		$ 80	$ 320
4.1.3.3.17	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 10.000	$ 10.000
4.1.3.3.18	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 120.000	$ 120.000
4.1.4			
4.1.4.1			
4.1.4.1.1	Comercial: Reductor 50 [HP], 740 RPM, Relación 1:7, Ejes tipo Ortogonal Engranajes Cónicos	$ 8.000.000	$ 8.000.000
4.1.4.1.2	Comercial: Freno Electromecánico acoplado al eje de salida del motor		$ 0
4.1.4.1.3	Comercial: Acoplamiento flexible con casquillos de goma	$ 1.300.000	$ 1.300.000
4.1.4.1.4	Material: Hormigón, OO.CC		$ 0
4.1.4.2			
4.1.4.2.1	Material: SAE 4340, Diámetro: 92 [mm], Largo: 3380 [mm]	$ 4.000.000	$ 4.000.000
4.1.4.2.2	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 200.000	$ 600.000
4.1.4.2.3	Material: SAE 640, Dint: 85 [mm], Dext: 117 [mm], Largo: 127 [mm]	$ 400.000	$ 1.200.000
4.1.4.2.4	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 400.000	$ 400.000

4.1.4.2.5	Material: 1043, Chaveta con cabeza, tipo cuña 25x14x125 DIN 6887	$ 80.000	$ 80.000
4.1.4.3			
4.1.4.3.1	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 400.000	$ 800.000
4.1.4.3.2	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 100.000	$ 400.000
4.1.4.3.3	Tejido Industrial SAE J661, INDUBAL, Clasificación de fricción: GH	$ 200.000	$ 200.000
4.1.4.3.4	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 50.000	$ 200.000
4.1.4.3.5	Perfilería angular, Espesor: 8 [mm]	$ 400.000	$ 400.000
4.1.4.3.6	Material: A228, Dext :38 [mm], Diámetro espira: 6,5 [mm], Largo: 181 [mm]	$ 20.000	$ 160.000
4.1.4.3.7	Material: 1043, Chaveta con cabeza, tipo cuña 25x14x160 DIN 6887	$ 40.000	$ 80.000
4.1.4.3.8	Perfilería angular, Espesor: 8 [mm], piola y poleas.	$ 400.000	$ 400.000
4.1.4.4			
4.1.4.4.1	Material: SAE 4340,Largo: 4092 [mm]	$ 4.000.000	$ 4.000.000
4.1.4.4.2	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 200.000	$ 600.000
4.1.4.4.3	Material: SAE 640, Dint: 120 [mm], Dext: 170 [mm], Largo: 150 [mm]	$ 400.000	$ 1.200.000
4.1.4.4.4	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 400.000	$ 400.000
4.1.4.4.5	Material: 1043, Chaveta con cabeza, tipo cuña 36x20x125 DIN 6887	$ 80.000	$ 80.000
4.1.4.4.6	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 400.000	$ 400.000
4.1.4.4.7	Material: 1043, Chaveta con cabeza, tipo cuña 36x20x180 DIN 6887	$ 80.000	$ 80.000
4.1.4.5			
4.1.4.5.1	Material: SAE 4340,Largo: 4162 [mm]	$ 8.000.000	$ 8.000.000
4.1.4.5.2	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 200.000	$ 600.000
4.1.4.5.3	Material: SAE 640, Dint: 165 [mm], Dext: 240 [mm], Largo: 200 [mm]	$ 600.000	$ 1.800.000
4.1.4.5.4	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 1.800.000	$ 1.800.000
4.1.4.5.5	Material: 1043, Chaveta con cabeza, tipo cuña 45x25x250 DIN 6887	$ 80.000	$ 80.000
4.1.4.6			
4.1.4.6.1	Material: 1043, Chaveta con cabeza, tipo cuña 45x25x220 DIN 6887	$ 200.000	$ 800.000
4.1.4.6.2	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 1.500.000	$ 3.000.000
4.1.4.6.3	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 1.000.000	$ 4.000.000
4.1.4.6.4	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 300.000	$ 1.200.000
4.1.4.6.5	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 250.000	$ 1.000.000
4.1.4.6.6	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 250.000	$ 1.000.000
4.1.4.6.7	Material: Fundido Gris Nodular Ferrítico A536	$ 250.000	$ 500.000
4.1.4.6.8	Grado 5 UNC, Fijación tapas bi-partidas a conjunto	$ 1.800	$ 446.400
4.1.4.6.9		$ 600	$ 148.800
4.1.4.6.10		$ 200	$ 49.600
4.1.4.6.11		$ 200	$ 49.600
4.1.4.6.12	Grado 5 UNC, Fijación cubo	$ 1.800	$ 86.400

4.1.4.6.13		$ 600	$ 28.800
4.1.4.6.14		$ 200	$ 9.600
4.1.4.6.15		$ 200	$ 9.600
4.1.4.7			
4.1.4.7.1	Material: A36-24ES: Pletina 100x10, Largo: 4245 [mm] y 4560 [mm]	$ 450.000	$ 900.000
4.1.4.7.2	Material: A36-24ES, Largo: 80 [mm]. Unión banda metálica bi-partida	$ 3.000	$ 12.000
4.1.4.7.3	Grado 5 UNC, Fijación de Perfiles de unión banda metálica bi-partida	$ 450	$ 7.200
4.1.4.7.4		$ 170	$ 2.720
4.1.4.7.5		$ 80	$ 1.280
4.1.4.7.6		$ 80	$ 1.280
4.1.4.7.7	Material: Roble Pellín, Largo: 260 [mm], Ancho: 88 [mm], Espesor: 25 [mm]	$ 50.000	$ 2.600.000
4.1.4.7.8	Rollo Moldeado Espesor 9,5 [mm] SAE J661, INDUBAL, Clasificación de fricción: GH	$ 30.000	$ 1.560.000
4.1.4.7.9	Perno Coche 5/8" x 2 1/2"	$ 2.500	$ 390.000
4.1.4.7.10	Aleta 252x90x20, Diámetro 30 [mm] y pasador 24 [mm]	$ 450.000	$ 1.800.000
4.1.4.7.11	Comercial, Pasador terminales de suspensión	$ 20.000	$ 80.000
4.1.4.7.12	Grado 5 UNC, Empernadura fijación terminales a banda	$ 1.800	$ 43.200
4.1.4.7.13		$ 600	$ 14.400
4.1.4.7.14		$ 200	$ 4.800
4.1.4.7.15		$ 200	$ 4.800
4.1.4.7.16	Tensor 3/4" x 6", Quijada-Ojo, Crosby HG-227	$ 100.000	$ 200.000
4.1.4.7.17	Material: A36-24ES, Pletina Espesor 20 [mm], Largo entre centro pivote - contrapeso: 2500 [mm]	$ 200.000	$ 400.000
4.1.4.7.18	Eje Diámetro 40 [mm], Largo 240 [mm]	$ 30.000	$ 60.000
4.1.4.7.19	Comercial: Soporte y Rodamiento tipo Y, Diámetro: 40 mm	$ 18.000	$ 72.000
4.1.4.7.20	Material: A228, Dext :70 [mm], Diámetro espira: 8 [mm], Largo: 202 [mm]	$ 20.000	$ 80.000
4.1.4.7.21	Material: A36-24ES, Alto: 300 [mm]	$ 20.000	$ 40.000
4.1.4.7.22	Grado 5 UNC, Empernadura unión perfil banda metálica bi-partida y tensor horizontal de banda	$ 1.300	$ 2.600
4.1.4.7.23		$ 600	$ 1.200
4.1.4.7.24		$ 200	$ 400
4.1.4.7.25		$ 200	$ 400
4.1.4.7.26	Grado 5 UNC, Empernadura fijación pletina tensor horizontal a vigas base	$ 1.700	$ 6.800
4.1.4.7.27		$ 400	$ 1.600
4.1.4.7.28		$ 130	$ 520
4.1.4.7.29		$ 130	$ 520
4.1.4.7.30	Material: A36-24ES, Largo: 657 [mm]	$ 15.000	$ 30.000
4.1.4.7.31	Material: A36-24ES, Largo: 50 [mm]	$ 10.000	$ 20.000
4.1.4.7.32	Material: A36-24ES, Largo: 3222 [mm]	$ 15.000	$ 30.000

