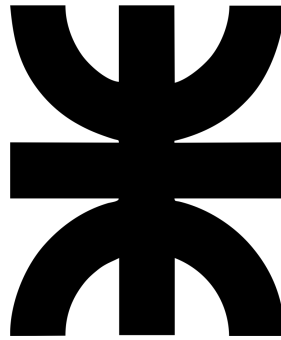


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

**Facultad Regional Paraná**



---

**“DISEÑO Y DESARROLLO DE UN  
SALVAESCALERAS Y DE SU PROCESO DE  
PRODUCCIÓN”**

---

**PROYECTO FINAL DE CARRERA  
Ingeniería Electromecánica**

**Autor**

Duarte Grinóvero Leandro Martín

**Docentes supervisores**

Ing. Gustavo Ruhl

Ing. Nicolás Maximino

**AÑO 2023**



## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi agradecimiento primeramente a mis padres, quienes con gran esfuerzo me brindaron la posibilidad de transitar y formar parte de la Universidad Tecnológica Nacional a lo largo de la carrera.

En segundo lugar deseo expresar mi agradecimiento a los profesores de la cátedra Gustavo Ruhl y Nicolás Maximino, quienes desde el inicio del proyecto me han logrado orientar de la mejor manera para la culminación del mismo.

Finalmente, agradezco también a mi pareja, hermanos, amigos, y compañeros de la facultad, quienes a lo largo de la carrera me han brindado el apoyo necesario en cada momento.

## RESUMEN

El presente proyecto final consiste en el diseño y cálculo de un sistema salvaescaleras para personas mayores o con condiciones de movilidad reducida; así como el delineamiento de su proceso de producción, teniendo en cuenta los equipamientos, maquinaria, herramientas y demás factores necesarios para dicho proceso.

Para la realización del proyecto, se tienen en cuenta aspectos legales, de seguridad, técnicos, económicos, de calidad y confort, ya que el objetivo del diseño es obtener un producto para producir y ofrecer en el mercado. Por este motivo se hará un presupuesto y estudio de mercado.

Se analizarán alternativas de diseño y de componentes a utilizar, así como alternativas en el proceso de fabricación, tal que se obtenga como resultado un producto competitivo, por lo que se estudiará también el mercado en cuanto a la oferta actual del producto.

Se realizará por último un layout con la distribución necesaria de los equipos seleccionados para el proceso productivo, así como un cómputo de materiales y presupuesto de inversión necesario, a fin de analizar la viabilidad financiera final del proyecto.

Palabras clave: salvaescaleras, proyecto, ingeniería, escalera, silla

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>1</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLA</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
1 Situación problemática y oportunidades	7
2 La idea: "Sillas salvaescaleras"	8
<b>ANTEPROYECTO</b>	<b>10</b>
<b>1 Objetivos</b>	<b>10</b>
1.1 Objetivos generales	10
1.2 Objetivos específicos	11
<b>2 Alcance del proyecto</b>	<b>12</b>
<b>3 Estudio de mercado</b>	<b>13</b>
3.1 Análisis del macroentorno	13
3.1.1 Magnitud del mercado	14
3.1.2 Características macroeconómicas	19
3.2 Análisis del microentorno	20
3.2.1 Demanda	21
3.2.2 Competencia	32
3.2.2.1 Características de los competidores	32
3.2.2.2 Características del producto	36
3.2.2.3 Precio	37
3.2.3 Proveedores	39
3.2.4 Análisis FODA	42
<b>4 Aspectos técnicos generales</b>	<b>44</b>
4.1 Requerimientos legales	44
4.2 Estándares del mercado	51
4.3 Requerimientos particulares	52
4.4 Análisis de alternativas	53
4.5 Diseño adoptado	53
<b>5 Presupuesto preliminar</b>	<b>58</b>
<b>6 Prefactibilidad</b>	<b>61</b>
6.1 Prefactibilidad técnica	61
6.2 Prefactibilidad económica	62
<b>PROYECTO</b>	<b>64</b>
<b><i>Ingeniería de detalle del salvaescaleras</i></b>	<b>65</b>
<b>7 Sistema de tracción</b>	<b>66</b>
7.1 Motor	66
7.2 Caja reductora y freno de seguridad	74
7.3 Cremallera	88

7.4 Paracaídas	89
7.5 Ensamblaje del conjunto	94
<b>8 Estructura del chasis</b>	<b>101</b>
8.1 Análisis previo	101
8.2 Diseño y configuración	105
8.2 Comprobación de fatiga	110
<b>9 Estructura del riel</b>	<b>112</b>
9.1 Análisis previo	112
9.2 Diseño y configuración	114
9.2 Comprobación de fatiga	121
9.3 Despiece	122
<b>10 Carros guiadores</b>	<b>126</b>
10.1 Análisis previo	126
10.2 Guiador inferior	126
10.2.1 Árbol de transmisión	130
10.3 Guiador superior	149
10.4 Comprobación de fatiga	153
<b>11 Accesorios y periféricos</b>	<b>158</b>
11.1 Reposapiés	158
11.2 Asiento y respaldo	161
11.3 Reposabrazos	164
11.4 Cobertura del chasis	165
11.5 Accesorios de los guiadores	168
11.6 Sistema de carga de baterías	170
<b>12 Sistema de potencia y automatización</b>	<b>173</b>
12.1 Componentes principales	173
12.2 Funcionamiento	176
12.3 Diagrama eléctrico	178
12.3 Cálculo de conductores	179
<b>13 Verificaciones finales</b>	<b>181</b>
13.1 Características del riel	181
13.2 Peso del salvaescaleras	184
13.3 Potencia requerida	185
13.4 Duración de las baterías	186
<b>14 Cómputo de materiales</b>	<b>188</b>
<b>Ingeniería de detalle del proceso de producción</b>	<b>196</b>
<b>15 Técnicas y procesos de fabricación utilizados</b>	<b>197</b>
15.1 Fabricación del chasis	197
15.2 Fabricación del riel	199
15.3 Fabricación de los guiadores	203
15.3.1 Guiador superior	203
15.3.2 Guiador inferior	205
15.4 Fabricación del reposapiés	206
15.5 Fabricación del asiento y respaldo	207
15.6 Fabricación de las coberturas metálicas	208

15.7 Pintura	209
<b>16 Preselección de equipos</b>	<b>211</b>
<b>17 Bienes de uso disponibles</b>	<b>212</b>
<b>18 Cálculo y selección final</b>	<b>217</b>
18.1 Mesa CNC (acero)	219
18.2 Mesa CNC (madera)	227
18.3 Máquina de corte para acero	228
18.4 Equipos de soldadura	242
18.5 Máquina agujereadora	253
18.6 Máquina plegadora	259
18.7 Equipo de pintura electrostática	275
18.7.1 Tratamiento previo	276
18.7.2 Equipo de aplicación	278
18.7.3 Cabina de pintura	282
18.7.4 Horno de curado	285
18.7.4.1 Transferencia de calor total	286
18.7.4.2 Consumo de gas estimado	293
18.7.5 Transporte de productos	294
18.8 Roladora de tubos	295
18.9 Dobladora de tubos	302
18.10 Mecanizado en torno	305
18.11 Otros equipamientos	306
18.11.1 Mesa de soldadura	306
18.11.2 Carretillas de transporte	308
18.11.3 Almacenamiento cantilever	311
18.11.4 Pórtico grúa	315
<b>19 Organización de la producción y layout</b>	<b>318</b>
19.1 Tipo de distribución adoptada	321
19.2 Factores de influencia	323
19.2.1 Factor material	323
19.2.2 Factor maquinaria y factor cambio	325
19.2.3 Factor humano	326
19.2.3.1 Número de trabajadores necesarios	328
19.2.3.2 Esquema organizacional	342
19.2.3.2 Distribución de tareas	343
19.2.4 Factor movimiento	345
19.2.5 Factor espera	349
19.2.7 Factor edificio	352
19.2.7.1 Necesidades de espacio	353
19.3 Layout	357
<b>20 Servicios de planta</b>	<b>368</b>
20.1 Sistema de aire comprimido	369
20.1.1 Compresor	369
20.1.2 Secador de aire	372
20.1.3 Pulmones de almacenamiento	375

20.1.4 Red de distribución	380
20.1.4.1 Dimensionamiento de diámetros	383
20.1.4.2 Cómputo de materiales	395
20.2 Ventilación	398
20.2.1 Dimensionamiento de la extracción	400
20.2.2 Cómputo de materiales	406
20.3 Iluminación	406
20.3.1 Cálculo de artefactos	407
20.3.2 Cómputo de materiales	417
20.4 Instalación eléctrica	417
20.4.1 Distribución de la instalación	418
20.4.2 Cálculo de conductores	421
20.4.3 Cálculo de cortocircuito	445
20.4.3.1 Cortocircuito en el tablero general	448
20.4.3.2 Cortocircuito en tableros secundarios	451
20.4.3.3 Cortocircuito en máquinas	452
20.4.3.4 Verificación de conductores	453
20.4.4 Aparatos de protección y maniobra	456
20.4.4.1 Tablero de acometida	456
20.4.4.2 Tablero principal	457
20.4.4.3 Tablero 1 “Empaquetado”	480
20.4.4.4 Tablero 2 “Iluminación y montacargas”	481
20.4.4.5 Tablero 3 “Montaje final”	483
20.4.4.6 Tablero 4 “Horno de curado”	484
20.4.4.7 Tablero 5 “Cabina y equipo de pintura”	486
20.4.4.8 Tablero 6 “Soldadura del chasis MAG”	488
20.4.4.9 Tablero 7 “Futuro mecanizado en torno”	491
20.4.4.10 Tablero 8 “Plasma CNC”	491
20.4.4.11 Tablero 9 “Futuro router CNC”	494
20.4.4.12 Tablero 10 “Agujereado y plegado”	494
20.4.4.13 Tablero 11 “Soldadura del riel MMA”	497
20.4.4.14 Tablero 12 “Rolado de metales”	500
20.4.4.15 Tablero 13 “Corte de metales”	502
20.4.4.16 Tablero 14 “Uso general”	505
20.4.4.17 Tablero 15 “Sistema de aire comprimido”	507
20.4.4.18 Tablero 16 “Planta baja, oficina y sanitarios”	510
20.4.4.12 Tablero 17 “Planta alta”	511
20.4.4.12 Tableros 18,19,20 y 21 “Oficinas PA”	514
20.4.5 Puesta a tierra	515
20.4.6 Factor de potencia	520
20.4.6.1 Factor de potencia sin corrección	521
20.4.6.2 Corrección del factor de potencia	523
20.4.6.3 Banco de capacitores	524
20.4.7 Cómputo de materiales	525
<b>21 Análisis económico financiero</b>	<b>528</b>

---

21.1 Mercado potencial, precio y comercialización	529
21.2 Inversión inicial	531
21.3 Costos de funcionamiento	534
21.3.1 Mano de obra	535
21.3.2 Materia prima	535
21.3.3 Insumos	536
21.3.4 Otros	537
21.4 Impuestos	541
21.5 Financiamiento y puesta en marcha	542
21.6 Flujo proyectado de ingresos y egresos	543
21.6 VAN y TIR	546

# ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ejemplos salvaescaleras
- Figura 2. Distribución porcentual de la población argentina
- Figura 3. Proyección de la población mayor a 60 años en Argentina
- Figura 4. Calidad de vida y salud de la población por tipo de problema
- Figura 5. Tasa de participación de la población de 65 años y más
- Figura 6. Porcentaje de población con dificultad
- Figura 7. Porcentaje de población con dificultad
- Figura 8. Hogares con al menos una persona con dificultad (2018)
- Figura 9. Hogares que requieren reformas (2018)
- Figura 10. Anuncios de salvaescaleras
- Figura 11. Pedidos de cotización en anuncio
- Figura 12. Matriz FODA
- Figura 13. Riel simple ejemplo
- Figura 14. Riel doble ejemplo
- Figura 15. Croquis diseño objetivo
- Figura 16. Diagrama de cuerpo libre
- Figura 17. Fuerzas, diagrama de cuerpo libre
- Figura 18. Motor 59L2403 24 Vcc 250 W
- Figura 19. Dimensiones motor 59L2403
- Figura 20. Curvas de funcionamiento motores 59L
- Figura 21. Freno tipo utilizado en salvaescaleras
- Figura 22. Reductor Lavandera 2220MR de 1998
- Figura 23. Freno electromagnético Lavandera
- Figura 24. Reductor 2220 MR año 2023 Lavandera
- Figura 25. Reductor usado/nuevo
- Figura 26. Conjunto reductor - freno. Lavandera
- Figura 27. Aplicaciones anteriores reductor/cremallera dentada
- Figura 28. Cremallera M4 Acero
- Figura 29. Experiencia práctica paracaídas, elementos
- Figura 30. Experiencia práctica paracaídas, procedimiento
- Figura 31. Brida motor-reductor



- Figura 32. Conjunto explosionado motor-brida-reductor
- Figura 33. Acople estriado de fábrica
- Figura 34. Chaveta tipo Rollpin
- Figura 35. Croquis chaveta
- Figura 36. Resolución chaveta acoplamiento, Symbolab
- Figura 37. Acoplamiento motor-reductor
- Figura 38. Motorreductor ensamblado
- Figura 39. Disposición horizontal
- Figura 40. Disposición vertical
- Figura 41. Disposición oblicua adoptada
- Figura 42. Conjunto chasis/motorreductor
- Figura 43. Chasis, ensayo estático de tensiones
- Figura 44. Chasis, ensayo estático deformaciones resultantes
- Figura 45. Chasis, ensayo de fatiga
- Figura 46. Croquis disposición de rieles
- Figura 47. Dimensionamiento diámetro de rieles
- Figura 48. Estructura final del riel
- Figura 49. Estructura final del riel 2
- Figura 50. Ensayo riel en condición crítica
- Figura 51. Ensayo riel en condición real
- Figura 52. Ensayo riel, deformaciones
- Figura 53. Riel, ensayo de fatiga
- Figura 54. Soporte parante
- Figura 55. Soporte "C"
- Figura 56. Soporte de la cremallera
- Figura 57. Empalme de riel
- Figura 58. Guiador inferior
- Figura 59. Guiador inferior
- Figura 60. Soportes autocentrante UCF UCFL y rodamiento 6006 2rs
- Figura 61. Chasis y guiador inferior
- Figura 62. Chaveta de acoplamiento
- Figura 63. Dimensiones finales, chaveta de acoplamiento
- Figura 64. Chaveta del piñón
- Figura 65. Árbol y apoyos

- Figura 66. Diagrama de cuerpo libre X-Y, eje
- Figura 67. Diagrama de esfuerzos X-Y
- Figura 68. Diagrama de cuerpo libre X-Z, eje
- Figura 69. Diagrama de esfuerzos X-Z
- Figura 70. Cálculo diámetro, symbolab
- Figura 71. Cálculo diámetro 2, symbolab
- Figura 72. Cálculo vida útil de los rodamientos
- Figura 73. Dimensiones finales, árbol de transmisión y UCF
- Figura 74. Árbol de transmisión y soportes UCFL
- Figura 75. Plegados guiador superior
- Figura 76. Carros guiador superior
- Figura 77. Guiador superior recta
- Figura 78. Guiador superior, curva vertical
- Figura 79. Guiador superior, curva horizontal adentro
- Figura 80. Guiador superior, curva horizontal afuera
- Figura 81. Ensayo estático guiador inferior
- Figura 82. Ensayo estático guiador superior
- Figura 83. Guidores, ensayo de fatiga
- Figura 84. Estructura interna, reposapiés
- Figura 85. Base MDF, reposapiés
- Figura 86. Reposapiés terminado
- Figura 87. Reposapiés, ensayo de tensiones
- Figura 88. Reposapiés, ensayo de fatiga
- Figura 89. Asiento y respaldo
- Figura 90. Asiento abatible
- Figura 91. Reposabrazos
- Figura 92. Plegados, cobertura
- Figura 93. Cobertura
- Figura 94. Accesorios de la cobertura
- Figura 95. Perilla a modificar, uso manual
- Figura 96. Plegados de los guidores
- Figura 97. Guiador superior, accesorios
- Figura 98. Guiador inferior, accesorios
- Figura 99. Guidores, disposición

- Figura 100. Soporte y punto de carga
- Figura 101. Cargador de baterías inteligente 24V
- Figura 102. Diagrama eléctrico
- Figura 103. Separaciones entre rieles
- Figura 104. Tipos de curvas
- Figura 105. Batería tipo, 12V 7Ah
- Figura 106. Máquina dobladora automática
- Figura 107. Máquina roladora
- Figura 108. Mecanizado de carro guiador y eje de rotación
- Figura 109. Soporte guiador inferior
- Figura 110. Árbol de transmisión y rueda guiadora
- Figura 111. Pintura electrostática en polvo
- Figura 112. Corte por plasma
- Figura 113. Corte por láser
- Figura 114. Corte por chorro de agua
- Figura 115. Especificaciones pantógrafo VPR 1530
- Figura 116. Características pantógrafo VPR 1530
- Figura 117. Fuente plasma CNC
- Figura 118. Intercut VPR 1530
- Figura 119. Tope de registro en cortadoras
- Figura 120. Disco dentado para corte de acero
- Figura 121. Sensitiva con disco dentado
- Figura 122. Sierra cinta semiautomática
- Figura 123. Sierra cinta automática de doble columna
- Figura 124. Cortadora láser de tubos
- Figura 125. Corte láser de un tubo
- Figura 126. Sierra Cutmac S12BGP
- Figura 127. Especificaciones Cutmac S12BGP
- Figura 128. Características 1 Cutmac S12BGP
- Figura 129. Características 2 Cutmac S12BGP
- Figura 130. Soldadora ESAB 162i, MMA inverter
- Figura 131. Soldadora ESAB 162i, MMA inverter
- Figura 132. Características soldadora ESAB 162i
- Figura 133. Especificaciones soldadora ESAB 162i

- 
- Figura 134. Soldadora MAG Omaha 150HS
  - Figura 135. Especificaciones MAG Omaha 150HS
  - Figura 136. Soldadora CompactMIG 215i ESAB
  - Figura 137. Soldadora CompactMIG 215i ESAB
  - Figura 138. Características CompactMIG 215i ESAB
  - Figura 139. Morsa plana 4"
  - Figura 140. Agujereadora Kommmberg KB - TB16
  - Figura 141. Características Kommmberg KB - TB16
  - Figura 142. Morsa en cruz 6" Barbero
  - Figura 143. Agujereadora Barbero TTC 32
  - Figura 144. Plegadora manual
  - Figura 145. Plegadora manual/hidráulica
  - Figura 146. Plegadora hidráulica
  - Figura 147. Plegado del chasis. Medidas en [mm]
  - Figura 148. Abertura de matriz y ala mínima
  - Figura 149. Plegadora MP-PH50-15
  - Figura 150. Plegadora MP-PH50-15
  - Figura 151. Plegadora RMG manual
  - Figura 152. Plegadora RMG manual
  - Figura 153. Batea de pretratamiento
  - Figura 154. Equipo electrostático EC-40-200D
  - Figura 155. Equipo electrostático EC-40-200D
  - Figura 156. Características EC-40-200D
  - Figura 157. Cabina de pintura
  - Figura 158. Horno de curado
  - Figura 159. Automatización horno de curado
  - Figura 160. Sistema llama directa
  - Figura 161. Carro de transporte
  - Figura 162. Diagrama roladora de 3 rodillos
  - Figura 163. Roladora manual
  - Figura 164. Roladora hidráulica
  - Figura 165. Roladora HBM-50HV
  - Figura 166. Roladora HBM-50HV
  - Figura 167. Roladora HBM-50HV

- 
- Figura 168. Características HBM-50HV
  - Figura 169. Parámetros de plegado HBM-50HV
  - Figura 170. Parámetros de plegado HBM-50HV
  - Figura 171. Dobladora de tubos manual
  - Figura 172. Dobladora de tubos MDC-2
  - Figura 173. Dobladora de tubos MDC-2
  - Figura 174. Juego de conformadores MDC-2
  - Figura 175. Mesa de soldadura SONAXING
  - Figura 176. Mesa de soldadura SONAXING
  - Figura 177. Carro de transporte de placas
  - Figura 178. Carro porta herramientas TC 1350
  - Figura 179. Características TC 1350
  - Figura 180. Estanterías cantilever tipo
  - Figura 181. Estanterías cantilever a medida
  - Figura 182. Ménsulas inferiores
  - Figura 183. Ménsulas superiores
  - Figura 184. Pórtico grúa MP-PG2T
  - Figura 185. Pórtico grúa MP-PG2T
  - Figura 186. Esquema organizacional
  - Figura 187. Diagrama de Gantt, producción
  - Figura 188. Patrón de flujo de fabricación
  - Figura 189. Patrón de flujo de fabricación
  - Figura 190. Patrón de circulación general
  - Figura 191. Flujo de movimiento
  - Figura 192. Sectores de producción, vista en planta
  - Figura 193. Layout definitivo, vista en perspectiva
  - Figura 194. Sector de almacenamiento y limpieza de acero
  - Figura 195. Sectores de corte y rolado
  - Figura 196. Sector de agujereado, plegado y almacenes
  - Figura 197. Sector de soldadura del riel
  - Figura 198. Sector de cortes especiales (plasma)
  - Figura 199. Sector de soldadura del chasis
  - Figura 200. Almacén de componentes a pintar
  - Figura 201. Sector de pintura

- Figura 202. Sector de armado final y almacenes
- Figura 203. Sector de empaquetado y despacho
- Figura 204. Distribución de almacenes
- Figura 205. Compresor CTE-10D
- Figura 206. Compresor CTE-10D
- Figura 207. Características CTE-10D
- Figura 208. Secador SE-10
- Figura 209. Cálculo pulmón de almacenamiento
- Figura 210. Depósito Motto 300/100 Litros
- Figura 211. Purgador automático de condensado
- Figura 212. Filtro coalescente FCD C30
- Figura 213. Características FCD C30
- Figura 214. Red neumática cerrada
- Figura 215. Red neumática abierta
- Figura 216. Red neumática de la planta
- Figura 217. Tramo principal
- Figura 218. Diámetros comerciales Polimex Argentina
- Figura 219. Tabla longitudes equivalentes de accesorios
- Figura 220. Esquema red neumática
- Figura 221. Accesorios de las acometidas
- Figura 222. Configuraciones de ventilación
- Figura 223. Extractor eólico y rejilla de ventilación
- Figura 224. Extracción adoptada
- Figura 225. Caudal de extractores eólicos
- Figura 226. Extractor de pared
- Figura 227. Características extractor de pared
- Figura 228. Sectores para iluminación
- Figura 229. Lámpara 100W y campana colgante
- Figura 230. DIALUX, características lámpara 100W
- Figura 231. Reflexiones de los colores
- Figura 232. Resultados Dialux
- Figura 233. Distribución física de luminarias
- Figura 234. Distribución de luminarias en las fases
- Figura 235. Características artefactos de aplicar DIALUX

- Figura 236. Artefactos seleccionados
- Figura 237. Distribución eléctrica y equipos
- Figura 238. Distribución eléctrica
- Figura 239. Distribución eléctrica en planta
- Figura 240. Catálogo SERMATEL
- Figura 241. Acometida - tablero principal
- Figura 242. Tablero principal - tablero 2
- Figura 243. Tablero principal - Tableros 1-3-4-5
- Figura 244. Tablero principal - Tableros 6 y 7
- Figura 245. Tablero principal - Tableros 8 y 9
- Figura 246. Tablero principal - Tableros 10 y 11
- Figura 247. Tablero principal - Tableros 12, 13 y 14
- Figura 248. Tablero principal - tablero 15
- Figura 249. Tablero principal - tablero 16 - tomacorrientes
- Figura 250. Tablero principal - tablero 17
- Figura 251. Seccionador HR 171, acometida
- Figura 252. Fusible NH1 250A
- Figura 253. Curva de disparo fusible NH1
- Figura 254. Esquema de tablero general
- Figura 255. ID TP - Tableros 1/3/4/5 y 6/7
- Figura 256. IT TP - Tableros 1/3/4/5
- Figura 257. IT TP - Tableros 6/7
- Figura 258. Curva de disparo IT TP - Tableros 1/3/4/5 y 6/7
- Figura 259. ID TP - Tablero 2
- Figura 260. IT TP - Tablero 2
- Figura 261. Curva de disparo IT TP - Tablero 2
- Figura 262. ID TP - Tableros 8/9
- Figura 263. IT TP - Tableros 8/9
- Figura 264. Curva de disparo IT TP - Tableros 8/9
- Figura 265. ID TP - Tableros 10/11 y 12/13/14
- Figura 266. IT TP - Tableros 10/11
- Figura 267. IT TP - Tablero 12/13/14
- Figura 268. Curva de disparo IT TP - Tableros 10/11 y 12/13/14
- Figura 269. ID TP - Tablero 15

- Figura 270. IT TP - Tablero 15
- Figura 271. Curva de disparo IT TP - Tablero 15
- Figura 272. ID TP - Tableros 16 y 17
- Figura 273. IT TP - Tablero 16
- Figura 274. IT TP - Tablero 17
- Figura 275. Curva de disparo IT TP - Tableros 16 y 17
- Figura 276. Esquema de tablero 1
- Figura 277. IT Tablero 1 - Tomacorrientes
- Figura 278. Esquema de tablero 2
- Figura 279. IT (x3) Tablero 2 - Luminarias
- Figura 280. Esquema de tablero 3
- Figura 281. IT Tablero 3 - Tomacorrientes
- Figura 282. Esquema de tablero 4
- Figura 283. IT Tablero 4 - Horno de curado
- Figura 284. Esquema de tablero 5
- Figura 285. IT Tablero 5 - Cabina de pintura
- Figura 286. IT Tablero 5 - Equipo de aplicación
- Figura 287. Curva de disparo IT T5 - Cabina de pintura
- Figura 288. Esquema de tablero 6
- Figura 289. IT Tablero 6 - Soldadora
- Figura 290. Curva de disparo IT T6 - Soldadora MAG
- Figura 291. Esquema de tablero 8
- Figura 292. IT Tablero 8 - Plasma CNC
- Figura 293. Curva de disparo IT T6 - Soldadora MAG
- Figura 294. Esquema de tablero 10
- Figura 295. IT Tablero 10 - Agujereadora chica
- Figura 296. IT Tablero 10 - Agujereadora grande
- Figura 297. Curva de disparo IT T10 - Agujereadoras
- Figura 298. Esquema de tablero 11
- Figura 299. IT Tablero 11 - Soldadora
- Figura 300. Curva de disparo IT T11 - Soldadora MMA
- Figura 301. Esquema de tablero 12
- Figura 302. IT Tablero 12 - Roladora
- Figura 303. Curva de disparo IT T12 - Roladora



- Figura 304. Esquema de tablero 13
- Figura 305. IT Tablero 13 - Sensitiva
- Figura 306. IT Tablero 13 - Sierra cinta
- Figura 307. Curva de disparo IT T13 - Sensitiva/ sierra cinta
- Figura 308. Esquema de tablero 14
- Figura 309. IT Tablero 14 - Tomacorrientes
- Figura 310. Esquema de tablero 15
- Figura 311. IT Tablero 15 - Compresor
- Figura 312. IT Tablero 15 - Secador
- Figura 313. Curva de disparo IT T15 - Compresor
- Figura 314. Esquema de tablero 16
- Figura 315. IT Tablero 16 - Tomacorrientes
- Figura 316. Esquema de tablero 17
- Figura 317. IT (x4) Tablero 17 - Tableros 18/19/20/21
- Figura 318. Curva de disparo IT T17 - T18/19/20/21/22
- Figura 319. IT (x4) Tableros 18/19/20/21
- Figura 320. Conductor de puesta a tierra, AEA
- Figura 321. Caja de inspección y jabalina
- Figura 322. Modelos bancos de capacitores, ENEXAR
- Figura 323. VAN - Tiempo

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Población mayor con dependencia básica por tipo de actividad
- Tabla 2. Ingresos y tipo de gasto de los distintos tipos de hogares (2017)
- Tabla 3. Viviendas particulares por tipo de vivienda
- Tabla 4. Cantidad de dificultad motora inferior (2018)
- Tabla 5. Deciles de escala de ingreso (2022)
- Tabla 6. Características de la competencia
- Tabla 7. Características del producto
- Tabla 8. Precios de salvaescaleras en el mercado
- Tabla 9. Resumen de precios de salvaescaleras en el mercado
- Tabla 10. Proveedores
- Tabla 11. Presupuesto preliminar aproximado
- Tabla 12. Resumen presupuesto preliminar
- Tabla 13. Motores serie 59L
- Tabla 14. Componentes sistema eléctrico
- Tabla 15. Corriente admisible estimada en conductores
- Tabla 16. Sección de conductores
- Tabla 17. Separación entre centros y entre rieles
- Tabla 18. Radios de curva mínimos del riel
- Tabla 19. Peso de los componentes
- Tabla 20. Cómputo de materiales
- Tabla 21. Bienes de uso disponibles
- Tabla 22. Criterios de selección
- Tabla 23. Alternativas en pantógrafos
- Tabla 24. Alternativas en cortadoras
- Tabla 25. Características TTC 32
- Tabla 26. Abertura de matriz recomendada
- Tabla 27. Valor del radio interior
- Tabla 28. Tabla de tonelaje de plegado
- Tabla 29. Trabajadores actuales de la empresa
- Tabla 30. Tiempo básico de fabricación
- Tabla 31. Tiempos suplementarios (OIT)

- Tabla 32. Área de maquinaria y equipos
- Tabla 33. Consumos de aire
- Tabla 34. Diámetros de tuberías
- Tabla 35. Cómputo de materiales, red neumática
- Tabla 36. Renovaciones/hora según actividad
- Tabla 37. Cómputo de materiales, ventilación
- Tabla 38. Cómputo de materiales, iluminación
- Tabla 39. Cargas eléctricas por tablero
- Tabla 40. Características transformador de distribución
- Tabla 41. Características cortocircuito de la red
- Tabla 42. Conductores por tablero
- Tabla 43. Corriente de cortocircuito en tableros
- Tabla 44. Corriente de cortocircuito en máquinas
- Tabla 45. Tiempo admisible de cortocircuito, tableros
- Tabla 46. Tiempo admisible de cortocircuito, máquinas
- Tabla 47. Consumos de los tableros seccionales
- Tabla 48. Características interruptores diferenciales BAW
- Tabla 49. Características interruptores termomagnéticos BAW
- Tabla 50. Protecciones del TP para T1/3/4/5/6/7
- Tabla 51. Protecciones del TP para T2
- Tabla 52. Protecciones del TP para T8/9
- Tabla 53. Protecciones del TP para T10/11 y 12/13/14
- Tabla 54. Protecciones del TP para T15
- Tabla 55. Protecciones del TP para T16 y 17
- Tabla 56. Consumos Tablero 1
- Tabla 57. Consumos Tablero 2
- Tabla 58. Consumos Tablero 3
- Tabla 59. Consumos Tablero 4
- Tabla 60. Consumos Tablero 5
- Tabla 61. Consumos Tablero 6
- Tabla 62. Consumos Tablero 7
- Tabla 63. Consumos Tablero 8
- Tabla 64. Consumos Tablero 9
- Tabla 65. Consumos Tablero 10

- Tabla 66. Consumos Tablero 11
- Tabla 67. Consumos Tablero 12
- Tabla 68. Consumos Tablero 13
- Tabla 69. Consumos Tablero 14
- Tabla 70. Consumos Tablero 15
- Tabla 71. Consumos Tablero 16
- Tabla 72. Consumos Tablero 17
- Tabla 73. Conductores de puesta a tierra
- Tabla 74. Cargas simultáneas, corrección del FP
- Tabla 75. Cómputo de materiales, conductores
- Tabla 76. Cómputo de materiales, protecciones y accesorios
- Tabla 77. Comercialización y distribución del producto
- Tabla 78. Inversión inicial
- Tabla 79. Costo del personal
- Tabla 80. Insumos principales
- Tabla 81. Costo variable energía eléctrica
- Tabla 82. Costo fijo energía eléctrica
- Tabla 83. Flujo de caja períodos 1 y 2
- Tabla 84. Flujo de caja períodos 3 y 4
- Tabla 85. Flujo de caja períodos 5 y 6
- Tabla 86. Flujo de caja períodos 7 y 8
- Tabla 87. Flujo de caja períodos 9 y 10
- Tabla 88. VAN y TIR

# INTRODUCCIÓN

## 1 Situación problemática y oportunidades

En Argentina, como en muchos países con similares características de América Latina y del mundo, se han observado cambios progresivos en el comportamiento del crecimiento y dinámica poblacional; tanto que han puesto de manifiesto la necesidad de repensar las políticas públicas sociosanitarias.

Entre los principales cambios, se ha observado el aumento de la expectativa de vida y la disminución de la natalidad, lo que impacta en las pirámides poblacionales aumentando los porcentajes de las personas de 60 años y más.

Según los relevamientos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC), ya para el año 2010 en Argentina, la edad mediana alcanzó los 30 años y la población de 60 años y más ascendió al 14,3% es decir alrededor de 6 millones de personas

Sin embargo, si bien la expectativa de vida ha aumentado, se ha dado también un cambio del patrón de enfermedades, que obliga a pensar en la calidad de esos años vividos, teniendo en cuenta que las enfermedades crónicas o por causas externas, pueden traer discapacidad y dependencia severa manifestándose con más intensidad a partir de los 60 años.

Según los datos recopilados en la Encuesta Nacional sobre Calidad de Vida de Adultos Mayores de 2012, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo, alrededor del 10% de los adultos mayores presenta dependencia básica, siendo subir la escalera, el tipo de actividad en la que mayor dependencia existe.

Tipo de actividad	Necesidad de ayuda de una persona para realizarla	
	Sí	No
	%	
Comer en un tiempo razonable, incluyendo cortar la comida, llenar los vasos, etcétera	1,9	98,1
Vestirse o desvestirse, incluyendo atarse los cordones	4,0	96,0
Bañarse, incluyendo entrar o salir de la ducha o bañera	4,1	95,9
Peinarse, lavarse los dientes o lavarse la cara	1,6	98,4
Usar el inodoro o higienizarse	1,9	98,1
Acostarse o levantarse de la cama	2,8	97,2
Andar de un lado a otro de la casa	2,1	97,9
Subir y bajar escaleras	8,2	91,8

Tabla 1. Población mayor con dependencia básica por tipo de actividad

En este proyecto formarán parte del estudio además del sector de la población de adultos mayores, las personas con dificultades motoras o movilidad reducida.

Un 10,2% de la población total en Argentina posee algún tipo de dificultad (relevamientos INDEC año 2018), de las cuales el 25% presentan dificultades motoras, lo que representa aproximadamente 1 millón de personas de diversas edades, con dificultad de movimiento.

Es decir, con el incremento en la población, surgen nuevos problemas de salud que van requiriendo nuevas necesidades.

## 2 La idea: “Sillas salvaescaleras”

Las limitaciones de movilidad no tienen por qué convertirse en un impedimento en el desarrollo de las rutinas. Las ayudas técnicas actuales permiten adaptar el espacio y los movimientos de los adultos mayores o de las personas con movilidad reducida de tal modo que tengan la posibilidad de seguir realizando tareas básicas en sus hogares, como subir la escalera, lo que se traduce en una mayor autonomía y en una mayor calidad de vida.

Nadie supone, en principio, que tareas que parecen ser tan sencillas como subir una escalera, pueden suponer un gran inconveniente para algunas personas con el paso del tiempo o debido a una condición de movilidad reducida, a tal punto de llevar a una familia a mudarse de sus casas o vivir en dos plantas tal como si fuera una sola. Sin embargo es una problemática que existe, y que se debe atender.

Es a partir de esta necesidad y de vivencias personales, que surge la oportunidad o idea del proyecto. Un proyecto que aportaría a este sector de nuestra sociedad una mejora notable de la calidad de vida, y que permita al mismo tiempo obtener un rédito económico que lo haga sustentable en el tiempo.

Los salvaescaleras son sillas automatizadas que se desplazan por un riel anclado a la escalera, transportando a la persona a lo largo de la misma y sin realizar esfuerzo alguno.

Se muestran a continuación, imágenes de salvaescaleras propios, fabricados con anterioridad e instalados en las ciudades de Rosario, y Paraná.



Figura 1. Ejemplos salvaescaleras

# ANTEPROYECTO

Esta etapa, denominada "Anteproyecto" sirve para esquematizar las líneas temáticas que se pretenden desarrollar en el proyecto y permite organizar ideas en general.

Se desarrollan de manera previa, general y flexible de modificaciones posteriores, los siguientes temas:

- Objetivos
- Alcance del proyecto
- Estudio de mercado
- Aspectos técnicos generales
- Presupuesto preliminar
- Prefactibilidad

## 1 Objetivos

### 1.1 Objetivos generales

El objetivo general del proyecto es diseñar un salvaescaleras y delinear su proceso de fabricación.

Se desarrollará el proyecto en las instalaciones de mi taller particular sito en calle Los Tilos 2011, de la Ciudad de Paraná, donde desarrollo mi actividad comercial relacionada a la fabricación y mantenimiento de sistemas electromecánicos en general. Allí dispongo de espacio físico, herramientas, máquinas y componentes para realizar experimentaciones prácticas. Además se utilizará información y



estadísticas obtenidas a partir de los años trabajados en esta actividad (cantidad de ventas, cotizaciones, experiencia, proveedores, etc.)

## **1.2 Objetivos específicos**

En cuanto al diseño del salvaescaleras, los objetivos específicos son los de obtener como resultado un producto que:

- Pueda fabricarse con componentes disponibles en el mercado local (Argentina)
- Pueda instalarse en escaleras rectas o curvas
- Sea seguro y fácil de usar
- Tenga similares características a los equipos importados, y que su costo sea competitivo con respecto a estos
- Cumpla con normativas del producto
- Sea estéticamente agradable

En cuanto al proceso de fabricación, los objetivos específicos son obtener un proceso de producción que:

- Sea eficiente en cuanto a la utilización de los recursos
- Sea viable y cuyas técnicas estén disponibles en el mercado local
- Su costo operativo se corresponda con el potencial de ingresos a generar
- Su costo de inversión inicial sea el establecido en los alcances del proyecto
- Su capacidad sea la determinada en los alcances del proyecto

## 2 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto permite poder determinar de manera clara, sencilla y concreta los objetivos que se intentarán alcanzar.

Para definir el alcance y los objetivos, se intenta que estos sean específicos, medibles, y realistas.

Se establece el alcance del proyecto según las siguientes consideraciones:

- **Diseño y cálculo:** del salvaescaleras y de su proceso de fabricación
- **Cálculo y selección:** de máquinas y equipos necesarios
- **Layout:** de planta para un área cubierta de aproximadamente 200[m2]
- **Inversión inicial:** menor al monto máximo de las líneas de créditos para emprendimientos del Ministerio de Economía de la República Argentina (\$100.000.000,00) Financiado por FONDEP.

## **3 Estudio de mercado**

Introducir un producto en cualquier mercado competitivo es una tarea compleja y que requiere de planificación y previsión, de tal manera que los resultados sean lo más próximos a los esperados. Por ello es necesario analizar tanto los factores externos del entorno como también los factores internos, y de esta manera, determinar aspectos como las fortalezas u oportunidades del proyecto, para lograr un posicionamiento correcto en el mercado.

Antes de empezar a definir el mercado en el que se ofrecerá el producto, hay que realizar un análisis genérico, ya que todo mercado pertenece a un entorno general y en un entorno sectorial determinado.

Seguidamente se realizará un análisis del microentorno y se podrá finalmente plantear una matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) para tener una visión general y rápida del análisis completo.

### **3.1 Análisis del macroentorno**

El análisis del macroentorno consiste en conocer los factores externos, su finalidad es la de poder adaptar el proyecto a estos y lograr los mejores resultados posibles. Si bien los cambios del entorno no pueden ser controlados, sí se puede determinar cuál es el nivel de incidencia en el proyecto.

Como se mencionó anteriormente en la introducción, es en esta etapa del proyecto que son parte del estudio los sectores de la población de adultos mayores, y las personas con dificultades motoras. A fin de determinar cualitativa y

cuantitativamente, y en líneas generales, el mercado potencial al cual se puede ofrecer el producto.

### 3.1.1 Magnitud del mercado

En Argentina, se realiza un estudio denominado “Dosier estadístico de las personas de edad” llevado a cabo por el INDEC, del cual se hace uso a continuación.

Los informes de este estudio, indican que en el año 1914, la mitad de la población del país tenía hasta 20 años y la de 60 años y más representaba el 4%. Casi un siglo después (2010) la edad mediana alcanzó los 30 años y la población de 60 años y más ascendió al 14,3%, lo que indica que la parte de la población correspondiente a los adultos mayores aumenta con el paso de los años.

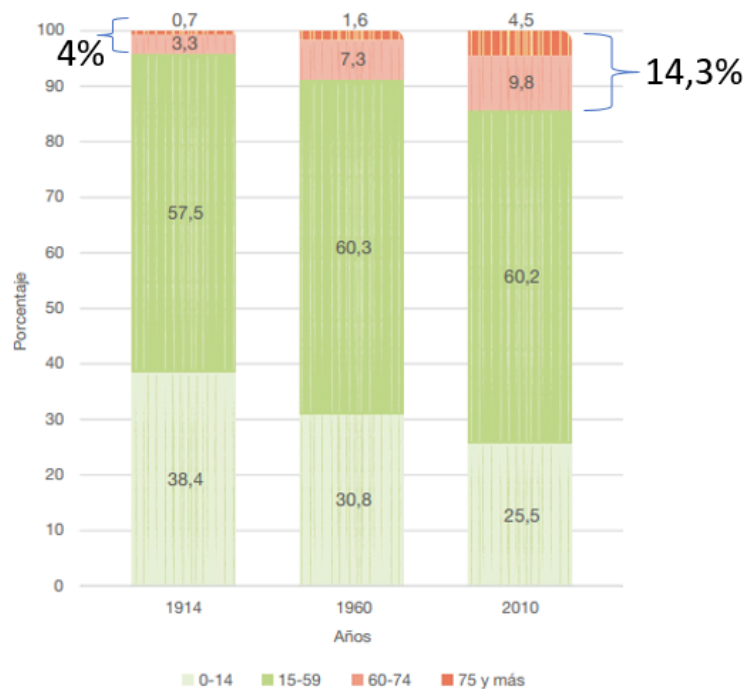


Figura 2. Distribución porcentual de la población argentina

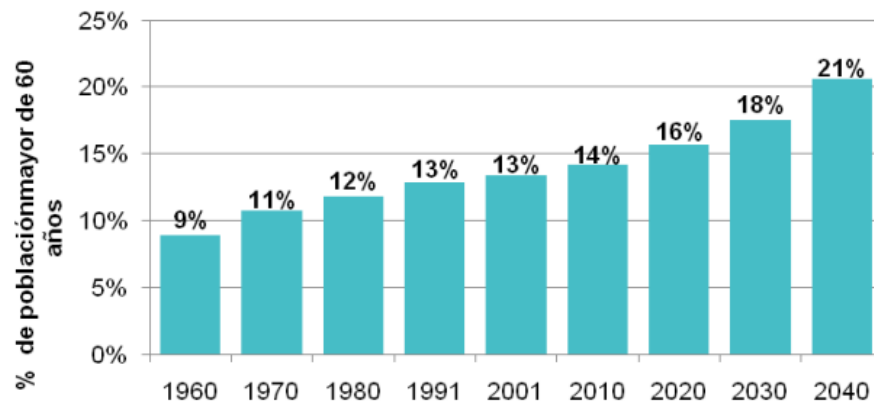


Figura 3. Proyección de la población mayor a 60 años en Argentina

Lo anterior quiere decir que el mercado en el cual ingresaría el producto, es un mercado con demanda en continuo crecimiento.

A medida que se envejece, las personas presentan una mayor limitación para la realización de actividades básicas de la vida y una creciente demanda de cuidado, a causa del deterioro físico y la mayor incidencia de enfermedades y discapacidades.