4.1.4.7.33	Palancas, Piola y poleas.	$ 100.000	$ 200.000
4.1.4.7.34	Masa de 70 [Kg]	$ 100.000	$ 200.000
4.1.5			
4.1.5.1			
4.1.5.1.1	Perfil Estructural ASTM A572 Grado 50, Largo: 3977 [mm]	$ 220.000	$ 440.000
4.1.5.1.2	Perfil Estructural ASTM A572 Grado 50, Largo: 6480 [mm]	$ 350.000	$ 1.050.000
4.1.5.1.3	Perfil Estructural ASTM A572 Grado 50, Largo: 2500 [mm]	$ 150.000	$ 150.000
4.1.5.1.4	Perfil Estructural ASTM A572 Grado 50, Largo: 951 [mm]	$ 70.000	$ 70.000
4.1.5.1.5	Espesor 10 [mm]	$ 10.000	$ 20.000
4.1.5.1.6	Espesor 10 [mm]	$ 10.000	$ 50.000
4.1.5.1.7	Espesor 10 [mm]	$ 10.000	$ 20.000
4.1.5.1.8	Grado 5 UNC, Empernadura Cartelas	$ 900	$ 37.800
4.1.5.1.9		$ 600	$ 25.200
4.1.5.1.10		$ 200	$ 8.400
4.1.5.1.11		$ 200	$ 8.400
4.1.5.1.12	Ángulo 90x64x10, Largo 200 [mm]	$ 20.000	$ 240.000
4.1.5.1.13	Grado 5 UNC, Empernadura suples Vigas base estructural	$ 700	$ 37.800
4.1.5.1.14		$ 420	$ 22.680
4.1.5.1.15		$ 120	$ 6.480
4.1.5.1.16		$ 120	$ 6.480
4.1.5.2			
4.1.5.2.1	Perfil Estructural ASTM A572 Grado 50, Largo: 5500 [mm]	$ 250.000	$ 1.500.000
4.1.5.2.2	Ángulo 90x64x10, Largo 200 [mm]	$ 15.000	$ 150.000
4.1.5.2.3	Grado 5 UNC, Empernadura Suples y Unión pilares Vigas	$ 700	$ 67.200
4.1.5.2.4		$ 420	$ 40.320
4.1.5.2.5		$ 120	$ 11.520
4.1.5.2.6		$ 120	$ 11.520
4.1.5.2.7	Perfil Estructural ASTM A572 Grado 50, Largo: 2500 [mm]	$ 200.000	$ 800.000
4.1.5.2.8	Perfil Estructural ASTM A572 Grado 50, Largo: 6000 [mm]	$ 250.000	$ 1.000.000
4.1.5.2.9	Ángulo 80x80x10, Largo 135 [mm]	$ 15.000	$ 180.000
4.1.5.2.10	Material: A36-24ES, Largo: 1600 [mm]	$ 100.000	$ 300.000
4.1.5.2.11	Material: A36-24ES, Largo: 3942 [mm]	$ 100.000	$ 100.000
4.1.5.2.12	Grado 5 UNC, Empernadura Unión Perfil y Viga T	$ 1.700	$ 51.000
4.1.5.2.13		$ 600	$ 18.000
4.1.5.2.14		$ 200	$ 6.000
4.1.5.2.15		$ 200	$ 6.000
		TOTAL	**$ 253.287.040**

CAPÍTULO 9:

PLANOS

9 PLANOS

En el siguiente apartado se narra el proceso de conformación de la planimetría asociada al plan de recuperación del ascensor Villaseca. Se puntualizan los tipos de planos realizados y finalmente se adjuntan algunos planos a modo de referencia.

9.1 ELABORACIÓN

La elaboración de los distintos planos para el modelo de recuperación del funicular, se llevaron a cabo mediante el software AUTOCAD en cooperación de su similar, INVENTOR (este último para la generación de vistas isométricas).

El proceso consistió en la realización del dibujo técnico en el espacio modelo del software AUTOCAD, utilizando como referencia las normas ISO-E para la generación de vistas. Este se llevó a cabo luego del levantamiento en terreno y una vez tabuladas correctamente las mediciones para las piezas y partes de la máquina.

9.2 FORMATO DE PAPEL [42]

Los formatos empleados en la realización de los distintos planos son asignados bajo la normativa ISO serie A (Tabla 9.1). Los cuales cumplen con normas internacionales dictadas por la Organización Internacional de Normalización (ISO, por su sigla en inglés) y nacionales. Los formatos utilizados en los planos del proyecto son tres: A0, A1 y A3.

Tabla 9.1. Formatos ISO Serie A [42].

Designación	Medidas, mm
A0	841 x 1 189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

A su vez normas nacionales establecen que se deben dibujar márgenes en todos los formatos, entre los bordes que delimitan el dibujo final y el recuadro donde se limita la superficie de dibujo. Este margen debe tener un mínimo de 20 mm para los formatos A0 y A1, y de 10 mm para los formatos A2, A3 y A4. Si establecemos un área para la perforación del plano, este deberá tener un margen mínimo de 20 mm y debe situarse en el borde izquierdo opuesto al cuadro de rotulación. El recuadro donde se limita la superficie del dibujo debe ser una línea continua de grosor mínimo de 0,5 mm. Por otra parte el cuadro de rotulación se puede disponer de cuatro formas como se muestra en las ilustraciones siguientes, con un largo máximo de 170 mm.

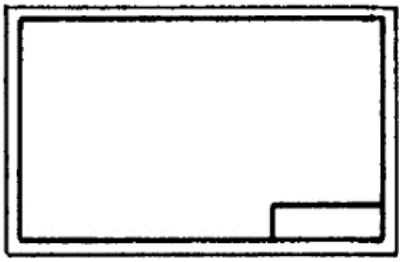


Ilustración 9.1. Hoja horizontal tipo X (Fuente propia).

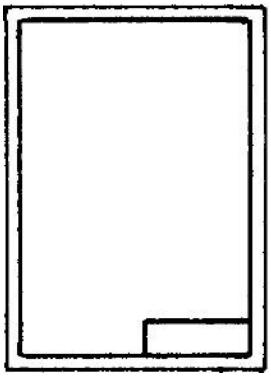


Ilustración 9.2. Hoja vertical tipo Y (Fuente propia).

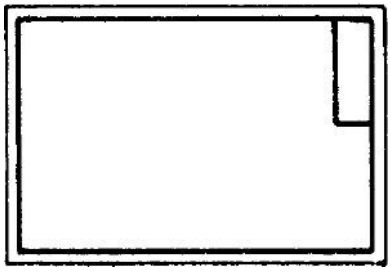


Ilustración 9.3. Hoja horizontal tipo Y (Fuente propia).

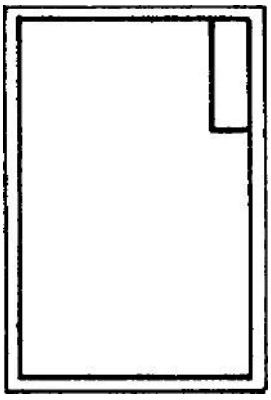


Ilustración 9.4. Hoja vertical tipo X (Fuente propia).

9.3 PLANOS ASCENSOR VILLASECA

Los planos realizados son detallados a continuación, los cuales utilizan tres tipo de formato: A3, A1 y A0 cuya hoja es de orientación horizontal tipo Y.

- Plano general (A3): Se detalla el lugar geográfico de emplazamiento del ascensor Villaseca y se muestra una vista en elevación de la estructura en general apoyada por fotografías del lugar e imágenes satelitales (Ilustración 9.5).

- Plano conjunto chasis N°1 (A1): Plano conjunto del chasis del carro, sistema de rodado, antideriva y paragolpes con vistas en detalle, isométrica y en corte de las intersecciones de mayor interés. Incluye viñetas enumeradas para identificar piezas y partes especificadas en el plano de "Piezas y partes chasis N°1" (Ilustración 9.6).

- Plano conjunto chasis N°2 (A1): Plano conjunto del chasis del carro con vistas en detalle e isométrico de los perfiles, cartelas, suples y empernadura. Incluye viñetas enumeradas para identificar piezas y partes especificadas en el plano "Piezas y partes chasis N°2".

- Piezas y partes chasis N°1 (A1): Plano de piezas y partes correspondientes al chasis del carro. Se incluyen vistas en detalle, corte e isométrica (según complejidad de la pieza) además de la viñeta correspondiente para cada pieza especificando nombre, escala y material según corresponda.

- Piezas y partes chasis N°2 (A1): Se incluyen vistas frontales de las piezas correspondientes a las cartelas y suples del chasis del carro, además de la viñeta para cada pieza especificando nombre, espesor, escala y material según corresponda.

➢ Sistema freno de enclavamiento (A0): Plano de conjunto, piezas y partes del sistema de freno de emergencia por enclavamiento o "pico de loro" con vistas en detalle, corte e isométrica. Incluye viñetas enumeradas para identificar las piezas del conjunto especificando nombre, escala y material según corresponda.

➢ Base general del Ascensor (A0): Plano de conjunto, piezas y partes de la base general del ascensor Villaseca. Se incluyen vistas en detalle, corte e isométrica de las vigas, cartelas, suples y empernadura. Se incorporan viñetas especificando nombre, escala y material según corresponda.

➢ Sistemas de poleas (A1): Plano de piezas y partes correspondientes al sistema de suspensión del ascensor. Se incluyen vistas en detalle, corte e isométrica (según complejidad) para poleas y subsistemas de soporte según pertenezca. Además de viñetas para cada pieza especificando nombre, escala y material.

➢ Conjunto sala de máquinas (A0): Plano de conjunto correspondiente a la sala de máquinas, sistema de suspensión y base general del ascensor. Se incluyen vistas en detalle, corte e isométricas con especial énfasis en la disposición y conformación del sistema de arrastre. Se incorporan viñetas especificando nombre, escala y material (Ilustración 9.7).