De los adultos mayores:

- El 42,4% presenta algún tipo de dolor o malestar, lo que incluye por ejemplo dolores en las rodillas
- El 30,2% presenta algún problema de movilidad
- El 17,2% presenta problemas relacionados a actividades de la vida cotidiana (subir escaleras por ejemplo)

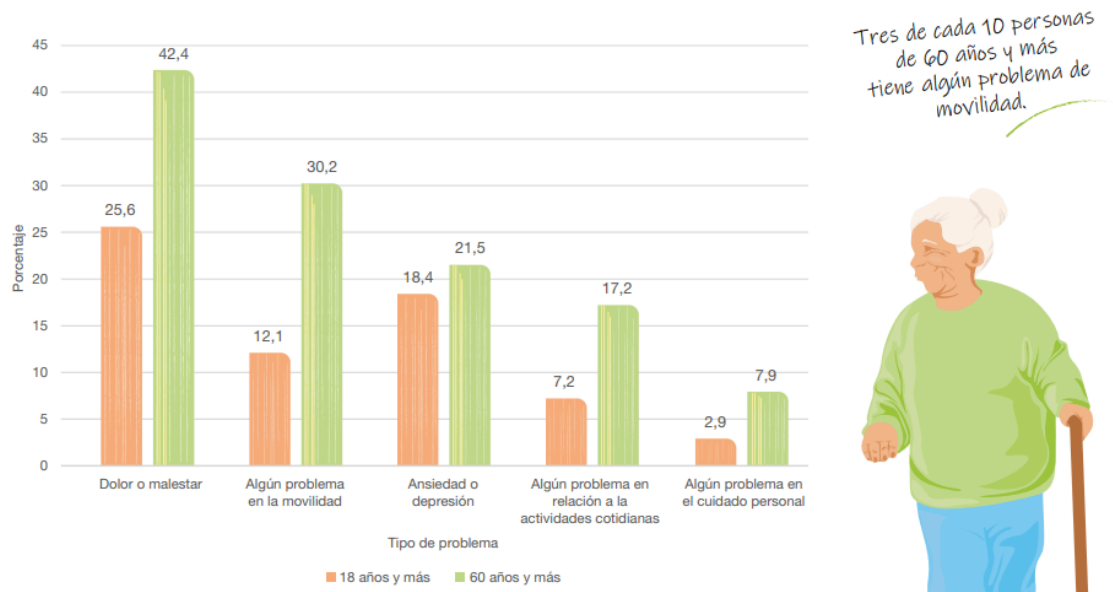


Figura 4. Calidad de vida y salud de la población por tipo de problema

Es muy valioso entonces, que desarrollen actividades físicas que contribuyan a atravesar ese período de la vida de una manera más saludable y con mayor independencia y autonomía, situación en la que el salvaescaleras se vuelve de gran importancia en la vida cotidiana de la persona.

Otro dato que es muy importante es el tipo de actividad en la vejez. Los adultos mayores ocupan la mayor parte de su tiempo en las tareas domésticas, es allí en donde pasan mayor parte del tiempo. Casi 94 de cada 100 mujeres realizan trabajo doméstico en el hogar. En el caso de los varones, lo hacen 82 de cada 100.

Esto significa que la vivienda debe estar adaptada a ellos, para brindarles seguridad, comodidad y autonomía en el día a día.

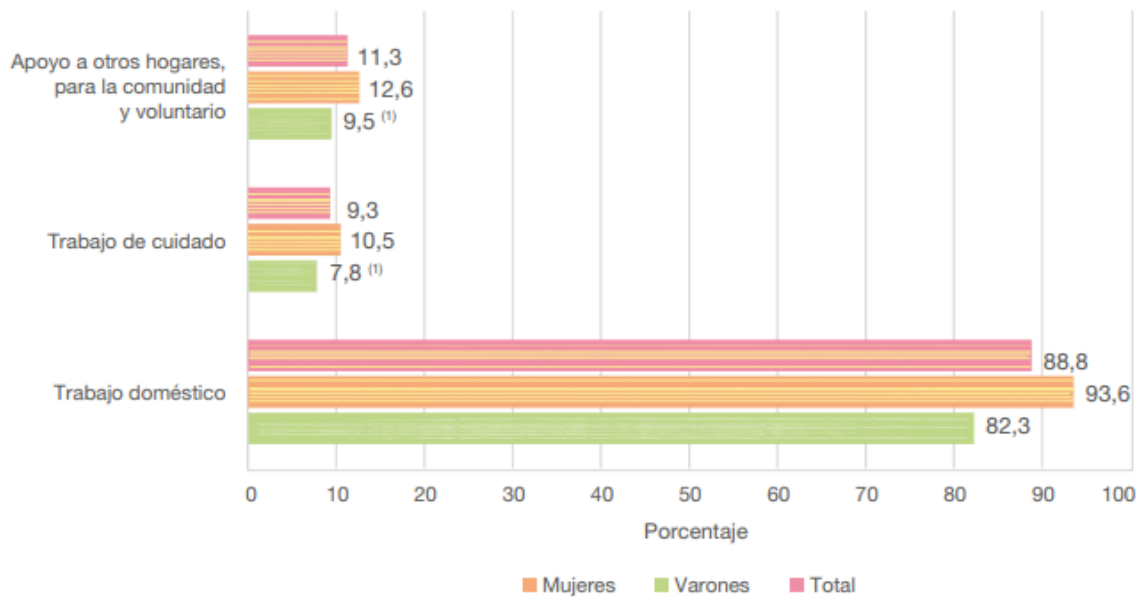


Figura 5. Tasa de participación de la población de 65 años y más.

Además de los adultos mayores, se debe también brindar especial atención a otro sector de la sociedad, las personas con dificultad motora.

Personas con dificultad motora

Para este estudio se dispone de un informe del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INDEC), realizado por última vez en el año 2018.

Según el “Estudio Nacional sobre el perfil de las personas con discapacidad”, un 10,2% de la población en Argentina posee algún tipo de dificultad, lo que representa aproximadamente 3 millones y medio de personas. Del total de personas con dificultad encuestadas, el 25,2% presenta una dificultad del tipo motora, siendo esta la de mayor recurrencia.

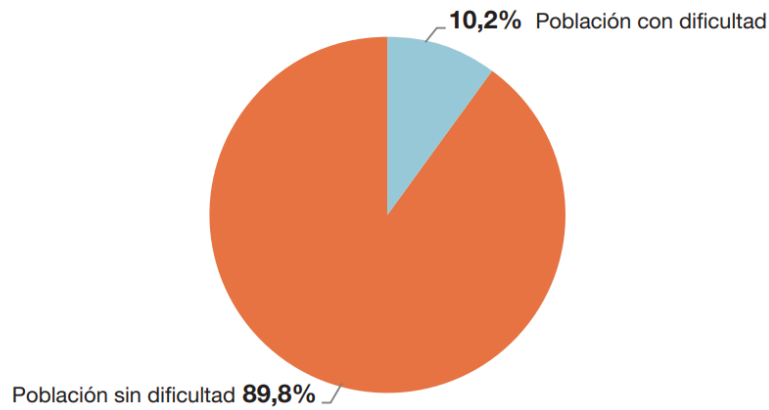


Figura 6. Porcentaje de población con dificultad

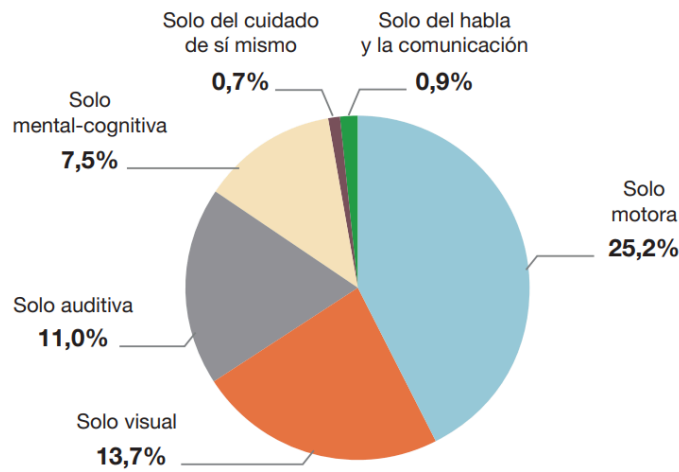


Figura 7. Porcentaje de población con dificultad

La dificultad del tipo motora del estudio antes mencionado, tiene en cuenta a aquellas personas que no pueden subir escaleras, o les cuesta demasiado trabajo. Sin embargo no tiene en cuenta a aquellas personas a las cuales la actividad repetitiva de subir la escalera les genera fatiga en el cuerpo o les demanda demasiada energía, especialmente en adultos mayores, por lo que la cantidad de personas que afrontan esta dificultad es mucho mayor.



### 3.1.2 Características macroeconómicas

Para realizar un análisis macroeconómico relevante al proyecto, se utiliza la información disponible en la “Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares 2017-2018”, cuyo informe fue presentado en junio de 2020, también realizado por INDEC. En este informe se detalla la estructura de gastos en los hogares de la Argentina, y si bien no se refleja la particularidad de cada hogar, se puede observar que independientemente del tipo, en todos los casos las familias destinan cierta parte de sus ingresos a los gastos de equipamiento del hogar y de salud.

Estos gastos de equipamiento del hogar y de salud, suman en total un 11,9% del ingreso total mensual de las familias, y es el tipo de gasto que se corresponde al salvaescaleras.

	Total	Unipersonal menor de 65 años	Unipersonal 65 años y más	Nuclear sin hijos/as	Nuclear con hijos/as	Extendido
<b>Ingreso total familiar mensual (ITF) e ingreso per cápita familiar mensual (IPCF), en pesos</b>						
Ingreso total familiar medio	32.131	22.166	17.696	36.590	34.193	33.886
Ingreso per cápita familiar medio	12.530	22.166	17.696	18.295	9.860	8.208
<b>Estructura de gastos, en porcentaje</b>						
Alimentos y bebidas no alcohólicas	22,7	15,6	23,0	21,2	22,8	26,6
Bebidas alcohólicas y tabaco	2,0	2,5	1,7	2,1	1,8	2,2
Prendas de vestir y calzado	6,8	7,4	4,8	5,9	7,1	7,0
Vivienda, agua, electricidad, gas y otros combustibles	14,5	22,7	17,3	15,5	13,2	13,5
Equipamiento y mantenimiento del hogar	5,5	5,2	9,4	5,8	5,4	4,8
Salud	6,4	5,4	12,4	9,3	5,5	6,2
Transporte	14,3	12,5	7,8	14,8	15,1	13,5
Comunicaciones	5,1	5,1	5,0	5,1	5,0	5,6
Recreación y cultura	8,6	9,0	8,7	8,1	8,9	7,8
Educación	3,1	1,8	0,4	0,8	4,3	2,3
Restaurantes y hoteles	6,6	8,2	5,1	6,8	6,4	6,4
Bienes y servicios varios	4,4	4,6	4,4	4,7	4,5	4,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabla 2. Ingresos y tipo de gasto de los distintos tipos de hogares (2017)

Este breve análisis sirve para fundamentar y poder concluir que ciertamente existe una “masa monetaria” en el mercado, destinada a esta clase de gastos. Es decir, existe el potencial de mercado.

Resumen de características del macroentorno:

- Existe el potencial de mercado
- La tendencia a la autonomía y la independencia favorecen al proyecto
- El sector poblacional que requiere la necesidad es amplio y aumenta con el paso del tiempo
- Las familias destinan gran parte de sus ingresos en gastos del hogar y salud

## **3.2 Análisis del microentorno**

Este análisis será el que permita tener una visión lo más completa posible del sector.

Tras este análisis, se podrá conocer las fortalezas y debilidades que posee el actual proyecto con respecto al resto de los competidores, la posición que ocupa en el sector, clarificar las áreas en dónde se podría conseguir una mayor rentabilidad, y detectar las tendencias del sector.

El análisis del microentorno contendrá los siguientes aspectos a desarrollar:

- Demanda
- Competencia
- Proveedores
- Matriz de fortalezas, oportunidades, debilidades, y amenazas (FODA)

### 3.2.1 Demanda

Para los productos ya existentes en el mercado hace tiempo, o de venta masiva, las empresas generalmente usan datos de la cantidad de esas ventas para crear, o al menos influir, un pronóstico. Sin embargo, los nuevos productos o de muy pequeño volumen de ventas son más complicados, ya que es difícil obtener datos históricos de ventas, o directamente no los hay. Este es el caso del presente estudio.

Una alternativa es basar en gran medida la investigación de mercado en aspectos cualitativos, o en las opiniones del proyectista. Otra alternativa es tomar referencias cuantitativas a partir de otros mercados o de productos sustitutos.

En este caso, se realizarán por separado tres diferentes estudios cuantitativos que lleven a diferentes demandas potenciales. Luego con estos tres resultados particulares de demanda potencial obtenida, se determinará una demanda potencial final, por promedio o selectivamente según los resultados.

1° Caso: Por necesidad y posibilidad de compra.

Este caso consiste en obtener una demanda de salvaescaleras, a partir de aquellos hogares que necesitan y pueden costear el producto.

Se deben determinar:

- A. Cantidad de hogares que requieren la necesidad (Necesidad)
- B. Cantidad de hogares con el poder adquisitivo suficiente (Demanda potencial)

**A-** Para calcular la cantidad de hogares que requieren la necesidad, se utilizarán los datos de INDEC. Censo del año 2010, ya que los del censo 2022 aún no han sido

informados, y Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad 2018.

Se considerarán sólo aquellas viviendas del tipo “casa”, ya que son las de mayor probabilidad de poseer escaleras. Se debe aclarar entonces que no se está tomando en cuenta la demanda que puede generarse por ejemplo de edificios públicos y privados, o departamentos.

También se excluyeron aquellas casas tipo B, es decir las que no cumplen con todas las condiciones para considerarse como “aceptables”, o de calidad suficiente de los materiales. Esto es por la suposición de que el resto, en principio, no dispone de un poder adquisitivo suficiente.

Cantidad de viviendas en total:

Cuadro 3. Viviendas particulares habitadas por tipo de vivienda. Total del país. Años 2001 y 2010					
Tipo de vivienda	2001		2010		Variación intercensal 2001 - 2010
		%		%	%
<b>Total viviendas particulares habitadas</b>	<b>9.712.661</b>	<b>100</b>	<b>11.317.507</b>	<b>100</b>	<b>16,5</b>
Casa	7.528.573	77,5	8.930.534	78,9	18,6
Tipo A <sup>(1)</sup>	6.048.671	62,3	7.540.508	66,6	24,7
Tipo B <sup>(2)</sup>	1.479.902	15,2	1.390.026	12,3	- 6,1
Rancho	217.281	2,2	174.920	1,5	- 19,5
Casilla	266.322	2,7	202.310	1,8	- 24,0
Departamento	1.579.569	16,3	1.896.124	16,8	20,0
Pieza/s en inquilinato	72.291	0,7	67.765	0,6	- 6,3
Pieza/s en hotel o pensión	24.278	0,2	22.802	0,2	- 6,1
Local no construido para habitación	20.492	0,2	18.370	0,2	- 10,4
Vivienda móvil	3.855	-	4.682	-	21,5

(1) Se refiere a todas las casas no consideradas tipo B.

(2) Son aquellas que cumplen con al menos una de las siguientes condiciones: tienen piso de tierra, no tienen provisión de agua por cañería dentro de la vivienda, o no disponen de baño con descarga de agua.

Tabla 3. Viviendas particulares por tipo de vivienda

Cantidad de hogares con al menos una persona con alguna dificultad:

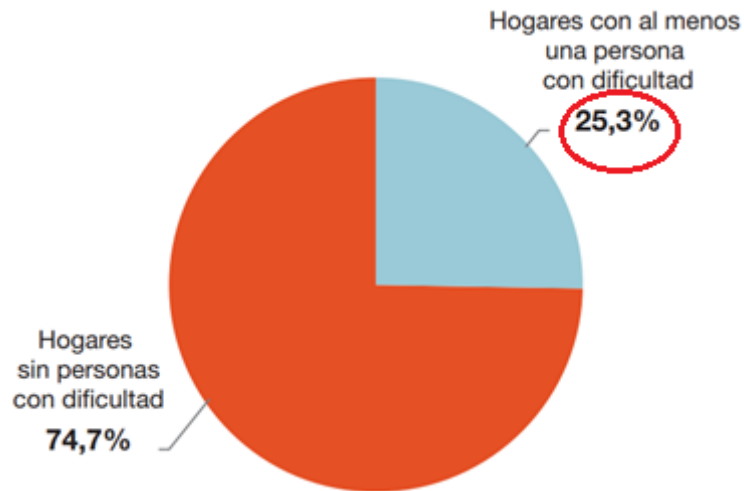


Figura 8. Hogares con al menos una persona con dificultad (2018)

El 25,3 % de los hogares tienen al menos una persona con dificultad, de los cuales se vió en el análisis de macroentorno que el 25,2% son de tipo motoras. Además, del tipo de dificultad motora, se debe diferenciar entre inferior y superior, ya que en principio la dificultad superior no haría absolutamente necesario el uso de un salvaescaleras para subir escaleras.

Como se ve en la tabla a continuación, el estudio de dificultad motora inferior toma como referencia la problemática de subir escaleras, lo que demuestra la real importancia de esta necesidad.

Grado de dificultad	Población con dificultad	
	%	CV
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	
Sin dificultad motora inferior	57,2	1,6
Con dificultad motora inferior	42,8	2,2
Mucha dificultad para caminar o subir escaleras	86,0	1,2
No puede caminar o subir escaleras	14,0	7,7

Tabla 4. Cantidad de dificultad motora inferior (2018)

De los hogares con calidad suficiente seleccionados, algunos requieren aún de reformas y el resto ya se han realizado para adaptarse a la dificultad.

Cantidad de hogares que aún requieren reformas debido a la dificultad:

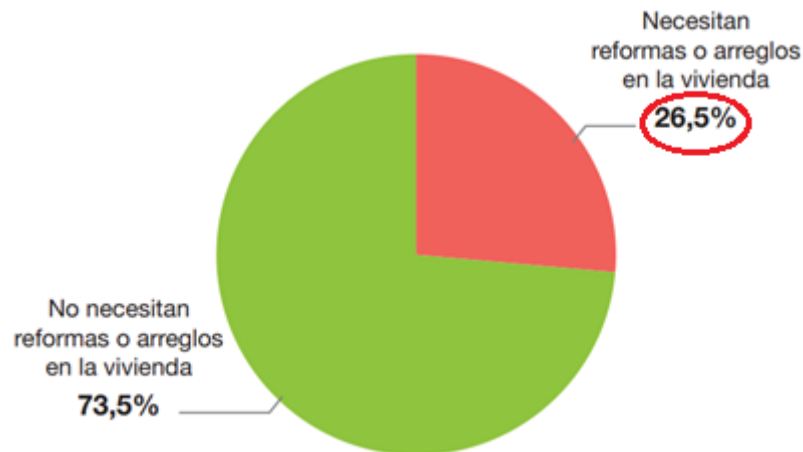


Figura 9. Hogares que requieren reformas (2018)

Con todos estos coeficientes, se afecta la cantidad de viviendas totales y se obtienen aquellas que requieren modificaciones. Estas modificaciones aún pendientes, no sólo son relacionadas a escaleras. Sin embargo según las estadísticas, como se vió en la introducción, subir o bajar la escalera es la principal actividad que genera inconvenientes, y debido a la poca oferta de soluciones, se considera que en el 50% de esos hogares que aún requieren modificaciones, el salvaescaleras puede ser la solución.

Cantidad estimada de hogares que requieren salvaescaleras en el país

$$NECESIDAD = 7.540.508 * 0,253 * 0,252 * 0,428 * 0,265 * 0,5$$

$$NECESIDAD = 27263 \text{ [unidades]}$$

**B-** Para calcular la cantidad de hogares que pueden costear la necesidad, se utilizarán los datos de la “Evolución de la distribución del ingreso” (EPH) realizada por INDEC, para el segundo trimestre de 2022.

Se seleccionarán como potenciales clientes, los 4 deciles de escala de ingreso correspondientes a los de mayor percepción. Para este análisis se tendrá en cuenta esta situación (desfavorable), sin embargo esto no quita la posibilidad, ni mucho menos, de que un hogar con menor escala de ingreso pueda costear igualmente el salvaescaleras, ya que por ejemplo existen casos en que se tienen varios ingresos en un mismo hogar, se solicitan créditos, o se reciben ayudas de familiares/amigos.

Escalas de ingreso seleccionadas:

Decil	Escala de ingreso		Hogares	
	Desde	Hasta	Hogares por decil	Porcentaje de hogares
	\$	\$		%
1	1.000	14.333	973.641	10,0
2	14.375	20.000	973.671	10,0
3	20.000	26.157	974.219	10,0
4	26.167	31.750	972.819	10,0
5	31.750	38.000	976.132	10,0
6	38.000	46.250	971.079	10,0
7	46.250	56.400	973.431	10,0
8	56.500	70.000	973.600	10,0
9	70.000	100.000	975.582	10,0
10	100.000	1.164.000	971.365	10,0
<b>Hogares con ingresos (!)</b>			<b>9.735.539</b>	<b>99,2</b>
<b>Hogares sin ingresos</b>			<b>79.005</b>	<b>0,8</b>
<b>Total de hogares</b>			<b>9.814.544</b>	<b>100,0</b>

Tabla 5. Deciles de escala de ingreso (2022)

Es decir, con esta estimación se puede decir que del total calculado de hogares que requieren de un salvaescaleras, el 40% podría costearlo en principio.

Obteniendo entonces, la demanda potencial:

$$DEMANDA POTENCIAL = NECESIDAD * 40\%/100 = 27263 * 0,4$$

$$DEMANDA POTENCIAL 1 = 10905 \text{ [salvaescaleras en todo el país]}$$

Esta es la demanda de aquellos clientes que necesitan y pueden costear el producto.

## 2° Caso: Por comparación con producto sustituto

Otro caso de análisis de la demanda potencial es a partir de la cantidad de ventas del producto sustituto, el ascensor neumático.

Si bien, comparativamente, no es posible establecer una relación directa debido a las diferencias entre un producto y otro, y a la necesidad de obras civiles del ascensor, es un buen punto de partida ya que el ascensor neumático se caracteriza por ser unifamiliar al igual que el salvaescaleras. Además en cuanto a costo del producto (sin contar obras civiles) también existe cierta semejanza como veremos en las siguientes etapas del estudio de mercado.

Este es otro enfoque que permitirá establecer un punto de comparación con el resto de los casos de demanda potencial calculados.

Según la información brindada en una nota al diario "Clarín" por el presidente de la empresa local "Elevadores Neumáticos S.A." (ENSA), "a través de estos años de experiencia y desarrollo, se han exportado 382 contenedores, e instalado más de 6.500 elevadores en distintas partes del mundo, y la capacidad de producción alcanzada en promedio es de 100 elevadores mensuales". Por otro lado, menciona que el 90% de la producción se destina a exportaciones.



De lo anterior se puede deducir que en promedio, 10 ascensores neumáticos de esta empresa son instalados por mes en el país, excluyendo Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ya que según informó la propia empresa, no se ha otorgado aún la habilitación correspondiente.

Se puede tomar entonces este valor de demanda como un dato de gran relevancia, y referenciar la demanda potencial de salvaescaleras con este valor.

Entonces:

$$DEMANDA POTENCIAL 2 = 10 \text{ [salvaescaleras/mes en todo el país]}$$

### 3° Caso: Por interés de compra en plataformas digitales

En la actualidad se evidencia la rápida adaptación de nuestra vida cotidiana a los cambios generados por la globalización. Negocios, emprendimientos y compañías no son ajenos a estos cambios, siempre buscando la forma de estar a la vanguardia y poder sostener su labor en un mundo que ha sido tomado paulatinamente por la tecnología. Más aún con la pandemia de COVID-19, que ha impulsado la importancia del comercio electrónico como modo de supervivencia empresarial para muchos negocios. Lo que está haciendo que la importancia de las ventas online sea cada día mayor.

Es en este contexto que se fundamenta el hecho de poder utilizar información estadística de ventas o solicitudes de potenciales clientes por medio de las diferentes plataformas digitales de venta.

En este caso, se utilizará información disponible de la plataforma “Mercado Libre Argentina”, ya que es líder en el rubro de ventas online.

Luego de realizar la búsqueda en dicha plataforma, se pueden observar tan sólo 2 anuncios relacionados a venta de salvaescaleras, pertenecientes a 2 vendedores diferentes y ambos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Salud y Equipamiento Médico > Movilidad Ordenar

### Silla salvaescaleras sube escaleras

6 resultados

Nuevo ×

Envío gratis

**Categorías**

- Elevadores de Pacientes (5) ← (5)
- Sillas de Ruedas y Repuestos (1)

**Ubicación**


- Capital Federal (5) ←
- Santa Fe (1)

**Tipo de entrega**

- Con envío (5)

**Costo de envío**

---



Sillas Salvaescalera Sube Escaleras Solo Rectas Oferta


**\$ 1.350.000**

Mismo precio en 6 cuotas de \$225.000

Envío gratis

Disponible 2 días después de tu compra


---



Sillas Sube Salva Escaleras Compra Venta Instalacion Service

**\$ 2.500**

---



Cargador Batería Silla Y Plataforma Sube Escaleras

**\$ 52.000**

Mismo precio en 6 cuotas de \$8.666

Envío gratis

Figura 10. Anuncios de salvaescaleras

Utilizando entonces uno de los anuncios de venta como referencia, ingresando a la sección de preguntas, se puede observar una cantidad total de 20 solicitudes de cotización diferentes para el mes de marzo 2023 (sin contar las consultas varias), tanto de salvaescaleras rectos como curvos:

Buenos días. Soy de prov del chaco y necesito una escalaera para una persona mayor. Por favor que necesita para que me cotice. Y si es necesario la instalación es a nuestro cargo con su ayuda. Gracias.

↳ Buen dia! Puede contactarnos para presupuestos en el siguiente aviso! "Sillas Salvaescaleras Presupuestos" Saludos 22/03/2023

Hola hacen envios a cordoba capital o tienen algun negocio que venda necesito saber que cuesta un salvaescalera de 5.50 mts recta gracias

↳ Buen dia! Puede contactarnos para presupuestos en el siguiente aviso! "Sillas Salvaescaleras Presupuestos" Saludos 22/03/2023

Buenos días quisiera saber el precio de un salva escalera de 15escalones

↳ Buen dia! Puede contactarnos para presupuestos en el siguiente aviso! "Sillas Salvaescaleras Presupuestos" Saludos 22/03/2023

Para info y cotización?

↳ Buen dia! Puede contactarnos para presupuestos en el siguiente aviso! "Sillas Salvaescaleras Presupuestos" Saludos 22/03/2023

Presupuesto para una silla ( lift) para escalera

↳ Buen dia! Puede contactarnos en el siguiente aviso! "Sillas Salvaescaleras Presupuestos" Saludos 21/03/2023

Hola! Si la escalera es tipo U con un descanso, se podría colocar? Necesita q le pase los metros de la escalera para poder hacer presupuesto?

↳ Buen dia! Puede contactarnos en el siguiente aviso! "Sillas Salvaescaleras Presupuestos" Saludos 21/03/2023

Buenas tardes, quería saber el costo para una escalera recta, de madera de 16 escalones, gracias

↳ Buen dia! puede contactarte para presupuestos en siguiente aviso. \*Sillas subeescaleras presupuestos\*. Saludos!! 20/03/2023

Buenas tardes para pedir presupuesto?

↳ Buen dia! puede contactarte para presupuestos en siguiente aviso. \*Sillas subeescaleras presupuestos\*. Saludos!! 20/03/2023

Retirá entre el abril en correo  
[Ver en el mapa](#)

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad

Com  
Agre

Mercado Puntos.:

Información sobre

Este vendedor aún  
ventas para calcular

Pagá con Mercado Pago  
tu dinero.

[Ver más datos de este](#)

Garantía

Garantía del vendedor

Garantía del vendedor

Figura 11. Pedidos de cotización en anuncio

A pesar de que se podría utilizar esta información como una demanda potencial para el proyecto, sería de gran utilidad y daría aún mayor precisión al análisis el hecho de poder estimar cual sería el número de ventas real del producto a partir de esa cantidad de solicitudes. Esto depende principalmente del interés de compra de los consumidores, entre otros factores. Si bien es muy complejo determinar cuantitativamente el interés o probabilidad de compra, en este caso se cuenta con una situación que lo torna viable.

Como se mencionó anteriormente en los objetivos, debido a que poseo datos recopilados durante muchos años de actividad en un rubro de características similares, se calculará una probabilidad de compra a partir de esos datos.

Para eso se establece:

La cantidad efectiva de ventas correspondientes a una cantidad de 100 cotizaciones tomadas aleatoriamente pero de características similares al presente proyecto. Se obtiene entonces un porcentaje, que representa una probabilidad de compra.

$$\text{Cantidad de cotizaciones} = 100 \quad \text{Cantidad de ventas} = 68$$

$$\text{Probabilidad de compra} = \text{ventas/cotizaciones}$$

$$\text{Probabilidad de compra} = 0,68$$

Finalmente podemos obtener la demanda real estimada. Afectando la cantidad de pedidos de cotización (del anuncio) por la probabilidad de compra calculada con datos de la actividad:

$$\text{DEMANDA POT. /mes} = \text{COTIZACIONES} * \text{PROB. DE COMPRA}$$

$$\text{DEMANDA POT. /mes} = 20 * 0,68$$

$$\text{DEMANDA POTENCIAL 3} = 13 \text{ [unidades/mes]}$$

Este valor calculado es considerado de gran importancia para el proyecto. Esto es así debido a que sería, en principio, un valor de demanda mínimo, o al menos de gran probabilidad de ocurrencia a nivel país. Se considera mínimo ya que esta es una demanda a partir de tan sólo 1 canal de comercialización. Por lo general, se

ofrecen además números telefónicos, sitios web, anuncios en distintas plataformas, correos electrónicos y local de atención al cliente, entre otros.

Con este último caso de demanda potencial obtenido, se puede dar por finalizado el análisis.

Resumen de resultados:

1°CASO: Demanda Total = 10905 unidades

Representa la necesidad total a cubrir en Argentina. Demuestra principalmente que es un mercado aprovechable a largo plazo, cuya demanda es suficientemente voluminosa.

2° CASO: Demanda potencial 2 = 10 [unidades/mes]

Representa una referencia de la demanda probable mensual, partiendo de la comparativa con un producto sustituto. Sin embargo se prevé que el salvaescaleras genere mayor volumen demandado, por sus ventajas competitivas (detalladas en 3.2.2.1).

3° CASO: Demanda potencial 3 = 13 [unidades/mes]

Representa el valor de demanda mensual estimada dentro de la Argentina. Será uno de los parámetros principales de partida para las siguientes etapas del proyecto.

***DEMANDA ADOPTADA: 10 [unidades/mes]***

### **3.2.2 Competencia**

Este análisis de la competencia es una investigación sobre el panorama general del segmento de mercado. El objetivo del análisis competitivo no es centrarse en la competencia, sino por el contrario, organizar el proyecto y el producto de tal manera que contrarreste sus puntos fuertes y explote sus puntos débiles.

Se analizarán los siguientes aspectos:

- Características de los competidores
- Características del producto
- Precios

#### **3.2.2.1 Características de los competidores**

Se utilizará la información brindada por cada una de las empresas en sus sitios web, para realizar un cuadro comparativo con diferentes características de relevancia. Además se incorporará, en algunos casos, información obtenida a través del contacto con las propias empresas.

Se detallarán entonces los aspectos más importantes de la competencia, pero no se brindará información de contacto, dirección o nombres de representantes, ya que no es el objetivo de este estudio.

Empresa	Actividad principal	Ciudad	Provincia	Marca ofrecida	Observaciones
COMP. 1	Elevadores y salvaescaleras	Capital Federal	Buenos Aires	VIMEC	Actualmente sólo disponen salvaescaleras curvas
COMP. 2	Ascensores	Lomas de zamora	Buenos Aires	--	Actualmente no dispone. Inconvenientes de importación
COMP. 3	Salvaescaleras	Ciudadela	Buenos Aires	BESPOKE	--
COMP. 4	Salvaescaleras	Capital Federal	Buenos Aires	LEHNER	--
COMP. 5	Salvaescaleras	Capital Federal	Buenos Aires	STANNAH	Canales de comunicación inexistentes y/o sin respuesta
COMP. 6	Plataformas y salvaescaleras	Capital Federal	Buenos Aires	BRUNO	--
COMP. 7	Plataformas y salvaescaleras	Béccar	Buenos Aires	ACCESS BDD	--
COMP. 8	Salvaescaleras	Capital Federal	Buenos Aires	ACORN	--
COMP. 9	Ascensores	La Plata	Buenos Aires	--	--
COMP. 10	Ascensores	Córdoba	Córdoba	PLATINUM	--
COMP. 11	Salvaescaleras	Capital Federal	Buenos Aires	PLATINUM	--

Tabla 6. Características de la competencia

### Resumen general de características de la competencia:

- En todos los casos se importa, de diferentes países del mundo, el producto terminado y listo para instalar
- Instalaciones en todo el país, por lo general a cargo de un instalador independiente regional, y no de la propia empresa. Ascensoristas en la mayoría de los casos
- La demora entre la confirmación de compra y la instalación del equipo en ningún caso es menor a 90 días, siendo 120 días el plazo habitual y 180 días el plazo máximo
- Además del tiempo de fabricación y transporte, la importación del equipo depende de los tiempos de aprobación del pedido de importación (actualmente demorado de 3 a 4 semanas), y luego de los tiempos de control y despacho de ADUANA
- Los problemas económicos relacionados al dólar (escasez o suba repentina por ejemplo) afectan las aprobaciones de pedidos de importación, ocasionando demoras
- En algunos casos, se tiene stock para entrega inmediata de salvaescaleras rectos
- Salvaescaleras curvos, en todos los casos se trabajan a medida y pedido del cliente
- En todos los casos, las cotizaciones se realizan en dólares, por lo que el precio final del producto en pesos varía y depende del valor del tipo de cambio del momento
- En general, ofrecen mantenimiento posventa de tipo anual
- Garantía del equipo de 2 años en mayoría de casos



Competencia indirecta: "Ascensores neumáticos"

Si bien las características del producto no son semejantes, en cuanto a la funcionalidad y precios se puede establecer una similitud; no así con los ascensores de funcionamiento hidráulico o electromecánico, debido a la gran diferencias de costos con respecto al salvaescaleras (3 a 6 veces mayor).

El costo de un ascensor neumático de 2 paradas, para una capacidad de 1 persona parte de aproximadamente \$4.000.000 + OBRAS CIVILES. A esto se debe adicionar además, lo correspondiente al mantenimiento, el cual es notablemente mayor al de un salvaescaleras.

En determinados casos y según la necesidad y deseo del cliente, podría ser más atractivo la instalación de un ascensor neumático, mientras que en otros sería de gran complejidad y se adaptaría mejor un salvaescaleras.

Como norma general, un salvaescaleras aplica en la gran mayoría de casos sin la necesidad de obras civiles, por lo que su costo final es el mismo. En cambio la instalación de un ascensor neumático en casi todos los casos requiere, en mayor o menor medida, de obras civiles. Esto incrementa notablemente su costo.

Teniendo en cuenta la gran demanda del mercado, y las diferentes particularidades de cada caso, no se tomará como condicionante o referencia para este proyecto al ascensor neumático. Sí se tendrá en cuenta entonces, en la realización de la matriz FODA.

### 3.2.2.2 Características del producto

Se utilizan los catálogos disponibles en los sitios web de cada proveedor o fabricante, con las principales características de los salvaescaleras importados.

Se presentan entonces en un cuadro comparativo:

Empresa	Marca	Origen	Carga Máx. Kg	Vel. Máx. m/s	Alimentación	Plegable	Asiento giratorio	Comando
COMP. 1	VIMEC	Italia	130	0,15	Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 3	BESPOKE	Inglaterra	125	--	Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 4	LEHNER	Austria	130 o 145	0,06 a 0,012	Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 5	STANNAH	Inglaterra	120 o 135		Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 6	BRUNO	Estados Unidos	150		Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 7	ACCESS BDD	Reino Unido	125	0,15	Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 8	ACORN	Estados Unidos	127	0,10	Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 9	--	Importado	--	--	Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 10	PLATINUM	Inglaterra	120 o 140		Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores
COMP. 11	PLATINUM	Inglaterra	120		Batería	SI	SI	Remoto y pulsadores

Tabla 7. Características del producto

Además de las principales, en general se cuenta también con otras características. Se presenta entonces un resumen.

## Resumen general de las características del producto

En todos los casos:

- Capacidad no mayor a 150 kg
- Velocidad no mayor a 0,15 m/s
- Cinturón de seguridad
- Sensores/detectores de obstáculos en apoya pies
- Apoyabrazos, asiento y apoya pies rebatibles
- Botón de apagado
- Parada automática
- Mantenimiento: Anual o semestral según el caso

En algunos modelos se incluyen funciones o características adicionales:

- Display indicador de estado
- Display/led de estado de carga de la batería
- Llave de seguridad
- Variedad de colores
- Variedad de tapizados

### 3.2.2.3 Precio

Se presenta un cuadro con los precios expresados en pesos para:

- 1) Una escalera recta de 13 escalones
- 2) Una escalera curva de 16 escalones con 1 curva a 90°

Todas las cotizaciones se expresan en pesos teniendo en cuenta el tipo de cambio dólar-peso del día 28 de marzo de 2023, ya que en todos los casos se cotiza en dólares según distintos tipos de cambio (MEP, LIBRE, OFICIAL).

Dólar MEP: \$380 / Dólar Libre: \$397 / Dólar oficial: \$214

Ya que este estudio se realiza en un período de tiempo no mayor a un año, a fin de poder simplificarlo y no profundizar en aspectos estrictamente financieros, se lo expresa en pesos y se considerará, en los casos necesarios, un ajuste teniendo en cuenta los índices de inflación.

Empresa	Precio medio RECTAS	Precio medio CURVAS	Marca ofrecida	Plazo de entrega DÍAS
COMP. 1	\$ 1.974.083	\$ 2.813.993	VIMEC	90 a 120
COMP. 3	\$ 1.942.477	\$ 5.044.878	BESPOKE	90 a 120
COMP.4	\$ 1.518.820	\$ 3.417.345	LEHNER	Mín. 120
COMP. 6	\$ 1.891.760	\$ 4.019.990	BRUNO	90 a 120
COMP. 7	\$ 1.779.600,00	\$ 5.138.800,00	ACCESS BDD	90
COMP. 8	\$ 1.842.477	No ofrece actualmente	ACORN	150 a 180
COMP. 9	--	\$ 4.965.870	--	120 a 150
COMP. 10	--	\$ 4.299.113	PLATINUM	Mín. 120
COMP. 11	\$ 1.804.740,00	No ofrece actualmente	PLATINUM	--

Tabla 8. Precios de salvaescaleras en el mercado

Resumen de precios:

PRECIO	ESCALERA RECTA	ESCALERA CURVA
Mínimo	\$ 1.518.820	\$ 2.813.993
Medio	<b>\$ 1.821.994</b>	<b>\$ 4.242.856</b>
Máximo	\$ 1.974.083	\$ 5.138.800

Tabla 9. Resumen de precios de salvaescaleras en el mercado

La notable diferencia entre el costo de un salvaescaleras curvo, con respecto a uno recto, radica en la necesidad de realizar el conformado de los rieles a medida de cada escalera en particular, lo que conlleva mayor tiempo de trabajo y empleo de equipamiento. Esto significa que no existe la posibilidad de trabajar de manera estándar los rieles como en el caso de los salvaescaleras rectos.

Otros aspectos que contribuyen a esta diferencia, tienen que ver con lo referido a lo financiero y las importaciones. Las continuas variaciones en el tipo de cambio monetario, hacen que los vendedores deban especular y acrecentar sus precios para protegerse ante un cambio repentino, teniendo en cuenta que los plazos de entrega llegan a ser de hasta seis meses en algunos casos.

### 3.2.3 Proveedores

Para el análisis de proveedores de los componentes necesarios para la fabricación del salvaescaleras, se realiza un listado general con los principales componentes y accesorios estimados de fabricación, para verificar la disponibilidad en el mercado.

El objetivo de esta etapa no es definir a los proveedores, sino verificar la existencia de los mismos, a fin de poder avanzar con las siguientes etapas del proyecto. Se prioriza, en principio, a los proveedores locales. Sin embargo, se debe tener en cuenta la gran disponibilidad y precio de los productos ofrecidos por las plataformas digitales de venta, principalmente Mercado Libre. En muchos casos, los proveedores sólo ofrecen sus productos a través de esta plataforma, por lo que justificadamente se tendrá en cuenta en este proyecto y se utilizará como referencia y/o proveedor si así se lo requiere.

#### Listado estimado de componentes y accesorios

- Sistema de tracción y transmisión: Motor 24v DC, caja reductora, piñón, cremallera, árboles y ejes, freno electromagnético, rodamientos
- Alimentación: Baterías 12v, cargador de batería
- Sistema de control y comandos: Electrónica y electricidad general (controladores, dispositivos de medición, relés, sensores, finales de carrera, interruptores), comandos remotos
- Riel/guías: Metalúrgica general
- Asiento y respaldo: Tapizado, relleno, regatones
- Insumos y accesorios varios

Para una mejor exposición del estudio, se muestra a continuación una tabla en donde se agrega, además, información relevante sobre cada posible proveedor.

Proveedor	Ciudad	Provincia	Actividad principal	Componente o insumo
Remssi	Ciudadela	Buenos Aires	Fabricación de motores eléctricos de corriente alterna y continua	Motores 24V DC, frenos electromagnéticos y cajas reductoras de velocidad
Mocbos	Capital Federal	Buenos Aires	Fabricación de motores eléctricos de corriente alterna y continua	Motores 24V DC y frenos electromagnéticos
Motores GR	Capital Federal	Buenos Aires	Fabricación de motores eléctricos de corriente continua y sistemas electrónicos de potencia	Motores 24V DC y electrónica de potencia en BT
Lavandera	Capital Federal	Buenos Aires	Fabricación de sistemas para portones y automatismos en general	Cajas reductoras de velocidad y frenos electromagnéticos
Lentax	Tigre	Buenos Aires	Fabricación de reductores de velocidad y accesorios	Cajas reductoras de velocidad y bridas de acople
Patat	Paraná	Entre Ríos	Repuestos de la agro industria	Cajas reductoras, árboles y ejes, piñones y cremalleras, rodamientos, acoplamientos, ruedas, chavetas, barras de grilón, resortes, y piezas en general
Rodamientos Leo	Paraná	Entre Ríos	Distribución de rodamientos en general	Crucetas, rodamientos, crapodinas, lubricantes
AEI	Paraná	Entre Ríos	Automatizaciones e insumos	Cremalleras y piñones, electrónica y electricidad, comandos remotos y receptores
Anion baterías	Paraná	Entre Ríos	Venta de Baterías Automotrices, Estacionarias, Traccionarias, para Motos y Alarmas	Baterías 12V
Mundo electrónico	Paraná	Entre Ríos	Tecnología y componentes electrónicos	Electrónica y electricidad
LEGA Electrónica	Paraná	Entre Ríos	Productos electrónicos en general y servicio de desarrollos en electrónica especiales	Electrónica y electricidad, baterías 12v, cargadores de batería

Proveedor	Ciudad	Provincia	Actividad principal	Componente o insumo
Metalúrgica Pasgal	Paraná	Entre Ríos	Metalúrgica y componentes	Materiales metálicos de estructura, insumos, trabajos metalmeccánicos
Aceros Paraná	Paraná	Entre Ríos	Metalúrgica y componentes	Materiales metálicos de estructura e insumos
Ferretet CMS S.A.	Paraná	Entre Ríos	Ferretería y bulonera	Soldadura, abrasivos, bulonería, seguridad, herramientas, equipos, ferretería, pinturería, electricidad, iluminación
Bulonera del Litoral	Paraná	Entre Ríos	Ferretería y bulonera	Soldadura, abrasivos, bulonería, seguridad, herramientas, equipos, ferretería, pinturería, electricidad, iluminación
Trapoteca	Paraná	Entre Ríos	Telas y mercería	Tapizados, costura, rellenos
Manet	Paraná	Entre Ríos	Tapicería, mercería y afines	Tapizados, costura, rellenos
La Casa de la Goma	Paraná	Entre Ríos	Tapicería, gomas y accesorios	Tapizados, rellenos, gomas, regatones y accesorios
Paraná Goma	Paraná	Entre Ríos	Gomas, plásticos y accesorios	Gomas, regatones. plásticos y accesorios

Tabla 10. Proveedores

Se observa entonces la disponibilidad de componentes, accesorios e insumos en el mercado. Por este motivo, se avanza con las siguientes etapas del proyecto.



### 3.2.4 Análisis FODA

El análisis o matriz FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) es una herramienta que permite conformar un cuadro de la situación actual o prevista del proyecto o negocio.

Se puede entonces, a partir del análisis FODA, obtener un diagnóstico preciso que, en función de ello, permite tomar decisiones acordes con los objetivos y alcances propuestos.

- Fortalezas: son las características o situaciones particulares que permiten a este proyecto, tener una posición privilegiada frente a la competencia
- Oportunidades: son aquellos factores que resultan positivos, favorables o explotables, y que permiten obtener ventajas competitivas
- Debilidades: son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia
- Amenazas: son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a atentar o “perjudicar” el proyecto o negocio

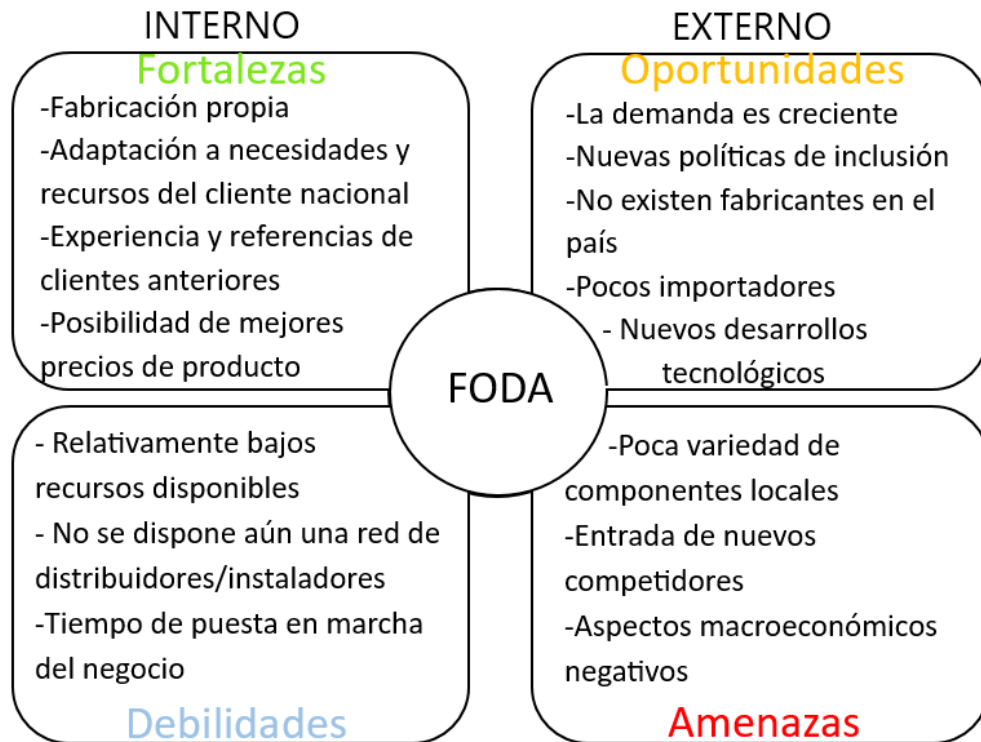


Figura 12. Matriz FODA

Finalmente con la matriz FODA, se da por finalizado el estudio de mercado. Se puede concluir con el estudio, que el objetivo del proyecto es viable en cuanto al aspecto comercial.

Existen proveedores, por lo que el producto se puede fabricar; existe gran demanda y poca oferta, por lo que el producto es vendible.

## 4 Aspectos técnicos generales

Este capítulo del proyecto consiste en delinear los aspectos técnicos generales del salvaescaleras. Esta no es una etapa de detalles o cálculos, simplemente aquí se plantean cuestiones generales del salvaescaleras a tener en cuenta luego en la ingeniería de detalle.

Además se podrá confeccionar un presupuesto estimado y un análisis de prefactibilidad a partir de estos aspectos.

Se desarrollan entonces, los siguientes contenidos:

- Requerimientos legales
- Estándares del mercado
- Requerimientos particulares
- Análisis de alternativas
- Diseño adoptado

### 4.1 Requerimientos legales

Como se mencionó anteriormente en los objetivos, se pretende en este proyecto, que el salvaescaleras desarrollado cumpla con la norma técnica correspondiente. El objetivo de esto es, principalmente y entre otros beneficios, que sea un producto seguro para el usuario.

Una norma técnica es un documento que establece, por consenso, y con la aprobación de un organismo reconocido, las condiciones mínimas que debe reunir un producto, proceso o servicio, para que sirva al uso al que está destinado.

En Argentina este organismo es IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación), fundado en 1935 por representantes del gobierno, la economía, e instituciones científico-técnicas.

Ya que actualmente IRAM no ha aprobado ninguna norma referida a sillas salvaescaleras, se utilizará la norma 9386-2, de la Organización Internacional de Normalización (ISO), aprobada en noviembre del año 2000.

### ISO 9386 Parte 2

Esta parte de la norma ISO 9386 especifica las reglas de seguridad, dimensiones y características funcionales de salvaescaleras motorizados para planos inclinados, destinados a personas con movilidad reducida, sentadas, de pie y en silla de ruedas.

Se especifican los requisitos que deben cumplir los materiales y equipos en interés de la seguridad y el funcionamiento operacional.

Esta norma, sin embargo, no especifica todos los requisitos técnicos generales de electricidad, construcción mecánica, del edificio o vivienda. Quedando estos a criterio y análisis del proyectista.

La norma es aplicable a sillas salvaescaleras que:

1. Se desplazan en una escalera o plano inclinado accesible
2. No superan 0,15 m/s de velocidad
3. El plano de inclinación no supere 75° respecto a la horizontal
4. Disponen de un riel o guía por el cual se desplazan

En caso de no cumplir estas características, la norma no es aplicable. Por este motivo se deben tomar como requisitos de partida.

### Requisitos generales del salvaescaleras

1. Se incorporará protección para minimizar el riesgo de cizallamiento, aplastamiento, atrapamiento o abrasión, enredo, caídas y tropezones, golpes e impactos físicos, y descarga eléctrica e incendio (imputable al uso del salvaescaleras)
2. Acceso para inspección, mantenimiento y reparación de los componentes que así lo requieran
3. Los materiales utilizados deben ser ignífugos y no deben ser peligrosos por ser tóxicos o por la cantidad de gases y humos que generen en un incendio
4. La velocidad nominal en el sentido de la marcha no debe ser superior a 0,15 m/s
5. La carga nominal no debe ser inferior a 115 kg, y la carga máxima no superior a 350 Kg
6. El factor de seguridad para todas las partes del equipo no debe ser inferior de 1,6 en función de la carga de fluencia y la carga dinámica máxima
7. Se deben proporcionar rieles de guía de metal para retener y guiar el carro a lo largo de su recorrido
8. Se deben instalar “stops” mecánicos en los extremos de recorrido
9. Se pueden usar correas o cadenas intermedias en la transmisión, el engranaje de salida debe estar en la parte de carga. Si este engranaje no es capaz de autosustentarse, se debe utilizar freno en la parte de carga, y un mínimo de 2 correas. Si una de las correas o cadenas se rompe, se debe interrumpir el funcionamiento

10. Se instalará un freno de fricción electromecánico que debe sostener el salvaescaleras en su posición aún con un 25% de sobrecarga. Debe ser de aplicación mecánica y sostenido eléctricamente.
11. Se debe proporcionar un dispositivo de operación de emergencia. Cuando la operación de emergencia se logra por medio de un dispositivo operado manualmente, debe ser del tipo rueda. Cuando el par de resistencia del freno es demasiado grande para ser superado por cuerda manual de emergencia, debe haber medios provistos para soltar el freno (debe retornar sólo a posición frenado)
12. Debe contar con sistema paracaídas, excepto en los casos de acción hidráulica, tornillo sinfín/cremallera, tornillo sinfín/tuerca, o en sillas salvaescaleras que cumplan con las 2 siguientes condiciones:
  - a) La falla de un solo componente de transmisión, excluyendo la cuerda o la cadena de suspensión, no puede causar que la silla salvaescaleras se sobrepase en la dirección hacia abajo con una velocidad mayor a 0,3 m/s
  - b) La falla debe hacer que el salvaescaleras se detenga al operar un interruptor de seguridad
13. Los contactores para invertir la dirección de avance deben estar eléctricamente enclavados
14. Las sillas salvaescaleras deben estar conectadas a una fuente de alimentación dedicada que cumpla con la parte relevante de IEC 60364, terminando en un interruptor principal y un fusible o dispositivo de sobrecarga. El requisito de que el suministro sea dedicado no se aplican a las sillas salvaescaleras que funcionan con baterías

15. La alimentación al motor y al freno será interrumpida por dos contactores independientes, cuyos contactos deberán estar en serie en los circuitos de alimentación del motor y del freno. Se pueden utilizar controladores de estado sólido
16. Las distancias de parada no deben superar los 20 mm en caso de accionamiento de un contacto o circuito de seguridad. Para la finalización de la señal de movimiento o ante interrupción del suministro eléctrico, no deben superar 50 mm.
17. Cualquiera de las fallas enumeradas a continuación, que ocurra en el equipo eléctrico del salvaescaleras, no debe, por sí sola, ser la causa de un mal funcionamiento peligroso del salvaescaleras:
- a) ausencia de tensión
  - b) caída de tensión
  - c) inversión de fase en suministros multifásicos
  - d) falla de aislamiento entre un circuito eléctrico y estructuras metálicas o tierra
  - e) cortocircuito o circuito abierto, cambio de valor o función en un componente eléctrico como, por ejemplo, resistencia, condensador, transistor o lámpara
  - f) falta de atracción o atracción incompleta del inducido móvil de un contactor o relé
  - g) no separación de la armadura móvil de un contactor o relé
  - h) no apertura o no cierre de un contacto (no es necesario considerar la no apertura de un contacto de seguridad)

18. Los dispositivos eléctricos de seguridad actuarán directamente sobre los equipos que controlan la alimentación del motor y del freno (contactores o relés)
19. Se debe prever un retraso de un mínimo de 1 s entre la parada del salvaescaleras y su reinicio en cualquier dirección
20. El motor de accionamiento debe estar protegido contra sobrecargas y corrientes excesivas potencialmente dañinas por medio de un dispositivo adecuado que desconecte automáticamente el suministro
21. Toda la estructura metálica expuesta, que no sean conductores, susceptible de cargarse eléctricamente, debe estar conectada a tierra
22. Los circuitos de seguridad deben diseñarse de manera que la silla salvaescaleras solo pueda funcionar mientras todos los circuitos de seguridad estén funcionando correctamente
23. Cualquier falla o combinación de fallas que en sí mismas no conduzcan a una condición insegura, pero cuando combinado con una falla adicional podría causar una condición insegura, hará que la silla salvaescaleras se detenga a más tardar la siguiente orden de movimiento
24. Para sillas salvaescaleras a batería, el voltaje del circuito de control no debe exceder los 60 V
25. Debe instalarse un fusible en línea con el suministro de la batería, al que solo se puede acceder mediante el uso de una herramienta. Este fusible deberá aislar el suministro de la batería dentro de medio segundo de que el suministro se cortocircuite y dentro 5 s del doble de la corriente máxima promedio que se está extrayendo



26. La carga de la batería debe llevarse a cabo en los puntos donde se espera que la silla salvaescaleras esté parada entre viajes. Por lo general, esto es en cada extremo del riel
27. El carro debe contar con un interruptor de aislamiento, que hará que la batería se aíse de los circuitos del motor de control y accionamiento
28. Si la silla salvaescaleras se coloca fuera del alcance de los contactos de carga, esto se debe indicar al usuario visual o audiblemente
29. El cargador de batería no dañará ni sobrecargará la batería, incluso después de largos períodos de carga
30. El sistema de control inalámbrico debe estar diseñado para funcionar con un solo salvaescaleras. Se diseñará de tal manera que el salvaescaleras no debe responder a las señales de otro salvaescaleras u otro sistema de control inalámbrico similar
31. El tipo de operación de los controles de comando debe ser de “pulso constante”, es decir mantener pulsado para marchar. Para al soltar
32. Se deben incorporar interruptores de final de recorrido principales y auxiliares o de seguridad. El interruptor de seguridad debe anular la marcha en ambos sentidos, hasta que se vuelva a posicionar el carro manualmente
33. Se montará una placa de carga de manera segura en una posición prominente y visible, en donde se indica el peso máximo de la persona. También deberá haber adherida de forma segura, en un lugar destacado, una placa o placas que incluyan al menos la dirección del proveedor y el número de referencia de la silla salvaescaleras
34. El reposapiés debe poder plegarse y debe contener un material antideslizante

35. Cuando la silla está estacionaria en su posición normal en cualquier descanso, la altura de la superficie del reposapiés por encima del piso o nivel del escalón no debe exceder los 200 mm. Se debe incorporar además, un cinturón de seguridad
36. Las sillas salvaescaleras con asientos deslizantes o giratorios deberán, por medio de un contacto de seguridad, ser incapaces de operar a menos que el asiento esté en su posición completamente operativa. Dichos asientos deberán estar asegurados en los extremos de su recorrido por una cerradura mecánica o medio equivalente

Luego de la selección del tipo de salvaescaleras a desarrollar, se ampliarán los requisitos de la norma específicos al diseño seleccionado. Se debe aclarar además que no se han enlistado, para no saturar el análisis, otros requisitos que sin embargo serán cumplidos. Se irán aclarando, de ser necesario, en el desarrollo del proyecto

## **4.2 Estándares del mercado**

Debido a que el salvaescaleras se introducirá en el mercado, debe competir con los estándares del mismo, además de competir en precio, tiempo de entrega, servicio postventa, entre otros. Por esto, es que se tienen en cuenta para el diseño del salvaescaleras, sin ser un condicionante, estas características del producto en el mercado.

Las características de los salvaescaleras disponibles en el mercado se han detallado anteriormente en 3.2.2.2 (Características del producto), por lo que no se repetirá esta información.

### 4.3 Requerimientos particulares

Estos requerimientos son los que se establecen por análisis y elección propia del proyectista, a partir de los requerimientos de la norma técnica y los estándares de mercado.

Requerimientos particulares:

1. Cumplir con todos los requisitos legales de la norma técnica mencionados anteriormente, a pesar de que aún no representen una obligación en Argentina
2. Velocidad no menor a 0,1 m/s
3. Capacidad de carga 120 [kg]
4. Apoyabrazos, asiento y apoya pies rebatibles
5. Asiento giratorio
6. Alimentación a batería
7. Display de estado de carga de la batería
8. Indicador del estado de funcionamiento
9. Variedad de tapizados

Se puede adjudicar principal importancia al ítem 1 con lo referente a seguridad del equipo. El resto de requerimientos particulares representan mayor importancia para la competitividad en prestaciones y confort del salvaescaleras en el mercado.

## 4.4 Análisis de alternativas

Para analizar las alternativas de diseño, se deben diferenciar los principales aspectos del equipo que presentan alternativas:

1. Alimentación: Corriente alterna o continua (batería)
2. Tipo de riel: simple o doble
3. Forma del riel: circular, rectangular, cuadrado, entre otros
4. Ubicación de la máquina tractora: en la estructura de la silla salvaescaleras o externa
5. Sistema de tracción: Hidráulico, con cables de acero o cadena, sinfín (gusano)/segmento dentado, sinfín/tuerca giratoria o piñón y cremallera

## 4.5 Diseño adoptado

Se irá detallando y fundamentando a continuación, la solución adoptada:

- 1) Alimentación: Corriente continua 24V (batería)

Esta elección tiene sus fundamentos principalmente en la posibilidad de utilizar el salvaescaleras aún con ausencia de energía de la red eléctrica, y en la menor complejidad, en cuanto a seguridad, con respecto a un equipo que funcione con corriente alterna de la red eléctrica.

En cuanto al nivel de tensión 24V, se debe a la mayor disponibilidad de componentes, como el motor, en este nivel de tensión.

Por otro lado, con esta elección, se estaría en coincidencia con el resto de salvaescaleras existentes en el mercado.

- 2) Tipo de riel: Doble
- 3) Forma del riel: Sección circular

A lo largo del recorrido de la silla salvaescaleras, se debe ir regulando a ésta, en la dirección de los tres ejes de coordenadas. Es decir, se debe regular su inclinación para mantenerla a nivel horizontal y vertical, y por otro lado, debe girar para acompañar la curva de la escalera. Para que esto ocurra, debe realizarse por medio del riel.

El riel se debe fijar firmemente al piso y los escalones, ya que es el encargado de guiar y soportar el peso del salvaescaleras y el usuario.

Con un sólo riel, de la misma sección en todo el recorrido de la escalera, se podría regular la inclinación de la silla hacia adelante/atrás, y el giro en las curvas. Esto se logra curvando y torsionando en su propio eje el riel. Sin embargo, restaría nivelar horizontalmente, es decir, la inclinación del asiento hacia los lados. Para esto sería necesario variar la sección del riel a lo largo de la escalera, a medida que varía el nivel de la misma.



Figura 13. Riel simple ejemplo

La opción de un sólo riel, si bien es posible y existen marcas que lo utilizan, es desestimada, en este caso, por la mayor complejidad de su fabricación.

Por otro lado, un riel doble, tiene la ventaja de poder fabricarse de sección circular, esta sección evita la necesidad de torsionar. La inclinación hacia adelante y hacia atrás de la silla, se da por medio del nivel vertical (plomero) de los 2 perfiles circulares uno encima del otro. El giro de la silla salvaescaleras se da por medio del curvado de los perfiles. Finalmente, la regulación del nivel del asiento hacia los lados (horizontal), se da por medio de la separación entre los perfiles.



Figura 14. Riel doble ejemplo

Por lo expresado anteriormente, es que se adopta como solución el tipo de riel doble, en disposición vertical un perfil sobre el otro, y de sección circular.

#### 4) Máquina tractora: dentro del carro de la silla salvaescaleras

Esta alternativa se adopta principalmente por la posibilidad que brinda de fabricar de manera estándar el carro del salvaescaleras y su estructura. Es decir, aplicarlo a cualquier tipo de escalera simplemente modificando el riel.

El hecho de tener que ubicar la máquina tractora externa, conlleva la necesidad de adaptarse a cada escalera en particular, debido principalmente a la diferencia de los espacios disponibles. Esto por lo general significa mayor complejidad, obra civil, tiempo y costos del trabajo.

#### 5) Sistema de tracción: Piñón y cremallera

En este caso, se llega a esta elección, por inviabilidad del resto de opciones

Ya que el salvaescaleras se desea aplicar a escaleras curvas, no podrían escogerse los tipos de tracción hidráulica, sinfín/tuerca giratoria, ni por cadena.

Además tampoco podría utilizarse la tracción de tipo tornillo sinfín y cremallera, ya que el tornillo no podría acompañar el giro en las curvas.

Finalmente también es inviable la opción de tracción por cable de acero, ya que la máquina motriz se optó por ubicarla en el interior de la estructura de la silla salvaescaleras.

De esta manera, la alternativa aplicable en estos casos es la tracción a piñón y cremallera, que no por ser la única viable o más sencilla, sea de menor eficacia, de hecho resulta ser una solución efectiva, segura y de muy buenos resultados a lo largo de muchos años de aplicarse.

En cuanto a la máquina tractora se adopta un conjunto motorreductor por la gran confiabilidad y versatilidad en cuanto a las características de potencia, torque, y velocidad.

Esquemmatización del diseño adoptado:

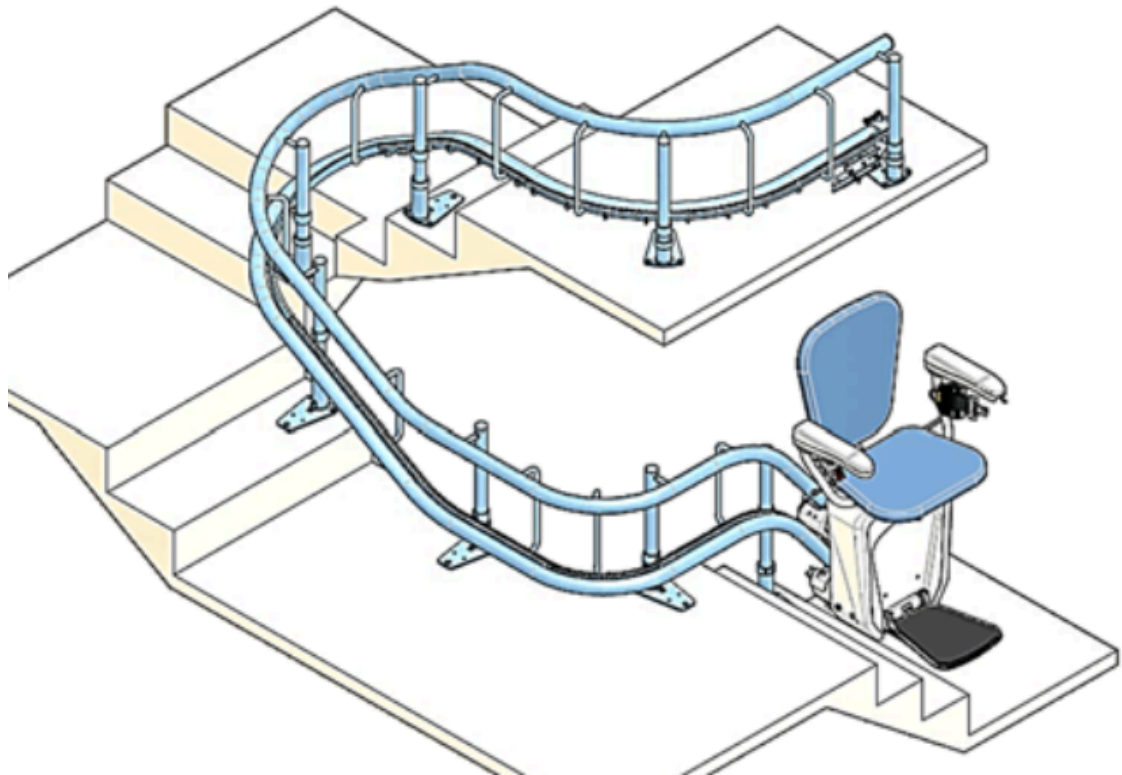


Figura 15. Croquis diseño objetivo



## 5 Presupuesto preliminar

El objetivo de este capítulo del proyecto, es cuantificar en líneas generales el costo estimado de los principales componentes a adquirir para la fabricación del salvaescaleras. No se definen aquí a los proveedores ni los componentes a utilizar.

Esta estimación será utilizada luego en el análisis de prefactibilidad del proyecto.

En principio, este presupuesto representa un costo mínimo y de partida, por lo que debe ser menor o corresponderse con el precio de venta de los equipos ofrecidos por la competencia. En caso contrario, se tomará la medida de acción correspondiente en el estudio de prefactibilidad.

Se toma como referencia, al igual que en 3.2.2.3 (“Precio”) una escalera curva de 16 escalones (aprox. 5 [m] de recorrido).

Se presentan en tabla los componentes principales junto a su proveedor y precio aproximado en pesos. Ya que este no es un presupuesto definitivo, se toman valores de referencia, en algunos casos, de la plataforma de ventas Mercado Libre. A fin de simplificar el análisis.

Proveedor	Componente	Descripción	Precio unitario	Cant.	Subtotal [€]
Remssi S.R.L	Motor	250W 24VDC	\$ 125.000	1	<b>\$ 125.000</b>
Lavandera	Caja reductora	Lavandera 37:1	\$ 55.000	1	<b>\$ 55.000</b>
TISA Transmisiones Industriales	Cremallera	M4 12x30mm (1m)	\$ 12.584	5	<b>\$ 62.920</b>
Mercado Libre	Cargador de batería	24v 3,5A	\$ 31.000	1	<b>\$ 31.000</b>
Metalúrgica Pasgal	Chapa acero	Espesor 4,8mm negra lisa (kg)	\$ 1.047	27	<b>\$ 28.269</b>

Proveedor	Componente	Descripción	Precio unitario	Cant.	Subtotal [€]
Lavandera	Freno electromagnético	24V BFK457-03 INTORQ	\$ 30.000	1	<b>\$ 30.000</b>
Mercado Libre	Batería	12V 9Ah sellada	\$ 12.089	2	<b>\$ 24.178</b>
AEI Automatizaciones	Interruptores finales de carrera	Micro switch c/rueda cableado	\$ 2.350	10	<b>\$ 23.500</b>
Metalúrgica Pasgal	Caño estructural	Ø38,1x2mm (barra 6m)	\$ 7.806	3	<b>\$ 23.418</b>
Aproximado	Electricidad varios	Fichas, cables, terminales, otros	\$ 15.000	1	<b>\$ 15.000</b>
Aproximado	Accesorios varios	Tornillos, tuercas, chavetas, otros	\$ 15.000	1	<b>\$ 15.000</b>
Rodamientos Leo	Rodamiento 6005	25x47x12mm skf	\$ 1.988	7	<b>\$ 13.916</b>
Mercado Libre	Juego asiento y respaldo	Tipo sillas tandem, tapizado	\$ 12.969	1	<b>\$ 12.969</b>
Mercado Libre	Módulo de relés	3 canales de 10A 24V	\$ 5.953	2	<b>\$ 11.906</b>
Metalúrgica Pasgal	Caño uso mecánico	Ø33,7x3,2mm (barra 6m)	\$ 11.721	1	<b>\$ 11.721</b>
Mercado Libre	Electrónica de potencia	PWM 24V 40A con inversión	\$ 10.369	1	<b>\$ 10.369</b>
AEI Automatizaciones	Control remoto	2 canales 433MHz	\$ 3.060	3	<b>\$ 9.180</b>
Mercado Libre	Chapa acero color	C22 2,44x1,22m (lámina)	\$ 17.725	0,5	<b>\$ 8.863</b>
Mercado Libre	Cinturón de seguridad	Inercial retráctil	\$ 8.852	1	<b>\$ 8.852</b>
AEI Automatizaciones	Receptor	24V 433MHz 2 canales	\$ 8.240	1	<b>\$ 8.240</b>
Mercado Libre	Ejes varios	SAE 1045 Ø25mm (1m)	\$ 6.154	1	<b>\$ 6.154</b>
Metalúrgica Pasgal	Hierro macizo redondo	Ø15,88mm F26 (barra 6m)	\$ 5.371	1	<b>\$ 5.371</b>
Mercado Libre	Ruedas/guidadores	Barra grilón Ø50mm (1m)	\$ 16.800	0,3	<b>\$ 5.040</b>

Proveedor	Componente	Descripción	Precio unitario	Cant.	Subtotal [ \$ ]
Metalúrgica Pasgal	Tubo estructural	30x15x1,6mm (barra 6m)	\$ 4.859	1	<b>\$ 4.859</b>
Mercado Libre	Juego apoyabrazos	Tipo almohadilla sillas de ruedas	\$ 4.800	1	<b>\$ 4.800</b>
Mercado Libre	Display de carga	Voltímetro 24V	\$ 4.500	1	<b>\$ 4.500</b>
Mercado Libre	Regulador de tensión	Step up DC/DC 10/60V 15A	\$ 4.182	1	<b>\$ 4.182</b>
Mercado Libre	Regulador de tensión	Step down DC/DC 3A 24V	\$ 3.399	1	<b>\$ 3.399</b>
Mercado Libre	Gabinete plástico	123x86x35	\$ 1.599	2	<b>\$ 3.198</b>
Mercado Libre	Temporizador	24V c/salida a relé	\$ 3.096	1	<b>\$ 3.096</b>
Metalúrgica Pasgal	Hierro planchuela	25,4x4,75mm (barra 6m)	\$ 2.757	1	<b>\$ 2.757</b>
Mercado Libre	Ignífugo tela	Direth X10l	\$ 19.000	0,1	<b>\$ 1.900</b>
Rodamientos Leo	Rodamiento axial 51205	Crapodina 25x47x15mm	\$ 1.850	1	<b>\$ 1.850</b>
Mercado Libre	Fan cooler	24V con rejilla 80x80x25mm	\$ 1.106	1	<b>\$ 1.106</b>

Tabla 11. Presupuesto preliminar aproximado

Resumen del presupuesto preliminar:

Categoría	Subtotal
Mecánica	\$ 400.138,00
Electrónica/ Electricidad	\$ 152.854,00
Accesorios	\$ 28.521,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 581.513,00</b>

Tabla 12. Resumen presupuesto preliminar

## 6 Prefactibilidad

Este capítulo consiste en determinar si el proyecto es viable y factible, para así avanzar con las siguientes etapas. Para realizar este análisis, importan en este caso, dos aspectos fundamentales, la prefactibilidad técnica y la económica. Esto es así ya que el objetivo del proyecto es el diseño de un producto para luego introducir al mercado.

Ya habiendo determinado en capítulo 4 los aspectos técnicos generales, y en 5 un presupuesto preliminar, se puede hacer uso en este capítulo, de esos análisis.

### 6.1 Prefactibilidad técnica

#### Componentes

Como ya se mencionó anteriormente, los componentes necesarios para la fabricación del salvaescaleras, si bien de limitada variedad, pero existen en el mercado local. Por lo que en este aspecto el proyecto es factible.

#### Técnicas y procesos

En cuanto al proceso propio de fabricación, si bien en este capítulo es apresurado establecer metodologías, no sería necesario contar con técnicas o tecnologías inusuales o de avanzada.

Los procesos principales consistirán, en lo posible, de técnicas usuales de metalmecánica, tales como corte y soldadura, curvado, rolado, y tornería, entre otros.

Se puede destacar como parte singular del proceso, el diseño y cálculo mecánico por medio de softwares, como por ejemplo SolidWorks. Además, se pretende hacer uso de la fotogrametría 3D para la medición y modelado de las escaleras para las cuales se fabricará el salvaescaleras.

El objetivo de esto es aprovechar al máximo los beneficios de estas herramientas, que automatizan procesos tediosos y repetitivos, mejorando la calidad y la productividad.

Estos procesos, técnicas y herramientas necesarias, no representan ningún aspecto que genere inconvenientes para hacerlo realizable, por lo que en este sentido, el proyecto también es factible.

## **6.2 Prefactibilidad económica**

Como se puede ver en el presupuesto preliminar, el monto total estimado y aproximado, de los principales componentes para la fabricación del salvaescaleras es de \$571.093,00 (quinientos setenta y un mil noventa y tres pesos). Se debe recordar, que aún no se han definido los componentes a utilizar efectivamente, y restan contabilizar otros tantos, además de otros gastos fijos y variables para la producción.

Sin embargo, ya se puede en este punto, establecer una comparativa con los precios del producto terminado en el mercado, a modo de referencia y a fines de verificar la factibilidad para introducirlo en el mercado competitivo.

Para realizar una comparativa, se toma como referencia el menor precio encontrado del mercado, correspondiente a un salvaescaleras recto.

#### Salvaescaleras rectos

<i>Precio mínimo del mercado</i> .....	<b>\$ 1.518.820</b>
<i>Costo estimado en componentes</i> .....	<b>\$ 571.093</b>
<i>Diferencia</i> .....	<b>\$ 947.727</b>

#### Salvaescaleras curvos

<i>Precio mínimo del mercado</i> .....	<b>\$ 2.813.993</b>
<i>Costo estimado en componentes</i> .....	<b>\$ 571.093</b>
<i>Diferencia</i> .....	<b>\$ 2.242.900</b>

Estos valores de diferencias, representan el margen disponible para cada caso, con el cual se deben solventar el resto de gastos y costos no contemplados hasta el momento, además del beneficio esperado.

Estos gastos que restan, son tanto fijos como variables, y serán determinados una vez definidas las siguientes etapas del proyecto. Sin embargo, es previsible y de esperar que el proyecto sea también factible en lo económico.

Finalmente, con este análisis de prefactibilidad y sus resultados positivos, se da por culminado el anteproyecto.

## PROYECTO

Esta etapa, denominada "Proyecto", consiste en el desarrollo en profundidad de los contenidos.

Primeramente se plantean la Ingeniería de detalle del salvaescaleras, y la de su proceso de fabricación.

Una vez definido el proceso de fabricación, se plantea un layout de planta y se detallan aspectos sobre la organización de la producción.

Finalmente se efectúan un presupuesto y análisis de factibilidad finales.

## Ingeniería de detalle del salvaescaleras

En este capítulo del proyecto, quedan determinados todos y cada uno de los sistemas, subsistemas, componentes y partes que integran el diseño del salvaescaleras. Se presentará entonces, documentación que contenga especificaciones técnicas sobre lo desarrollado.

Para simplificar la complejidad del desarrollo, se divide este capítulo en 6 secciones enfocadas cada una en un subsistema particular:

1. Sistema de tracción
2. Estructura del chasis
3. Estructura del riel
4. Carros guidores
5. Accesorios y periféricos
6. Sistema de potencia y automatización
7. Verificaciones finales

Una vez definidos todos los subsistemas, se mostrará el conjunto definitivo y se detallarán diferentes aspectos del funcionamiento.



## 7 Sistema de tracción

Este sistema es el mecanismo que permite llevar la fuerza y el movimiento, generado por el motor, hasta un engranaje que fuerza sobre la cremallera, permitiendo así el movimiento del salvaescaleras.

El sistema de tracción estará formado principalmente por un conjunto motorreductor, y un engranaje, traccionando sobre la cremallera dentada.

Se tienen en cuenta los requerimientos legales y particulares, definidos anteriormente en 4.1 y 4.3.

Datos y requerimientos generales:

- Alimentación 24 [Vcc]
- Velocidad de marcha objetivo:  $0,1 \text{ [m/s]} \leq V \leq 0,15 \text{ [m/s]}$
- Capacidad de carga objetivo:  $C = 120 \text{ [kg]}$  (115 [kg] mínimo)
- Con freno electromagnético de seguridad
- Inclinación máxima de la escalera:  $75^\circ$  respecto de la horizontal
- Sistema paracaídas en caso de ser necesario

### 7.1 Motor

La potencia necesaria del motor, dependerá del ángulo de inclinación y del peso total a desplazar, es decir de la carga nominal y del peso propio del salvaescaleras.

Como aún no se dispone del peso del salvaescaleras, se utilizará lo correspondiente a la carga nominal (máxima) objetivo y se estimará, según experiencias anteriores, un peso del conjunto como punto de partida. Luego una vez

definidos todos los componentes, se verificará nuevamente la potencia necesaria, teniendo además en cuenta otros factores como el rozamiento y el rendimiento del sistema de transmisión.

*Carga nominal*  $\rightarrow C = 120$  [kgf]

*Peso estimado estructura*  $\rightarrow P_{est.} = 35$  [kgf]

*Peso total estimado*  $\rightarrow P_{Total} = 155$  [kgf]

*Ángulo máximo inclinación*  $\rightarrow 75^\circ$

Diagrama de cuerpo libre:

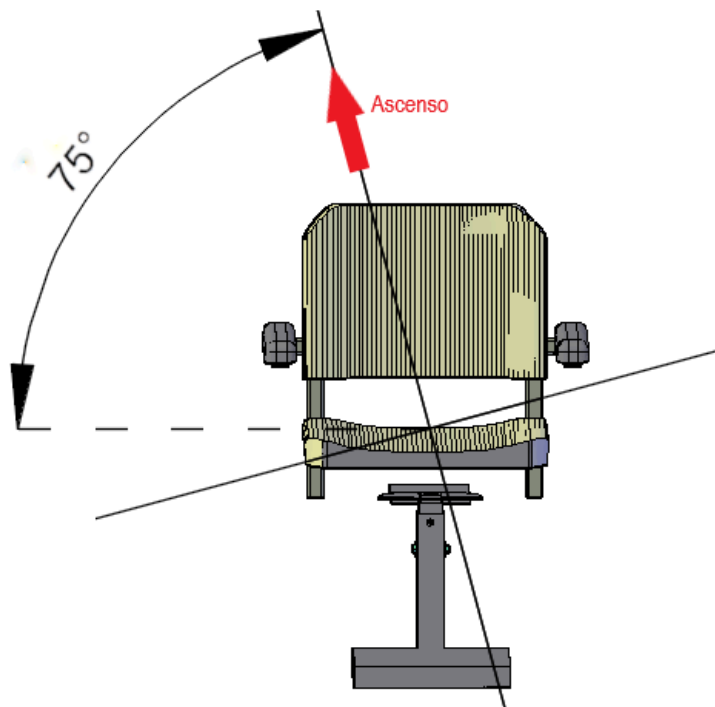


Figura 16. Diagrama de cuerpo libre

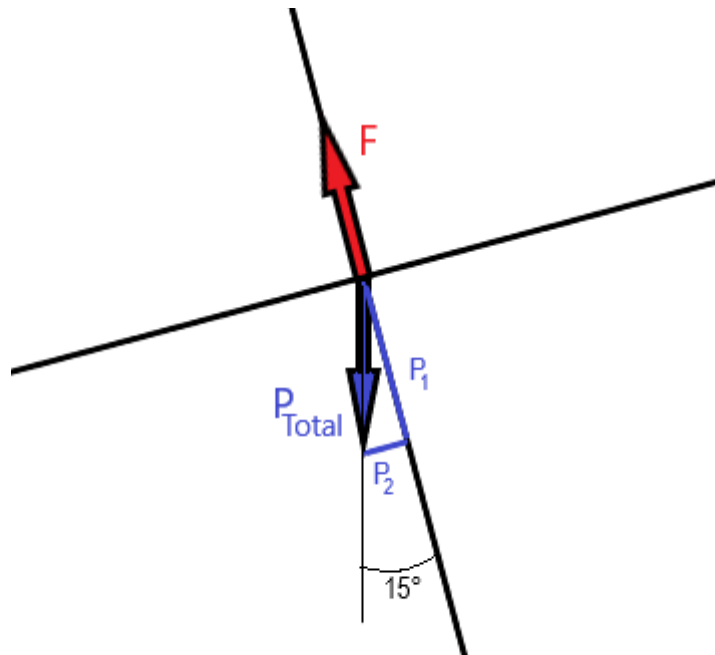


Figura 17. Fuerzas, diagrama de cuerpo libre

Como se puede observar en el diagrama de cuerpo libre, el peso total, hasta ahora estimado, se debe descomponer en 2 fuerzas  $P_1$  y  $P_2$  (Se ha obviado la fuerza de la gravedad ya que se trabaja con pesos [Kgf]).

$P_1$  corresponde a la componente del peso total que debe elevarse con el motor.

$F$  es la fuerza necesaria para elevar el salvaescaleras, es decir  $P_1$ .

Entonces:

$$F = P_1 = P_{Total} * \text{Cos } 15$$

$$F = 155 \text{ [kgf]} * \text{Cos } 15$$

$$F = 150 \text{ [kgf]} = 1470 \text{ [N]}$$

La potencia mínima requerida se puede obtener a partir de la fuerza necesaria para elevar el conjunto en carga nominal y de la velocidad lineal a la cual se

desplazará. Se tomará la mínima velocidad establecida en los requerimientos particulares, ya que se está utilizando la máxima carga posible.

Además, se considera un rendimiento mecánico de la caja reductora, aún no seleccionada, de 0,70.

Potencia mínima requerida:

$$Pot. \text{ mín.} = (F * V) / \eta$$

$$Pot. \text{ mín.} = 1470 [N] * 0,1 [m/s] / 0,70$$

$$Pot. \text{ mín.} = 210 [W]$$

Teniendo ya la potencia mínima requerida, se puede proceder a seleccionar el motor.

Se debe observar, que se ha planteado el cálculo para una carga y un ángulo de inclinación, en sus valores máximos. Sin embargo, no es habitual encontrar escaleras con un ángulo de inclinación superior a 40°.

Una característica importante a destacar de los motores de corriente continua, es su capacidad de entregar el torque demandado, aumentando o disminuyendo su velocidad. A mayor torque solicitado, menor velocidad de salida. Esto quiere decir que puede aprovecharse al máximo dentro de sus límites, sin necesidad entonces de sobredimensionar en exceso su capacidad.

Una vez definidas las demás características del salvaescaleras, se calcularán las distintas velocidades de funcionamiento del salvaescaleras en función de la carga a la que sea sometido.

Datos para la selección del motor:

- Alimentación: 24 [Vcc]
- Potencia: 210 [W]
- Apto regulación electrónica de velocidad

Luego de una ardua búsqueda y de consultar con los distintos proveedores, se optó por utilizar los motores ofrecidos por la empresa fabricante “Remssi S.R.L”.

Esta elección se debe a la experiencia y trayectoria del grupo de profesionales que la forman, brindando su asesoramiento ante inconvenientes o solicitudes. Por otro lado, ofrecen productos robustos de larga vida útil, y de abastecimiento asegurado, ya que son fabricados con componentes nacionales.

También es importante mencionar, que la empresa ofrece el servicio de reparación “a nuevo”, de sus productos. Esto sería de gran importancia teniendo en cuenta el servicio de mantenimiento a realizar al salvaescaleras.

Entre la gama de productos que ofrece el proveedor, destacan 2 tipos principales de motores de alimentación 24 [Vcc], los de imán permanente y los de campo bobinado.

El motor de campo bobinado de potencia más próxima es de 360 [W], si bien se puede utilizar, su gran volumen y peso (8 kg), hacen que se opte por un motor de imán permanente.

Los motores de imán permanente destacan por ser más compactos, y en este caso es de gran importancia. Estos motores por su diseño compacto y su frente plano, pueden ser fijados en diferentes posiciones, lo que permite gran adaptabilidad

a todo tipo de aplicaciones. Aplicables en general en industria, automatización, tracción, servomecanismos, entre otros.

Características constructivas:

- Carcasa de acero con ranuras para ventilación interna (protección IP-20)
- Tapas frontal y posterior en aluminio
- Imanes cerámicos de ferrite, inducido laminado apto para trabajar con sistemas estáticos de regulación de velocidad
- Eje de acero SAE 1040 Ø12mm, montado sobre rodamientos blindados y autolubricados
- Escobillas de fácil acceso para control o reemplazo
- Colector armado con aislación de mica

Se seleccionará entonces, desde el catálogo del fabricante teniendo en cuenta la potencia máxima estimada de 210 [W] y la tensión nominal de 24 [Vcc]:

Modelo	Valores Nominales					n <sub>0</sub>	T <sub>a</sub>	I <sub>a</sub>	Peso
	P <sub>m</sub>	U <sub>n</sub>	I <sub>n</sub>	n <sub>n</sub>	T <sub>n</sub>				
	Watt	Volt cc	Amper	rpm	Nm				
59L1201	200	12	20	2000	0.9	2300	5	110	3.9
59L1202	200	12	21	2500	0.7	2750	6.5	160	3.9
59L1203	250	12	25	3000	0.8	3500	7.5	230	4.0
59L1204	250	12	25	4000	0.6	4600	9	280	4.0
59L2401	200	24	10	2000	0.9	2300	5	55	3.9
59L2402	200	24	10	2500	0.7	2750	6.5	80	3.9
59L2403	250	24	13	3000	0.8	3500	7.5	120	4.0
59L2404	250	24	13	4000	0.6	4500	9	150	4.0

Tabla 13. Motores serie 59L

**Modelo 59L2403**

Características del modelo seleccionado:

**P<sub>m</sub>: 250 [W]** potencia mecánica en el eje

**U<sub>n</sub>: 24 [Vcc]** tensión nominal

**In: 13 [A]** corriente nominal

**nn: 3000 [rpm]** velocidad nominal

**Tn: 0,8 [Nm]** cupla nominal

**n0: 3500 [rpm]** velocidad de vacío

**Ta: 7,5 [Nm]** cupla de arranque

**Ia: 120 [A]** corriente de arranque

Peso: 4 [kg]

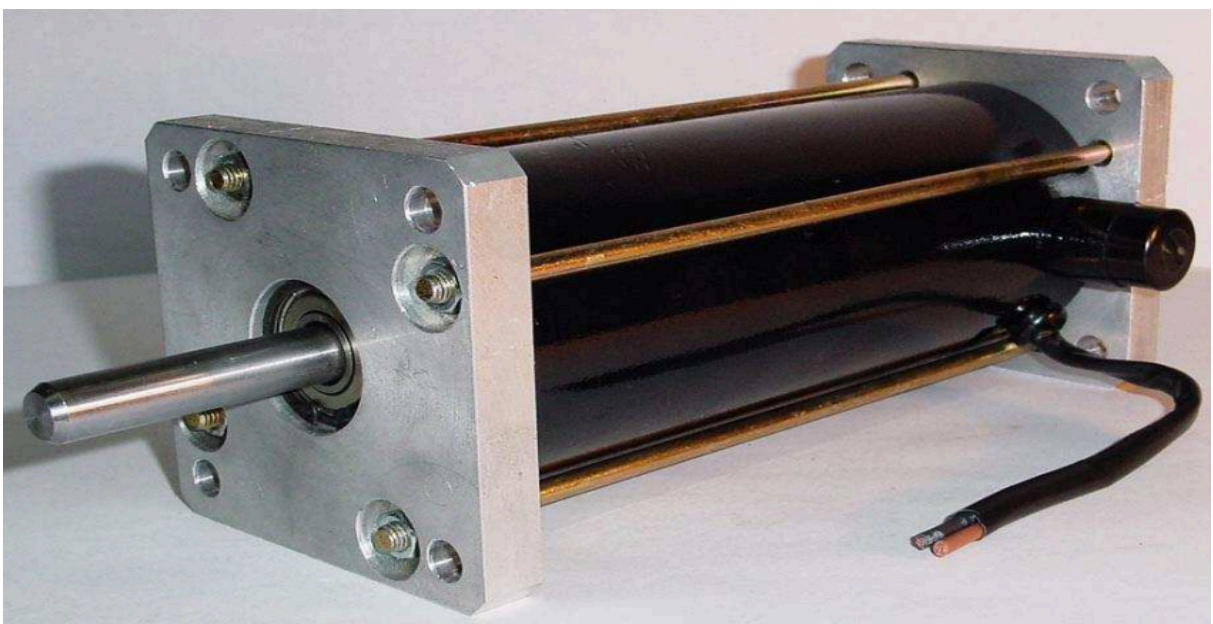


Figura 18. Motor 59L2403 24 Vcc 250 W

Dimensiones en [mm]

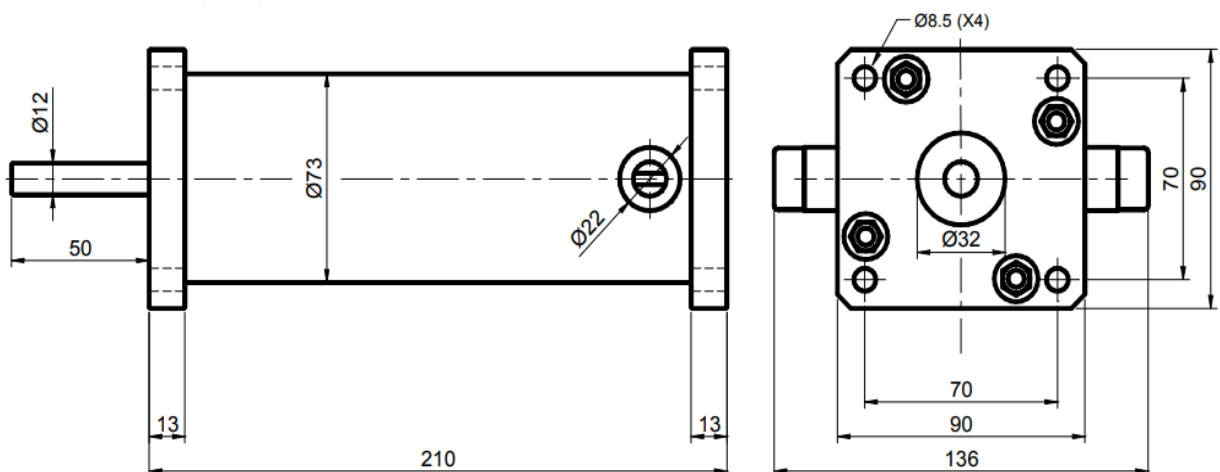


Figura 19. Dimensiones motor 59L2403

Se tienen a disposición, además, las curvas de funcionamiento del motor. Las mismas serán utilizadas luego para verificar la velocidad del salvaescaleras según el peso de la persona que lo utilice. También serán utilizadas para la selección de las baterías de alimentación.