➢ Sistemas de frenos (A0): Plano de conjunto, piezas y partes de los sistemas de frenos de banda y doble disco cónico. Se incluyen vistas en detalle, corte e isométrica de las piezas y partes. Se incorporan viñetas especificando nombre, escala y material.

➢ Piezas y partes sala de máquinas (A0): Plano de conjunto, piezas y partes de los sistemas de transmisión, tambores de enrollamiento y sistemas de soporte de los

subsistemas en la sala de máquinas. Se incluyen vistas en detalle, corte e isométrica (según complejidad). Se incorporan viñetas especificando nombre, escala y material.

➢ Plano de rodadura (A1): Plano de conjunto, piezas y partes del plano de rodadura. Se incluyen vistas en detalle, corte e isométrica de polines, rieles guía, eclisas, cremallera y ferretería de fijación, dando especial atención en especificar las dimensiones de la trocha y emplazamientos de los subsistemas sobre el plano. Se incorporan viñetas especificando nombre, escala y material.

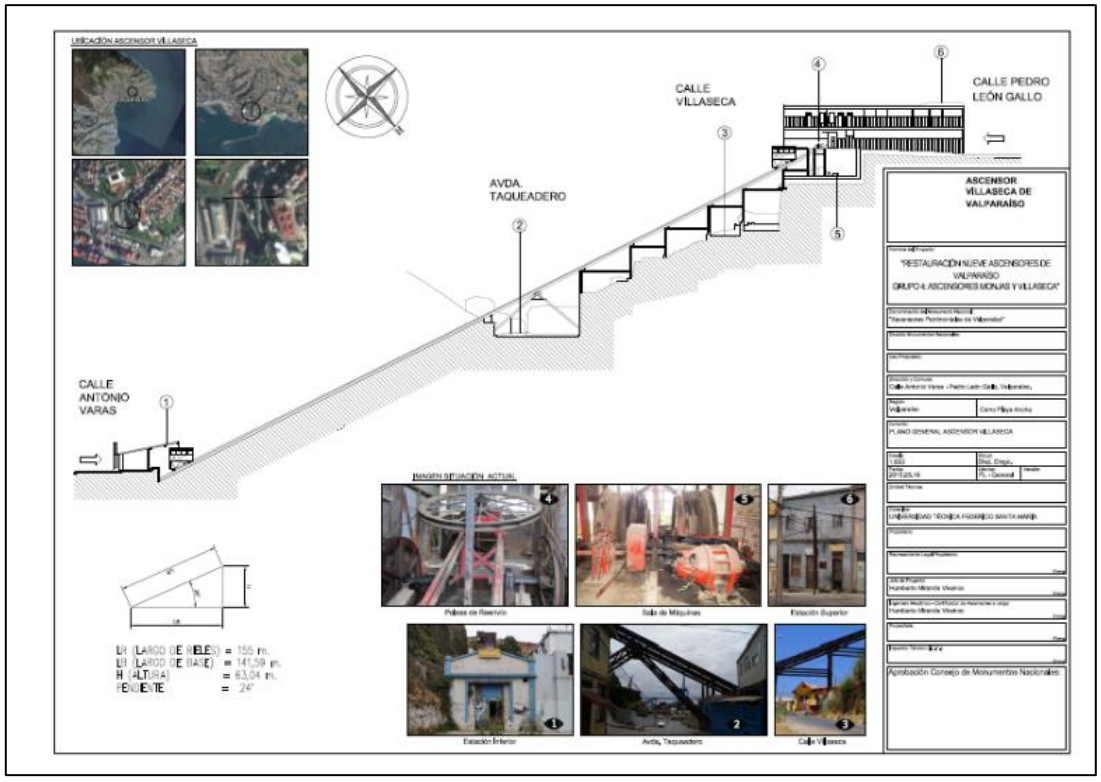


Ilustración 9.5. "Plano general", Ascensor Villaseca (Fuente propia).

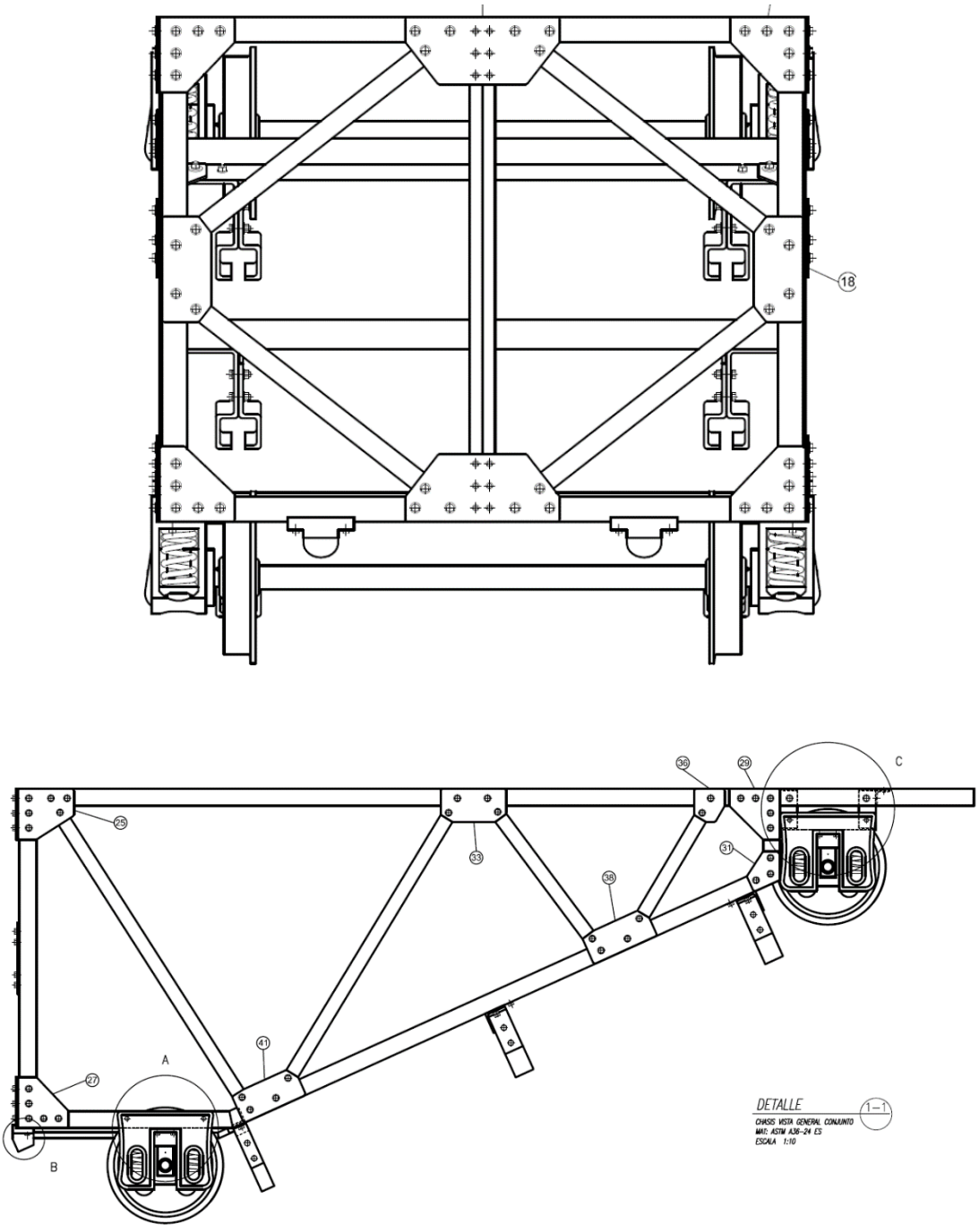


Ilustración 9.6. Vistas frontal y lateral expuestas en el "Plano conjunto chasis N°1" (Fuente propia).