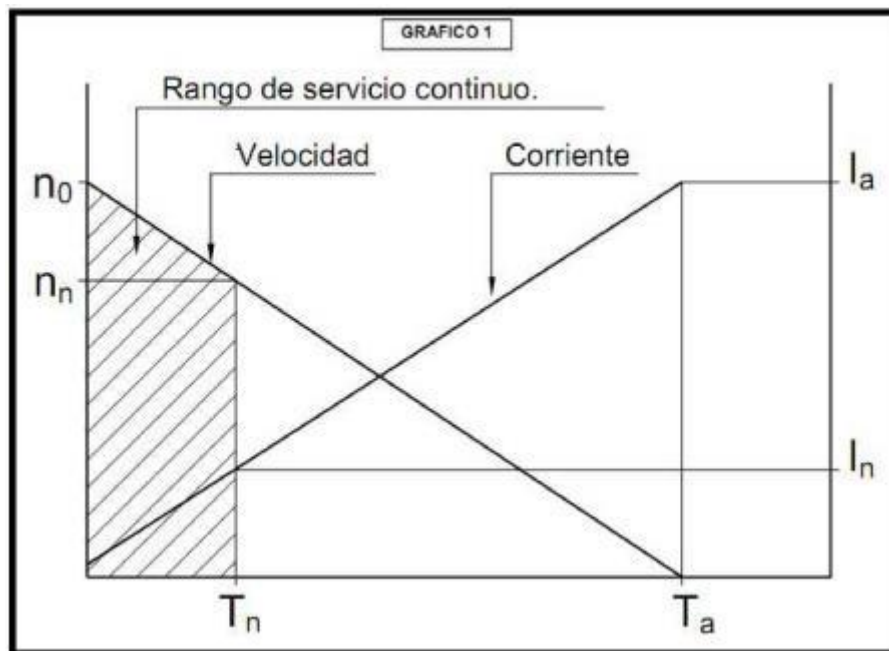


Figura 20. Curvas de funcionamiento motores 59L

## 7.2 Caja reductora y freno de seguridad

Si bien la elección de la caja reductora se puede reducir simplemente a la selección de un reductor normalizado, por medio de la potencia mecánica y de la relación de velocidades, en este caso existe otro aspecto primordial que dificulta la tarea.

Este aspecto tiene que ver con el requerimiento de la norma ISO 9386-2 enlistado en 4.1, en el que se establece la obligatoriedad de contar con un freno de



fricción que pueda sostener una sobrecarga de un 25% por sobre la nominal. El problema aquí radica en la ausencia de estos frenos en el mercado local.

El freno necesario debe ser de aplicación mecánica y sostenerse eléctricamente, alimentación 24 [Vcc] y debe poder ser vencido manualmente para la operación de emergencia del salvaescaleras.



Figura 21. Freno tipo utilizado en salvaescaleras

Si bien existen proveedores de estos frenos, en todos los casos consultados se debe realizar un pedido de importación para adquirirlos. Esto significa un gran riesgo de no abastecimiento, que en los objetivos propuestos de este proyecto, se trata de evitar utilizando componentes del mercado local.

Por otro lado, se debe mencionar que el costo cotizado de un freno de estas características, es de \$814 USD, lo que significa \$174.266,00 a la cotización dólar-peso de la fecha. Este monto es notoriamente elevado, si comparamos con otros componentes como por ejemplo el motor, que se supondría en principio de mayor costo.

Las causas que generan esta diferencia son diversas situaciones macroeconómicas, que no son objeto de estudio del presente proyecto, pero si hacen a la decisión de desistir de la alternativa de un reductor de velocidad normalizado, y optar por otra solución.

Afortunadamente como proyectista, cuento con experiencia previa en la utilización de un mecanismo en particular, para solucionar esta dificultad. De hecho, resulta ser sobresaliente en cuanto a características y aplicabilidad en este proyecto.

“Lavandera” es una empresa de más de 56 años en el país, fabricante de mecanismos para portones y sistemas automáticos, siendo una de las marcas más antiguas y experimentadas en el rubro de las automatizaciones.

Los mecanismos que ofrece esta empresa, poseen distintas alternativas posibles de acuerdo a las necesidades de los usuarios; estando además plenamente garantizados, por tratarse de mecanismos fabricados en el país.

Entre los productos que ofrece Lavandera, se encuentra el reductor de velocidad serie 2220 MR.

Este es un reductor de robusta construcción, de tipo sinfín y corona, de larga vida útil comprobada, utilizado en automatismos de portones y cortinas de enrollar, entre otros.

En la siguiente imagen se puede observar el interior de un reductor de este modelo, puesto en funcionamiento en junio de 1998, y sacado de servicio en 2022, luego de 24 años en condiciones de trabajo extremas.

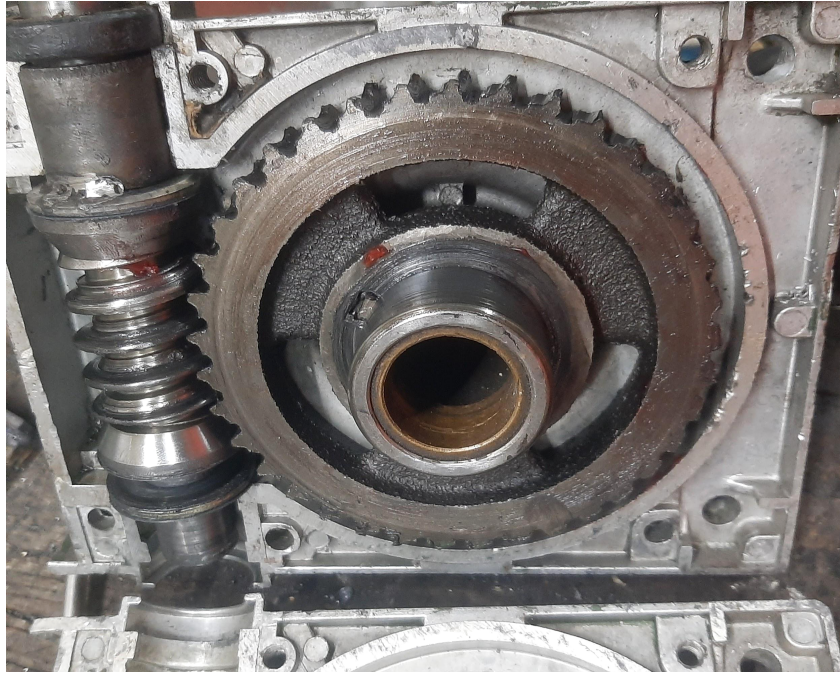


Figura 22. Reductor Lavandera 2220MR de 1998

### Características principales

La elección de este reductor tiene que ver con la posibilidad de acoplar en una de las entradas del sinfín, un freno electromagnético, de tipo fricción de accionamiento mecánico y liberación eléctrica, tal como es necesario.

Este freno, también es de gran calidad y fabricación propia de Lavandera, por lo que su abastecimiento está asegurado. El conjunto reductor-freno sale de la fabricación listo para ser ensamblado, por lo que no son necesarias modificaciones.



Figura 23. Freno electromagnético Lavandera

Por otro lado, el reductor 2220 MR posee otra característica destacable para el presente proyecto, y es que cuenta con una salida de tipo engranaje recto de módulo 4. Esto quiere decir, que dicha salida puede usarse para trabajar sobre la cremallera, modificándose mediante el mecanizado de un nuevo árbol de transmisión, ya que por cuestiones referidas al espacio, sería inviable utilizar el reductor sin modificación alguna. Esto se detalla en 10.2.1 “Árbol de transmisión”.



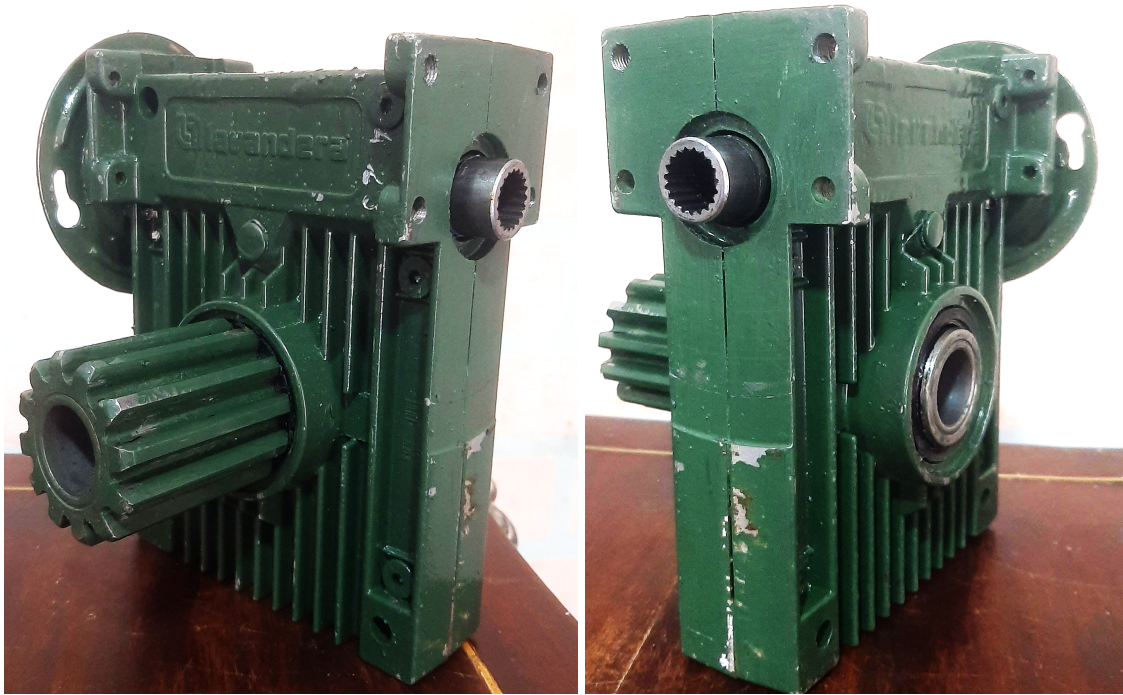


Figura 24. Reductor 2220 MR año 2023 Lavandera

En la siguiente imagen, se puede observar un desgaste normal del engranaje, considerando 24 años de uso intensivo, en comparativa a un reductor nuevo:

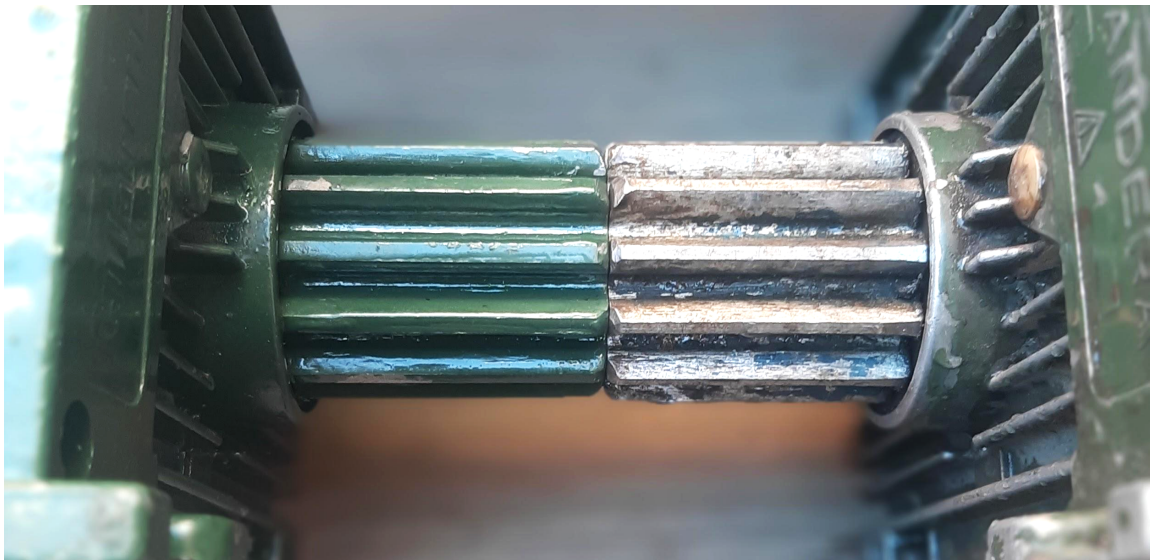


Figura 25. Reductor usado/nuevo

A continuación se muestra el conjunto reductor - freno ensamblado:



Figura 26. Conjunto reductor - freno. Lavandera

Otras características del reductor:

- Motores hasta 0,5 [Hp]
- Utilizado normalmente para cuplas de hasta 80 [Nm]
- Relación de velocidad 1 en 40
- Carcasa de aluminio fundido de alta resistencia
- Corona 115 [mm] de diámetro
- Lubricación interna en grasa
- Engranaje M4 de acero AISI-SAE 1040

### Verificación de aplicabilidad

Para verificar la correcta funcionalidad del reductor seleccionado, se deben comprobar los siguientes 3 aspectos:

1. Relación de velocidad
2. Cupla máxima
3. Resistencia del engranaje

#### **1-Relación de velocidad**

Como se mencionó anteriormente en los requisitos particulares, se desea lograr una velocidad de marcha del salvaescaleras mayor o igual a 0,1 [m/s] y menor o igual a 0,15 [m/s], para cumplir con la norma ISO 9386-2.

Se debe tener en cuenta entonces, la velocidad de entrada del motor seleccionado, afectándola por la relación de transmisión del reductor ( $i$ ) para obtener la velocidad del engranaje en la salida:

$$n_{motor} = 3000 [rpm]$$

$$i_{reductor} = 1/40$$

$$n_{salida} = n_{motor} * i = 3000 [rpm]/40$$

$$n_{salida} = 75 [rpm] = 1,25 [rev/s]$$

Teniendo la velocidad de salida en el engranaje, se debe verificar el recorrido lineal que significa cada revolución del mismo:

$$\text{Módulo del engranaje: } m = 4 [mm]$$

$$\text{Cantidad de dientes: } Z = 12$$

$$\text{Diámetro primitivo: } D_p = m * Z = 48 [mm]$$

El perímetro del diámetro primitivo, será la distancia lineal que recorra el salvaescaleras en cada revolución del engranaje:

$$\text{Distancia lineal por revolución: } L = \pi * 48 [mm] = 151 [mm/rev]$$

$$\text{Siendo la velocidad de salida del engranaje } n_{salida} = 1,25 [rev/s]$$

Se obtiene entonces la velocidad lineal del salvaescaleras multiplicando:

$$V_{salv.} = L * n_{salida} = 0,151 [m/rev] * 1,25 [rev/s]$$

$$V_{salv.} = 0,189 [m/s]$$

Se puede observar que la velocidad obtenida de marcha es levemente superior al máximo de 0,15 [m/s]. Sin embargo, esto no significa un inconveniente, de hecho es una condición ideal. Esto es así, ya que la velocidad del motor será regulada electrónicamente, a través de la modulación por ancho de pulso (PWM), la cual permite regular en porcentajes que varían de 0 a 100%, brindando además otras grandes ventajas, enumeradas luego en 7.6 “Instalación Eléctrica”.



## 2-Cupla máxima

En este punto, se intenta verificar que la cupla máxima a desarrollarse en la condición crítica de uso del salvaescaleras, no supere a la cupla nominal del reductor de velocidad seleccionado.

Para esto se considera la fuerza necesaria para elevar el salvaescaleras con su carga nominal, calculada en 7.1 “Motor”, y el radio primitivo del engranaje:

Cupla nominal del reductor:  $C_{reductor} = 80 [Nm]$

Cupla máxima desarrollada:

$$C_{m\acute{a}x} = F_{m\acute{a}x} * D_p/2 = 1470 [N] * \frac{0,048}{2} [m]$$

$$C_{m\acute{a}x} = 35,28 [Nm] \ll 80 [Nm]$$

Como vemos, la cupla máxima desarrollada para elevar el salvaescaleras y su carga nominal, con la máxima inclinación permitida (75°), es menor al 50% de la cupla nominal de la caja reductora.

## 3-Resistencia del engranaje

Para verificar la resistencia del engranaje de salida, se utiliza la ecuación de Lewis modificada, a fin de considerar también, el efecto de fatiga.

Como en este caso ya se dispone de las características del engranaje, se obtendrá la fuerza límite de fatiga, para luego comprobar con la fuerza dinámica.

Se obtienen los coeficientes, valores de resistencias mecánicas, y ecuaciones del libro de V.M. Faires. *Diseño de elementos de máquinas*. (4ta edición). Montaner y Simón S.A.

$$F_s = \frac{S_n * Y * b * M}{10}$$

$F_s$ : Fuerza límite de fatiga

$S_n$ : Resistencia a la fatiga (AISI-SAE 1040)

Y: Factor de forma (Tabla AT 24)

b: ancho del diente [cm]

M: Módulo [mm]

Entonces:

$$S_n = S_u / 2 = 6360 [kg/cm^2] / 2 = 3180 [kg/cm^2]$$

$$Y = 0,245 \text{ Tabla AT 24}$$

$$b = 1,2 \text{ cm (cremallera estándar)}$$

$$M = 4 \text{ mm}$$

$$F_s = \frac{3180 [kg/cm^2] * 0,245 * 1,2 [cm] * 4 [mm]}{10 [mm/cm]} = 374 [kg]$$

Este resultado, debe ser mayor comparado con la fuerza o carga dinámica y el factor de servicio:

$$F_s \gg F_d * k_{servicio}$$

Donde:

$$F_d: \text{ Fuerza dinámica} \quad F_d = \frac{183 + v_m}{183} * F_t$$

$V_m$  : Velocidad en la circunferencia primitiva

$$v_m = \pi * D_p * n_{sal} = \pi * 0,048 [m/s] * 75 [rpm] = 11,3 [m/min]$$

$$F_t = 150[kg]$$

$$F_d = \frac{183 + 11,3[m/min]}{183} * 150[kg] = 160[kg]$$

$$k_{servicio} = 1,25 (Pg. 490)$$

Reemplazando los resultados:

$$F_s \gg F_d * k_{servicio}$$

$$374[kg] \gg 160[kg] * 1,25$$

$$374[kg] \gg 200[kg]$$

Como vemos, la fuerza límite de fatiga es considerablemente mayor a la carga dinámica y el factor de servicio, por lo que el resultado es correcto.

En cuanto al ancho del diente, si bien en general la bibliografía utilizada sugiere una relación mayor a 8 veces el módulo, también se menciona que esa recomendación pierde validez en muchas excepciones, tal es este caso.

Esto se debe a que cuanto más larga es la cara y más rígido es el material del diente, más exactos deben ser los perfiles del diente y la alineación del eje para conseguir una larga duración y un funcionamiento exento de averías. Si bien el salvaescaleras se traslada a través de rieles, debe de hacerlo con cierta holgura, por lo que entre el engranaje y la cremallera debe existir la posibilidad de mínimas

desalineaciones. Esto también justifica un tamaño de diente que “absorba” estas posibles desalineaciones en el recorrido.

### Resistencia al desgaste

Como último paso se procede a verificar la resistencia al desgaste. El tipo de desgaste a que aquí se hace referencia, es el que se producirá a causa de un fallo por fatiga del material de la superficie a consecuencia de elevados esfuerzos de contacto, fenómeno llamado picado.

Para realizar el cálculo se utiliza la ecuación de Buckingham, de la carga límite de desgaste:

$$F_w = D_p * b * Q * k_g$$

Donde:

$$Q = \frac{2D_c}{D_p + D_c}$$

Ya que en este caso la corona es en realidad una cremallera, su diámetro es infinito ( $D_c = \infty$ ) y se genera una indeterminación matemática. El valor de Q debe resolverse en el límite:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left( \frac{2x}{D_p + x} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} \left( \frac{2}{\frac{D_p}{x} + \frac{x}{x}} \right) = \left( \frac{2}{0+1} \right) = 2$$

Entonces:

$$D_p = 48[mm]$$

$$b = 12[mm]$$

$$Q = 2$$

$$k_g = 11,38 \text{ (Tabla AT 26 suma BHN 400 y } 10^6 \text{ ciclos)}$$

Reemplazando:

$$F_w[kg] = D_p[cm] * b[cm] * Q * k_g$$

$$F_w[kg] = 4,8[cm] * 1,2[cm] * 2 * 11,38 = 131[kg]$$

En la bibliografía se menciona que en general, cuando se desea un servicio indefinido más o menos continuo, es necesario que  $F_w \geq F_d$  y  $F_s \geq F_d$ .

Sin embargo, para servicio intermitente u otro limitado se toma comúnmente sólo  $F_s \geq F_d$ . Y de hecho, para servicio muy corto, el límite de fatiga  $F_s$  puede ser menor que  $F_d$ .

En este caso, la carga límite de desgaste calculada es algo menor a la fuerza dinámica ( $131 \text{ [kg]} < 200 \text{ [kg]}$ ), sin embargo ya que el tipo de servicio se caracteriza por ser intermitente, se considera suficiente para este proyecto que sólo la carga límite de fatiga sea mayor que la carga dinámica.

Se debe tener en cuenta además, que los equipos de elevación de pasajeros requieren de un servicio de mantenimiento preventivo periódico, con el cual se mantiene bajo supervisión el nivel de desgaste que pueda adquirir el engranaje, reemplazándolo en caso de corresponder.

De esta manera se da por finalizada la verificación del engranaje, resultando correcta.

### Resultados:

Con las 3 anteriores verificaciones, se comprueba que el reductor seleccionado es adecuado, y cumplirá la función de manera correcta.

Se dispone además, de experiencias anteriores que contribuyen a esta conclusión, ya que se ha utilizado esta disposición de reductor y cremallera en distintas aplicaciones, y el resultado ha sido más que correcto a lo largo de los años.

Se muestran a continuación imágenes de pruebas y puestas en funcionamiento de equipos similares:

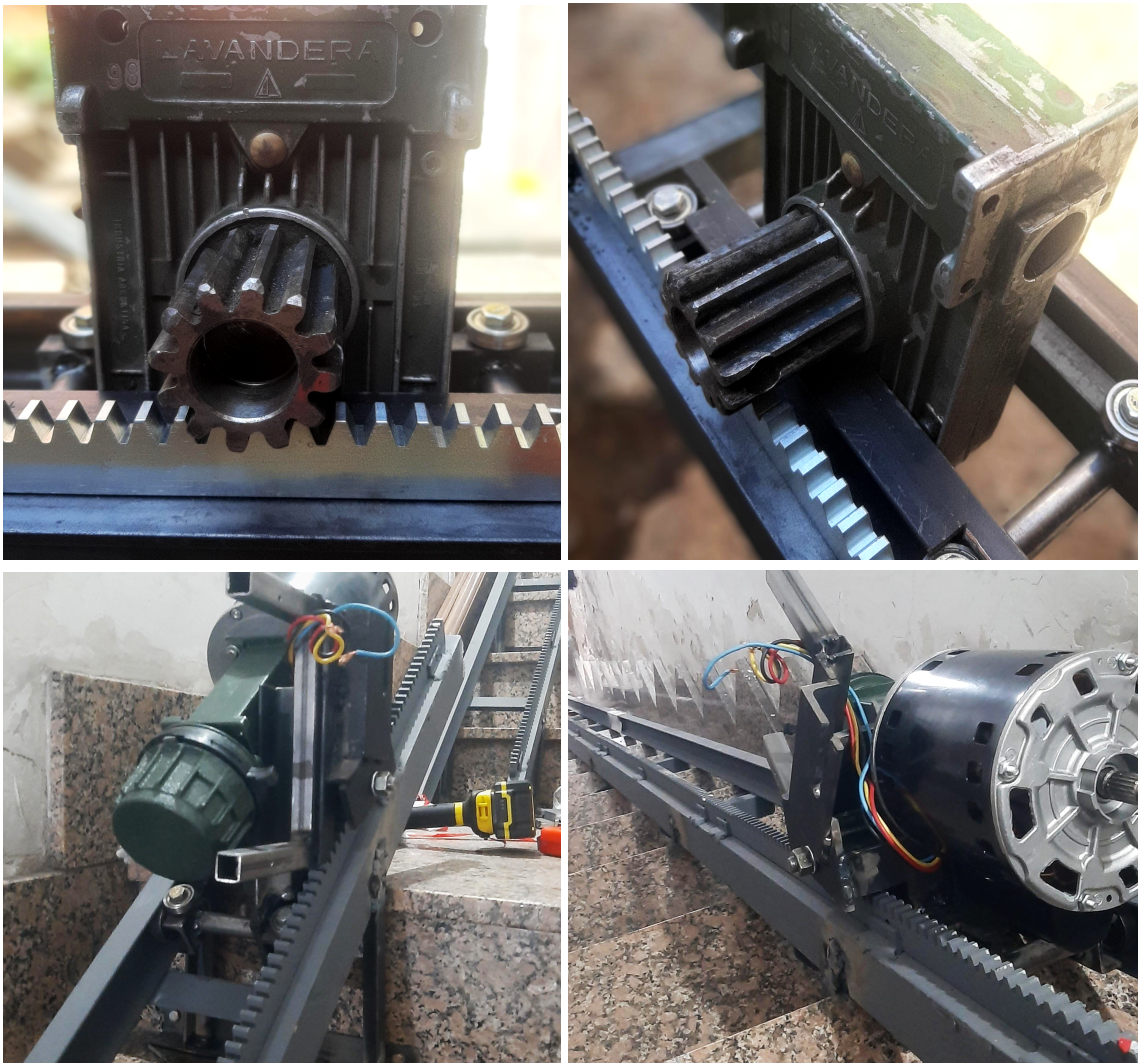


Figura 27. Aplicaciones anteriores reductor/cremallera dentada

## 7.3 Cremallera

En general, en los diferentes mecanismos se busca que el material del engranaje de menor cantidad de dientes, sea el de mayor resistencia, ya que cada diente trabajará mayor cantidad de veces por ciclo de la máquina.

Sin embargo, en este caso no es apropiado que esto ocurra. Esto es debido al hecho de que la cremallera debe ser conformada por medio de curvas y torsiones, para adaptarse a cada escalera en particular, y luego debe ser fijada firmemente al riel para evitar la más mínima desalineación. Esto quiere decir que si la cremallera sufre de desgaste excesivo, se debe remover el riel completo, desvincular la cremallera, replicar la cremallera dañada y volver a fijarla idénticamente en el riel. Luego se debe instalar nuevamente el riel. Todo este proceso es prácticamente una instalación completa, lo que es absolutamente indeseable, y fácilmente solucionable.

Simplemente, se diseña el sistema de tal manera, que en un caso supuesto de desgaste, sea el engranaje quien lo haya sufrido. Significando que simplemente se retira la caja reductora y se instala una nueva, lo que es mucho más rápido, efectivo, y de menor costo para el cliente.

Para realizar esta comprobación se comparan las resistencias a la fatiga de cada material y su factor de forma de tabla AT24:

### Cremallera

$$Y * S_n = 0,484 * 3180 [kg/cm^2] = 1539[kg/cm^2]$$

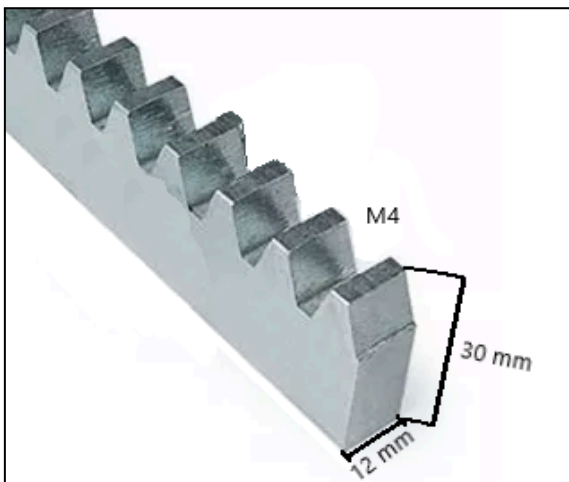
### Engranaje

$$Y * S_n = 0,245 * 3180 [kg/cm^2] = 779[kg/cm^2]$$

Como se puede ver, la resistencia al desgaste de la cremallera es mayor que la resistencia del engranaje, por lo que éste se desgastará primero. Situación que es deseable en este caso.

Favorablemente, y haciendo a la elección del reductor Lavandera, las cremalleras dentadas módulo 4 de acero AISI-SAE 1045, se encuentran muy difundidas en el sector industrial. Esto se debe a su utilización en la automatización de portones corredizos de gran peso. Por este motivo, no es necesario fabricar una cremallera a pedido, lo que significa menor costo y mayor disponibilidad.

Se utilizará entonces una cremallera estándar:



- Base 12 [mm]
- Altura 30 [mm]
- Largo estándar 1 [m]
- Material AISI-SAE 1045
- Módulo 4

Figura 28. Cremallera M4 Acero

## 7.4 Paracaídas

El paracaídas es un dispositivo de seguridad, que detiene el salvaescaleras cuando la velocidad de marcha supera la establecida de 0,3 metros recorridos por



segundo. El paracaídas trabaja junto a otros dispositivos de seguridad, como es el limitador de velocidad.

La norma ISO 9386-2, establece la obligatoriedad de uso del sistema paracaídas, cuando la falla de un componente de transmisión puede causar que la silla salvaescaleras se sobrepase en la dirección hacia abajo, con una velocidad mayor a 0,3 m/s.

Por este motivo es que según el tipo de sistema de transmisión seleccionado, debe utilizarse paracaídas o no. Por ejemplo, en un sistema de tornillo sinfín y tuerca giratoria que se desplaza a lo largo del mismo, sería imposible, en la práctica, lograr que el tornillo sinfín gire a partir de una fuerza aplicada en la tuerca. Sino que es necesario hacer girar el tornillo por medio del motor, para que la tuerca avance.

En el caso de un sistema de cremallera dentada y engranaje, como en este caso, se debe verificar que el sistema sea autosostenible en caso de la falla en algunos de los componentes de la transmisión. Esto depende de cada diseño de sistema en particular. La norma ISO 9386-2, recomienda prestar principal atención al diseño de la chaveta que asegura el engranaje de tracción, a fin de aprovechar al máximo los beneficios del sistema cremallera y engranaje.

Sin embargo, en este caso el análisis se vuelve aún más sencillo, ya que el reductor de velocidad seleccionado, cuenta con la salida de engranaje solidaria a la corona interna, por lo que no existe riesgo de rotura de piezas intermedias.

Se reduce el análisis entonces, a la falla del freno de seguridad de fricción. Es decir, se debe comprobar que en caso de que el freno falle (quede accionado), el salvaescaleras no descienda con una velocidad mayor a 0,3 m/s.

### Verificación práctica

Si bien se cuenta con la experiencia en la utilización de estos reductores de velocidad, y se ha comprobado que son autosostenibles ante su carga nominal, se realiza una experimentación teórica y práctica, con el fin de verificar que ante la cupla máxima que ejerza la fuerza del salvaescaleras y su carga nominal, el engranaje del reductor no gire, es decir, sea autosostenible.

Para el cálculo se utiliza la fuerza dinámica obtenida en 7.2 para la verificación del engranaje, ya que con esta, se tiene en cuenta la condición de movimiento en que puede encontrarse el salvaescaleras al momento de la falla supuesta del freno.

$$\text{Fuerza dinámica: } F_d = \frac{183 + v_m [m/min]}{183} * F_t$$

Donde:

$$v_m = 0,15 [m/s] = 9,05 [m/min]$$

$$F_t = 150 [kg]$$

Entonces:

$$F_d = \frac{183 + 9,05[m/min]}{183} * 150 [kg]$$

$$F_d = 157 [kg]$$

Se obtiene entonces con el radio del engranaje, la cupla que genera la fuerza dinámica sobre éste:

$$Cupla\ dinámica_{m\acute{a}x} = F_d * D_p / 2 = 157 [kg] * \frac{0,048 [m]}{2}$$

$$Cupla\ dinámica_{m\acute{a}x} = 3,77 [kgm] = 37 [Nm]$$

Teniendo la máxima cupla que cargará al engranaje de salida del reductor, se procedió a realizar la experimentación práctica sobre el mismo, a fin de verificar el par máximo resistido sin movimiento del engranaje.

Para esto se fabricó una pieza capaz de anclarse en el engranaje y poder aplicarle un par torsor por medio de un torquímetro de aguja.

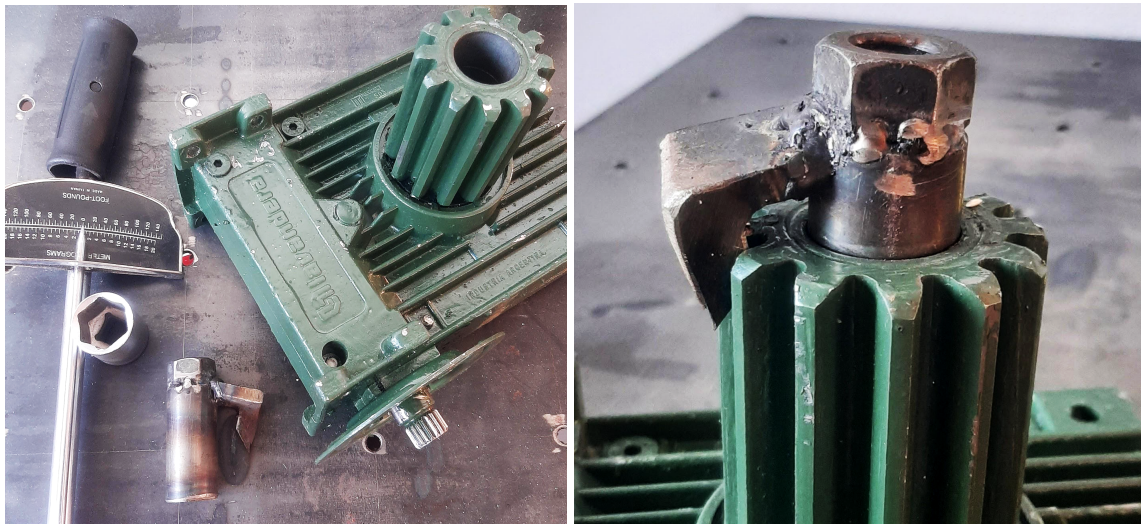


Figura 29. Experiencia práctica paracaídas, elementos

Asegurando la caja reductora, se aplicó el par torsor en su salida. Se lograron aplicar 8 [kgm] constantes, sin notar movimiento alguno del engranaje. Se llegó a aplicar 14 [kgm] por un breve lapso de tiempo y aún no se observaron movimientos. Si bien se podía seguir aumentando la fuerza, no se procedió debido a los resultados satisfactorios, y para cuidar de daños a los distintos elementos y caja reductora.

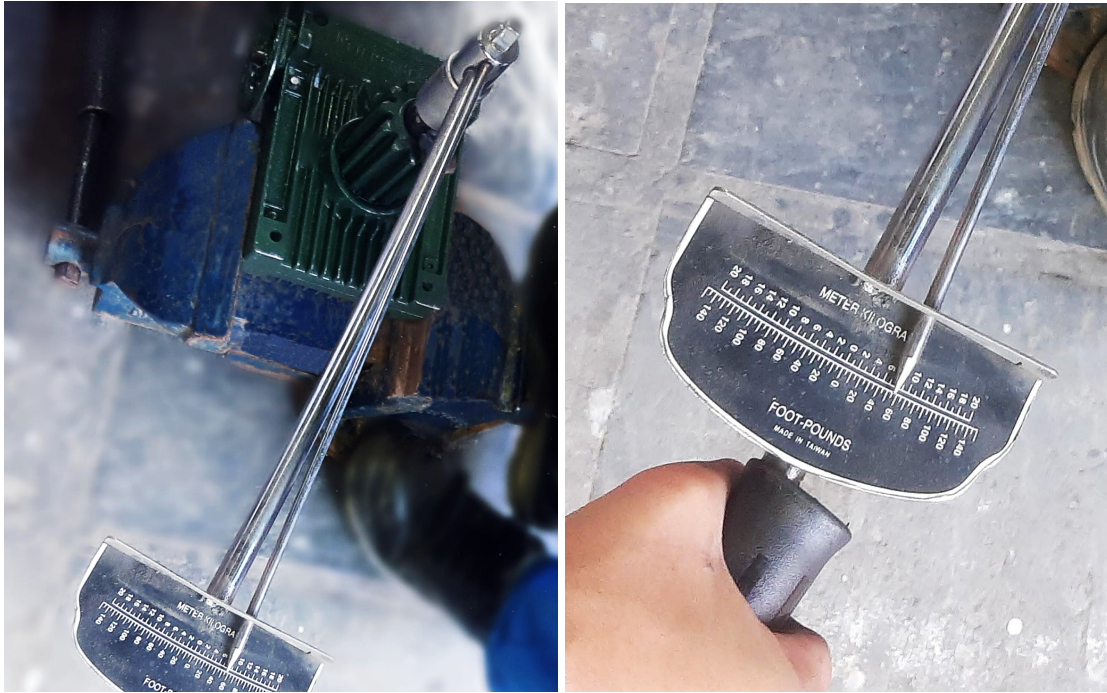


Figura 30. Experiencia práctica paracaídas, procedimiento

### Resultados:

Debido a que la cupla resistida sin movimiento alguno del reductor de velocidad, y sin frenado externo, es mayor que la cupla que puede ejercer el salvaescaleras en la condición más exigente, se verifica que el engranaje será autosostenible.

*Par torsor máximo* << *Par torsor resistido (experiencia)*

**3,77 [kgm] << 8 [kgm]**

Esto quiere decir que en este salvaescaleras, no será necesaria la utilización del sistema limitador de velocidad y paracaídas. Ante cualquier desperfecto, el sistema de transmisión será capaz de sostener la carga sin inconveniente alguno.

## 7.5 Ensamblaje del conjunto

Para el acoplamiento motor-reductor, será necesario fabricar una brida a medida. La misma situación se presenta con el acoplamiento entre el eje de motor, y la entrada al sinfín del reductor de velocidad.

### **Brida**

Debido a que el reductor no es apto para bridas normalizadas, esta debe ser fabricada a medida. Se realizará a partir de hierro planchuela de medidas normalizadas, y con perforaciones roscadas para el anclaje del motor y el reductor. El uso del hierro planchuela se debe a su gran disponibilidad en el mercado y a la posibilidad de trabajar con una medida que no requiera ser reducida.

Se utiliza entonces, hierro planchuela comercial AISI-SAE 1020 de 114,3 [mm] (4" ½ ) de ancho y 4,75 [mm] de espesor, se debe realizar de esta manera un sólo corte, a 143,3 [mm].

Se perforan agujeros y se roscan para fijar mediante bulones tanto el motor, como el reductor.

A continuación se muestra a modo ilustrativo la pieza diseñada, luego en los anexos se especifican mayores detalles.

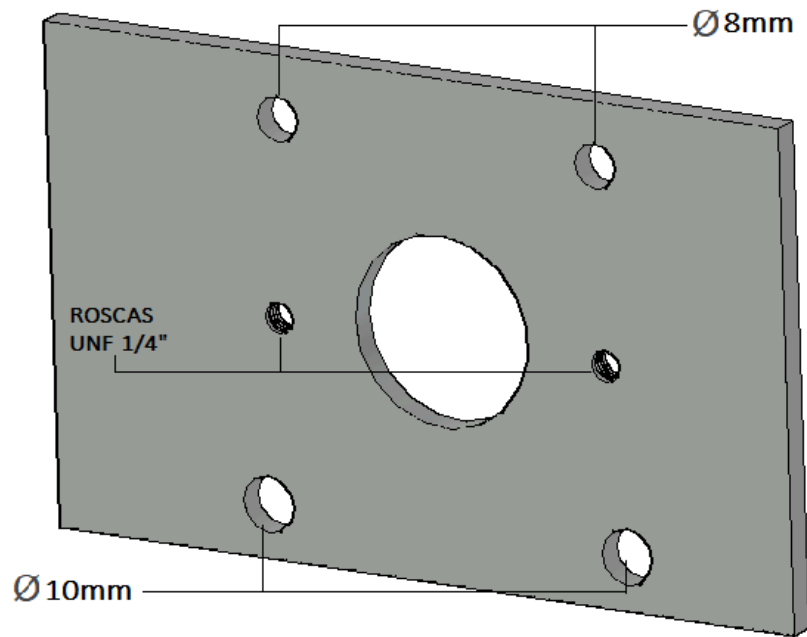


Figura 31. Brida motor-reductor

Por otro lado, se justifica este diseño de brida, ya que se puede aprovechar para la fijación del conjunto por medio de soldadura con la estructura del carro, aumentando la rigidez del mismo.

A continuación se muestra una vista explosionada del conjunto con la brida:

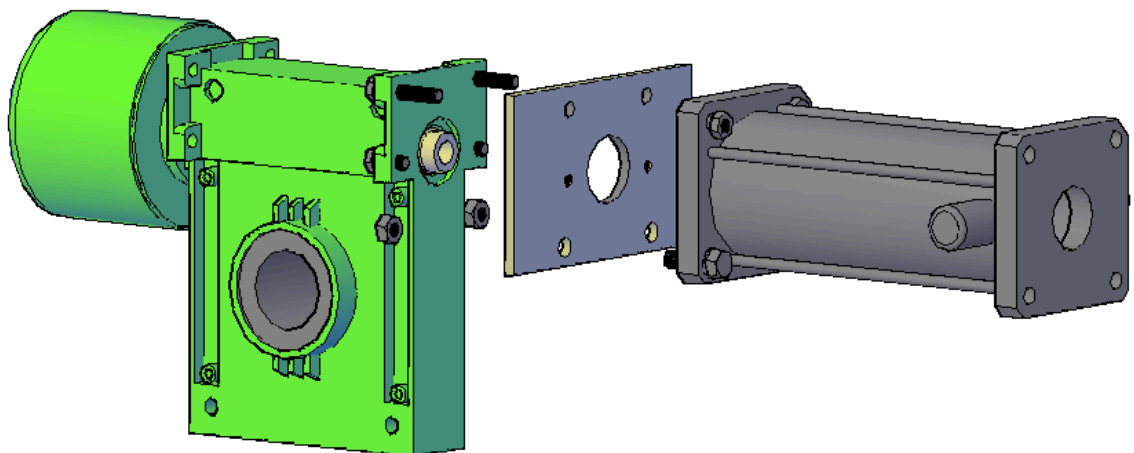


Figura 32. Conjunto explosionado motor-brida-reductor

## Acoplamiento

Para el acoplamiento del eje de motor, con la entrada del reductor, se fabricará un acople a medida.

El reductor de velocidad está provisto de un acoplamiento estriado en la entrada del sinfín, se lo modificará para poder acoplar el eje de motor al mismo.

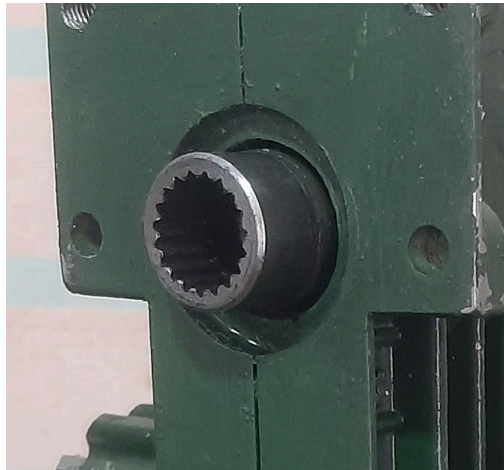


Figura 33. Acople estriado de fábrica

Se debe cortar el acoplamiento estriado con el objetivo de que no interfiera con la carcasa del motor, luego por medio de soldadura se unifica con el chavetero que acopla al eje de motor.

El enchavetado será de tipo pasador (Rollpin), es decir, una chaveta cilíndrica elástica, con una apertura que asegura el agarre al hueco pasante del acoplamiento y el eje de motor.



Figura 34. Chaveta tipo Rollpin

Cálculo de la chaveta: Se hace uso de los procedimientos recomendados en el libro de V.M. Faires. “*Diseño de elementos de máquinas*”. (4ta edición). Montaner y Simón S.A.

Utilizando la ecuación de la tensión de cortadura, se obtiene el diámetro necesario de la chaveta a utilizar.

$$\tau_{max} = \frac{V_{max} \cdot Q}{e \cdot I}$$

$V_{max}$ : Fuerza tangencial (esfuerzo cortante)

$Q$ : Momento estático

$I$ : Inercia de la sección

$e$ : Espesor de pared

Se determina primeramente, la fuerza tangencial (esfuerzo de corte) que debe transmitir la chaveta. Ya que es pasante, esa fuerza se reparte por igual en cada extremo de la misma.

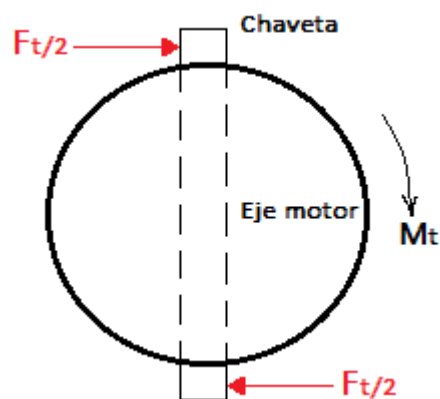


Figura 35. Croquis chaveta



Se debe obtener el momento torsor para hallar la fuerza sobre la chaveta, sin embargo, ya que se dispone del torque nominal del motor, indicado por el fabricante, se puede utilizar para optimizar los resultados:

$$M_t = F_t * (D_{eje}/2)$$

Donde:

$$M_t = 0,8 [Nm] = 0,08 [Kgm]$$

$$D_{eje} = 0,012 [m]$$

Despejando la fuerza tangencial:

$$F_t = \frac{M_t}{(D_{eje}/2)} = \frac{0,08 [Kgm]}{0,012[m]/2}$$

$$F_t = 13,3 [Kgf] \text{ (Esfuerzo cortante)}$$

$$V_{max} = F_t/2 = 6,65 [Kgf]$$

Se procede con el momento estático (Q) de la sección (hueca) de la chaveta:

$$Q = A_1 Y_1 - A_2 Y_2 = \frac{2}{3}r^3 - \frac{2}{3}(r - e)^3 = \frac{2}{3}(r^3 - (r - e)^3)$$

Inercia de sección:

$$I = \frac{1}{4}\pi(r^4 - (r - e)^4)$$

Donde:

*r*: radio exterior de la chaveta

*e*: espesor de la chaveta

Obtenemos la tensión máxima resistida por el material de la chaveta:

$$S_{\text{corte}} = 39,4 \text{ [Kg/mm}^2\text{]} \text{ (Acero SAE 1095 C/Trat. térmico } S_y/2, \text{ Faires)}$$

Se reduce esta tensión con un coeficiente de seguridad para realizar el cálculo, se adopta un coeficiente de seguridad que no sobredimensione en exceso la chaveta, a fin de que esta actúe como fusible en caso de un bloqueo del equipo:

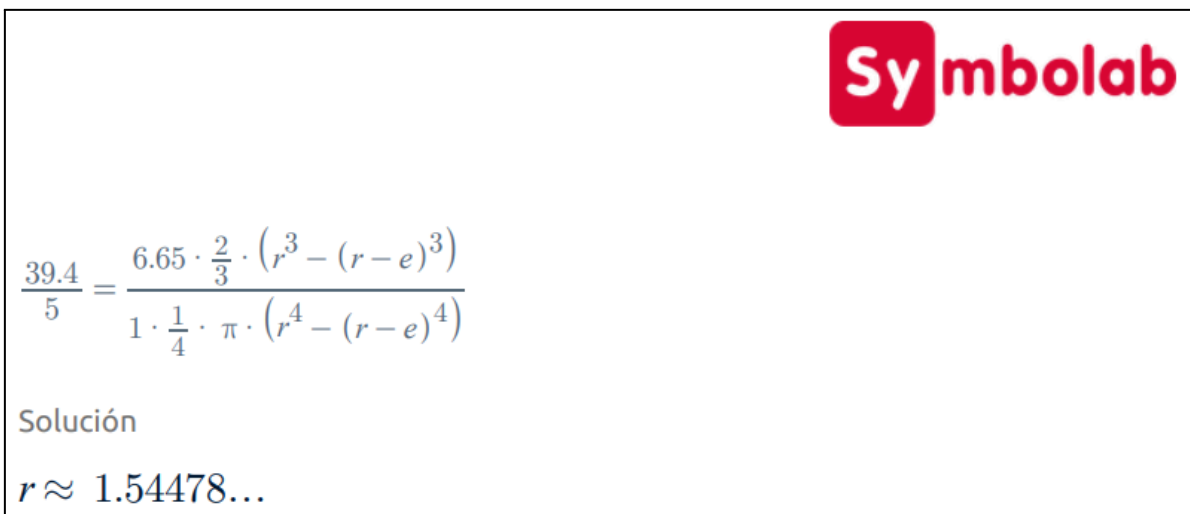
$$CS = 5$$

Suponiendo un espesor de pared de la chaveta de 1 [mm], y reemplazando todos los valores en la ecuación de la tensión de cortadura:

$$\frac{\tau_{\text{max}}}{CS} = \frac{V_{\text{max}} \cdot Q}{e \cdot I}$$

$$\frac{39,4 \text{ [Kg/mm}^2\text{]}}{5} = \frac{6,65 \text{ [Kgf]} \cdot \frac{2}{3} (r^3 - (r-e)^3)}{1 \text{ [mm]} \cdot \frac{1}{4} \pi (r^4 - (r-e)^4)}$$

Utilizando el programa gratuito online, “Symbolab”, se resuelve el sistema y se obtiene el resultado del radio exterior de la chaveta:



**Symbolab**

$$\frac{39.4}{5} = \frac{6.65 \cdot \frac{2}{3} \cdot (r^3 - (r-e)^3)}{1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (r^4 - (r-e)^4)}$$

Solución

$$r \approx 1.54478\dots$$

Figura 36. Resolución chaveta acoplamiento, Symbolab

Se adopta entonces, un diámetro exterior normalizado de la chaveta de 3 [mm]

Se muestra a continuación el acoplamiento diseñado en Solidworks, del cual en los anexos se muestran demás detalles:

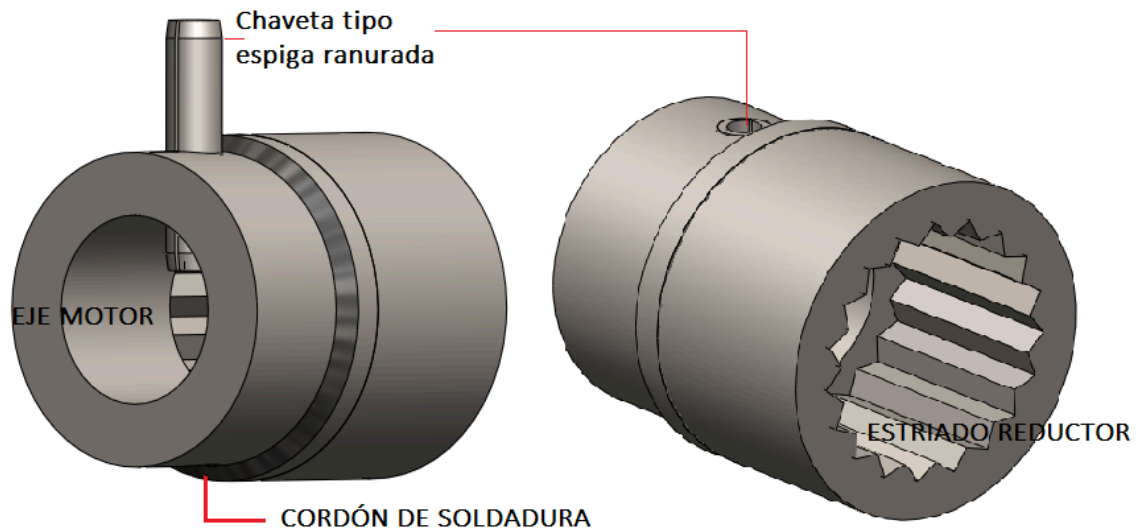


Figura 37. Acoplamiento motor-reductor

Teniendo ya diseñada la brida y el acoplamiento, se muestra a continuación el conjunto motor-reductor ensamblado en Solidworks:

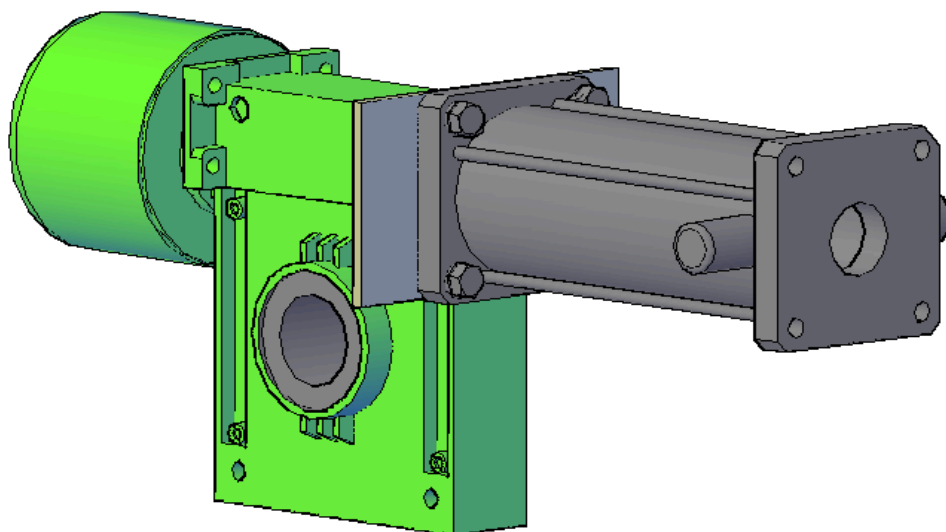


Figura 38. Motorreductor ensamblado

## 8 Estructura del chasis

### 8.1 Análisis previo

En primer momento, para el diseño estructural del chasis, se deben tener en cuenta gran cantidad de factores que condicionan sus características, entre ellos:

- **Tamaño y peso:** el chasis debe ser lo más compacto y liviano posible, a fin de lograr mayores espacios disponibles en la escalera una vez instalado el equipo. Por otro lado, el peso reducido disminuye la potencia de motor necesaria, así como la mayor durabilidad de las baterías y mayores facilidades de transporte e instalación, entre otras.
- **Resistencia estructural:** se debe lograr que ante las mayores sollicitaciones de carga y esfuerzos, el salvaescaleras responda de manera adecuada.
- **Disponibilidad de componentes y técnicas de fabricación:** para el diseño del chasis, se debe lograr la mayor simplicidad posible. Esto reduce en gran medida el tiempo y costo de fabricación.
- **Mantenimiento:** esto tiene que ver con las reparaciones y conservación del equipo, para ello, se debe poder tener acceso a todos los elementos de desgaste o componentes que puedan requerir de una reparación o recambio. Por este motivo, se debe considerar la posibilidad de desarme de todas estas partes involucradas en el funcionamiento del salvaescaleras.
- **Requerimientos de la normativa:** seguridad y características constructivas, entre otros.

Para comenzar con el desarrollo del diseño, es necesario definir cuál es la posición adecuada del conjunto motorreductor en el chasis. Esto determinará cuál debe ser el formato del chasis que permita contener el conjunto en esa posición.

Se trazan entonces diagramas y croquis que permitan visualizar la interacción entre los diferentes componentes y el espacio disponible.

Se comienza planteando una disposición general con los rieles y el asiento con su reposapiés y respaldo, en medidas aproximadas y correspondientes a la ergonomía de una persona promedio. La disposición del motorreductor se plantea de manera horizontal, paralelo al riel, como se muestra a continuación:

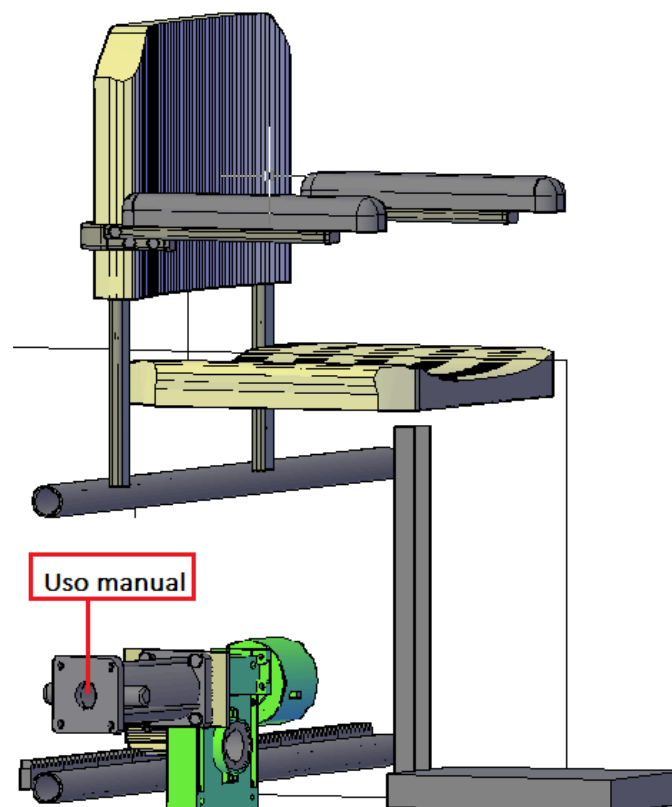


Figura 39. Disposición horizontal

Esta disposición no es viable, debido principalmente al inconveniente del uso manual requerido por la normativa. Para accionar el salvaescaleras manualmente,

se debe girar el eje de salida del motor, por lo que utilizando esta disposición horizontal, quedaría el eje muy alejado del alcance de la mano de la persona que esté utilizando el equipo en ese momento. Por lo que el mecanismo de accionamiento sería muy complejo.

Por otro lado, al estar el motorreductor horizontal, el ancho de la silla vista de manera frontal, sería muy elevado. Esto generaría que la base de la silla interfiera con los escalones de la escalera en el recorrido, es decir, sería necesario elevar todo el conjunto completo, perjudicando la subida del usuario al asiento.

Se descarta entonces esta alternativa.

La segunda opción es la de instalar el motorreductor de manera vertical, como se muestra en la siguiente imagen:

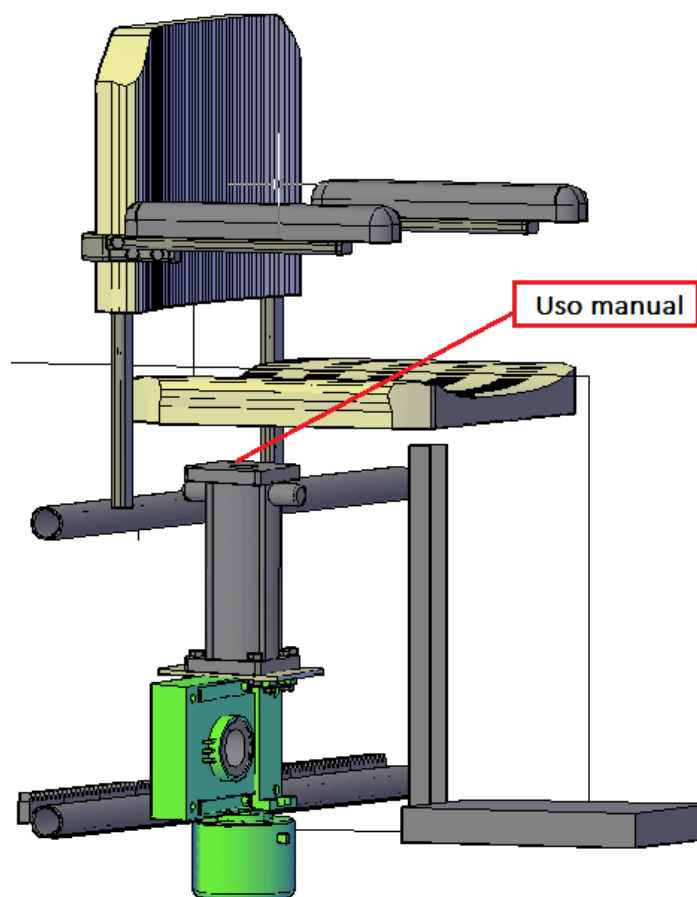


Figura 40. Disposición vertical

A pesar de que instalar el motorreductor de esta manera, reduciría notablemente el ancho de la estructura, el uso manual sería difícil de lograr, y al igual que en el caso anterior, si bien no es imposible, el sistema de accionamiento sería demasiado complejo para dejarlo al alcance del usuario, ya que se deberían utilizar correas, cadenas o engranajes para transmitir el movimiento al eje del motor.

A fin de evitar la complejidad del mecanismo de accionamiento del uso manual, y lograr una estructura compacta, se dispone el conjunto motorreductor de manera oblicua. Esto no sólo simplifica el uso manual, sino que además disminuye el ancho de la estructura.

A continuación se muestra esquemáticamente la disposición del conjunto adoptada:

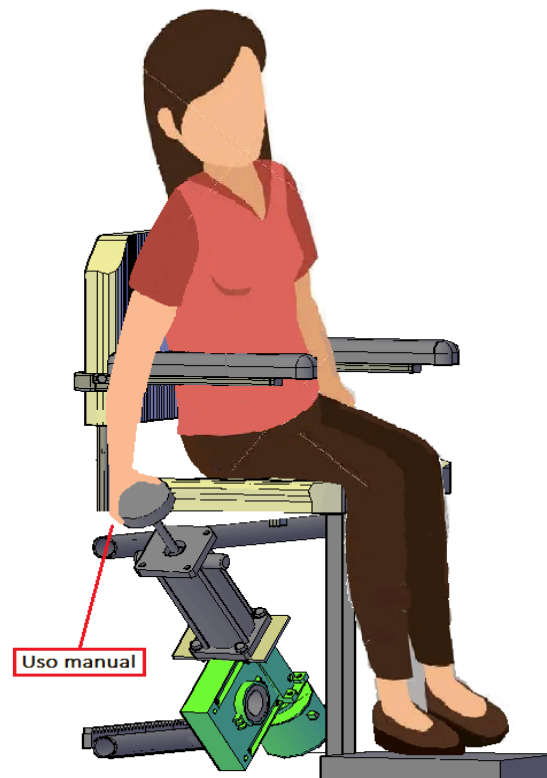


Figura 41. Disposición oblicua adoptada

## 8.2 Diseño y configuración

Teniendo ya definida la posición del conjunto motorreductor, se procede con el diseño de la estructura portante, es decir, el chasis.

El material adoptado para formar esta estructura es el acero, el cual mediante sencillas técnicas de metalmecánica, tales como el plegado, puede conformarse logrando gran resistencia con cantidades reducidas de material utilizado.

Luego de analizar distintas alternativas y disposiciones del chasis, se adopta una estructura vertical formada principalmente por dos plegados conformados a partir de planchuela tipo comercial AISI-SAE 1020 de 152,4 [mm] (6 pulgadas) por 3,2 [mm] de espesor.

Estos plegados serán fijados entre sí por medio de soldadura y bulonería, y en su interior se dispone el conjunto motorreductor, cuya brida es también soldada al chasis, reforzando la estructura.

Esta estructura del chasis, además, es el soporte de los diferentes elementos que forman la silla salvaescaleras, los cuales se instalan por medio de soldadura o abulonados según corresponda.

Se muestra a continuación, y a modo meramente demostrativo, la disposición general del conjunto:



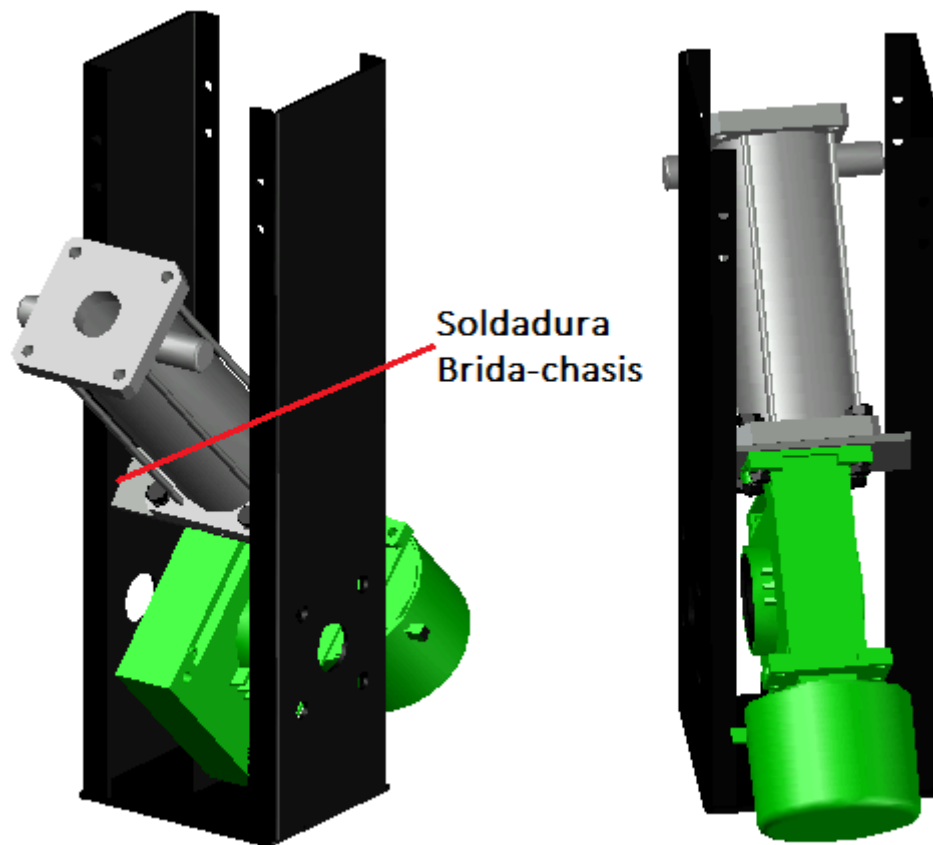


Figura 42. Conjunto chasis/motorreductor

Si bien se cuenta con la experiencia previa en la utilización de este tipo de estructuras, y se la considera capaz de soportar los requerimientos de carga, se analiza su desempeño ante los esfuerzos utilizando el software de simulación de Solidworks.

Para ensayar la estructura se considera la peor situación a la que será sometida, esto se da cuando la persona deposita todo su peso sobre el reposapiés, generando un efecto de palanca sobre el chasis. Para ello se simula una palanca en función de reposapiés, a fin de realizar el ensayo.

Teniendo en cuenta la carga nominal, el peso estimado de la estructura, las dimensiones, y el material utilizado, se considera el chasis como un componente unificado (sólido) y se procede a simular los esfuerzos y deformaciones resultantes en el software. De esta manera, se verificaron y realizaron las modificaciones pertinentes, a fin de lograr optimizar la respuesta de la estructura:

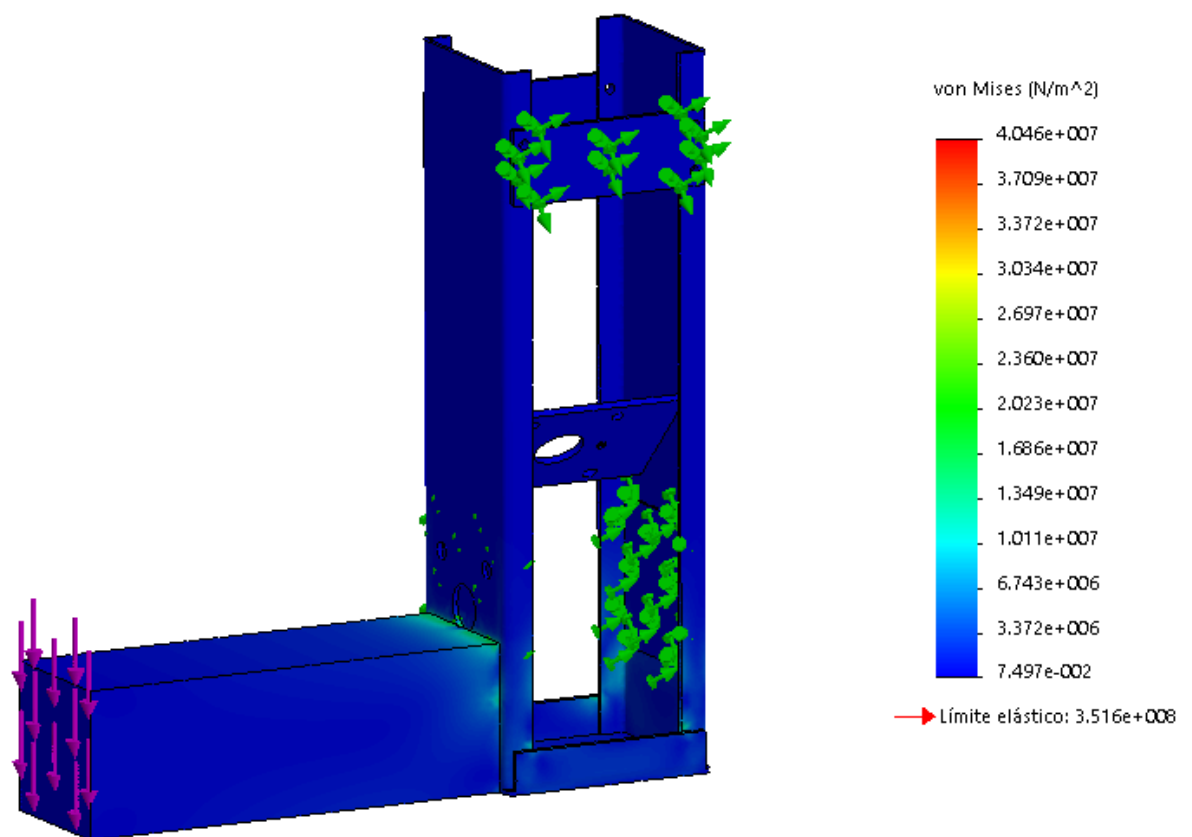


Figura 43. Chasis, ensayo estático de tensiones

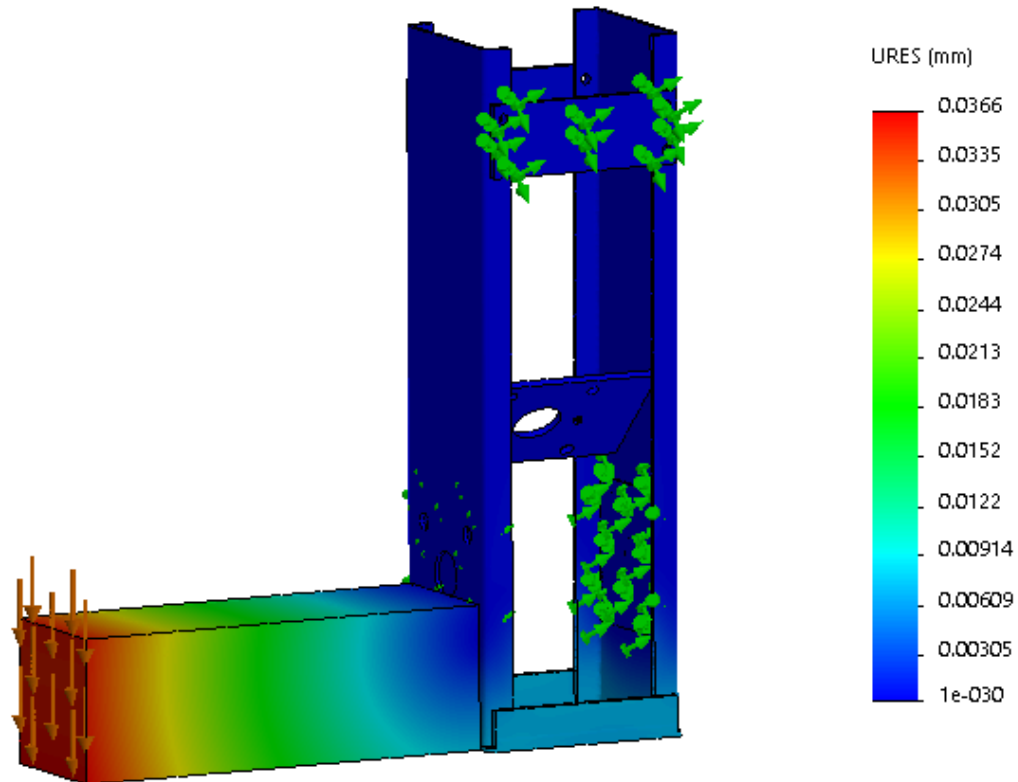


Figura 44. Chasis, ensayo estático deformaciones resultantes

Como se puede observar en los ensayos, las deformaciones resultantes son muy pequeñas, al igual que las tensiones máximas en la estructura.

Analizando la relación entre la tensión máxima obtenida de ensayo, y la tensión límite de fluencia del material, podemos obtener el coeficiente de seguridad en la condición crítica de carga:

$$CS_{\text{mín}} = \frac{Tensión_{\text{máx}}}{S_{\text{fluencia}}} = \frac{35,16 \cdot 10^7 [N/m^2]}{4,1 \cdot 10^7 [N/m^2]} = 8,6$$

Este coeficiente de seguridad es adecuado, además cumple con los requerimientos legales, en los cuales se establece 1,6 como coeficiente mínimo.

## 8.2 Comprobación de fatiga

Como último paso de verificación de la estructura del chasis, se procede a un estudio de respuesta a la fatiga, haciendo uso de la metodología de Soderberg por medio del software.

La rotura de una pieza por fatiga se debe a cargas repetitivas que pueden ser muy inferiores a la carga máxima que soporta dicha pieza, esto dependerá de la repetitividad y la característica de la carga. Con este análisis, se determina la vida total de la estructura en cantidad de ciclos.

Si bien un salvaescaleras, por su finalidad y características, no es un equipo sometido a cargas de gran repetitividad, se realiza igualmente el ensayo de fatiga para la condición crítica a la que se realizó el análisis estático previo.

Resultados:

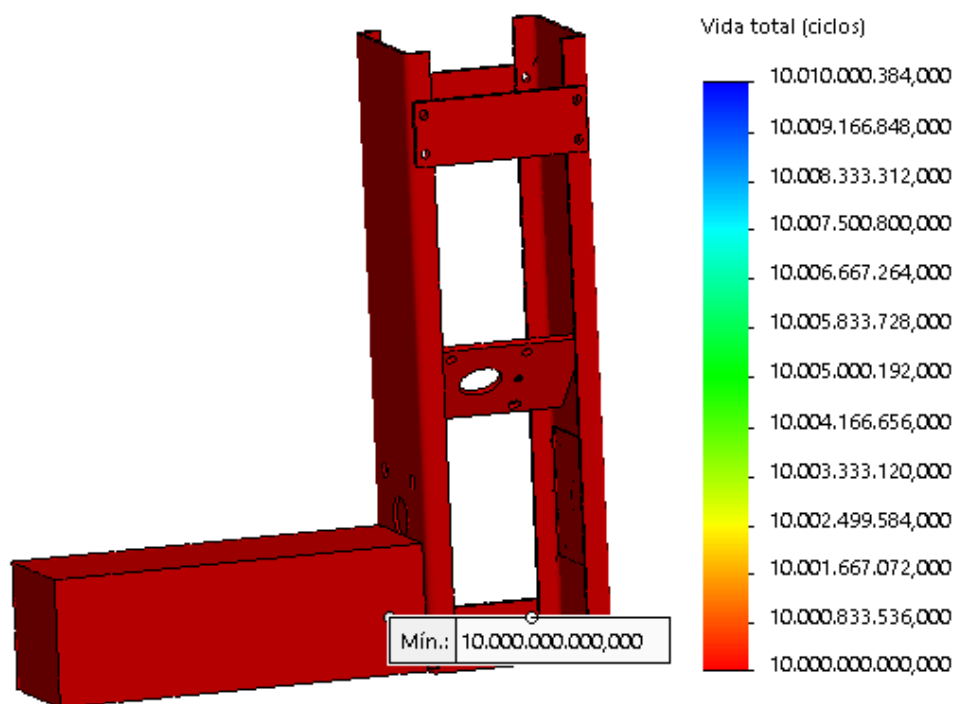


Figura 45. Chasis, ensayo de fatiga

Al finalizar con la simulación en el software, este indica que las tensiones alternas en todo el modelo están por debajo del valor mínimo de la curva Wöhler o de fatiga del material, por lo que no se producirá daño alguno debido a fatiga.

Como se puede ver, en el resultado se indica una vida total mínima de diez millones de ciclos, es decir, indica que la estructura es de duración infinita.

Finalmente, con los resultados satisfactorios en cuanto a la estructura del chasis, se procede a continuar con las siguientes etapas de diseño.

## **9 Estructura del riel**

### **9.1 Análisis previo**

Al igual que en el diseño del chasis, para el diseño estructural del riel, se deben tener en cuenta todos los factores mencionados anteriormente en 8.1, además deben tenerse en cuenta los siguientes factores particulares sobre el riel:

- Debe ser desarmable en distintas partes, para facilitar aspectos como su transporte, ingreso al edificio de destino e instalación.
- Debe diseñarse y fabricarse a medida de cada escalera en particular, pero así mismo, debe contar con la posibilidad de ser regulable, para “absorber” las deficiencias del proceso de medición y/o fabricación.
- Debe fijarse a la escalera, preferentemente, por medio de tornillos, de acuerdo al tipo de material de la escalera.

Para comenzar con el diseño, se debe tener en cuenta la separación máxima admitida entre los dos tubos estructurales redondos que forman el riel. Esta separación se da cuando el salvaescaleras se encuentra en posición horizontal, y viene dada por las medidas de un asiento, para la correcta postura de una persona.

A medida que el salvaescaleras avanza en el recorrido y comienza a recorrer la escalera, la separación entre los rieles comienza a disminuir, lo que mantiene al salvaescaleras en posición vertical.

Se trazan entonces diagramas y croquis que permiten visualizar la interacción entre los diferentes componentes y el espacio disponible, a fin de adoptar una separación entre los rieles.

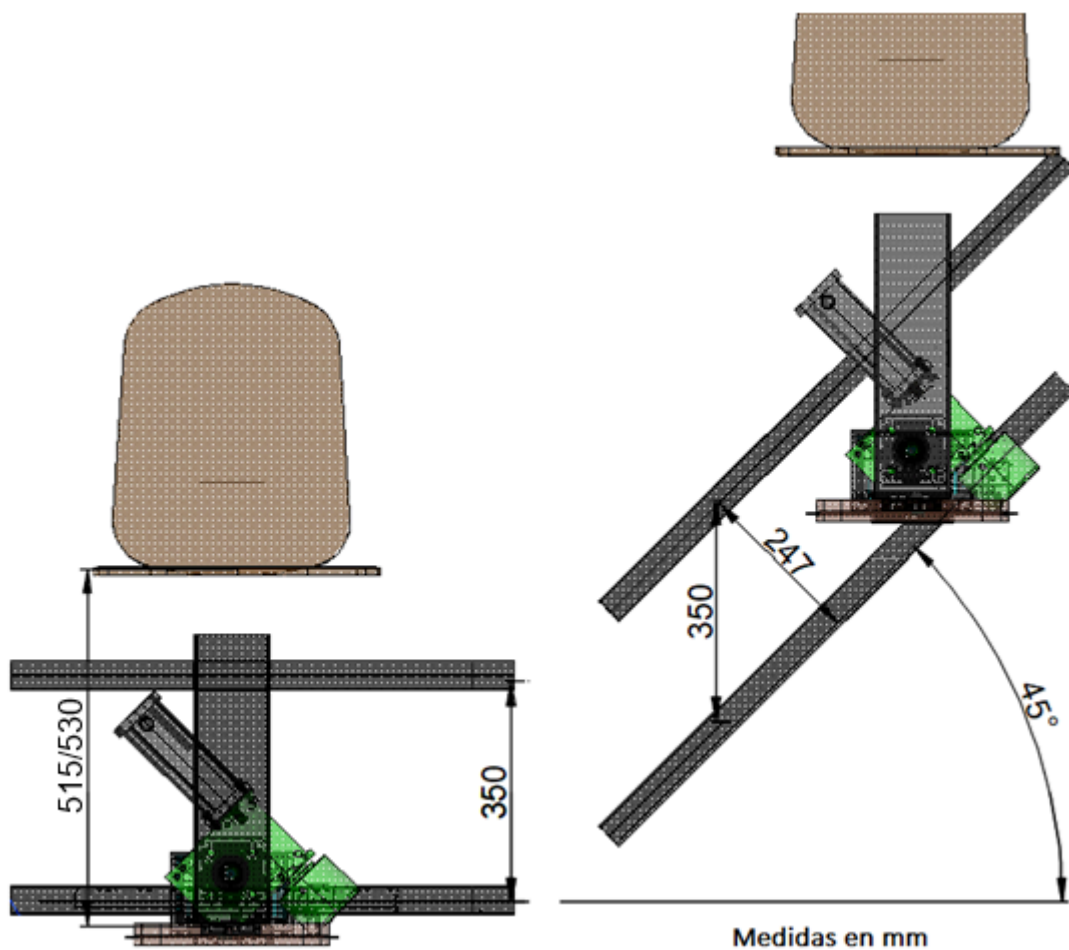


Figura 46. Croquis disposición de rieles

Como se puede observar, al igual que para el diseño del chasis, se comienza planteando una disposición general con los rieles y el asiento, adoptando luego de una serie de pruebas experimentales, una distancia entre asiento y reposapiés de 550 [mm], la cual permite aprovechar al máximo la separación entre rieles, ya que como se dijo, esta disminuye a medida que aumenta el ángulo de la escalera.

Se adopta entonces, y luego de iterar entre diferentes alternativas, una separación entre rieles de 350 [mm] para la posición horizontal del salvaescalera, lo que deja suficiente espacio libre para los guidores o “carros” que posicionan al salvaescaleras.

## **9.2 Diseño y configuración**

Teniendo ya definida la separación entre los rieles, se procede con la selección del diámetro de los mismos, y su estructura portante.

El material adoptado para formar esta estructura es el acero, el cual mediante sencillas técnicas de metalmecánica, tales como el curvado o rolado, puede conformarse logrando gran resistencia con cantidades reducidas de material utilizado.

Luego de analizar y simular las solicitudes, de manera aproximada en el software Solidworks, entre los distintos diámetros y tipos disponibles de perfiles redondos, se adopta caño estructural de 44,45 [mm] de diámetro exterior por 2 [mm] de espesor. Este será utilizado tanto en el riel superior como en el inferior.

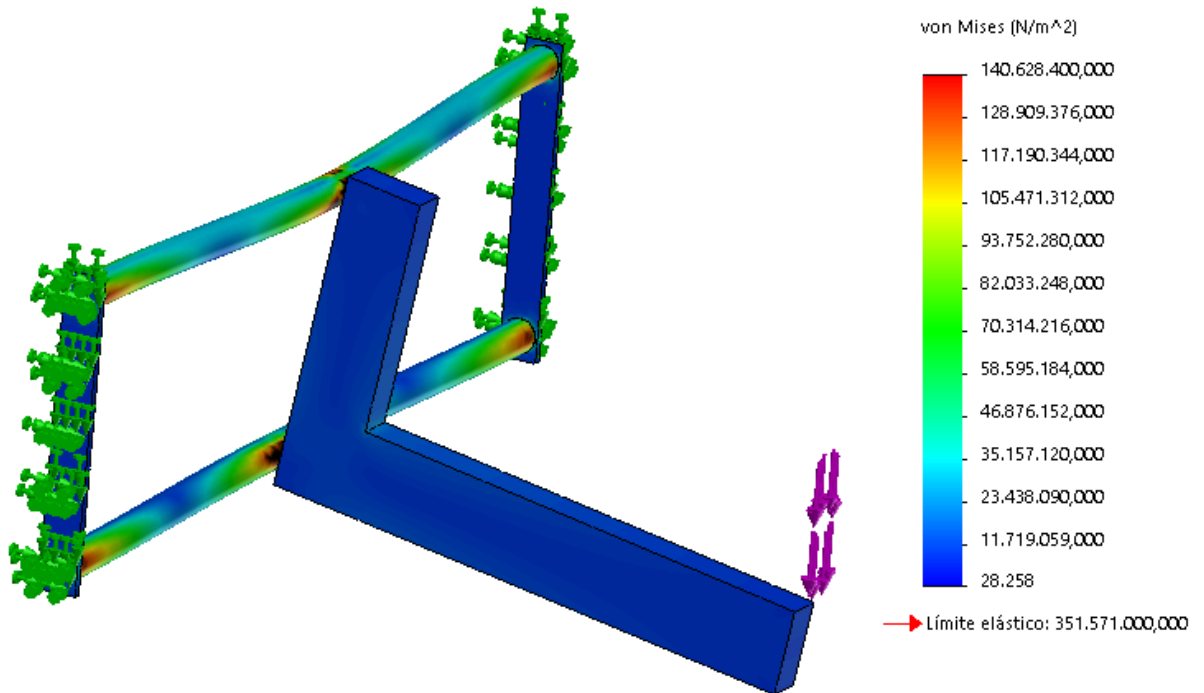


Figura 47. Dimensionamiento diámetro de rieles

Como se puede ver en el ensayo aproximado, la selección es adecuada. Una vez definidos los demás componentes que conforman la estructura del riel, se realizan simulaciones de mayor precisión para verificar la aptitud del conjunto.

Se debe mencionar que aunque un diámetro menor podría haber sido utilizado bajo las solicitudes estipuladas, el mayor diámetro se ve justificado por un lado, por la mayor luz permisible entre los parantes de fijación al suelo. Y por otro lado, por la mayor facilidad de fijaciones mediante los soportes soldados al riel.

En el caso de un diámetro pequeño de riel, los soportes de fijación generan inconvenientes en la disposición de las ruedas de los guidores, las cuales deberían ser demasiado pequeñas.

Por otro lado, en cuanto al espesor de pared del caño, se adopta el mayor disponible comercialmente, ya que facilita y brinda mayor seguridad en cuanto a las soldaduras.