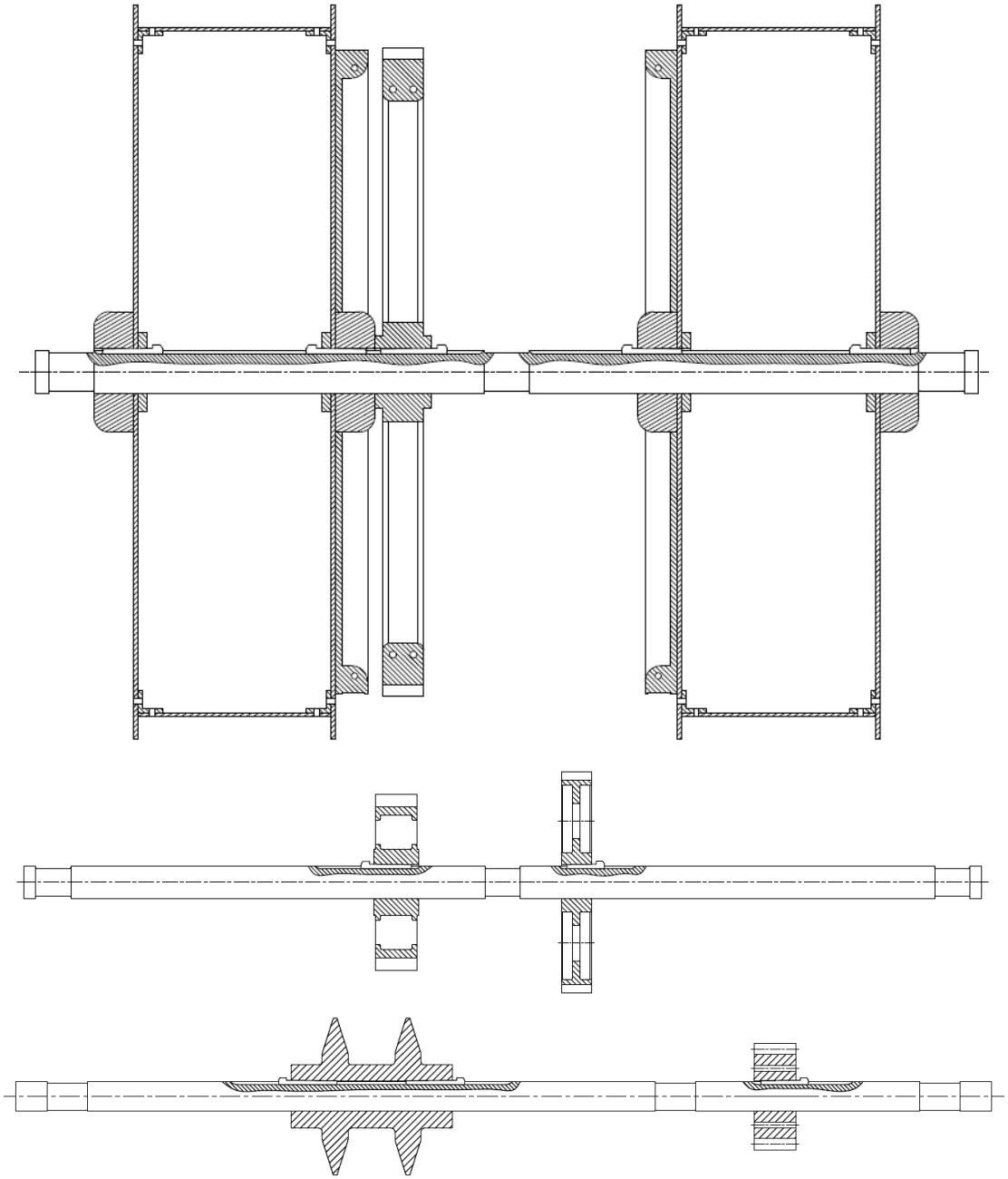


Ilustración 9.7. Vistas en corte expuestas en el plano "Conjunto sala de máquinas" (Fuente propia).

IV. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

Los funiculares de Valparaíso son estructuras que en su totalidad bordean los 100 años de existencia siendo un privilegio para la región y el país, los que además convirtieron a Chile en el séptimo país en el mundo y primero en Latinoamérica en contar con ellos. Esta característica de valor cultural e industrial incalculable transforman hoy por hoy a los denominados "ascensores" en iconos e imagen inconfundible de la ciudad puerto tanto en el plano nacional como internacional, siendo una perdida enorme para el país y su gente el dejarlos abandonados, ya que contribuyen a la descongestión del sistema público de transporte vehicular pero mejor aún, son un gigantesco aporte patrimonial a la sociedad.

Gratificantemente su rol en los últimos 6 años está siendo reconocido, destacando proyectos que buscan la recuperación de un gran número de ascensores y la adquisición de parte del Estado de unidades que aún eran de propiedad de privados para en el futuro incorporar una red integral de transporte público en la ciudad. Esta situación enmarca el concepto de "rentabilidad social" que se aprecia en este tipo de proyectos, pues como se observó al final del presente informe son propuestas de varios cientos de millones de pesos que si se observan los indicadores económicos son inviables de ejecutar pero debido al valor patrimonial, social e histórico que involucra, lo transforma en una posibilidad real.

Actualmente la ciudad cuenta con 9 ascensores en funcionamiento, 6 detenidos en proceso de recuperación, 3 detenidos sin compromisos de restauración y 13 totalmente eliminados por diversas razones entre las que destacan derrumbes, incendios, terremotos, fallas mecánicas y baja rentabilidad a medida pasaban los años. Destacando además que de los 18 ascensores en total que se preservan hasta el día de hoy, solo 16

han sido declarados Monumentos quedando aún 2 sin esta condición, situación que imposibilita cualquier intervención por parte del Gobierno. Esto último demuestra que aún queda materia por avanzar, a pesar del importante auge que han tenido en el último tiempo.

Otro aspecto importante que cobra un rol vital en el buen funcionamiento y preservación de estas estructuras patrimoniales en el largo plazo, es el marco legal y técnico-normativo, ya que son las leyes y normas propuestas por el país quienes finalmente provocarán que estas condiciones se cumplan.

Lamentablemente hoy en día en el ámbito referido al patrimonio industrial chileno, no se cuentan con leyes específicas que den total protección a los monumentos históricos, ya que si bien es cierto existen algunas normas y leyes, estas son muy antiguas y referencias principalmente de dos de los entes reguladores más grande internacionalmente en este ámbito como lo son el Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS) y el Comité Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial (TICCIH). Otro factor primordial es la creación de instituciones fiscalizadoras, debido a que muchas veces en la práctica se intervienen, o más grave aún se destruyen edificios históricos sin que nadie controle y limite estas situaciones, donde incluso algunos están dispuesto a pagar el valor de la multa sin importar lo dispuesto por la autoridad y el daño patrimonial irrecuperable.

Por otro lado, con respecto al rubro de transporte vertical en nuestro país se encuentra en etapas más avanzada en comparación al ámbito patrimonial, esto debido al crecimiento exponencial en el número de ascensores en operación, y de otros elementos de circulación vertical e inclinada, haciendo necesaria un marco regulatorio especial que asegure su buen funcionamiento. Actualmente se posee una entidad encargada de

fiscalizar (MINVU), el cual en los últimos años se ha abocado a establecer y/o actualizar el marco normativo técnico en la materia haciéndolo más específico. Es así como ha avanzado en el desarrollo de normas que abordan requisitos técnicos y de seguridad entre el periodo 2013-2015. Además, que en los últimos años se ha buscado profesionalizar el rubro definiendo competencias para los instaladores, mantenedores y certificadores, sumado al ya existente Registro Nacional de profesionales. Esto orientado a obtener en el futuro una mejor capacitación por parte de unidades educativas que formen profesionales en la materia de transporte vertical que hoy en día carece y limitan las posibilidades de crecimiento.

Sin embargo, específicamente a lo que respecta a los ascensores patrimoniales de Valparaíso la situación es preocupante debido a que en la actualidad el país no cuenta con legislación ni normas oficiales que sean de aplicación obligatoria, habiendo solo documentos que sirven de referencia. Esto sumado a lo establecido explícitamente por la ley de transporte vertical donde se determina que la responsabilidad de la instalación y mantención de los equipos es exclusivamente del propietario y/o administrador.

Con respecto al diseño mecánico del proyecto desarrollado, como se mencionó anteriormente la robustez de sus componentes mecánicos permiten que muchas de sus piezas y partes se resguarden, solo incurriendo en el rediseño de elementos que se encuentren dañados considerablemente (generalmente por malas prácticas de parte del mantenedor) afectando a la seguridad del sistema. Suerte totalmente dispar a la vivida por los componentes eléctricos, quienes debido a su evolución exponencial hoy en día se cuentan con sistemas completamente nuevos de mejor rendimiento y seguridad. Es principalmente por esto que los componentes mecánicos se mantienen vigentes, ya que la teoría de funcionamiento se conserva pasado medio siglo solo observando cambios en las dimensiones de sus piezas y partes, que son de gran volumen. Esto último, ejemplificado con la obtención en el cálculo de factores de seguridad elevados, los

cuales duplican o en algunos casos hasta triplican los exigidos hoy en día para un mismo elemento.

Enfatizar también la importancia que tienen las tareas de cotización y desarrollo interpersonal por parte del profesional a cargo para lograr un buen canal de comunicación, tanto en el plano interno de la empresa como en labores de obtención de información desde de una empresa externa. Esto último de suma importancia para lograr un buen desarrollo en la construcción del presupuesto, factor trascendente para el correcto progreso de un proyecto. Situación similar se observa con el apoyo de plataformas o software desarrollado para el diseño mecánico, como lo son CAD e INVENTOR, ambas herramientas de enorme complemento en el desarrollo del presente informe específicamente en labores de diseño tridimensional, apoyo gráfico (videos e imágenes), planimetría y análisis de esfuerzos. Ámbitos no triviales en etapas de presentaciones frente a un público que desconoce el trabajo realizado, ya que permiten entregar una visión clara de las propuestas de diseño y da un valor agregado a la cara visible del proyecto.

Finalmente, expresar por medio de este escrito el significado enorme que representa para mi persona el ser parte de un proyecto de esta envergadura, en el cual se trabaja para la recuperación de un equipo de carácter patrimonial con más de 100 años de historia y un valor sentimental aun mayor para los residentes que crecieron entorno a los ascensores de Valparaíso, los cuales se manifestaron abiertamente agradecido en cada oportunidad que se le hacía saber que se trabajaba en vías de recuperar dichas estructuras. Además de ser parte de un proyecto impulsado por los departamentos gubernamentales del país, el cual considera grandes montos de dinero y procesos marcados por varias etapas, todas ellas con un nivel de exigencia elevada y plazos estipulados, que hace necesariamente que la empresa participante tenga procesos de planificación y personal con los mismos niveles de requerimiento.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. ULRIKSEN B., Guillermo. LA ARQUITECTURA DE LOS ASCENSORES URBANOS DE VALPARAÍSO. Seminario Escuela de Arquitectura Valparaíso, Universidad de Chile 1964.

2. SERNATUR (Servicio Nacional de Turismo). SITIO OFICIAL DE TURISMO DE CHILE [en línea] < http://www.sernatur.cl/ > [Consulta: 11 de enero de 2016].

3. LEÓN CÁCERES, Samuel. VALPARAÍSO SOBRE RIELES / EL FERROCARRIL, LOS TRANVÍAS Y LOS 30 ASCENSORES, VALPARAISOLOGÍA Colección Monográfica, Edición diciembre 2009.

4. BND (Biblioteca Nacional Digital de Chile). Memoria Chilena [en línea] <http://www.bibliotecanacionaldigital.cl/> [Consulta: 11 de enero de 2016]

5. GENI, Árbol Genealógico web [en línea] < www.geni.com/people/Liborio-Enrique-Brieba-Pacheco/6000000011117744068 > [Consulta: 15 de enero de 2016].

6. CENGEL, Yunes A. y BOLES, Michael A. TERMODINÁMICA. Séptima edición.

7. ASCENSORES DE VALPARAISO. Sitio digital Patrimonio Industrial Vivo [en línea] < http://www.ascensoresvalparaiso.org/ > [Consulta: 12 de enero de 2016].

8. Decreto 556. DECLARA MONUMENTOS HISTORICOS, ZONAS TIPICAS Y SANTUARIOS DE LA NATURALEZA. Ministerio de Educación Pública, 18 de junio de 1976.

9. Decreto 866. DECLARA MONUMENTO HISTORICO 14 ASCENSORES DE VALPARAÍSO. Ministerio de Educación, 1 de septiembre de 1998.

10. Decreto 369. DECLARA MONUMENTO NACIONAL EN LA CATEGORÍA DE MONUMENTO HISTÓRICO EL ASCENSOR VAN BÜREN, UBICADO DENTRO DEL HOSPITAL CARLOS VAN BÜREN, CALLE COLÓN N° 2408–2498, DE VALPARAÍSO, COMUNA Y PROVINCIA DE VALPARAÍSO, V REGIÓN DE VALPARAÍSO. Ministerio de Educación, 6 de septiembre de 2010.

11. MI ENTORNO. Catastro de construcciones en altura. [en línea] < http://www.mientorno.cl/ > [Consultado: 21 de enero de 2016].

12. WIKIPEDIA. Rascacielos de Chile. [en línea] < www.es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Rascacielos_de_Chile > [Consultado: 21 de enero de 2016].

13. RGE, Red Global de Exportación. Estudio de mercado sobre ascensores en Chile. Santiago, noviembre de 010.

14. O.G.U.C., Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Resumen de modificaciones y rectificaciones. Santiago, junio de 2009.

15. PINO, Patricio. Gobierno prepara sitio web para saber a qué ascensores hay que tenerles miedo. [en línea] La Segunda Online. 12 de Mayo de 2014 <http://www.lasegunda.com/Noticias/Nacional/2014/05/934350/gobierno-prepara-sitio-web-para-saber-a-que-ascensores-hay-que-tenerles-miedo> [Consultado: 22 de enero de 2016]

16. BCN (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile). Historia de la Ley no. 20.296 [en línea] <http://www.bcn.cl/> [Consulta: 20 de agosto de 2016]

17. Ley Núm. 17.288. Legisla sobre Monumentos Nacionales; Modifica las leyes 16.617 y 16.719; Deroga el Decreto Ley 651, de 17 de octubre de 1925. Santiago, 4 de febrero de 1970.

18. Ley Núm. 20.675. Modifica la ley sobre donaciones con fines culturales, contenida en el artículo 8° de la ley N° 18.985. Santiago, 1 de enero de 2014.

19. MINISTERIO de Transporte y Comunicación. Pliego de condiciones técnicas para la construcción y explotación de las instalaciones de teleféricos y funiculares para el transporte de viajeros. Madrid, 14 de enero de 1998.

20. TERMINOS DE REFERENCIA. PROYECTO: "RESTAURACIÓN NUEVE ASCENSORES DE VALPARAÍSO". Gobierno Regional de Valparaíso. Dirección Regional de Arquitectura de Valparaíso – Ministerio de Obras Públicas, diciembre 2013.

21. INSTITUTO Nacional de Normalización. Construcción – Elevadores – Requisitos de seguridad e instalación – Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos. NCh 440/1 Of. 2000. Santiago, 2000.

22. MINISTERIO de Vivienda y Urbanismo. Requisitos para equipos de transporte vertical. Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos existentes. NTM 008. Santiago, 2013.

23. INSTITUTO Nacional de Normalización. Construcción- Elevadores – Requisitos de inspección – Parte 1: Ascensores y montacargas eléctricos. NCh 2840/1 Of. 2004. Santiago, 2004.

24. INSTITUTO Nacional de Normalización. Instalaciones interiores de baja tensión. NCh Elec. 4/2003. Santiago, 2003.

25. MINISTERIO de Vivienda y Urbanismo. Requisitos mínimos de diseño, instalación y operación para ascensores electromecánicos frente a sismos. NTM 006. Santiago, 2013.

26. MINISTERIO de Vivienda y Urbanismo. Requisitos para equipos de transporte vertical: Ascensores y montacargas inclinados o funiculares. NTM 009. Santiago, 2013.

27. INSTITUTO Nacional de Normalización. Requisitos para equipos de transporte vertical – Ascensores y montacargas inclinados o funiculares. NCh 3365. Santiago, 2015.

28. Ley Núm. 20.296. Establece disposiciones para la instalación, mantención e inspección periódica de los ascensores y otras instalaciones similares. Santiago, 23 de octubre de 2008.

29. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Proveedores Técnicos Minvu [en línea] < http://proveedorestecnicos.minvu.cl/2015/08/nomina-de-instaladores-mantenedores-y-certificadores-de-ascensores/ > [Consulta: 30 de agosto de 2016].

30. INSTITUTO Nacional de Normalización. Evaluación de la conformidad – Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección. NCh-ISO 17020:2012. Santiago, 2012.

31. HMV, Criterios de Intervención. Informe Electromecánico ETAPA 1 Ascensor Villaseca. Valparaíso, marzo de 2015.

32. MIRAVETE, Antonio y LARRODÉ, Emilio. El libro del transporte vertical. Zaragoza, Reverté, 2005.

33. PRODINSA. Información técnica de cables de acero. Ed. Febrero 2016, Santiago, 2016.

34. BUDYNAS, Richard G. y NISBETT, J. Keith. Diseño de ingeniería mecánica de Shigley. 8va ed. México, McGraw-Hill, 2008.

35. HELLMUT, Ernst. Aparatos de elevación y transporte. Barcelona, Blume, 1970.

36. ACHS. Manual de equipos de levante [manual]. Santiago, 2010. 23 hojas, color.

37. GONZÁLEZ, Eugenio. Medición de ruedas dentadas [apuntes laboratorio de mediciones]. Valparaíso. UTFSM, 2005. 37 hojas, byn.

38. INSTITUTO Nacional de Normalización. Ruedas dentadas cilíndricas para Ingeniería General y Pesada, Módulos y pasos diametrales. Nch 1539 Of. 79. Santiago, 1979.

39. WEG, Cestari. Acoplamientos [catalogo]. Brasil, 05/2014. 12 hojas, color.

40. RODACENTER LTDA. Cotización [PDF]. Rodacenter@rodacenter.cl. Valparaíso. 2016. 1 hoja, color.

41. EXCEDINDUS LTDA. Contacto [en línea] <http://www.riel.cl/> [consulta: 10 diciembre 2015].

42. INSTITUTO Nacional de Normalización. Dibujos técnicos - Formatos y elementos gráficos de las hojas de dibujo. NCh13 Of.93 ISO 5457:1980. Santiago, 1993.

ANEXO A: ARTÍCULO 4.1.11 - LOS REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE ASCENSORES PARA LOS EDIFICIOS.