### **Soportes y fijaciones**

Los caños que conforman los rieles, serán fijados entre sí por medio de hierro macizo redondo AISI-SAE 1010 de 12,3 [mm] de diámetro, curvado en sus extremos formando una “C”, con los cuales por medio de soldadura se fijan y se da la separación adecuada entre rieles.

La estructura conformada, se fija a la escalera por medio de los parantes de soporte, los cuales en su extremo inferior contienen el apoyo agujereado (“pata”) para fijar al suelo. Estos parantes, deben poseer una pequeña posibilidad de regulación en altura, por lo que en su extremo inferior contienen un caño concéntrico de mayor diámetro con prisioneros roscados.

### **Cremallera**

En el caño inferior que conforma el riel, se fija también por medio de soldadura y de soportes a medida, la cremallera en la cual tracciona el engranaje del salvaescaleras.

Se muestra a continuación, la disposición general de la estructura del riel para un tramo de 1[m] a modo ilustrativo:

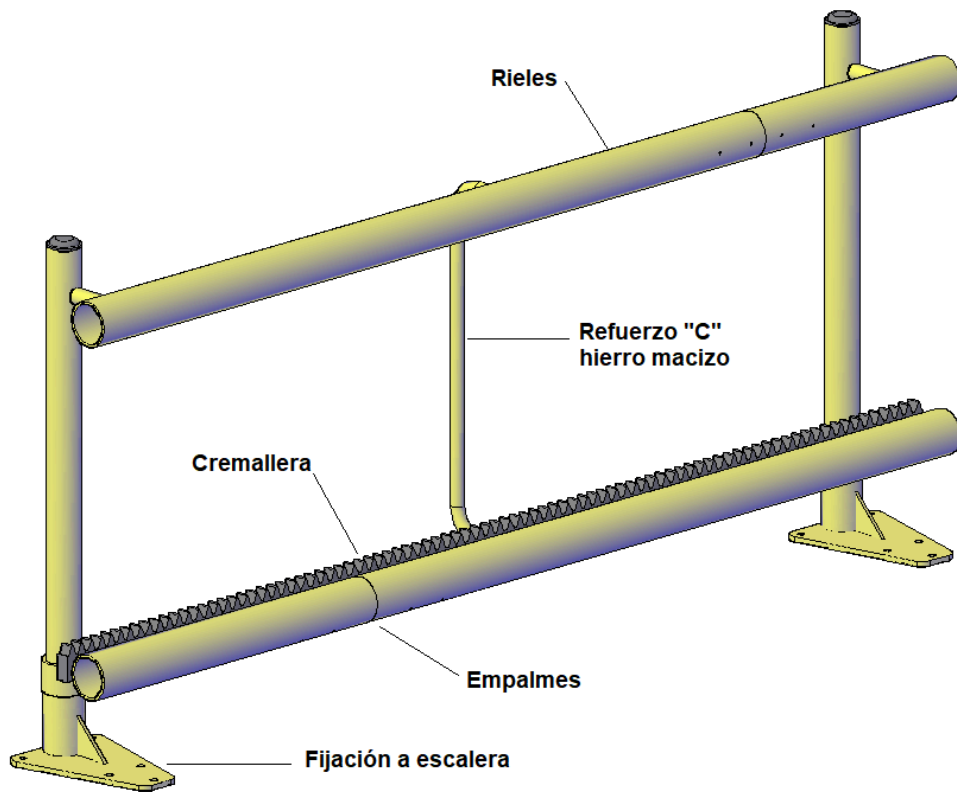


Figura 48. Estructura final del riel

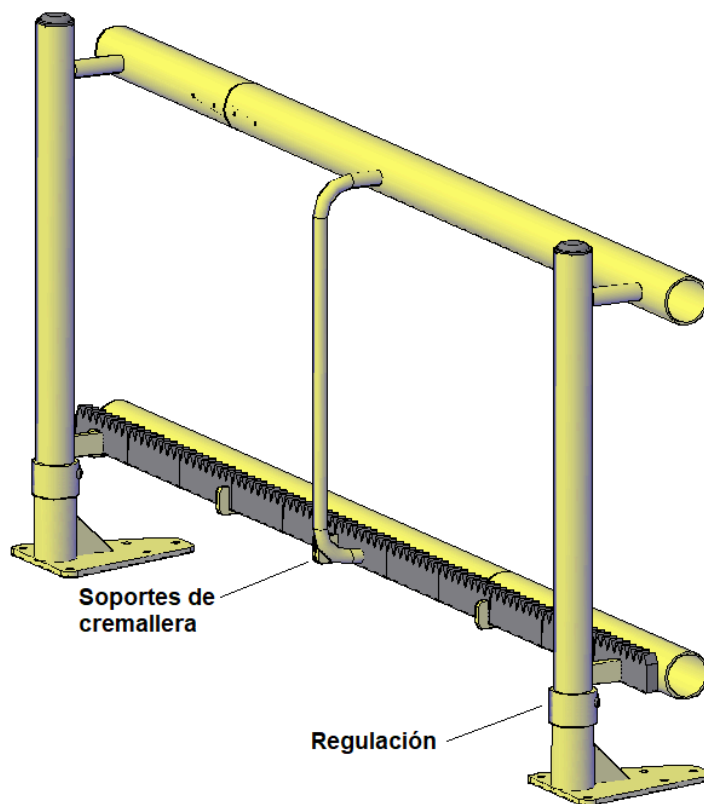


Figura 49. Estructura final del riel 2

Ya teniendo definida la estructura y la disposición de los componentes que conforman el riel, se procede a verificar en el software solidworks, la respuesta de la misma ante las solicitaciones a las que será sometido el salvaescaleras.

Es importante aclarar, que si bien la configuración adoptada fue correcta desde el primer dimensionamiento, se realizó una serie de iteraciones y modificaciones en la sección y dimensión de los distintos soportes a fin de lograr la mejor respuesta de estos ante las solicitaciones.

Como primer paso de verificación, se simulan las condiciones en el software, y se verifican las tensiones en los distintos puntos de la estructura, considerando que esta es un tramo aislado con sólo el anclaje de 2 apoyos al suelo. Esta es la condición más desfavorable, y la misma no sería de aplicación real, sin embargo se utiliza a fines de diseño.

Se utilizó la carga nominal de 120 [Kg] como fuerza de aplicación, además se dieron dimensiones reales de la palanca generada por el reposapiés. Por otro lado, se simuló el peso del chasis del salvaescaleras mediante la estructura en forma de "L". En este paso, el objetivo es estudiar el riel, no el chasis el cual ya fue previamente ensayado.

Se debe tener en cuenta que para el diseño de los distintos componentes, en los requisitos legales se establece un coeficiente de seguridad mínimo de 1,6. Por esto, el máximo de la escala de tensiones se definió 1,6 veces menor al límite elástico, mientras que el valor mínimo de escala es 5 veces menor.

En los puntos por debajo del valor mínimo de tensión de escala, la estructura es gris, por encima del valor máximo, la estructura debe colorearse negra.

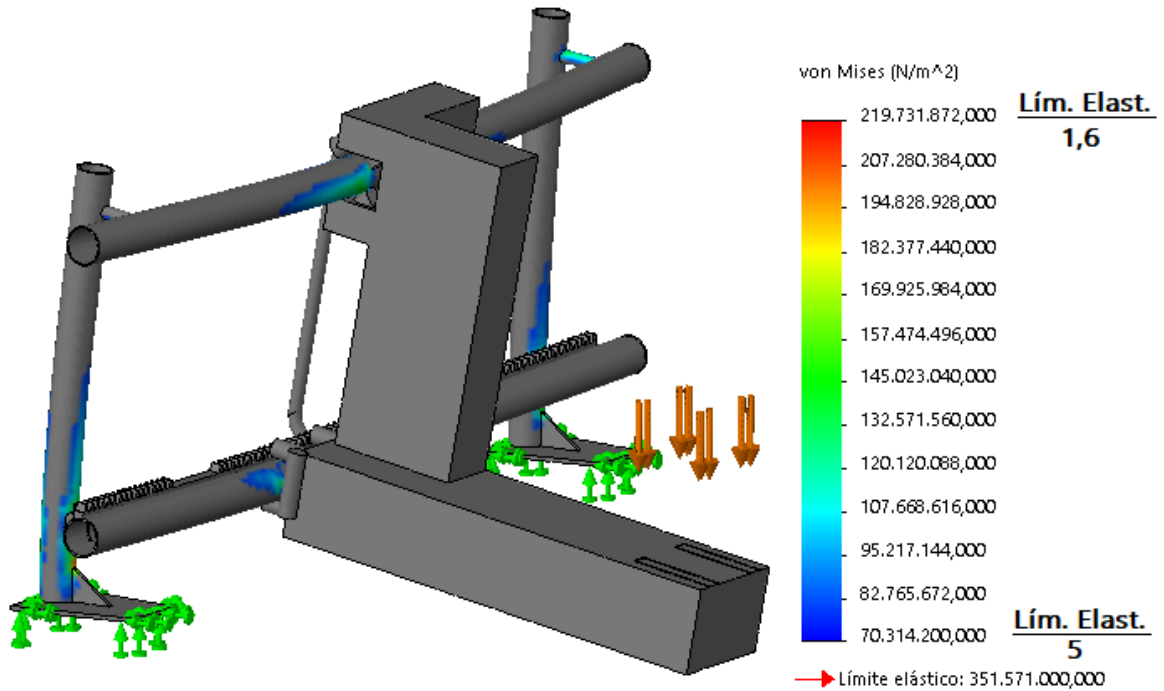


Figura 50. Ensayo riel en condición crítica

Como se puede observar, la estructura se encuentra en mayor medida por debajo del valor mínimo de escala, es decir, con un coeficiente de seguridad 5 o mayor. Lo que significa un dimensionamiento correcto.

Por otro lado, no se observan puntos con valores de tensión superiores al máximo, los cuales se deberían reflejar en color negro.

Ya verificado que las tensiones no son superiores a la tensión límite de elasticidad disminuido por el coeficiente mínimo de seguridad, se procede a ensayar la estructura tal como será en las condiciones reales, en las cuales se trata de distintos tramos de riel empalmados entre ellos, lo que confiere mayor rigidez debido a la mayor cantidad de apoyos trabajando en conjunto. Se puede observar la diferencia en las fijaciones de los rieles.

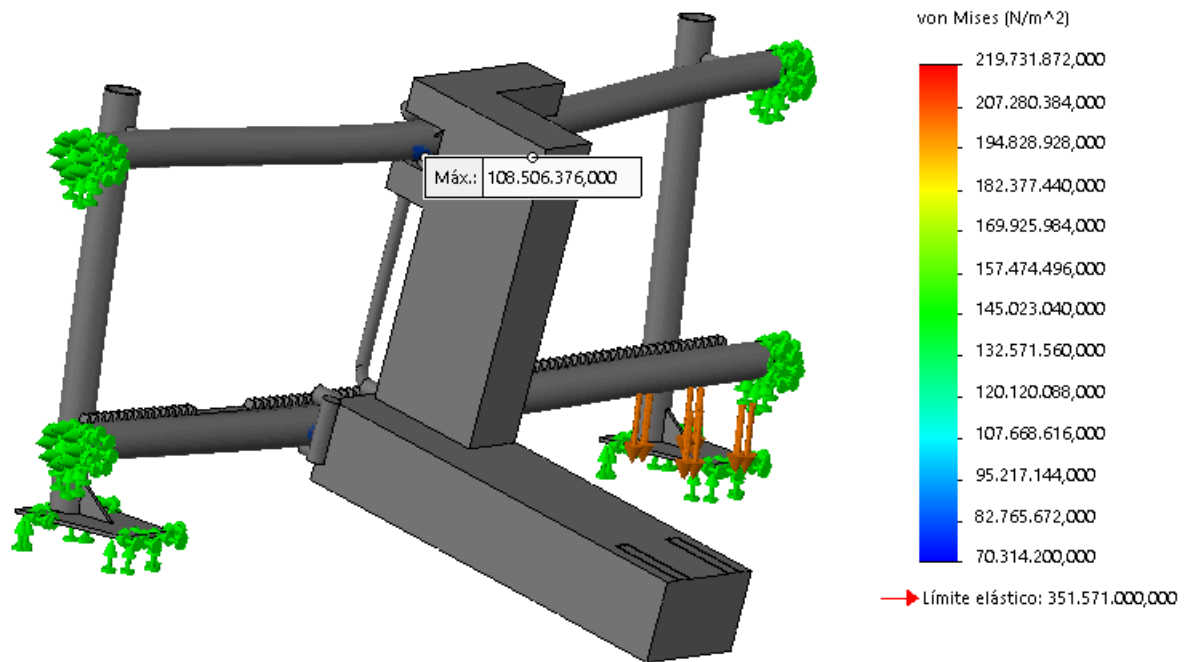


Figura 51. Ensayo riel en condición real

Se observa claramente en la imagen, que la estructura en su totalidad verifica con un coeficiente de seguridad superior a 5, lo que es correcto.

El punto con mayor tensión se obtiene en el apoyo de las ruedas de los guiadores, en el cual la tensión es 3,2.

Finalmente, interesa saber cuál será el desplazamiento o deformación que sufrirá la estructura cuando recibe la carga en su punto crítico. Esto es importante para verificar que el reposapiés no choca contra los escalones de la escalera durante el recorrido.

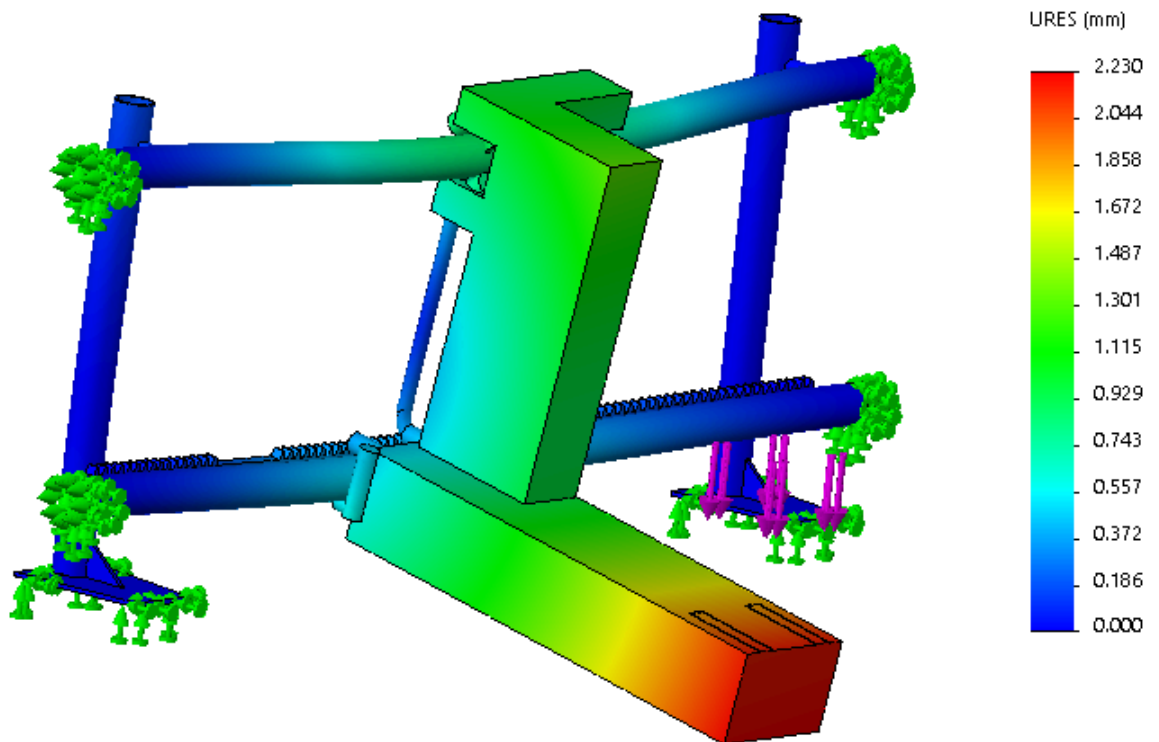


Figura 52. Ensayo riel, deformaciones

El máximo desplazamiento, efectivamente se da en el final del reposapiés, y corresponde a 2,2 [mm]. Esto es despreciable desde el punto de vista práctico y técnico, ya que la separación entre reposapiés y vértice del escalón se estima mayor a 30 o 40 [mm].

## 9.2 Comprobación de fatiga

Como último paso de verificación de la estructura del riel, se procede a un estudio de respuesta a la fatiga, haciendo uso de la metodología de Soderberg por medio del software.

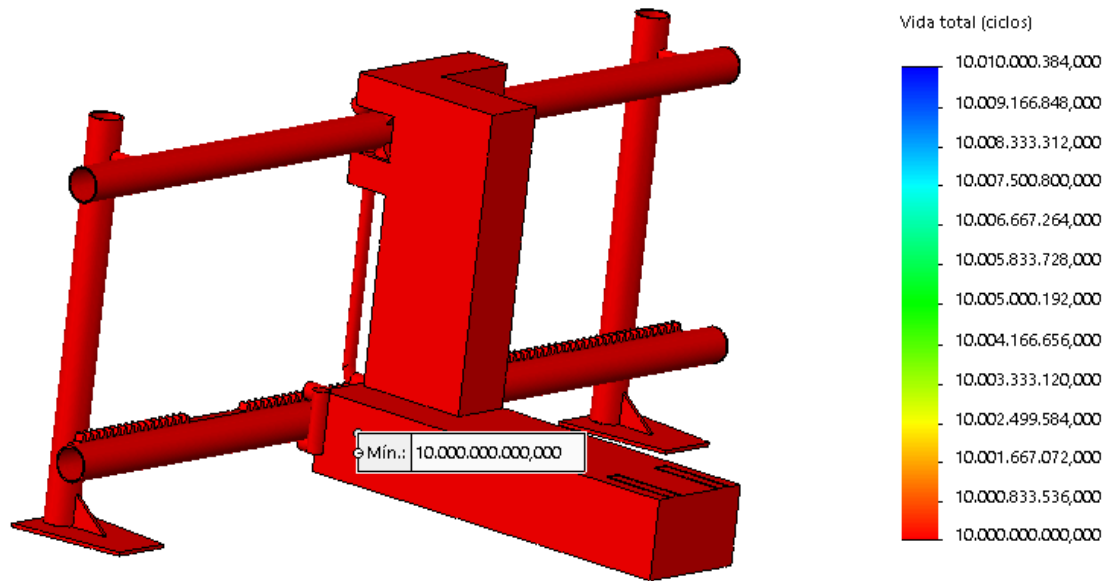


Figura 53. Riel, ensayo de fatiga

Al finalizar con la simulación en el software, este indica que las tensiones alternas en todo el modelo están por debajo del valor mínimo de la curva Wöhler o de fatiga del material, por lo que no se producirá daño alguno debido a fatiga.

Como se puede ver, en el resultado se indica una vida total mínima de diez millones de ciclos, es decir, indica que la estructura es de duración infinita.

En conclusión, estos resultados son satisfactorios en cuanto al diseño adoptado de la estructura del riel.

### 9.3 Despiece

Para finalizar con el desarrollo correspondiente al riel, se muestra a continuación cada uno de los elementos que lo componen y una breve descripción de los mismos.

En los anexos se encuentran las medidas correspondientes de cada uno, así como información relevante.

Se debe mencionar, que debido al hecho de que cada escalera es particular y posee sus propias variaciones de materiales, medidas y niveles, el formato del riel puede variar para adaptarse a las condiciones, y debe ser previamente diseñado y verificado en todos los casos.

### **Soporte parante**

Este componente es el encargado de sujetar ambos rieles y fijar la estructura al piso y a los escalones de la escalera. Se forma íntegramente de acero, utilizando caños redondos de acero de uso mecánico y tipo comercial, y planchuela para el apoyo y su refuerzo de cuña.

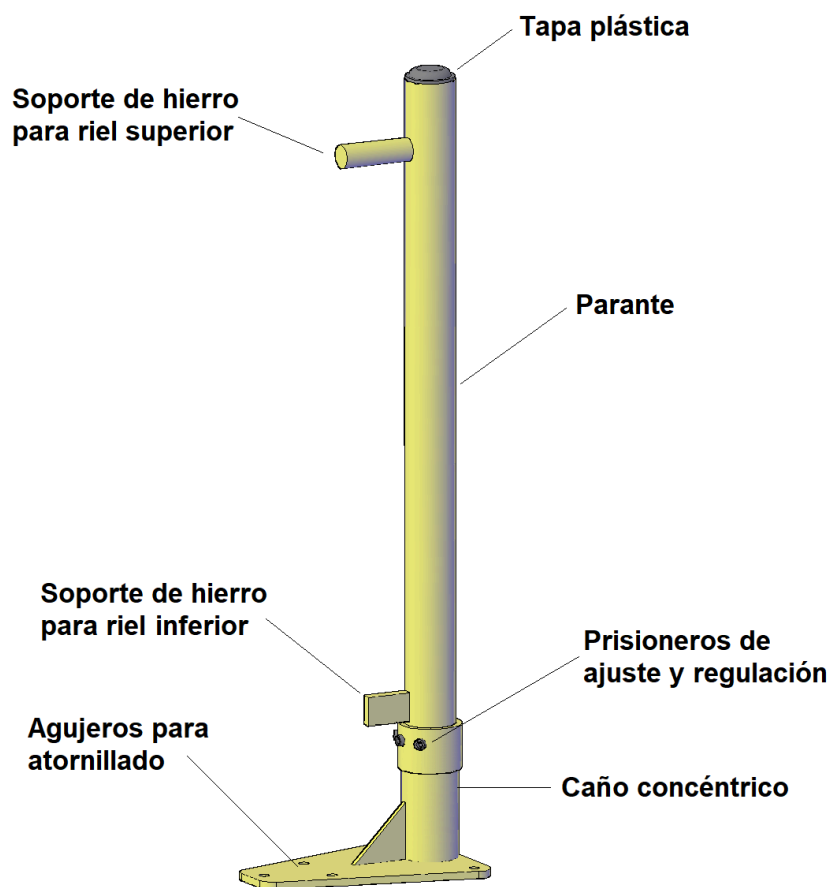


Figura 54. Soporte parante



**Soportes tipo “C” y porta cremallera**

El soporte “C” es la pieza encargada, principalmente, de asegurar la separación entre los rieles y de repartir el peso de la carga y el chasis sobre ambos. Se forma a partir del curvado de hierro macizo redondo, y se instalan aproximadamente a 0,5[m] de separación entre sí.

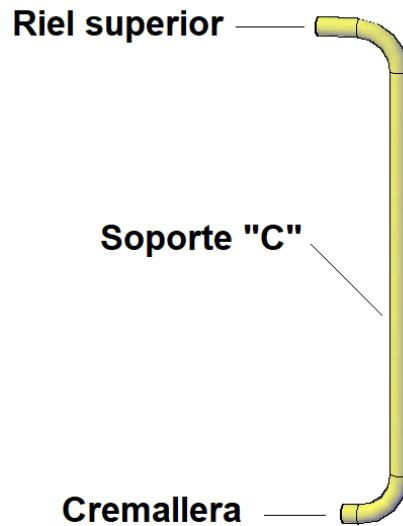


Figura 55. Soporte “C”

El soporte de la cremallera es el encargado de asegurar la distancia de separación entre esta y el riel, además de hacer de sujeción. Se forma a partir de planchuela o chapa de acero de 4,75[mm] de espesor y se instalan aproximadamente a 0,25[m] de separación entre sí.

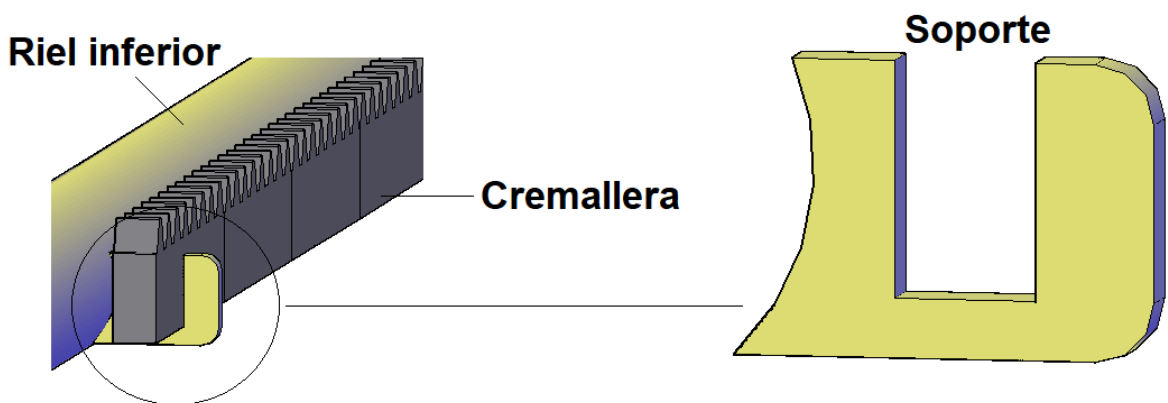


Figura 56. Soporte de la cremallera

## **Empalmes**

El caño de empalme es la pieza encargada de asegurar la unión entre los distintos tramos de riel. Se forma a partir de caño schedule 40 con costura, de diámetro exterior 42,2[mm], cuyo espesor de pared es 3,56[mm]. En su exterior, debe ser mecanizado para insertarse sin holgura alguna en ambos extremos del riel. Se fija por medio de chavetas tipo espiga o espina elástica.

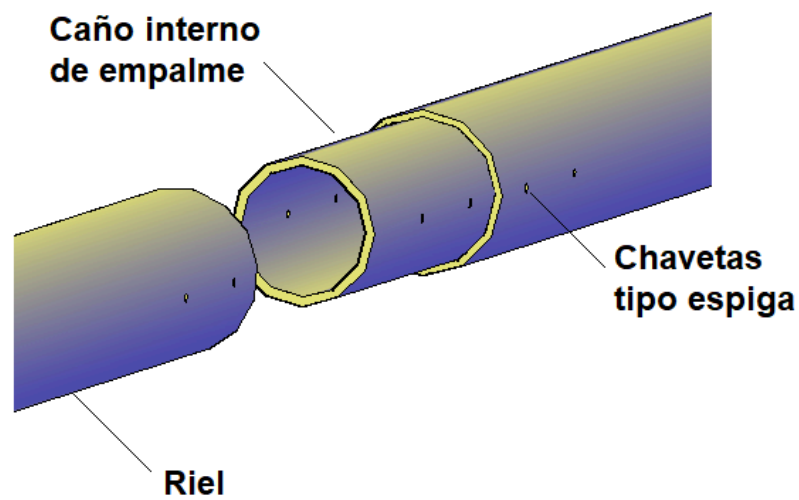


Figura 57. Empalme de riel

# 10 Carros guiadores

## 10.1 Análisis previo

Así como para el chasis y el riel, para el diseño de los carros guiadores, se deben tener en cuenta todos los factores mencionados en 8.1, además deben tenerse en cuenta los siguientes factores particulares:

- Deben girar libremente, y la distancia entre sus ejes de rotación debe permanecer fija o variar levemente.
- El guiador inferior debe girar alrededor del eje de tracción y en él se deben instalar distintos accesorios.
- Deben ambos, contar con la posibilidad de utilizar rieles de mayor resistencia, de diámetro 42,4[mm] y 2,9[mm] de espesor de pared.
- El guiador superior debe ser articulado, para que tanto horizontal, como verticalmente, pueda deslizarse a lo largo de las curvas del riel.

## 10.2 Guiador inferior

Además de la función de soportar y trasladar el peso del equipo y del usuario del salvaescaleras a los rieles, el guiador inferior debe asegurar el correcto contacto mecánico entre el engranaje de tracción y la cremallera.

Por este motivo, este guiador debe ser fijo y no articulado, para asegurar el menor huelgo posible entre los componentes de tracción.

Para el contacto entre el riel y el guiador, se utilizan rodillos de diámetro 20 [mm] de poliamida 6 (grilón), dispuestos de a pares, tanto vertical, como horizontalmente. De esta manera se restringe el movimiento del engranaje en ambos sentidos.

Luego de reiteradas pruebas de configuraciones posibles, utilizando el software de modelado 3D, se adopta la configuración mostrada a continuación, la cual es de gran sencillez:

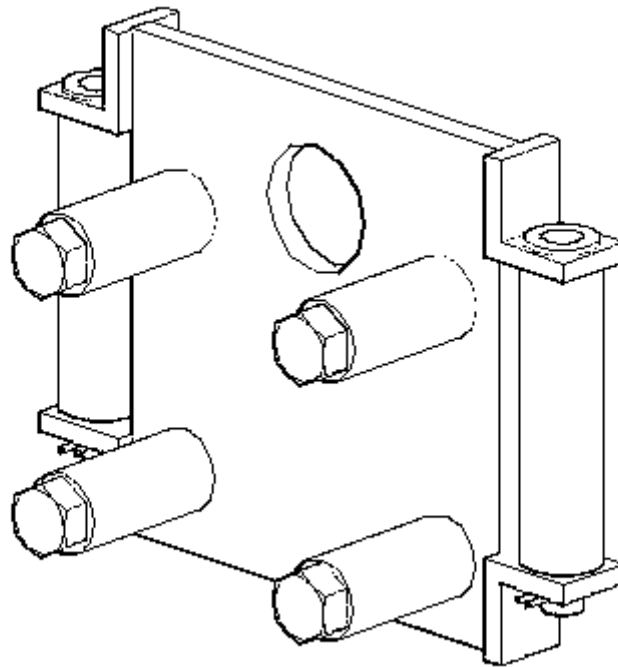


Figura 58. Guiador inferior

Como vemos en la figura, el esquema adoptado es simple. Se forma a partir de planchuela y hierro ángulo de tipo comercial, además se utilizan bulones también comerciales y trefilado redondo SAE 1045 de 10 [mm].

En el engranaje se instala una arandela, que en caso de existir movimiento axial de separación, esta hará tope sobre la cremallera, evitando que el engranaje se salga de la cremallera.

Se muestra a continuación la disposición con el engranaje:

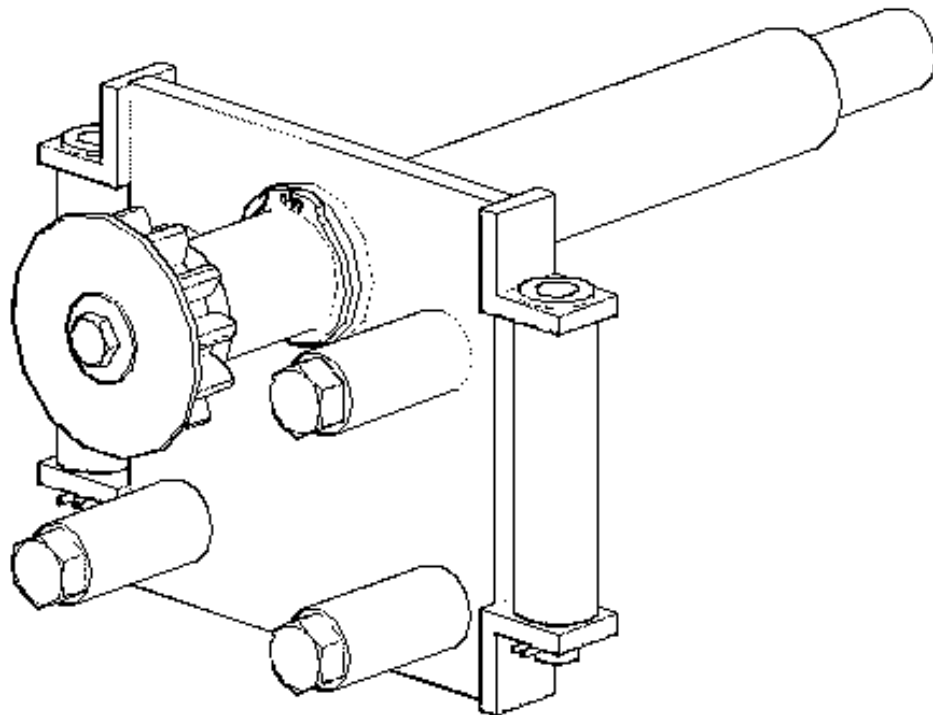


Figura 59. Guiador inferior

En cuanto al árbol de transmisión, este es de acero SAE 1045 de 30 [mm], y es soportado en el chasis por dos soportes con rodamientos autocentrantes con prisioneros de apriete UCF 204 y 206 o UCFL 204 Y 206. La diferencia radica en la forma y la cantidad de agujeros de cada soporte, en este sentido, es conveniente la utilización del soporte UCFL ya que sólo tiene dos agujeros, y su peso es menor.



Figura 60. Soportes autocentrante UCF UCFL y rodamiento 6006 2rs

Se muestra a continuación la disposición final del guiador inferior en el chasis del salvaescaleras:

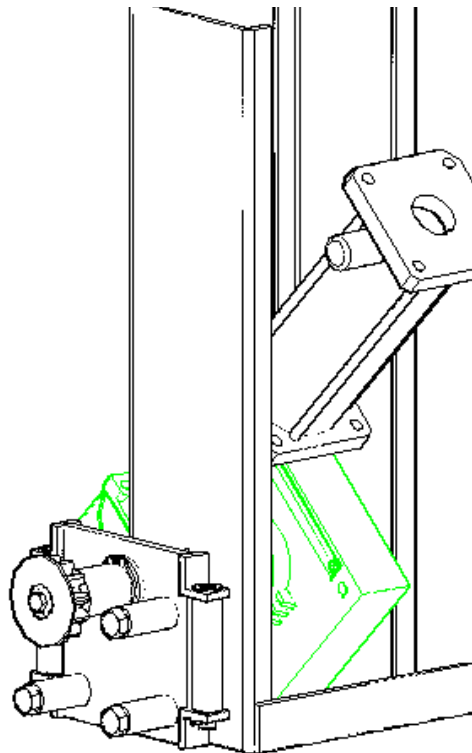


Figura 61. Chasis y guiador inferior

## 10.2.1 Árbol de transmisión

El árbol de transmisión tiene como objetivo transmitir el torque desde la caja reductora hacia el piñón que tracciona sobre la cremallera, y por otro lado, soportar el guiador inferior sobre el riel. Si bien la caja reductora posee una salida de engranaje, esta no se puede utilizar directamente sobre la cremallera, por lo que debe prolongarse utilizando un eje macizo de acero, al cual en un extremo se le fijaría el piñón, y en el otro extremo, se fija con el eje hueco de la caja reductora, el cual es de 40 [mm] exterior y 30[mm] interior, por lo que el eje macizo se adopta de 30 [mm].

### Chaveta de acoplamiento

Para el acoplamiento del árbol de transmisión, y el eje hueco de salida del reductor, se utilizará una chaveta de sección cuadrada, la cual se calcula a continuación.

Se utiliza el libro de V.M. Faires. “*Diseño de elementos de máquinas*”. (4ta edición). Montaner y Simón S.A.

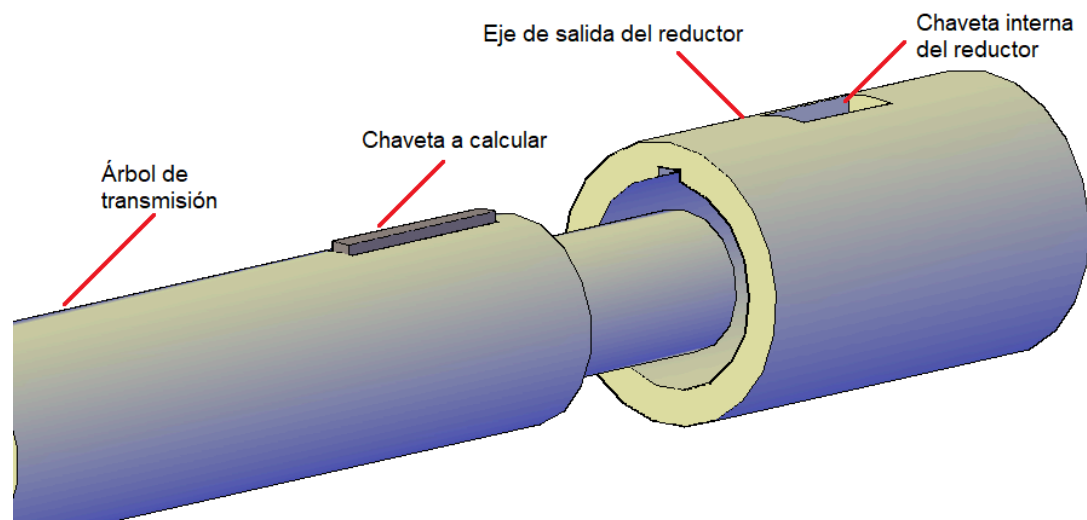


Figura 62. Chaveta de acoplamiento

Como primer paso de cálculo, se procede con el diseño de la chaveta al corte:

$$Ft = \frac{Mt}{(D/2)}$$

*Ft*: fuerza tangencial sobre la chaveta

*Mt*: Momento torsor

*D*: Diámetro del eje

Entonces:

$$Ft = \frac{3,528[kgm]}{(0,03[m]/2)} = 235 [kgf]$$

Para determinar la sección de la chaveta, utilizando la tabla AT 19 se obtiene un ancho y alto (*b*) recomendados de la chaveta: Se adopta 5 [mm]

$$\text{Área} = b * (L - b) + \frac{\pi b^2}{4}$$

$$\text{Área} = 0,5[cm] * (L - 0,5[cm]) + 0,196[cm^2]$$

La tensión, debe ser menor o igual a la resistencia al corte del material seleccionado, sobre el coeficiente de seguridad. Se utiliza acero SAE 1010 y un coeficiente de seguridad 2, ya que no será sometida a choque o vibraciones.

$$Sy = 1800 [kg/cm^2] \text{ SAE 1010}$$

$$\tau = \frac{Ft}{\text{Área}} = \frac{235[kgf]}{0,5[cm]*(L-0,5[cm])+0,196[cm^2]} = \frac{Sys}{CS}$$

$$Sys = 0,6 * Sy = 1080[kg/cm^2]$$

Despejando el área, se obtiene el largo *L* requerido de la chaveta:



$$\frac{235[\text{kgf}]}{0,5[\text{cm}](L-0,5[\text{cm}])+0,196[\text{cm}^2]} = \frac{1080 [\text{kg}/\text{cm}^2]}{2}$$

$$\left( \frac{235[\text{kgf}] * 2}{1080 [\text{kg}/\text{cm}^2]} - 0,196[\text{cm}^2] \right) * \frac{1}{0,5[\text{cm}]} = (L - 0,5[\text{cm}])$$

$$L = 0,98 [\text{cm}] = 9,8 [\text{mm}] \text{ Longitud requerida de la chaveta al corte}$$

Se debe verificar ahora, la chaveta a compresión, y comparar el resultado de longitud.

$$\text{Área} = (L - b) * t$$

$$t \approx b/2$$

$$\frac{Ft}{\text{Área}} = \frac{235[\text{kgf}]}{(L-0,5[\text{cm}])*0,5/2[\text{cm}]} = \frac{Sy}{CS}$$

$$\frac{235[\text{kgf}]}{(L-0,5[\text{cm}])*0,5/2[\text{cm}]} = \frac{1800 [\text{kg}/\text{cm}^2]}{2}$$

$L = 2,24 [\text{cm}] = 22,4 [\text{mm}]$  Longitud requerida de la chaveta a compresión

Como vemos, de ambas longitudes calculadas, la mayor se obtuvo a compresión. Por este motivo se debe establecer como la mínima. Se adoptan 25 [mm]. Quedando así la chaveta de dimensiones 5x5x25mm de longitud.

Se muestra el croquis a continuación:

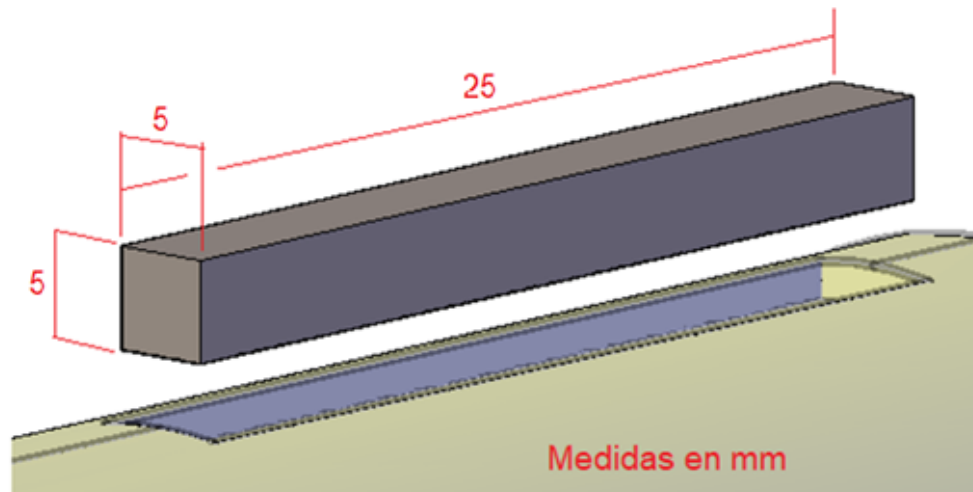


Figura 63. Dimensiones finales, chaveta de acoplamiento

### Chaveta del piñón

Para el acoplamiento del árbol de transmisión y el piñón, también se utilizará una chaveta de sección cuadrada, la cual es de las mismas características que la calculada anteriormente, pero en su lugar se utilizarán 2 chavetas a 180°. Es decir de 5x5x11,25 mm de longitud cada una.

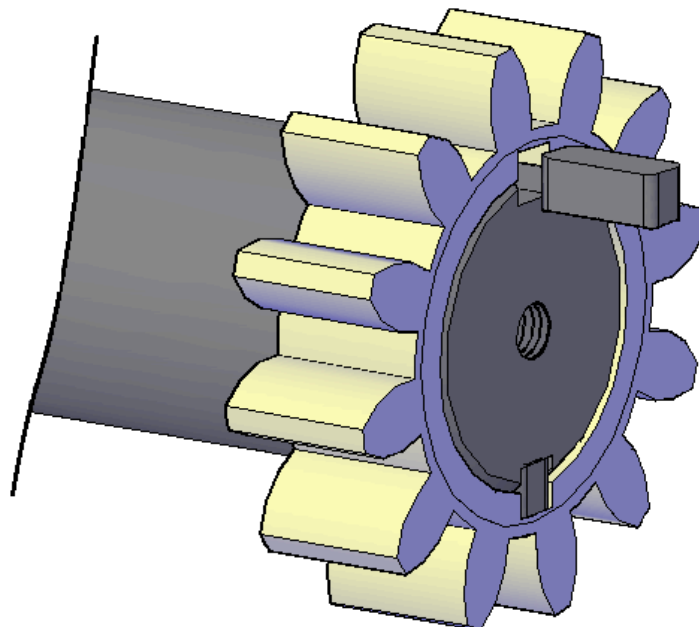


Figura 64. Chaveta del piñón

### Verificación de los diámetros

Para verificar el correcto diseño del diámetro del árbol de transmisión, se procede a determinar los esfuerzos que actúan sobre éste.

Los esfuerzos presentes son de torsión y flexión, debido a que debe encargarse de transmitir el movimiento al engranaje, y soportar el guiador.