Artículo 4.1.11. Los requerimientos mínimos de ascensores para los edificios serán los siguientes:

1. Dotación:

a) Los edificios de 6 o más pisos de altura deberán contemplar al menos dos ascensores con parada y acceso para todos los usuarios en todos los pisos con acceso a unidades que contemplen recintos habitables, uno de los cuales deberá cumplir con las dimensiones de cabina establecidas en el número 2 de este artículo. [1]

En los edificios con dos o más subterráneos el ascensor de mayor capacidad deberá atender a cada uno de ellos.

Tratándose de ampliaciones de un piso adicional se admitirá que dicho piso no contemple acceso a ascensores.

b) Se exceptúan de lo indicado en la letra a) precedente los edificios de vivienda de hasta 8 pisos, cuya carga de ocupación sobre el segundo piso sea inferior a 100 personas o cuya superficie útil a servir por los ascensores, en cada piso, sea inferior a 250 m2, los que podrán consultar sólo un ascensor, el cual deberá cumplir con las dimensiones horizontales de cabina establecidas en el número 2. de este artículo. [2]

c) Los edificios de 4 o más pisos destinados a hospedaje que contemplen más de 50 habitaciones deberán consultar tres ascensores, uno de los cuales podrá ser de servicio.

d) Los edificios de 3 o más pisos destinados a asistencia hospitalaria deberán contemplar al menos dos ascensores monta camillas, aceptándose rampas para salvar desniveles de sólo un piso.

e) Los cambios de destino de edificios o parte de ellos que requieran uno o más ascensores deberán acompañar un informe, suscrito por profesional competente, que acredite que la capacidad de la instalación es compatible con el nuevo uso.

Cuando el acceso del edificio se encuentre en un piso intermedio, que no diste más de 4 pisos hacia arriba o hacia abajo del acceso a alguna unidad que consulte recintos habitables, no se requerirán ascensores, siempre que los estacionamientos se encuentren a una distancia no mayor que la citada. Tampoco requerirán ascensores los edificios de 6 pisos cuyos pisos superiores sean duplex. [3]

Los edificios de 5 o más pisos cuyos ascensores sirvan una superficie útil sobre el primer piso superior a 5.000 m2, requerirán presentar un Estudio de Ascensores que determinará la cantidad y características de los ascensores necesarios sobre la dotación mínima indicada en este artículo. [1]

---

1 Modificado por D.S. 217 – D.O. 20.02.02, sustituye guarismo.
2 Modificado por D.S. 217 – D.O. 20.02.02, reemplaza expresión.
3 Modificado por D.S. 177 – D.O. 25.01.03, reemplaza expresión.

ANEXO B: NOMINA DE CERTIFICADORES INSCRITOS AL 30 DE AGOSTO DE 2016.

	ESPECIALIDAD CERTIFICADORES		
Correlativo	REGION	Rol	NOMBRE / RAZÓN SOCIAL
1	VALPARAISO	9	HUMBERTO ENRIQUE MIRANDA VIVANCO
2	VALPARAISO	13	INGENIERIA EN ELEVACION GRIZZETTI
3	O´HIGGINS	1	P Y G INGENIEROS CONSULTORES LIMITADA
4	ARAUCANIA	3	ALFONSO SEGUNDO DOMINGO BORQUEZ FERRADA
5	ARAUCANIA	7	CERTIFICACIONES FERNANDO PEÑA LAGOS E.I.R.L.
6	METROPOLITANA	5	LIFTOK LIMITADA
7	METROPOLITANA	8	INGENIERÍA NDT CHILE LIMITADA
8	METROPOLITANA	15	ANGEL CUSTODIO MARABOLI CARVAJAL
9	METROPOLITANA	44	EDISON AGÜERO ALVARADO
10	METROPOLITANA	54	CERTIFICACION EN ELEVACION S.A.
11	METROPOLITANA	60	EHM CERTIFICADORES S.A.(CASA CERTIFICADORA CHILE S.A.)
12	METROPOLITANA	63	PIZARRO Y COMPAÑÍA LIMITADA
13	METROPOLITANA	78	CALIDAD, CAPACITACION Y ASESORIA S.A.
14	METROPOLITANA	84	ROBERTO PATRICIO HORMAZABAL ALCAYAGA
15	METROPOLITANA	94	VARGAS Y MARTINEZ LIMITADA
16	METROPOLITANA	91	REVISION ASESORIAS Y CERTIFICACION DE TRANSPORTE VERTICAL CERTEX LIMITADA
17	METROPOLITANA	101	EDUARDO ROBERTO ROJAS MORALES
18	METROPOLITANA	64	CERTIFICACION Y AUDITORIA S.A.
19	METROPOLITANA	103	CRISTIAN ALEJANDRO JANS VASQUEZ
20	METROPOLITANA	113	CORONADO CONSULTORES LIMITADA
21	METROPOLITANA	121	INGENIERÍA EN TRANSPORTE VERTICAL LIMITADA
22	METROPOLITANA	128	JUAN PABLO FIGUEROA INGENIERIA Y CERTIFICACIONES LIMITADA
23	METROPOLITANA	132	FERNANDO GOMEZ ESPINOZA INSPECCIONES TECNICA E.I.R.L.
24	METROPOLITANA	99	SB INGENIERIA LIMITADA
25	METROPOLITANA	149	JUAN DE DIOS ANDAUR MORALES
26	METROPOLITANA	159	SOCIEDAD DE INSPECCION TECNICA Y CERTIFICACION DE TRANSPORTE VERTICAL SICTRAV LIMITADA
27	METROPOLITANA	157	JAVIER ALONSO SOTOMAYOR REYES
28	METROPOLITANA	162	ITV INGENIERIA SPA
	METROPOLITANA	160	A Y S SERVICIOS PROFESIONALES E.I.R.L.
	Total Inscritos	29	

ANEXO C: MATRIZ DE INTERVENCIÓN.

DESAGREGADO DE SISTEMAS ASCENSOR VILLASECA				
SISTEMAS, SUB-SISTEMAS, COMPONENTES				ÍTEM
1 Carros (Cant.:02)	1.1 Cabina (Cant.:02)	1.1.1 Paredes y Techo	Estructura y Chapa Metálica	1.1.1.1
			Interior	1.1.1.2
		Piso		1.1.2
		Ventanas		1.1.3
		Mobiliario Interior		1.1.4
		1.1.5 Puertas de Acceso	Hojas de Puertas	1.1.5.1
			Sistema de Corredera	1.1.5.2
			Cerrojo y Sistema de Apertura	1.1.5.3
	1.2 Chasis (Cant.:02)	Estructura Metálica		1.2.1
		Empernaduras		1.2.2
	1.3 Sistemas de Rodado (Cant.:04)	Conjunto Eje-Ruedas		1.3.1
		1.3.2 Soportes	Porta Dado	1.3.2.1
			Dado	1.3.2.2
			Resortes	1.3.2.3
			Bujes	1.3.2.4
	1.4 Sistemas de Seguridad (Cant.:02)	Dispositivos Anti-Vuelco		1.4.1
		Sistemas Gancho de Seguridad Tipo "Pico de Loro"		1.4.2
2 Puertas de Acceso en Estaciones	Puertas en Estación Superior (Cant.:02)			2.1
	Puertas en Estación Inferior (Cant.:02)			2.2
3 Plano de Rodadura	3.1 Líneas de Rodado	Rieles-Guía		3.1.1
		Eclisas de Rieles-Guía		3.1.2
		3.1.3 Fijaciones de Rieles-Guía a Durmientes	Placas de Asiento	3.1.3.1
			Almohadilla Elástica	3.1.3.2

			Clip Elástico	3.1.3.3
			Ferretería Fijación de Placas de Asiento al Durmiente	3.1.3.4
			Durmientes	3.1.4
	3.2 Elementos en Recorrido	3.2.1 Cremallera para Enclavamiento del Gancho de Seguridad	Largueros	3.2.1.1
			Elementos de Enganche	3.2.1.2
			Eclisas	3.2.1.3
			Ferretería Fijación de Largueros al Durmiente	3.2.1.4
		3.2.2 Polines	Cuerpo	3.2.2.1
			Recubrimiento	3.2.2.2
			Eje	3.2.2.3
			Soportes	3.2.2.4
			Escala de Servicio y Rescate	3.2.3
4 Suspensión - Arrastre - Reenvío de Cables			Cables de Arrastre (02)	4.1
			Cable Auxiliar (01)	4.2
	4.3 Terminales de Suspensión y Abrazaderas		Suspensión de los Carros (02 Puntos de Suspensión por Carros)	4.3.1
			Amarra de Cables de Arrastre a los Tambores de Enrollamiento (01 Amarra por Tambor)	4.3.2
	4.4 Poleas de Reenvío	4.4.1 Sub-Sistema Polea Loca para Reenvío Cable de Arrastre (Cant.: 02)	Cuerpo Polea	4.4.1.1
			Eje	4.4.1.2
			Descansos Eje (Chumaceras)	4.4.1.3
			Buje en Descansos del Eje (Cant.: 02 bujes por polea)	4.4.1.4
			Componentes Mecánicos Generales	4.4.1.5