Se muestra a continuación la disposición del árbol con sus apoyos y cargas:

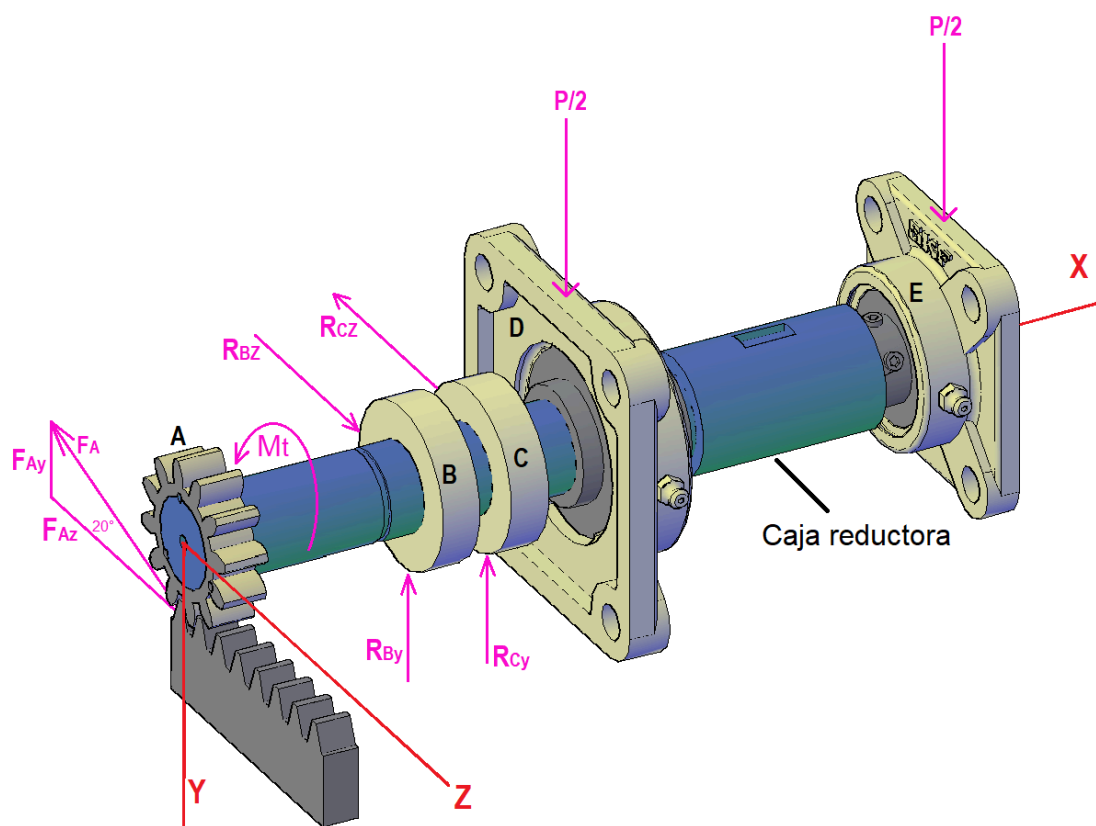


Figura 65. Árbol y apoyos

Donde:

$F_A$  : Fuerza sobre el diente del engranaje

$F_{Ay}$  : Fuerza del engranaje proyectada

$F_{Az}$  : Fuerza tangencial

$M_t$  : Momento torsor

$R_{Bz}$  y  $R_{By}$  : Reacciones del rodamiento B

$R_{Cz}$  y  $R_{Cy}$  : Reacciones del rodamiento C

P : Peso total de la estructura y la carga nominal

Para realizar el cálculo del diámetro requerido, se procede a verificar las sollicitaciones en las distintas secciones del eje, a fin de hallar la zona de mayor sollicitud. Para ello, se tienen en cuenta los esfuerzos en los planos X-Y y X-Z de la figura anterior.

Cálculos previos:

$$F_{Az} = \frac{Mt}{Dp/2} = \frac{3,528 [kgm]}{0,048 [m]} = 147 [kgf]$$

$$F_{Ay} = F_{Az} * \operatorname{tg} 20 = 53,5 [kgf]$$

Considerando que todo el peso de la estructura y la carga nominal del salvaescaleras, se debe soportar sólo con el guiador inferior:

$$P = 155 [kgf]$$

Esto a fin de verificar la peor situación, sin embargo esto no es así, ya que el peso se reparte en ambos guiadores.

Planteando ahora, el diagrama de cuerpo libre e iniciando el análisis en el plano X-Y:

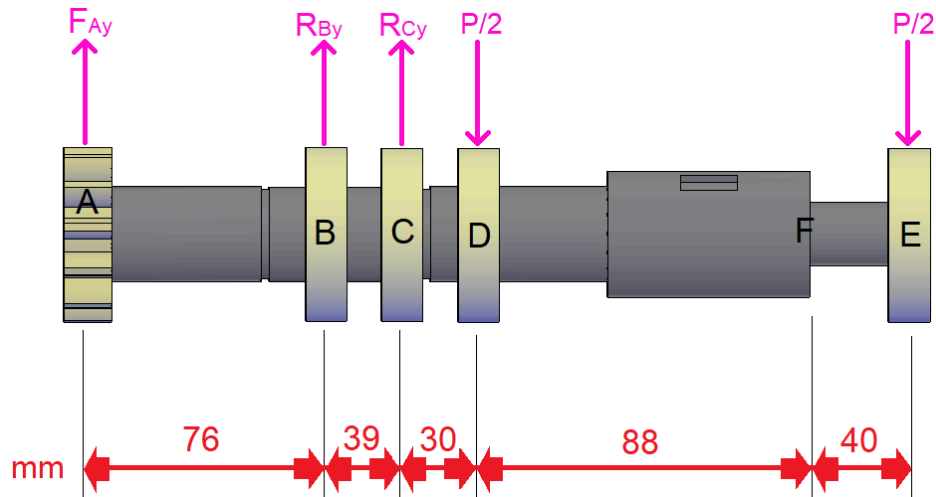


Figura 66. Diagrama de cuerpo libre X-Y, eje

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{Ay} + R_{By} + R_{Cy} - P = 0 \rightarrow R_{By} = P - F_{Ay} - R_{Cy} \quad (1)$$

Considerando el sentido horario como positivo, se plantea la sumatoria de momentos en el punto B:

$$\sum Mf_B = 0$$

$$F_{Ay} * 0,076[m] - R_{Cy} * 0,039[m] + P * 0,069[m]/2 + P * 0,197[m]/2 = 0$$

$$R_{Cy} = \frac{F_{Ay} * 0,076[m] + P * 0,069[m]/2 + P * 0,197[m]/2}{0,039[m]}$$

$$R_{Cy} = 632,8 [Kgf]$$

Reemplazando en (1)

$$R_{By} = 155[Kgf] - 53,5 [kgf] - 632,8 [kgf]$$

$$R_{By} = - 531,3 [Kgf] \text{ (Sentido opuesto al planteado)}$$

Momentos flectores de cada sección:

$$Mf_A = 0$$

$$Mf_B = F_{Ay} * 0,076[m] = 4,1[Kgfm]$$

$$Mf_C = F_{Ay} * 0,115[m] - R_{By} * 0,039[m] = -14,6[Kgfm]$$

$$Mf_D = F_{Ay} * 0,145[m] - R_{By} * 0,069[m] + R_{Cy} * 0,03[m] = -9,9[Kgfm]$$

$$Mf_E = 0$$

$$Mf_F = P/2 * 0,04[m] = 3,1[Kgfm]$$

Momento torsor constante:

$$Mt_{A-F} = 3,53[Kgfm]$$

Teniendo las reacciones en los apoyos y los momentos de cada sección, se procede a trazar el diagrama de esfuerzos:

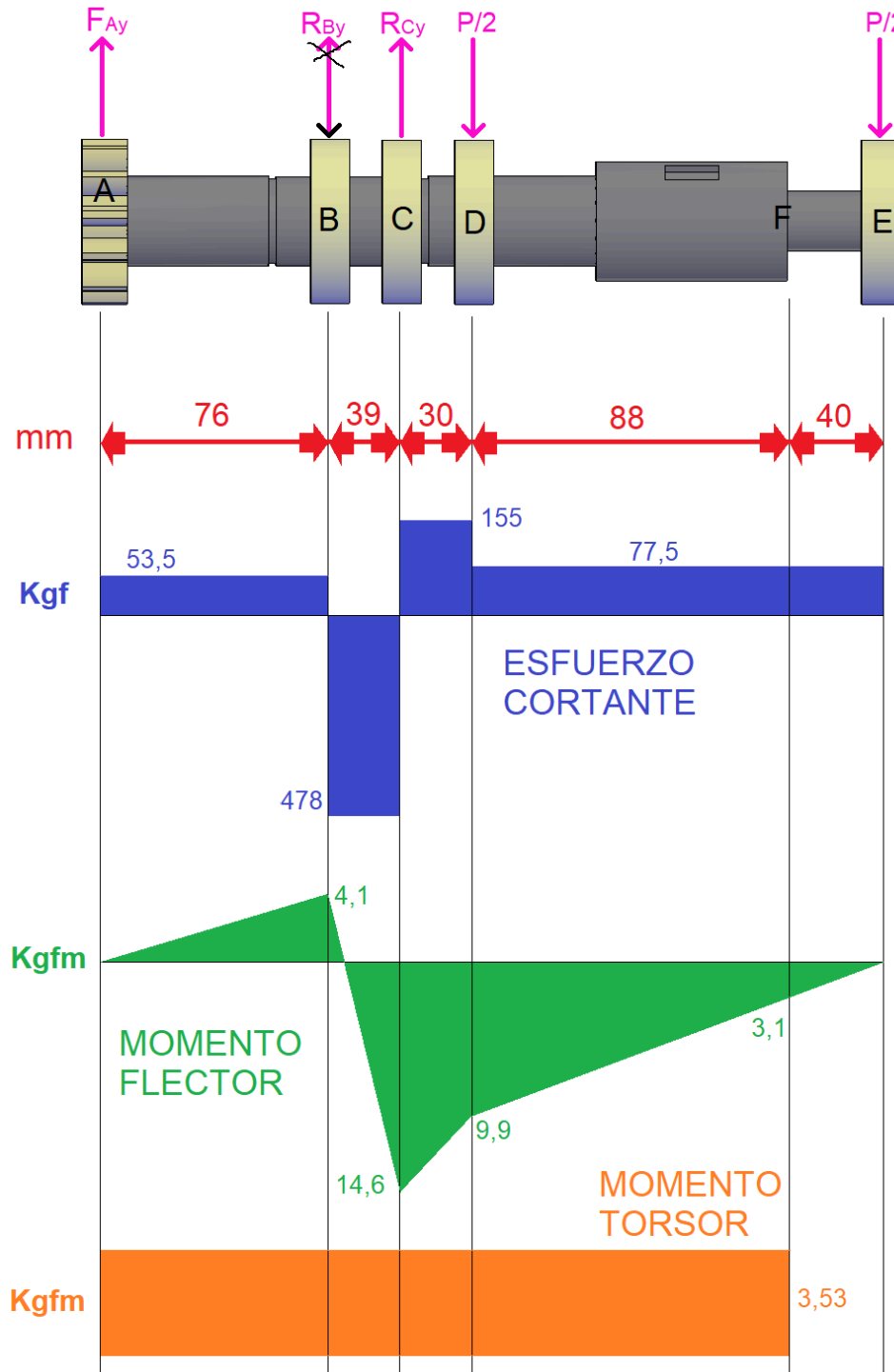


Figura 67. Diagrama de esfuerzos X-Y

Se procede ahora, de la misma manera con el diagrama de cuerpo libre y el análisis en el plano X-Z:

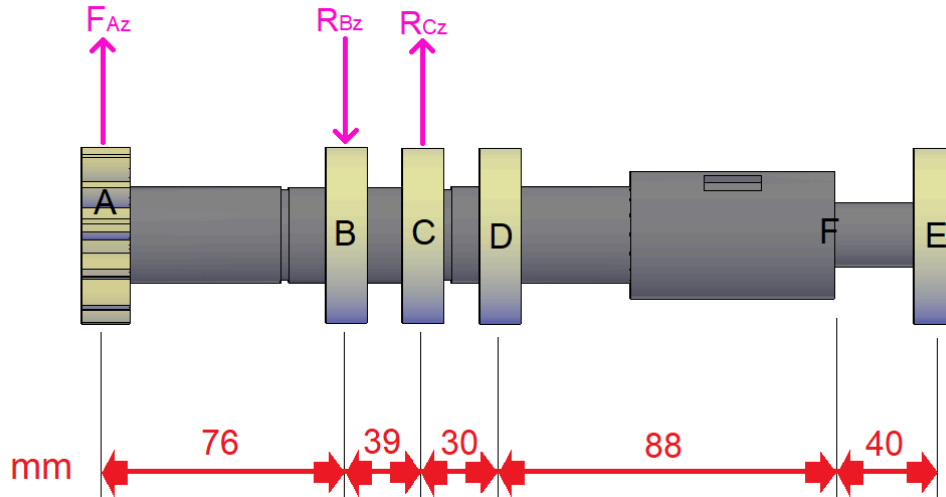


Figura 68. Diagrama de cuerpo libre X-Z, eje

$$\sum F_z = 0$$

$$F_{Az} - R_{Bz} + R_{Cz} = 0 \rightarrow R_{Bz} = F_{Az} + R_{Cz} \quad (1)$$

Considerando el sentido horario como positivo, se plantea la sumatoria de momentos en el punto B:

$$\sum M_B = 0$$

$$F_{Az} * 0,076[m] = R_{Cz} * 0,039[m]$$

$$R_{Cz} = 286,5 [Kgf]$$

Reemplazando en (1)

$$R_{Bz} = 147[Kgf] + 286,5 [kgf]$$

$$R_{Bz} = 433,5 [Kgf]$$

Momentos flectores de cada sección:



$$Mf_A = 0$$

$$Mf_B = F_{Az} * 0,076[m] = 11,2[Kgfm]$$

$$Mf_C = F_{Ay} * 0,115[m] - R_{Bz} * 0,039[m] = 0$$

$$Mf_D = Mf_E = Mf_F = 0$$

Momento torsor constante:

$$Mt_{A-F} = 3,53[Kgfm]$$

Teniendo las reacciones en los apoyos y los momentos de cada sección, se procede a trazar el diagrama de esfuerzos:

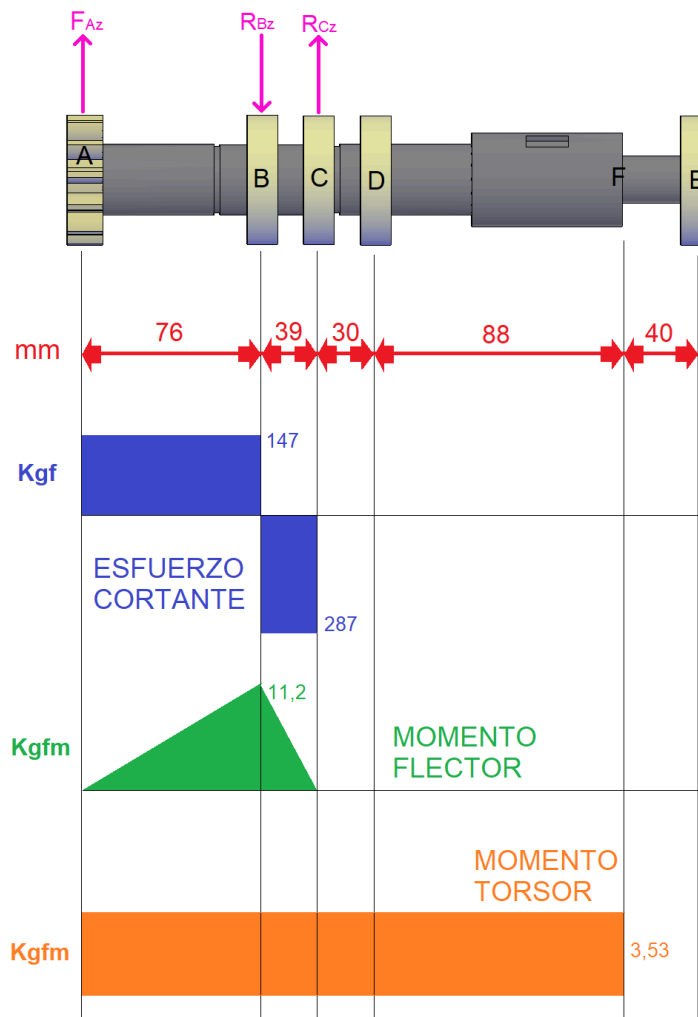


Figura 69. Diagrama de esfuerzos X-Z

Como se puede observar, y comprobar calculando el momento flector resultante, en la sección C, se encuentra la zona de mayor sollicitaciones del árbol de transmisión. Es decir, es esta la sección con la que se verificará el correcto diámetro del eje. En cuanto a la sección de mayor diámetro (F), no se estudiará ya que se obtiene a partir de la caja reductora, la cual ya ha sido previamente calculada.

Se utiliza entonces, la metodología del esfuerzo equivalente (Westinghouse), siguiendo los procedimientos recomendados en el libro de V.M. Faires. “*Diseño de elementos de máquinas*”. (4ta edición). Montaner y Simón S.A.

Ya que la sección a estudiar posee una chaveta, se tiene en cuenta como concentrador de tensiones:

$$K_t = 1,6 \text{ (Pg. 755)}$$

$$q = 0,75 \text{ (Pg. 753)}$$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \rightarrow K_f = 1,45$$

Coefficientes de reducción de tensión:

$$\text{Acabado superficial} \rightarrow C_a = 0,85$$

$$\text{Dimensiones de la pieza} \rightarrow C_b = 0,9$$

$$\text{Confiabilidad} \rightarrow C_c = 0,85$$

$$\text{Afectación por temperatura} \rightarrow C_d = 1$$

$$\text{Coeficiente total} \rightarrow C_t = 0,65$$

El árbol de transmisión, está sometido a un momento flector constante. Ya que se encuentra girando, el momento flector medio será cero, por lo que sólo habrá esfuerzo alternante.

Por otro lado, para el momento de torsión, ya que es constante, el esfuerzo alternante será cero, por lo que sólo habrá esfuerzo medio.

Esfuerzo equivalente:

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{S_n}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{S_{ys}}\right)^2}$$

Reemplazando y despejando el diámetro:

$$D^3 = N * \sqrt{\left(\frac{Mf}{\frac{\pi}{32}} * \frac{Kf}{Ct * S'n}\right)^2 + \left(\frac{Mt}{\frac{\pi}{16}} * \frac{1}{S_{ys}}\right)^2} \quad (A)$$

Donde:

$$Mf = 14,6 [Kgm] = 1460[Kgcm] \text{ (Sección C)}$$

$$Mt = 3,53 [Kgm] = 353[Kgcm]$$

$N$ : Coeficiente de seguridad  $\geq 1,6$  (Norma ISO)

$S_n$ : Tensión real de diseño

$S'n$ : Tensión límite de fluencia del material

$S_{ys}$ : Resistencia de fluencia en torsión

Para AISI-SAE 1045

$$S'n = 3375 [Kg/cm^2]$$

$$S_{ys} = 2489 [Kg/cm^2]$$

Utilizando el software online de cálculo “Symbolab”, y reemplazando los valores en la ecuación (A), se obtiene el diámetro mínimo requerido de la sección:

$$D^3 = N \cdot \sqrt{\left(\frac{Mf}{\frac{\pi}{32}} \cdot \frac{Kf}{Ct \cdot S'n}\right)^2 + \left(\frac{Mt}{\frac{\pi}{16}} \cdot \frac{1}{S'ys}\right)^2}$$

$$D^3 = N \cdot \sqrt{\left(\frac{1460}{\frac{\pi}{32}} \cdot \frac{1,45}{0,65 \cdot 3375}\right)^2 + \left(\frac{353}{\frac{\pi}{16}} \cdot \frac{1}{2489}\right)^2}$$

simplificar  $\sqrt{\left(\frac{1460}{\frac{\pi}{32}} \cdot \frac{1,45}{0,65 \cdot 3375}\right)^2 + \left(\frac{353}{\frac{\pi}{16}} \cdot \frac{1}{2489}\right)^2}$

9.85605...

Entonces:

$$D = \sqrt[3]{N \cdot 9,85}$$

Para N=1,6

decimal  
**D=2,50717...** cm

Figura 70. Cálculo diámetro, symbolab

Se obtiene entonces, un diámetro mínimo requerido de 25 [mm], el cual es menor que el diámetro adoptado de 30 [mm]. Por lo que es correcta la selección.

Interesa ahora, verificar el diámetro del árbol, en cuya sección no hay esfuerzo de torsión, es decir la sección reducida (F-E):

$$Kt = 2 \text{ (Pg. 755)}$$

$$q = 0,75 \text{ (Pg. 753)}$$

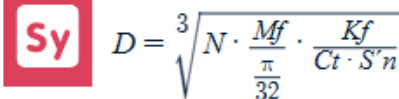
$$Kf = 1 + q(Kt - 1) \rightarrow Kf = 1,75$$

Coeficiente total  $\rightarrow Ct = 0,65$  (Ídem C)

$$Mf = 3,1 [Kgm] = 310[Kgcm]$$

$$Mt = 0$$

Reemplazando en (A) y resolviendo en el software:



$$D = \sqrt[3]{N \cdot \frac{Mf}{\frac{\pi}{32}} \cdot \frac{Kf}{Ct \cdot S'n}}$$

$$D = \sqrt[3]{1,6 \cdot \frac{310}{\frac{\pi}{32}} \cdot \frac{1,75}{0,65 \cdot 3375}}$$

Solución

$$D = \frac{4 \sqrt[3]{434}}{\sqrt[3]{2193,75} \sqrt[3]{\pi}}$$



decimal  
D=1,59139...

Figura 71. Cálculo diámetro 2, symbolab

Se obtiene entonces, un diámetro mínimo requerido de 16 [mm], el cual es menor que el diámetro adoptado de 20 [mm]. Por lo que es correcta la selección.

Para la comprobación final de fatiga, se puede estimar el número de ciclos de trabajo con los que podrá cumplir el árbol de transmisión, antes de romper por fatiga.

Para ello, se comparan las tensiones de diseño y de fluencia del material, en función del número de ciclos.

Siendo  $N=1$ :

$$Sn = 1229 [kg/cm^2]$$

$$S_n = S' n \left( \frac{10^6}{N_c} \right)^{0,09}$$

$$1229 [kg/cm^2] = 3375 [kg/cm^2] \left( \frac{10^6}{N_c} \right)^{0,09}$$

$$N_c = 75 \cdot 10^6 [ciclos] \text{ Duración infinita}$$

Vida útil de los rodamientos

Como último paso de verificación, se procede a estimar la vida útil de los rodamientos, utilizando el software online “SKF Bearing Select”.

Para el cálculo, se tienen en cuenta las resultantes de las reacciones en la peor condición, es decir, las calculadas anteriormente en cada rodamiento. Además se tiene en cuenta la velocidad de rotación, y el tipo de rodamiento seleccionado (6006):

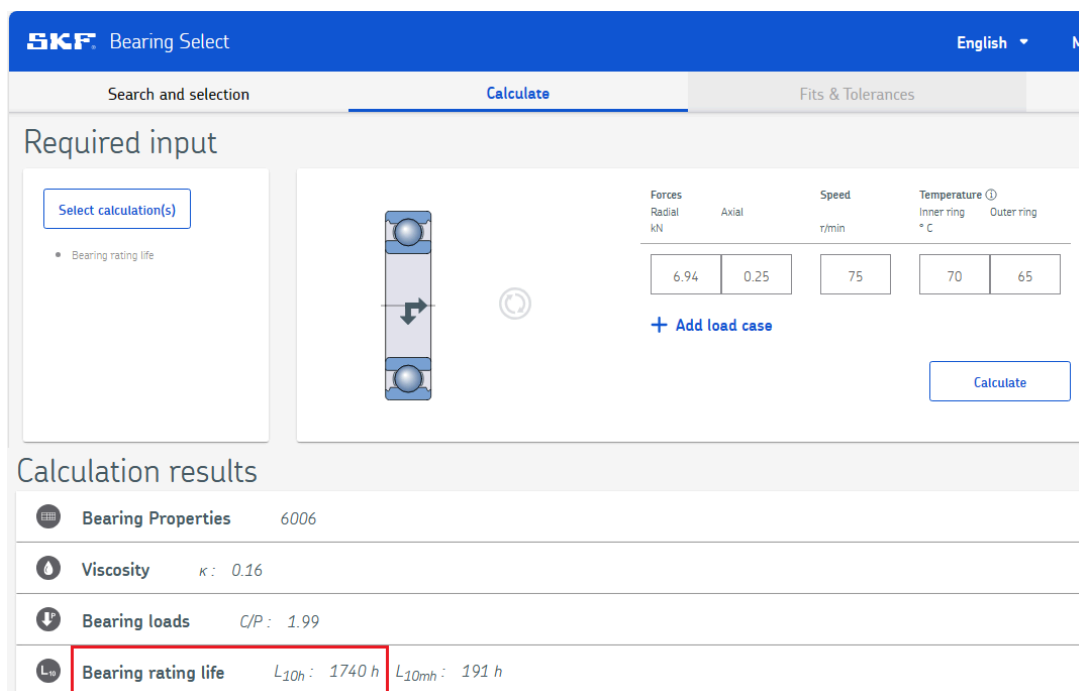


Figura 72. Cálculo vida útil de los rodamientos

Como se puede observar, si el salvaescaleras trabajara en la peor condición, es decir, a carga nominal, y estando esta carga sobre el reposapiés (generando palanca), el software indica una vida útil de 1740 horas de funcionamiento.

Si se tiene en cuenta que en un viaje promedio de 5 [m], se demora medio minuto en subir la escalera:

**En 1740 horas → Pueden realizarse 208.800 viajes**

Por ejemplo, podrían realizarse 15 viajes diarios durante 38 años (en la peor condición). Esto indica claramente, que la selección de los rodamientos es correcta.

Finalmente con todas las verificaciones terminadas, y las selecciones correctas de los diámetros de cada sección, se finaliza con la verificación del árbol de transmisión, siendo correcto su diseño.

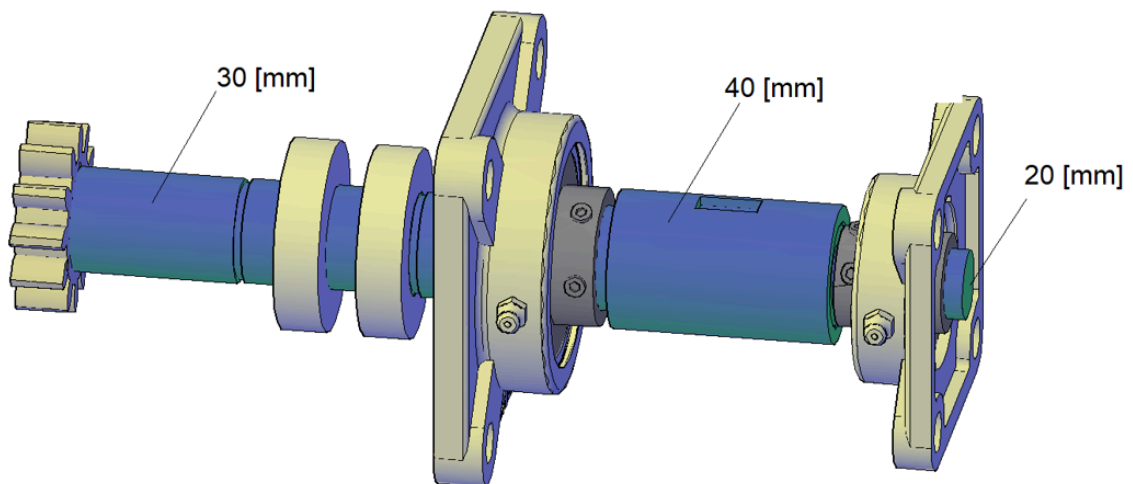


Figura 73. Dimensiones finales, árbol de transmisión y UCF

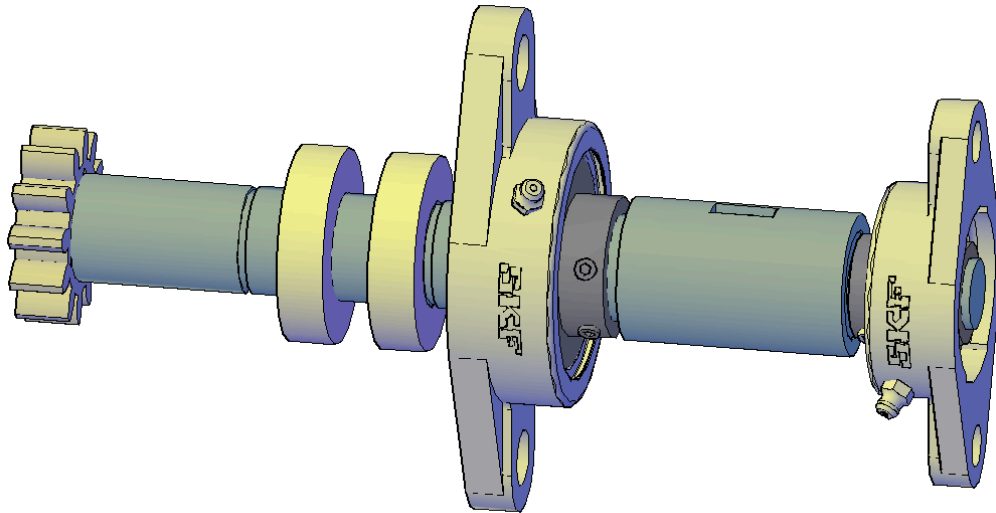


Figura 74. Árbol de transmisión y soportes UCFL

### 10.3 Guiador superior

Este guiador debe soportar y trasladar el peso del equipo y del usuario del salvaescaleras a los rieles. Además, es el encargado de evitar el movimiento de los laterales del salvaescaleras, por lo que su holgura con respecto al riel debe ser muy pequeña, es decir, este debe ser necesariamente articulado para poder girar en las curvas del caño, y así asegurar el menor huelgo posible.

Para formar el guiador se utilizan dos plegados de planchuela de acero SAE 1010 de 63,5 [mm] y 4,75 [mm] de espesor. En ellos se fija por soldadura un caño redondo Schedule 40, de 60,3 [mm] de diámetro exterior, el cual posee un espesor de pared de 3,91 [mm]. En su interior se alojan rodamientos 6205, de 25x52x15[mm].



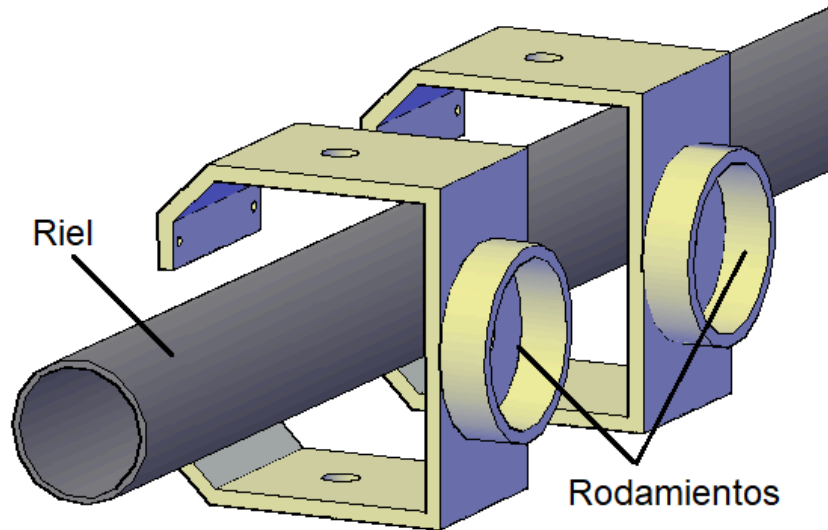


Figura 75. Plegados guía superior

Para el contacto entre el riel y el guía, se utilizan también pares de rodillos tipo rueda, de diámetro 25 [mm] de poliamida 6 (grilón), dispuestos a 45°, tanto en la parte superior, como en la parte inferior del riel.

Cada par de rodillos, se fijan a un carro giratorio, el cual gira alrededor de un bulón 7/16" UNF, que hace de eje. Estos carros son los encargados de permitir el movimiento de giro para recorrer las curvas horizontales del riel.

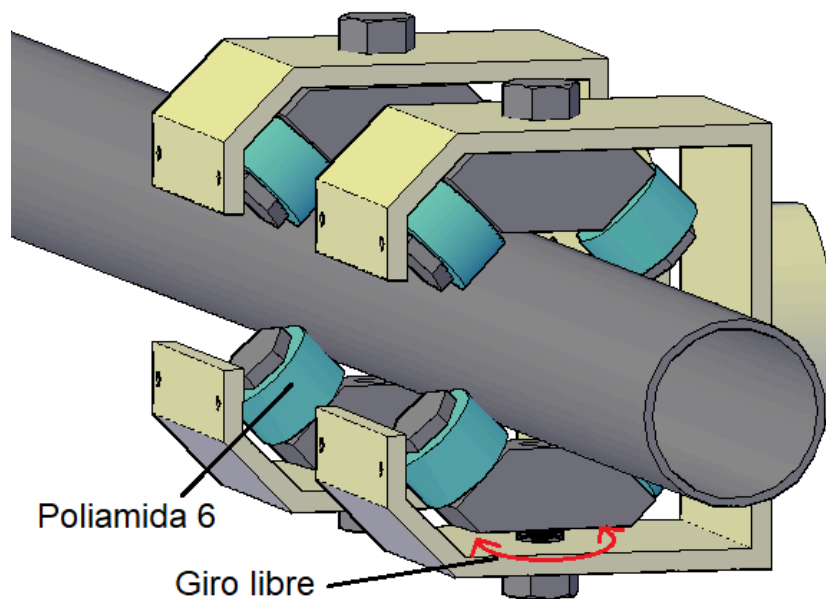


Figura 76. Carros guía superior

Por otro lado, para absorber las curvas verticales, el guiador al estar formado en 2 partes, estas están articuladas mediante rodamientos, lo que permite el giro o “quiebre” del guiador en ambos extremos.

Se muestran a continuación algunas imágenes a modo ilustrativo, de las distintas disposiciones posibles del guiador según el curvado del riel:

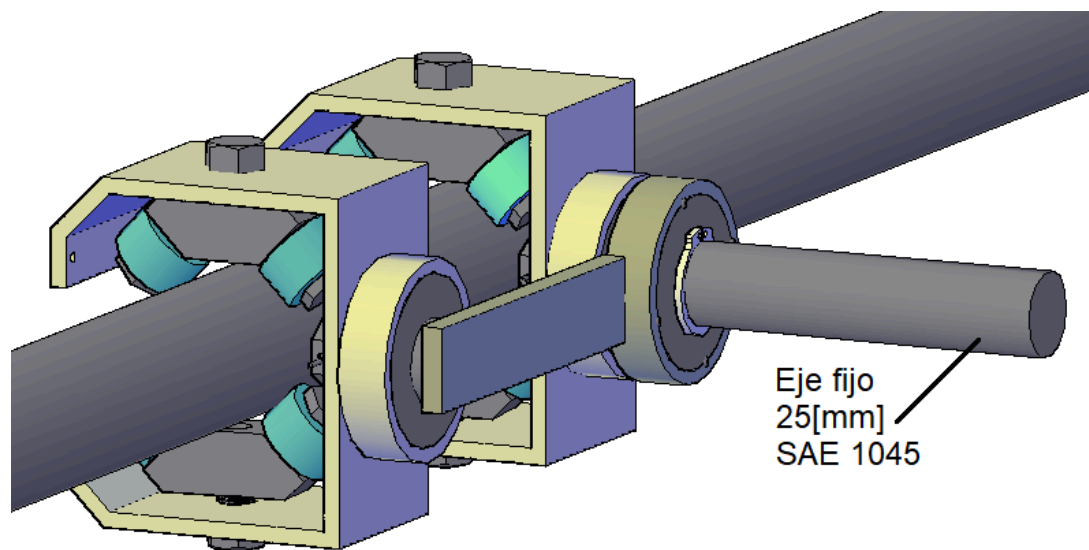


Figura 77. Guiador superior recta

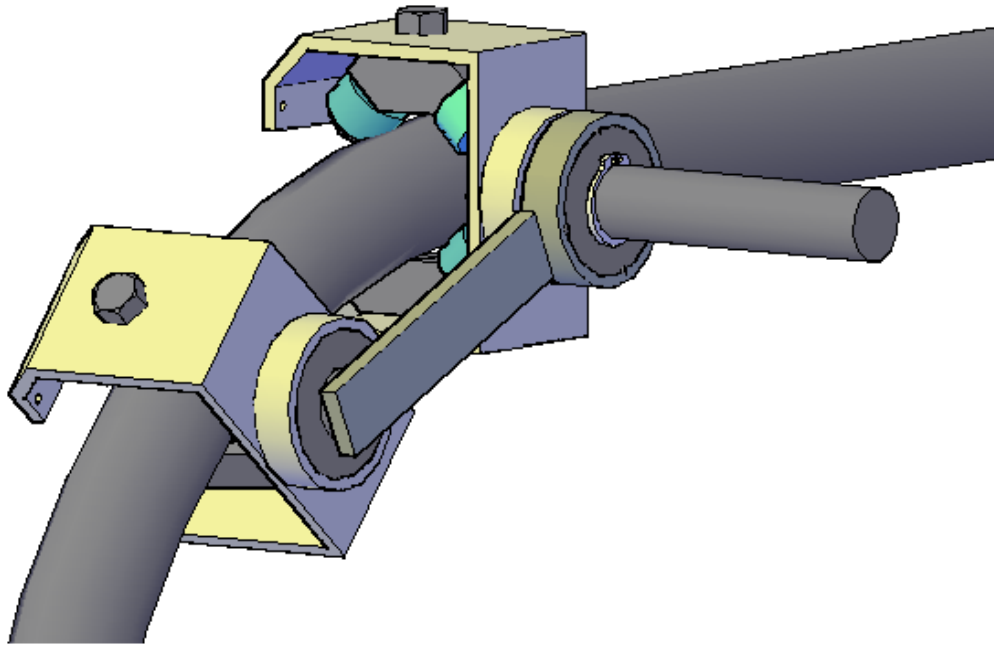


Figura 78. Guiador superior, curva vertical

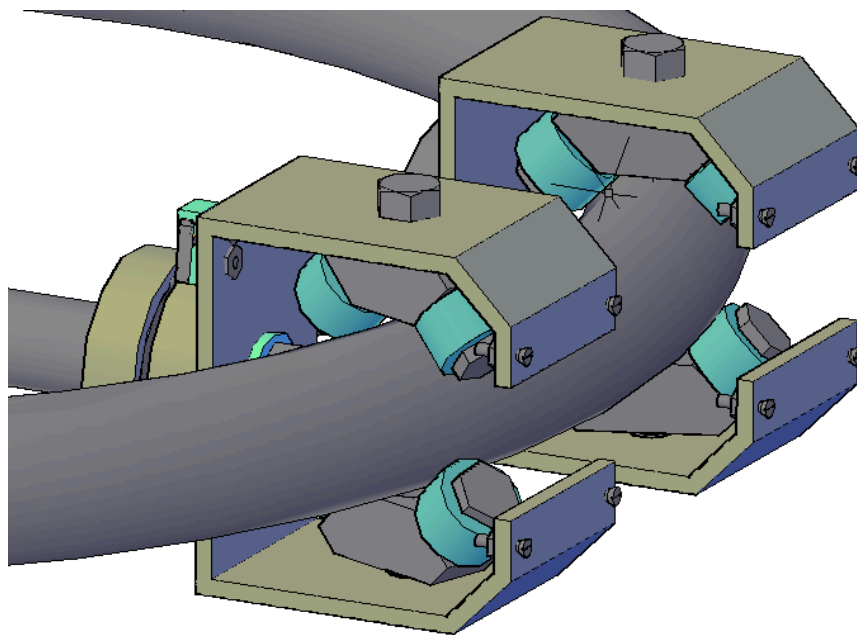


Figura 79. Guiador superior, curva horizontal adentro

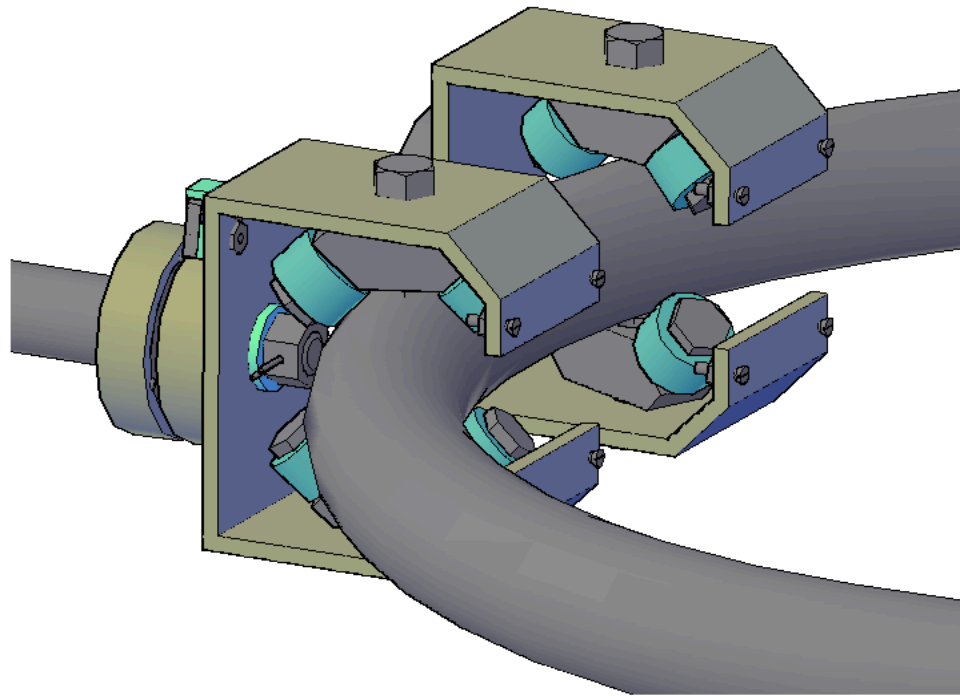


Figura 80. Guiador superior, curva horizontal afuera

## 10.4 Comprobación de fatiga

Como último paso de verificación de los guidores, se procede a un estudio de respuesta a la fatiga, haciendo uso de la metodología de Soderberg por medio del software. Para esto se simulan las mismas cargas que para las comprobaciones realizadas anteriormente.

Se debe aclarar que para la comprobación, se tienen en cuenta ambos guidores por separado, simulando que cada uno de ellos debe ser capaz de soportar el peso completo de la estructura y la capacidad nominal de carga.

Por otro lado, al guiador inferior se le realizó una modificación en la disposición de sus rodillos verticales, ya que en las curvas el riel impedía el avance del guiador.

Esta modificación no afecta al resto de componentes, los cuales se mantienen de la misma manera. En los anexos, se detallan las disposiciones finales de las distintas partes del salvaescaleras.

Ensayo estático de tensiones, guiador inferior:

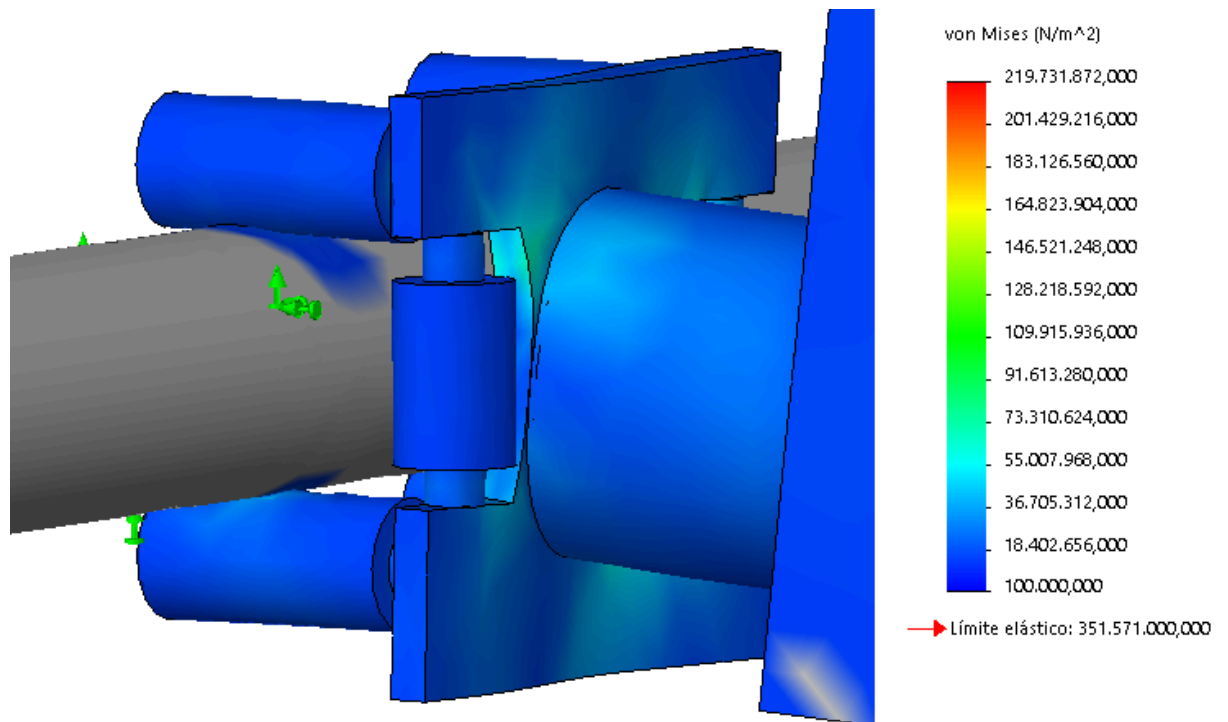


Figura 81. Ensayo estático guiador inferior

Ensayo estático de tensiones, guiador superior:

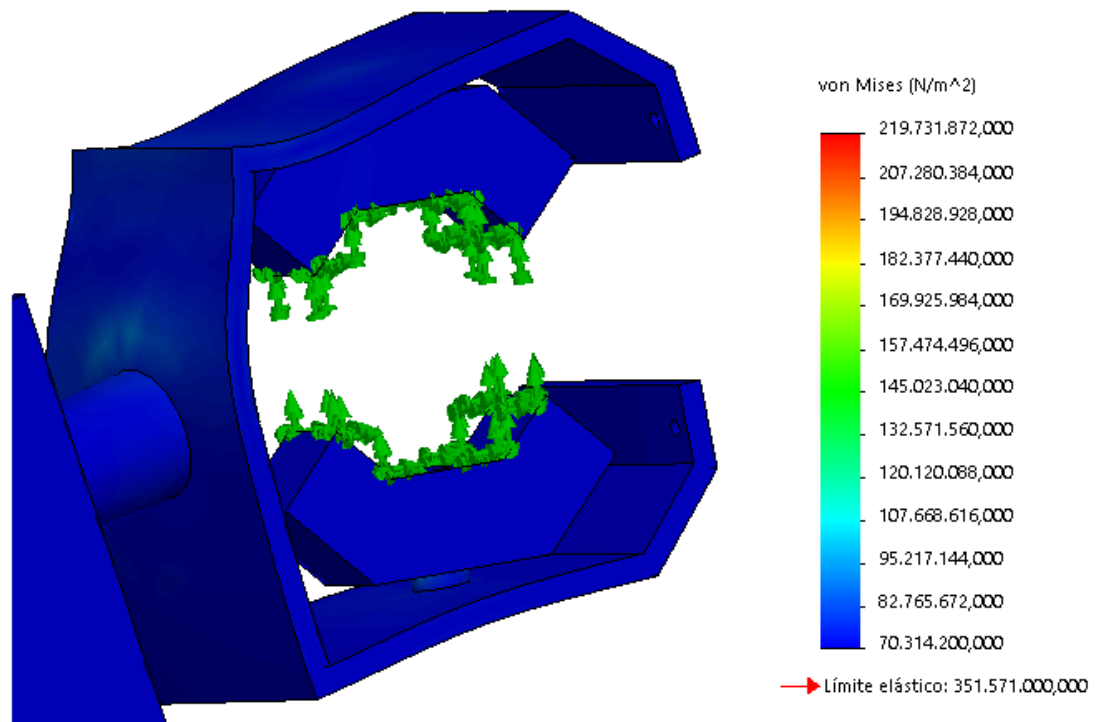


Figura 82. Ensayo estático guiador superior

Como se puede ver, la máxima tensión en ambos casos es menor al límite elástico del material. Lo que indica un diseño adecuado.