		4.4.2 Sub-Sistema Polea de Reenvío y Tensora Cable Auxiliar (Cant.: 01)	Cuerpo Polea	4.4.2.1
			Buje en Cubo de la Polea (Cant.: 01)	4.4.2.2
			Eje (Cant.: 01)	4.4.2.3
			Sistema de Lubricación	4.4.2.4
			Base Desplazable para Soporte de Eje	4.4.2.5
			Husillo Tensor	4.4.2.6
			Tuerca Tensora y Soporte	4.4.2.7
			Componentes Mecánicos Generales	4.4.2.8
5 Máquina de Arrastre			Motor Eléctrico	5.1
			Dispositivo para Montaje y Ajuste del Motor (Sistema Tensor de Cadena Galle)	5.2
	5.3 Primera Reducción		Piñón Acoplado al Motor	5.3.1
			Cadena Tipo Galle	5.3.2
			Rueda Conducida Acoplada al Eje 1	5.3.3
			Carter	5.3.4
			Componentes Mecánicos Generales	5.3.5
			Eje N°1	5.4
	5.5 Descansos Eje N°1 (Cant.:03)		Chumaceras Bi-Partidas	5.5.1
			Bujes Bi-partidos	5.5.2
			Componentes Mecánicos Generales	5.5.3
	5.6 Sistemas de Freno Acoplados al Eje N°1	5.6.1 Freno de Doble Disco	Doble Disco de Freno Bi-Partido	5.6.1.1
			Balatas	5.6.1.2
			Porta-Balatas	5.6.1.3
			Mecanismo de Accionamiento	5.6.1.4

			Componentes Mecánicos Generales	5.6.1.5
			Bastidor para Soporte de Sistemas de Accionamiento de Frenos	5.6.1.6
		Freno Electromecánico de Tambor		5.6.2
	5.7 Segunda Reducción	Piñón Acoplado al Eje N°1 (Rueda dentada N°1)		5.7.1
		Elementos para Fijación del Piñón al Eje N°1		5.7.2
		Corona Acoplada al Eje 2 (Rueda dentada N°2)		5.7.3
		Elementos para Fijación de Corona al Eje N°2		5.7.4
		Componentes Mecánicos Generales		5.7.5
	Eje N°2			5.8
	5.9 Descansos Eje N°2 (Cant.:03)	Chumaceras Bi-Partidas		5.9.1
		Bujes Bi-partidos		5.9.2
		Componentes Mecánicos Generales		5.9.3
	5.10 Tercera Reducción	Piñón Acoplado al Eje N°2 (Rueda dentada N°3)		5.10.1
		Elementos para Fijación del Piñón al Eje N°2		5.10.2
		Corona Bi-Partida Acoplada al Eje N°3 (Rueda dentada N°4)		5.10.3
		Elementos de Unión Corona Bi-Partida		5.10.4
		Elementos de Fijación de Corona al Eje N°3		5.10.5
		Elementos de Unión Corona Bi-Partida a Tambor de Enrollamiento N°2		5.10.6
		Componentes Mecánicos Generales		5.10.7
	Eje N°3 (Eje Tambores de Enrollamiento)			5.11
		Chumaceras Bi-Partidas		5.12.1

	5.12 Descansos Eje N°3 (Cant.:03)		Bujes Bi-partidos	5.12.2
			Componentes Mecánicos Generales	5.12.3
	5.13 Tambores de Enrollamiento (Cant.: 02)		Manto Bi-Partido (Cant.: 02)	5.13.1
			Tapas Laterales (Cant.: 04)	5.13.2
			Anillo para Freno de Banda	5.13.3
			Cubo	5.13.4
			Anillo de Unión Interior	5.13.5
			Flanges de Unión	5.13.6
			Componentes Mecánicos Generales	5.13.7
	5.14 Frenos de Banda (Cant.: 02)		Banda Metálica	5.14.1
			Tacos de Madera	5.14.2
			Sistemas de Accionamiento y Montaje	5.14.3
			Ferretería (Empernaduras y Tirafondos) para Ensamblado y Montaje	5.14.4
	5.15 Estructura Soportante Maquinaria (Bastidor)		Base	5.15.1
		5.15.2 Superestructura para Soporte de Poleas de Reenvío	Pilares	5.15.2.1
			Envigado Superior	5.15.2.2
			Unión	5.15.3

	IMAGEN OBJETIVO	
ÍTEM	**PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**	**DESCRIPCIÓN DE INTERVENCIONES**
1.1.1.1	Reemplazo total	Paredes y techo de las cabinas configuradas en base a paños construidos en perfilería laminada (perfiles ángulo y T simple) recubiertos con chapa metálica de 0,8 mm espesor.
1.1.1.2		Interior recubierto.

1.1.2		Piso de madera.
1.1.3		Vidrio 100% transparente.
1.1.4		Definir modelo tipo de banca.
1.1.5.1		Mitad inferior recubierto en chapa metálica y superior vidriado.
1.1.5.2		Puertas guiadas en la parte superior e inferior: - Guía superior: sistema de rodado en base a ruedas robustas sobre sobre riel-guía macizo. - Guía inferior: pisadera con ranura-guía, similar ascensores convencionales.
1.1.5.3		Diseño e incorporación de cerrojo de accionamiento manual que permita la apertura sólo desde el exterior del carro.
1.2.1		Configuración y volumetría similar a la existente. Componentes unidos principalmente mediante empernaduras y en menor medida soldados.
1.2.2		Pernería de alta resistencia mecánica.
1.3.1		Ejes unidos a las ruedas mediante chavetas.
1.3.2.1		Configuración: estructural, soldado.
1.3.2.2		Bloque macizo.
1.3.2.3		Helicoidales. Sección Circular.
1.3.2.4		Diseño similar al existente.
1.4.1		Diseño similar al existente, fabricado en pletina de acero doblado espesor 12 mm.
1.4.2		Re-diseño.
2.1	Incorporación de sistema normalizado	Diseño de puertas estándar para carros "end loading". Se considera sistema de cerrojo que impide la apertura de la puerta si el carro no se encuentra estacionado frente a la puerta.
2.2		Configuración y estética de las puertas equivalente a las puertas de cabina. Hojas en chapa metálica en mitad inferior y vidriada en mitad superior.

3.1.1	Reemplazo total	Rieles de acero compuestos por carbono, manganeso, silicio, fósforo y azufre. Dureza 341 HB o superior.
3.1.2		Eclisas con 4 o 6 agujeros unidas a rieles-guía con pernos de eclisa.
3.1.3.1		Placas de asiento normalizadas montadas sobre durmientes de madera mediante tirafondos rieleros.
3.1.3.2		Almohadilla instalada entre placa de asiento y la espalda del riel.
3.1.3.3		Elemento de fijación de los rieles-guía.
3.1.3.4		Tirafondo Rielero, según norma ASTM A66-87
3.1.4		Durmientes ferroviarios de madera fijados a la estructura soportante del plano de rodadura mediante empernadura.
3.2.1.1		Ángulo laminado 100 x 10 mm.
3.2.1.2		Empernadura entre los largueros para enclavamiento de gancho de seguridad.
3.2.1.3		Pletina de acero (espesor 8 mm) con 8 agujeros para empernadura.
3.2.1.4		Tirafondo Rielero, según norma ASTM A66-87.
3.2.2.1		Diámetro de rodillo mínimo 9,6 veces el diámetro del cable.
3.2.2.2		Recauchado.
3.2.2.3		Re-diseño.
3.2.2.4		Conjunto buje, chumacera y grasera.
3.2.3		Diseño según normativa.
4.1	Reemplazo total	Rediseño de capacidad de los cables de acero. Mismo cable para arrastre y auxiliar. Tipo de cable: trozal regular, configuración (alambres y torones) a definir. Factor de seguridad mínimo: 5,5 (de acuerdo a norma referencial).
4.2		
4.3.1		Terminal de cuña de apriete automático. Tres abrazaderas por terminal.
4.3.2		Re-diseño: sistema original reforzado.

4.4.1.1	Mantenimiento General	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
4.4.1.2	Reemplazo total	Reemplazo.
4.4.1.3	Reparación y Reemplazo de componentes	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, esquema de pintura epóxica de alta resistencia. Análisis dimensional para determinar medidas generales, en particular del vaciado para ubicación del buje. Estandarización de dimensiones, determinación de medida nominal y tolerancias, de requerirse, re-mecanizado. Incorporación de graseras.
4.4.1.4		Reemplazo.
4.4.1.5		Rediseño de chaveta normalizada y empernadura.
4.4.2.1	Mantenimiento General	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
4.4.2.2	Reparación de componentes	Reemplazo.
4.4.2.3	Reemplazo total	Reemplazo.
4.4.2.4	Mantenimiento General	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
4.4.2.5		Mantenimiento general: lavado químico, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.

4.4.2.6		Mantenimiento general: lavado químico, análisis con tintas penetrantes.
4.4.2.7		Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
4.4.2.8		Reemplazo de empernadura.
5.1	Reparación	Mantenimiento general.
5.2	Reemplazo Total (REDUCTOR)	Reemplazo de sistema reductor de cadena actualmente existente por reductor comercial a definir de acuerdo a cálculos en base a las condiciones de operación.
5.3.1		
5.3.2		
5.3.3		
5.3.4		
5.3.5		
5.4	Reemplazo Total	Reemplazo.
5.5.1	Reparación y Reemplazo componentes menores	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
5.5.2		Reemplazo.
5.5.3		Mantenimiento general. Reemplazo de empernadura.
5.6.1.1	Reemplazo por sistema normalizado	Recuperación del freno de doble disco. Re-diseño del sistema configurándolo para accionamiento manual de operación. Se considera la recuperación de los porta-balatas y tambores, además del reemplazo y re-configuración del resto de los componentes, piezas y partes.
5.6.1.2		
5.6.1.3		
5.6.1.4		
5.6.1.5		
5.6.1.6		
5.6.2		Incorporación de freno de tambor comercial, seleccionado según cálculo de acuerdo a las condiciones de operación de la instalación.

5.7.1	Mantenimiento General	Mantenimiento general: lavado químico, análisis con tintas penetrantes.
5.7.2		Re-diseño de fijación mediante chaveta.
5.7.3		Mantenimiento general: lavado químico, análisis con tintas penetrantes.
5.7.4		Re-diseño de fijación mediante chaveta.
5.7.5		Mantenimiento general. Reemplazo de empernadura.
5.8	Reemplazo Total	Reemplazo.
5.9.1	Reparación y Reemplazo componentes menores	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
5.9.2		Reemplazo.
5.9.3		Mantenimiento general. Reemplazo de empernadura.
5.10.1	Mantenimiento General y cambio de componentes dañados	Mantenimiento general: lavado químico, análisis con tintas penetrantes.
5.10.2		Re-diseño de fijación mediante chaveta.
5.10.3		Mantenimiento general: lavado químico, análisis con tintas penetrantes.
5.10.4		Reemplazo de empernadura.
5.10.5		Re-diseño de fijación mediante chaveta.
5.10.6		Eliminación de la estructura de soporte añadida.
5.10.7		Re-diseño de fijación mediante chaveta.
5.11	Reemplazo Total	Reemplazo.
5.12.1	Reparación y Reemplazo componentes menores	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
5.12.2		Reemplazo.
5.12.3		Mantenimiento general. Reemplazo de empernadura.
5.13.1		

5.13.2	Recuperación de componentes y reemplazo de remaches por empernadura	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia. En tapas laterales dañadas, ejecución de nuevas perforaciones para fijación al anillo de unión interior.
5.13.3		
5.13.4		Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, análisis con tintas penetrantes, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia.
5.13.5		Mantenimiento general: lavado químico, análisis con tintas penetrantes. En anillos dañados, ejecución de nuevas perforaciones para fijación a las tapas laterales.
5.13.6		Mantenimiento general.
5.13.7		Reemplazo de uniones remachadas por empernadura.
5.14.1	Incorporación componente equivalente al original	Re-diseño del sistema de banda, tacos y fijación. Incorporación de los dispositivos inexistentes (freno N°1) y reemplazo de los actualmente instalados (freno N°2). Se busca estandarización.
5.14.2		
5.14.3		Diseño de nuevo sistema para accionamiento manual de emergencia.
5.14.4		Reemplazo total de empernadura y fijaciones.
5.15.1	Reparación y Reemplazo componentes	Mantenimiento general: retiro de pintura, lavado químico, tratamiento anticorrosivo, aplicación de esquema de pintura epóxica de alta resistencia. Reemplazo de parte delantera del marco base. Se considera perfil laminado IPN equivalente a los existentes. Todos los remaches retirados se reemplazarán por empernadura.
5.15.2.1		
5.15.2.2		
5.15.3		

ANEXO D: COTIZACIONES.



ITAL - CHILE LIMITADA
RUT 78.811.710-K
GIRO IMPORTACION Y COMERCIALIZACION DE HERRAMIENTAS
VICTOR MANUEL 1532 SANTIAGO
FONO.FAX (56-2) 555 5123
ventas@ital-chile.cl

FECHA	31 de mayo de 2016	COTIZACION Nº	41277
EMPRESA	Diego Diaz		
CONTACTO	Diego Diaz		
FONO	85-2773880	FAX	
E-MAIL	diegoe700@hotmail.com		

CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	DESCUENTO %	VALOR NETO FINAL
40	UN	Polin BS880/HP840 L: 350 mm, zincado, con rodamientos se	88.000		3.560.000
				SUB. TOTAL	3.560.000
				IVA 19%	676.400
				TOTAL A PAGAR	4.236.400

DESPACHO DENTRO DE SANTIAGO $ 6.000 + IVA

VALORES:	NETOS + IVA
F.PAGO	60 % anticipado, saldo contra entrega
P. ENTREGA	15 DIA HABILES
V. OFERTA	10 DIAS
L. ENTREGA	NUESTRA BODEGA

Atentamente,
HECTOR BAZAES LEIVA
ITAL-CHILE LTDA.
ventas@ital-chile.cl

DATOS BANCARIOS
BANCO BCI
Nº CTA.CTE 11383828
FAVOR ENVIAR COMPROBANTE

VISITENOS EN WWW.ITAL-CHILE.CL

MARDONES - BPB CREOSOTE TREATERS S.A.

PARA: SR. DIEGO DIAZ G.	DE: JOSE DEL RIO
EMPRESA:	FECHA: 30 de Diciembre de 2015
MAIL: daoge700@hotmail.com	PAGINAS: 1
RESPONDER A: ceoassistant@mardonesbpb.cl	ASUNTO: COTIZACION N° 1767/2015

Estimado Sr. Díaz:

De acuerdo a su solicitud tenemos el agrado de cotizar lo siguiente:

- Tipo de durmientes, escuadrías y precios según detalle en Tabla I:

TABLA I
COTIZACIÓN N° 1767/2015 - SR. DIEGO DIAZ G.

ITEM	CARACERISTICAS DEL MATERIAL						CANT.	VALOR NETO UNITARIO	TOTAL NETO
	DESCRIPCION	TRATAMIENTO	ESTANDAR	ESCUADRIA ESPESOR (pulg)	ESCUADRIA ANCHO (pulg)	ESCUADRIA LARGO (mt)		U.F.	U.F.
1	Durmiente aserrado	IMPREGNADO	EFE NT-01-01-07	6,00	8,00	4,30	95	2,421	230,0
2	Durmiente aserrado	IMPREGNADO	EFE NT-01-01-07	6,00	8,00	2,20	190	1,240	235,6
								NETO	466
								19%IVA	88
								TOTAL	554

NOTA:
- Los valores indicados se convierten a pesos chilenos al momento de la facturación.

- Plazo de Entrega: 40 días a contar de la recepción de la orden de compra.
- Forma y lugar de entrega: Cargado sobre piso camión nuestra Planta de Yumbel, VIII Región.
- Validez de la oferta: 15 días
- Forma de pago: 50% de anticipo con orden de compra, saldo contado previo a la entrega.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

José del Río Barra
Departamento de Operaciones

PF

Paulina Faundez

jue 10-12-2015, 15:56

Usted; 'Sergio Terc' (sterc@riel.cl); 'C.C.P.' (ccanas@riel.cl); 'Cristian Peña' (cpena@riel.cl)

Sr. Diego Díaz :

Agradecemos su solicitud de cotización y sometemos a su evaluación nuestra oferta por los materiales que seguidamente se describen:

63 unidades (748,88 m.) Riel nuevo ASCE de 80 Lb/Yd. (39,68 kg/m.) en 39' pies (11,887 m.) de largo, extremos perforados a $950.980/Un.

62 Pares Eclisas para riel 80AS con cuatro perforaciones y sus pernos correspondientes a $68.600/Pr.

530 unidades Sillas de asiento para riel 80AS, un hombro, para fijar con tirafondo No. 2 a $15.600/Un.

2.120 Un. Tirafondo No. 2 a $620/Un.

Precios más IVA, sobre camión en nuestra Bodega de Quilicura, Santiago.

Plazo de entrega: Rieles, Eclisas y Tirafondos entrega inmediata. Sillas en 45/50 días de recibida su Orden de Compra.

Forma de pago: 30 días fecha Factura. **Sujeta a la aprobación de nuestro Departamento de Crédito**.

Oferta válida hasta el 17/12/2015. **Sujeta a venta previa**.

Carguío:

Horario de Carga Lunes a Viernes.

08:00 - 13:00 Hrs. / 14:00 - 17:00 Hrs.

De acuerdo a la normativa vigente, Ley del Transito Nº 18.290 - Título V.

(Arts. 55-87) de "Las condiciones técnicas, de la carga y de las medidas de seguridad".

***Excedindus Ltda., "No" cargará materiales de dimensiones superiores a las que permite el vehículo que retira, es decir, no se carga sobredimensión lateral, longitudinal ó diagonal.**

***Rogamos a nuestros clientes tomar las previsiones del caso, para evitar inconvenientes en el despacho.**

Atte.,
Paulina Faúndez R.
Excedindus Ltda.
Fo : 56-2-2355 3100
Fx : 56-2-2355 3113
pfaundez@riel.cl
www.riel.cl