Para finalizar con el estudio, se desea determinar por fatiga, el número de ciclos de vida de cada componente. Para esto se realiza en conjunto con ambos guías:

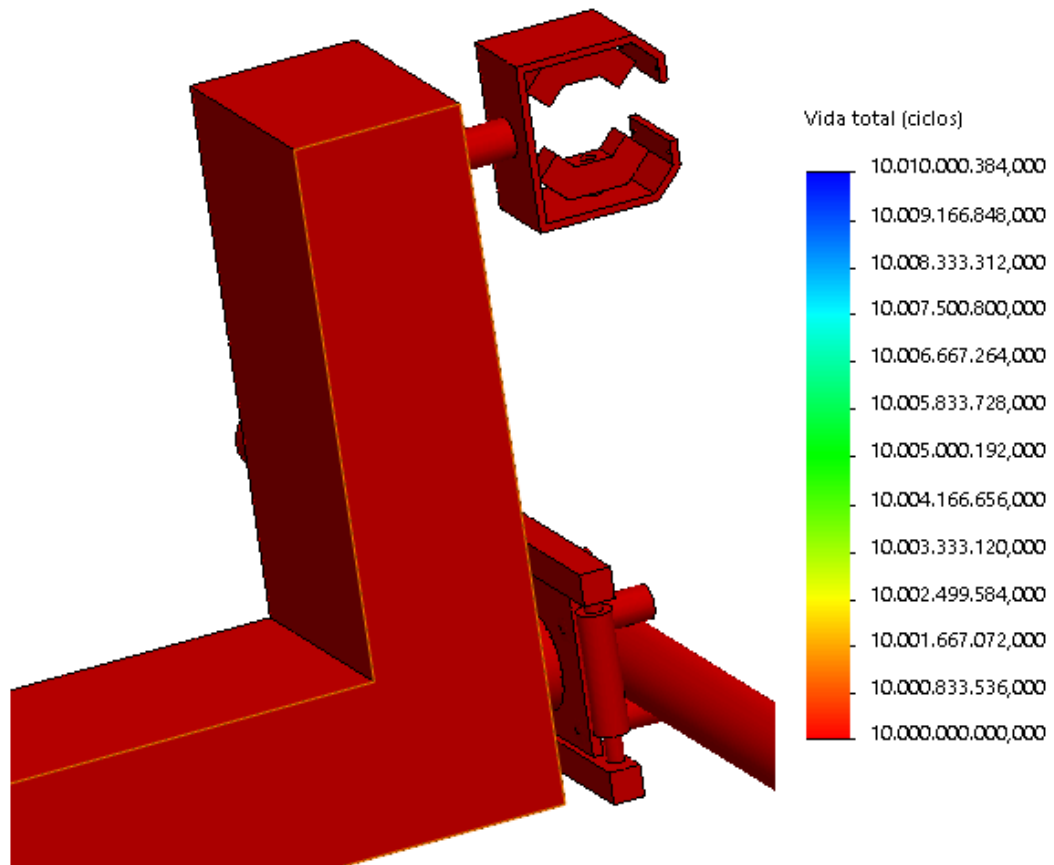


Figura 83. Guiadores, ensayo de fatiga

Al finalizar con la simulación en el software, este indica que las tensiones alternas en todo el modelo están por debajo del valor mínimo de la curva Wöhler o de fatiga del material, por lo que no se producirá daño alguno debido a fatiga.

Como se puede ver, en el resultado se indica una vida total mínima de un millón de ciclos, es decir, indica que la estructura es de duración infinita.

En conclusión, estos resultados son satisfactorios en cuanto al diseño adoptado de la estructura del riel.

# 11 Accesorios y periféricos

## 11.1 Reposapiés

La función del reposapiés es soportar el peso total del usuario cuando este intenta sentarse sobre el asiento. Una vez sobre el asiento, el reposapiés, aproximadamente, sólo carga con el peso de las extremidades inferiores del usuario.

Debe poder plegarse luego de utilizar el salvaescaleras, a fin de que el espacio ocupado sea menor, interrumpiendo lo menos posible el paso por la escalera. Es decir, debe contar un un sistema de bisagra.

El reposapiés, además, debe contar con contactos eléctricos que sean accionados en caso de atrapamiento o choque del salvaescaleras contra algún objeto o persona.

Para el diseño del reposapiés, se adopta una estructura interna metálica, con una base de apoyo de madera tipo MDF (Fibrofácil) de 18[mm] atornillada y cubierta con goma antideslizante.

En cuanto a los detectores de obstáculos, se forman de un plegado de chapa de acero de calibre 2 [mm], sujetados mediante resortes que le permiten movimiento axial y retornar luego a su posición. Al detectar el obstáculo y desplazarse, accionan un micro switch instalado bajo la base de apoyo de MDF, deteniendo el salvaescaleras.



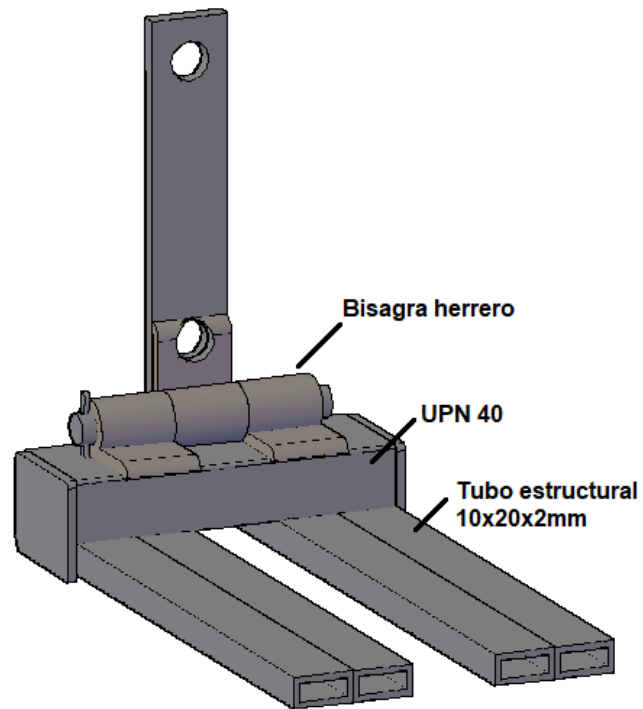


Figura 84. Estructura interna, reposapiés

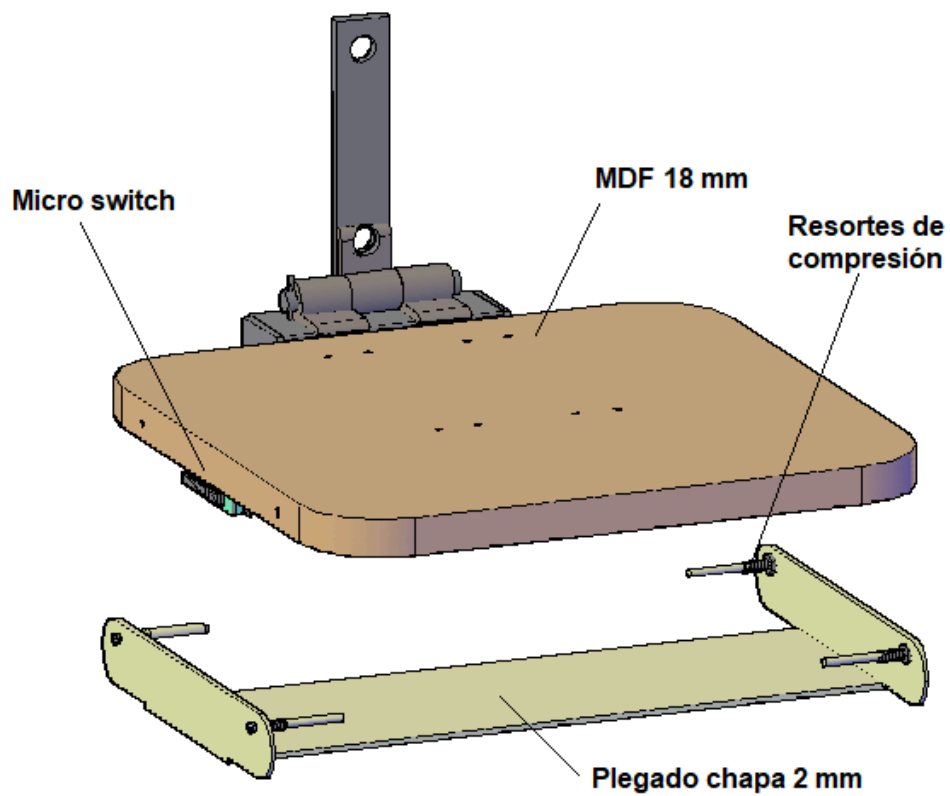


Figura 85. Base MDF, reposapiés

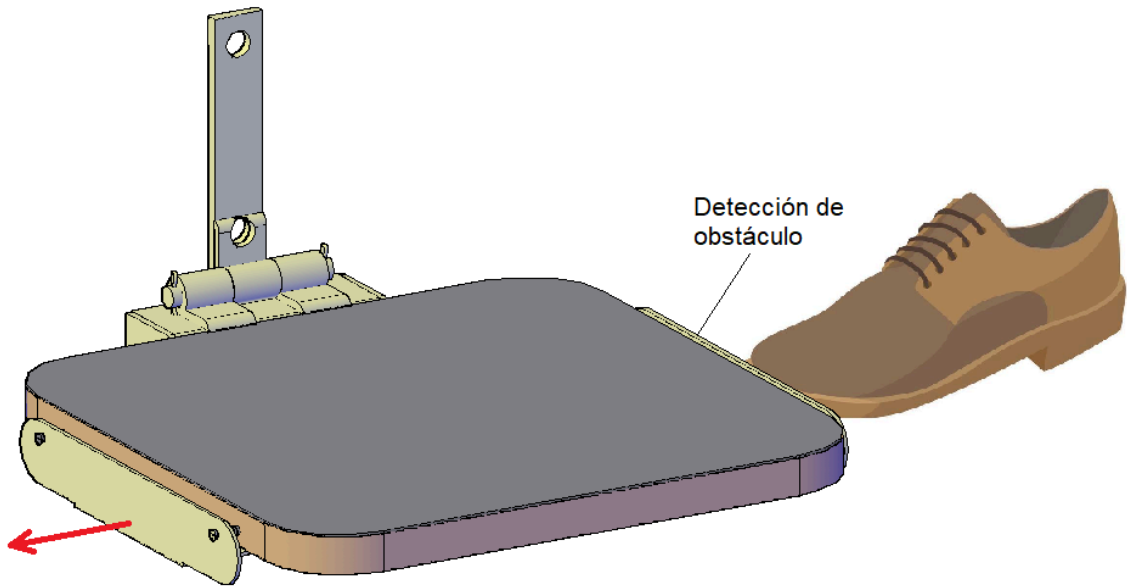


Figura 86. Reposapiés terminado

Una vez realizado el diseño, se procedió con la verificación de la estructura mediante la simulación en software, a fin de verificar las tensiones a las que será sometida, y su respuesta en fatiga:

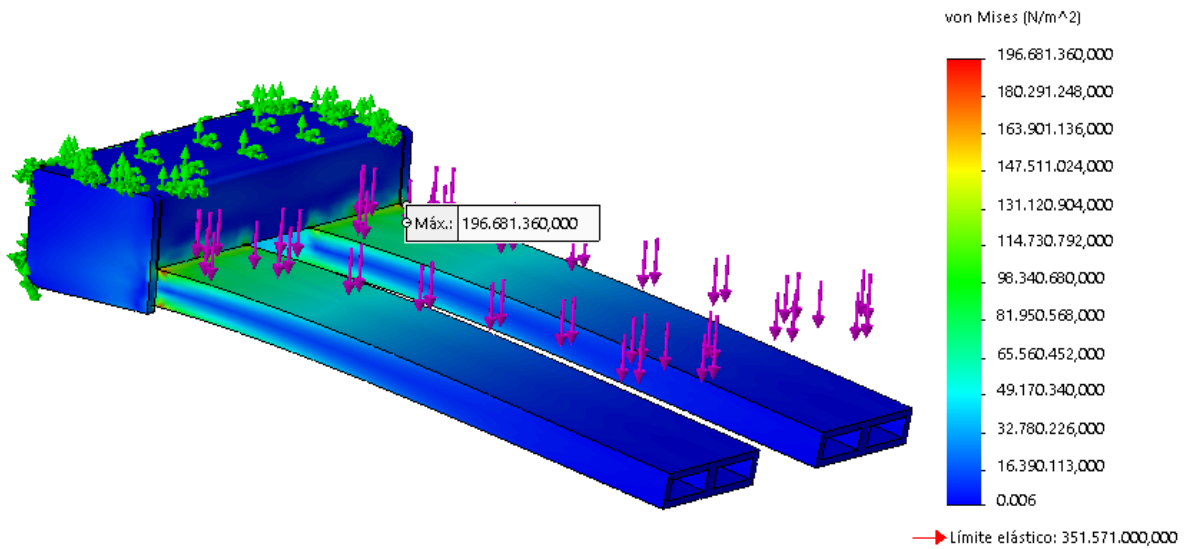


Figura 87. Reposapiés, ensayo de tensiones

Como puede verse, las tensiones en ningún caso superan el límite elástico del material, estando en la mayoría de la estructura, por debajo del 50%.

Para completar la verificación, se procede con el ensayo de fatiga:

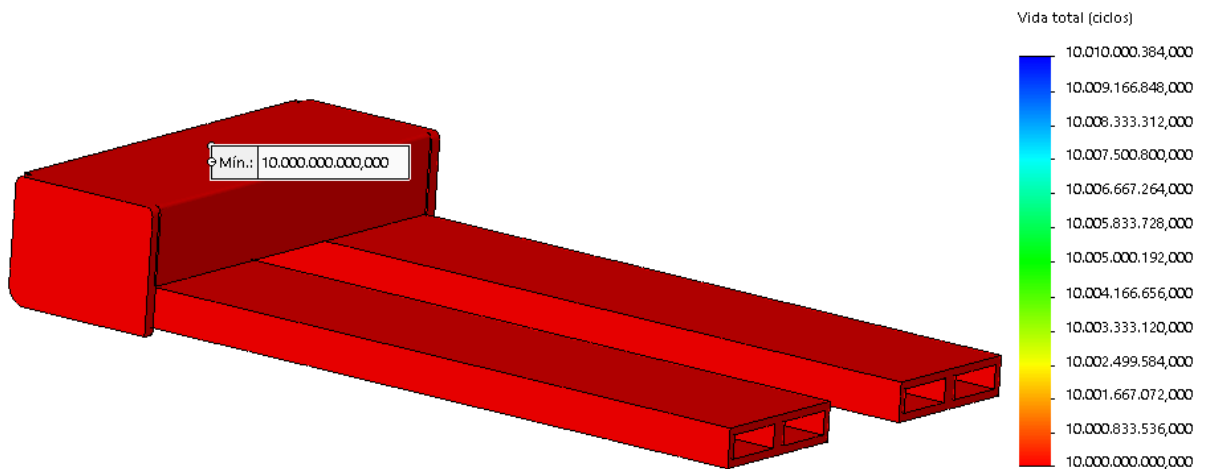


Figura 88. Reposapiés, ensayo de fatiga

Al finalizar con la simulación en el software, este indica que las tensiones alternas en todo el modelo están por debajo del valor mínimo de la curva Wöhler o de fatiga del material, por lo que no se producirá daño alguno debido a fatiga.

Como se puede ver, en el resultado se indica una vida total mínima de diez millones de ciclos, es decir, indica que la estructura es de duración infinita.

En conclusión, estos resultados son satisfactorios en cuanto al diseño adoptado del reposapiés.

## 11.2 Asiento y respaldo

Para el conformado del asiento y el respaldo del salvaescaleras, siguiendo los lineamientos del reposapiés, se adopta la utilización de madera tipo MDF, de 12 [mm] de espesor, tanto para el asiento como para el respaldo. En cuanto a la

estructura portante, se utilizan tubos estructurales de 15x30x2 [mm] de espesor, curvados con el fin de soportar ambas partes y aumentar la resistencia mecánica.

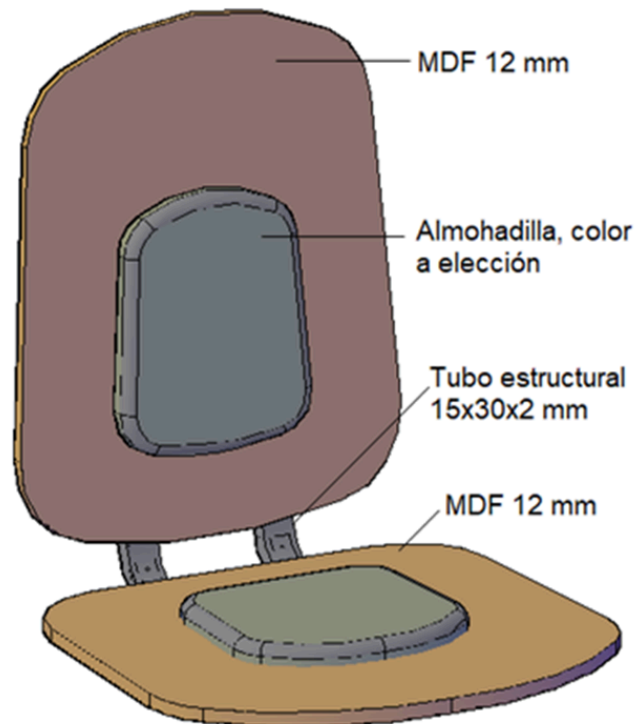


Figura 89. Asiento y respaldo

Al igual que con el reposapiés, es necesario poder abatir el asiento, con el fin de disminuir el espacio ocupado por el salvaescaleras. Para esto, se instalan bajo el asiento, bisagras de fijación contra los tubos estructurales, y además, un pistón de tipo neumático, que sostiene al asiento en la posición superior, tal como se muestra a continuación:

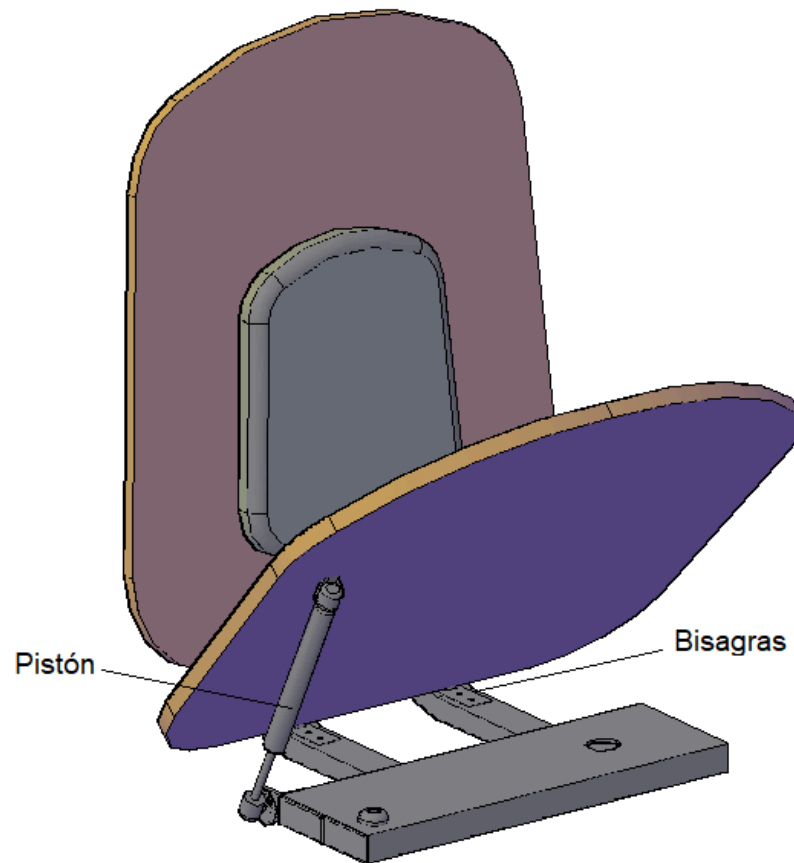


Figura 90. Asiento abatible

Finalmente, el asiento debe ser giratorio. Esto es con el objetivo de poder ascender y descender del salvaescaleras, de manera sencilla en los finales de recorrido.

Para esto se fija el asiento y su estructura, al chasis, mediante un eje giratorio sobre bujes de poliamida 6 y un rodamiento de apoyo tipo crapodina. Este sistema cuenta además, con un seguro de liberación y un sensor de tipo magnético que no permite el movimiento del salvaescaleras hasta no quedar el asiento en la posición correcta.

## 11.3 Reposabrazos

Además de cumplir con la función de ergonomía durante el viaje en el salvaescaleras, en los reposabrazos se instalan los pulsadores de accionamiento y el cinturón de seguridad.

Al igual que con el asiento y el reposapiés, se debe poder abatir los reposabrazos. Esto es posible, gracias a la fijación de los mismos mediante un eje sobre el cual pivotan.

Cada reposabrazos, es finalmente cubierto con goma espuma y tapizado al igual que las almohadillas del asiento y el respaldo.

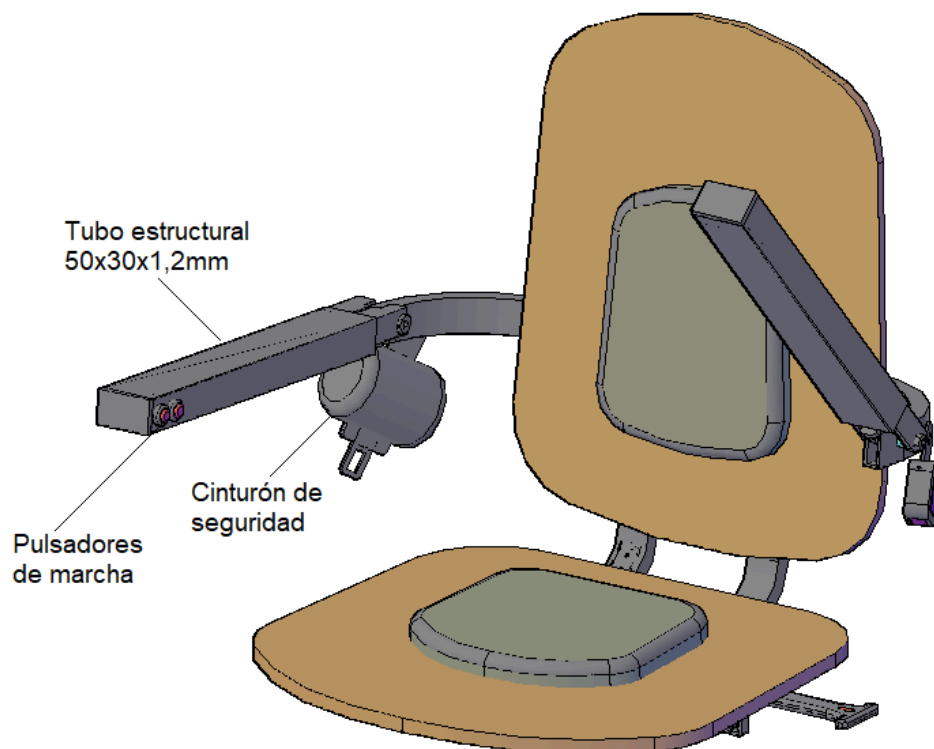


Figura 91. Reposabrazos

## 11.4 Cobertura del chasis

Para la cobertura del salvaescaleras, se utilizarán 4 plegados principales obtenidos a partir de chapa de acero de 0,7 [mm] de espesor, pintados de color a elección, tal como se muestra a continuación:



Figura 92. Plegados, cobertura

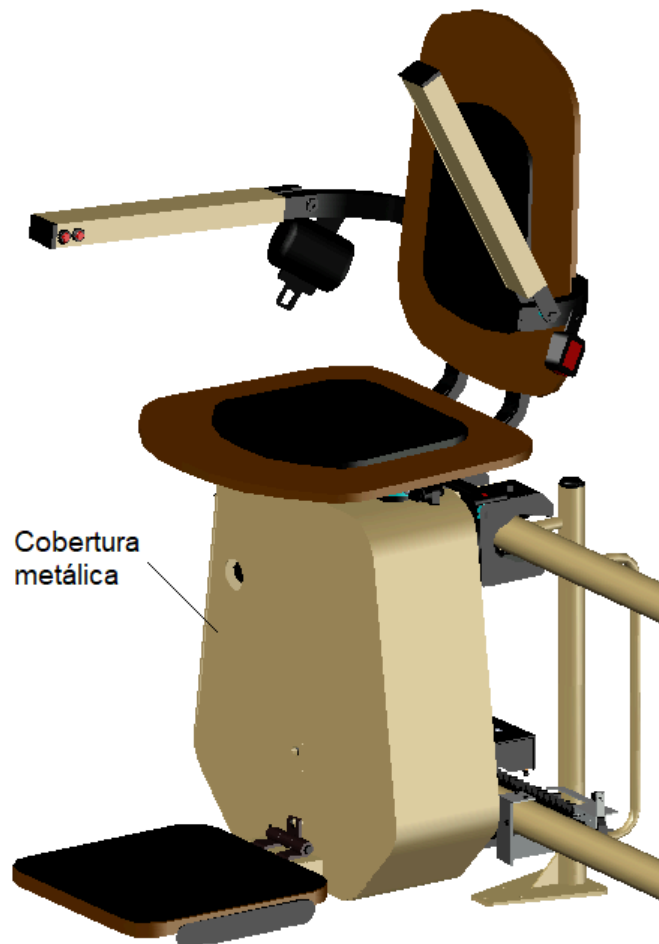


Figura 93. Cobertura

En la cobertura se realizan también, agujeros para la inspección de escobillas del motor, y para la utilización del sistema manual. Para esto se hace uso de una perilla, la cual se introduce y gira directamente el eje saliente del motor.



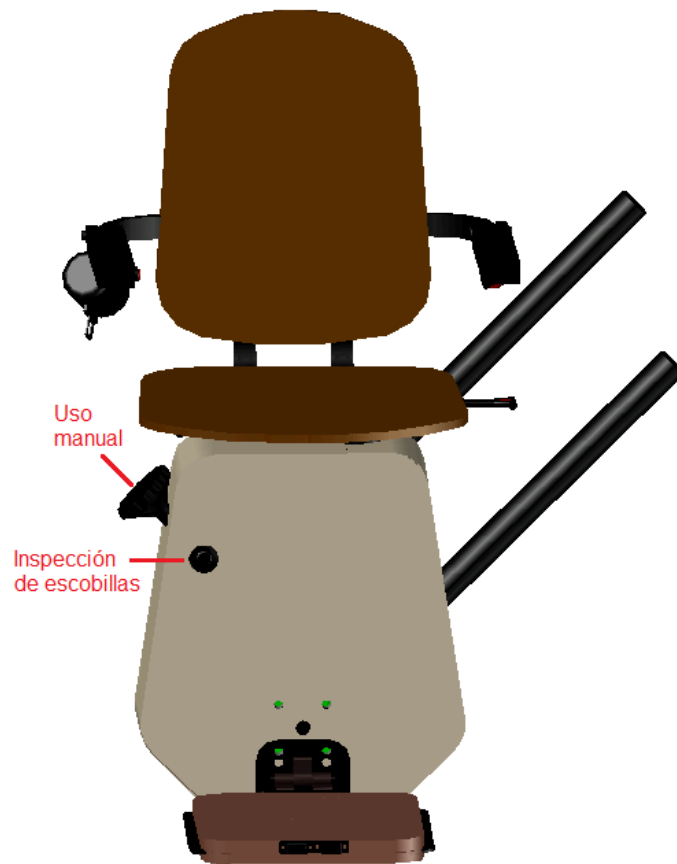


Figura 94. Accesorios de la cobertura



Figura 95. Perilla a modificar, uso manual

## 11.5 Accesorios de los guidores

Al igual que para el chasis, para proteger los guidores se utilizan plegados de chapa de acero de 0,7 [mm] como cobertura. Los plegados que forman las tapas laterales, poseen además, un micro switch que en caso de detectar atrapamiento contra un obstáculo, detiene la marcha del salvaescaleras.

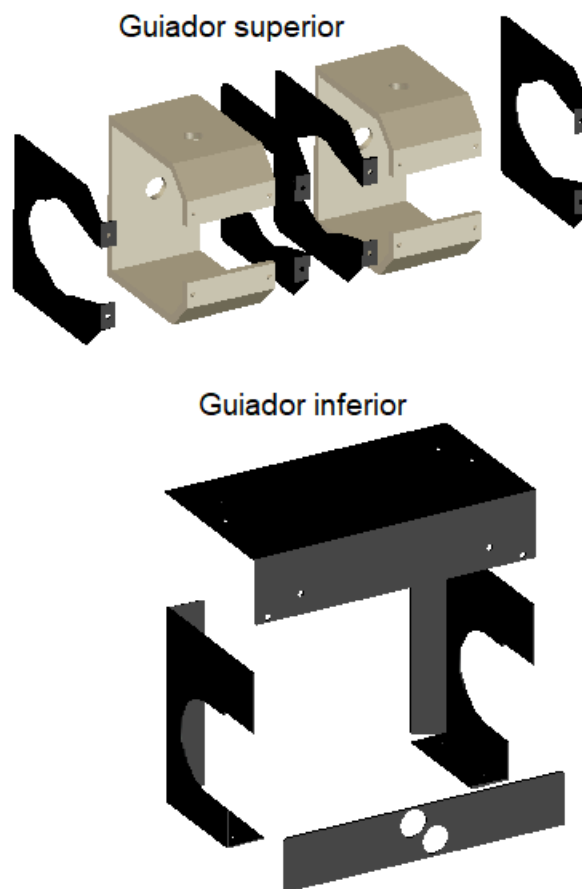


Figura 96. Plegados de los guidores

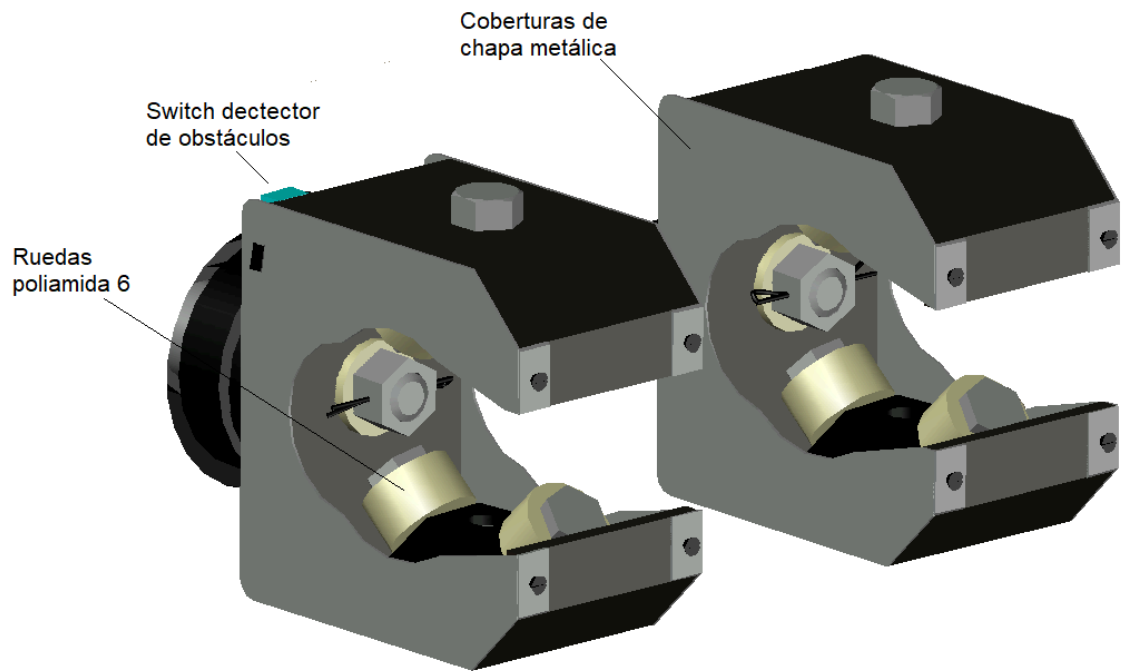


Figura 97. Guiador superior, accesorios

En el caso del guiador inferior, en este también se instalan los contactos eléctricos para la carga de las baterías, y los interruptores finales de carrera para los límites de recorrido y deceleración.

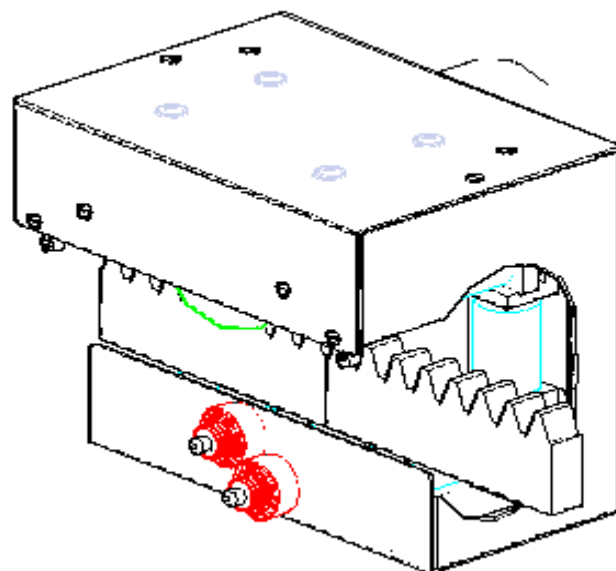


Figura 98. Guiador inferior, accesorios

A continuación se muestra la disposición final de los guidores y sus accesorios, sobre el lado posterior del salvaescaleras:

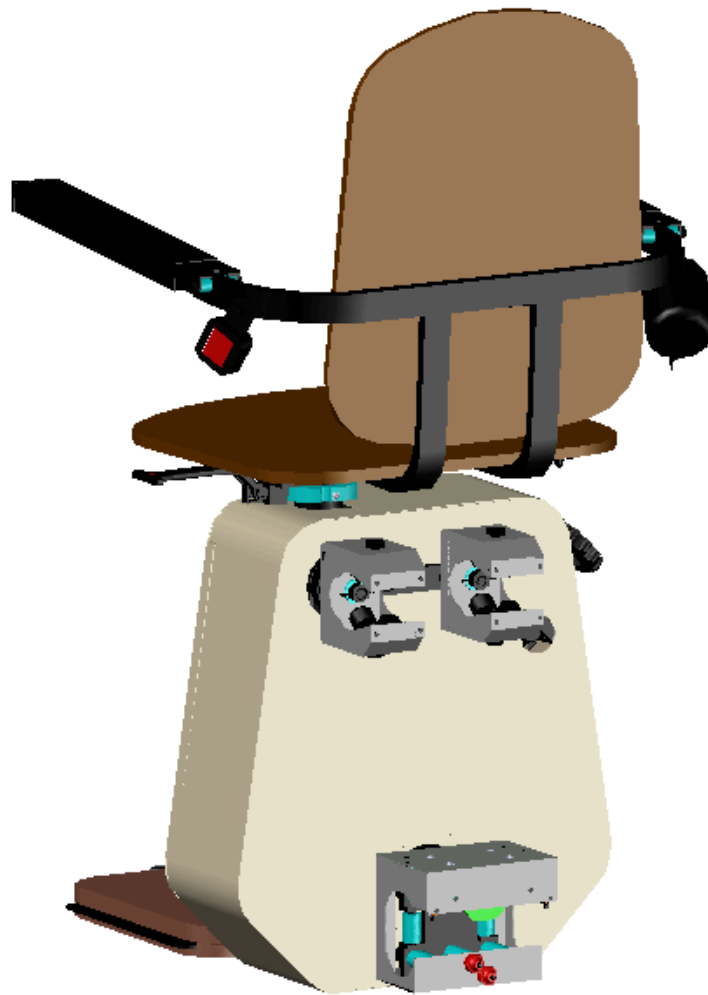


Figura 99. Guidores, disposición

## 11.6 Sistema de carga de baterías

El punto de carga es el encargado de, mediante el cargador, cargar las baterías del salvaescaleras. Se instala en los finales de recorrido, en los puntos en los cuales descansará el salvaescaleras.

El soporte se compone de planchuela de acero SAE 1010 de 31,7 [mm] y 3,2 [mm] de espesor, el cual es atornillado al riel.

Para el contacto deslizante se utilizan láminas de acero inoxidable de 0,7 [mm].

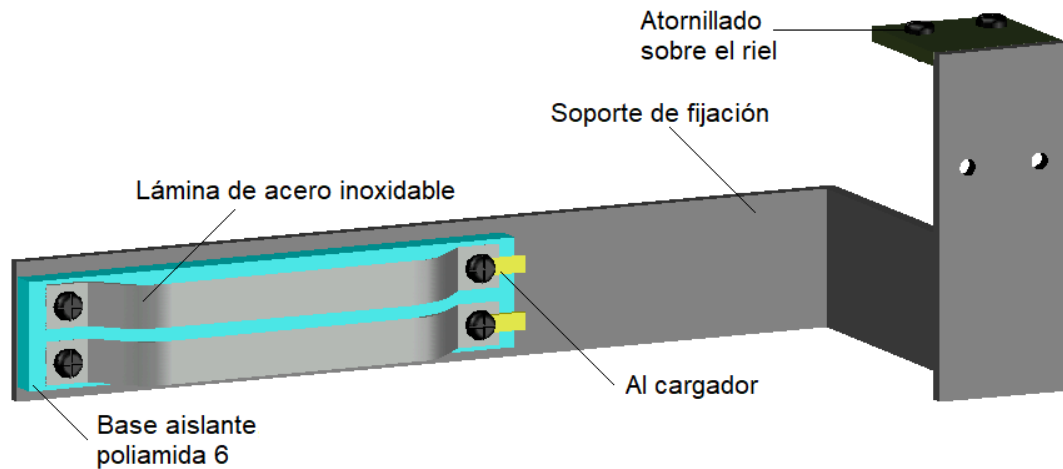


Figura 100. Soporte y punto de carga

Para la carga de las baterías se utiliza un cargador inteligente de tipo comercial de 24 [V] y no mayor a 2 [A] de corriente de carga. El mismo debe contar con sistemas de protección de polaridad invertida, de sobrecarga, y debe mantener en estado de “Flote” las baterías cuando estas se encuentran totalmente cargadas. Su alimentación debe ser 220[Vca] y 50 [Hz].



Figura 101. Cargador de baterías inteligente 24V

## 12 Sistema de potencia y automatización

Para el inicio y detención del movimiento del salvaescaleras, es necesario la utilización de un sistema de automatización. Este sistema es el encargado, principalmente, de accionar el motor hacia un lado, o hacia el otro. Pero además, debe ser capaz de interrumpir la marcha del salvaescaleras, cuando no se cumple con las medidas de seguridad correspondientes, con el objetivo de evitar accidentes.

Para verificar las condiciones de seguridad, se utilizan sensores dispuestos estratégicamente en distintos puntos del equipo, los cuales actúan ante una condición de riesgo, principalmente colisión o atrapamiento del salvaescaleras con objetos o personas en su recorrido.

### 12.1 Componentes principales

Se muestra a continuación en la tabla, los componentes que conforman el sistema de potencia y de control del salvaescaleras, así como una breve descripción de cada uno.

N°	Componente	Descripción	Función
1	Baterías	2 Baterías de 12V 7Ah c/u de gel selladas. Conectadas en serie (Total 24V)	Fuente de alimentación
2	Fusible	100A, tipo ANL	Proteger de cortocircuitos
3	Interruptor	Llave interruptora 2 posiciones ON/OFF	Apagar y/o encender el salvaescaleras

N°	Componente	Descripción	Función
4	Relé	24VDC 70A Tipo universal 4 terminales + zócalo	Energizar/desenergizar
5	PWM	Modulador por ancho de pulso 24VDC 60A con inversión de giro y regulación de velocidad	Controlar, accionar y proteger el motor
6	Motor	Modelo 59L2403, 24VDC 250W	Transformar la energía eléctrica en mecánica
7	Relé	Relé SRD-24VDC-SL-C 10A	Accionar el freno electromagnético y el indicador sonoro
8	Regulador de tensión	Step up DC/DC de 24V a 60V 400W	Elevar la tensión DC para accionar el freno electromagnético
9	Resistencia	2,5 k $\Omega$ 1W	Reducir la tensión para alimentar el buzzer
10	Buzzer	SFM 27 intermitente 3-24VDC	Indicar con sonido que el salvaescaleras se encuentra en movimiento
11	Freno	Lavandera, 200VDC 50W	Impedir el movimiento del salvaescaleras cuando está detenido
12	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva 54mm	Interruptor final de recorrido principal, guiador inferior
13	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva 54mm	Interruptor final de recorrido auxiliar, guiador inferior
14	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva 54mm	Interruptor detector de obstáculos, guiador superior
15	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva 54mm	Interruptor detector de obstáculos, reposapiés
16	Pulsador	Pulsador NA 1A 250V $\square$ 17,5mm	Botón de subir
17	Pulsador	Pulsador NA 1A 250V	Botón de bajar

N°	Componente	Descripción	Función
		□ 17,5mm	
18	Control remoto	433MHz 2 canales	Subir o bajar el salvaescaleras
19	Potenciómetro	Integrado en PWM	Regular la velocidad del salvaescaleras
20	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva 54mm	Interruptor final de recorrido principal, guiador inferior
21	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva 54mm	Interruptor final de recorrido auxiliar, guiador inferior
22	Micro switch	Interruptor mecánico 5A 250V Leva corta	Interruptor detector de obstáculos, guiador superior
23	Micro switch	Interruptor mecánico 5A 250V Leva corta	Interruptor detector de obstáculos, reposapiés
24	Pulsador	Integrado en PWM	Bajar el salvaescaleras obviando seguridades eléctricas (período de montaje)
25	Pulsador	Integrado en PWM	Subir el salvaescaleras obviando seguridades eléctricas (período de montaje)
26	Switch magnético	Sensor magnético NC, 0,5A 100V (comercial tipo alarmas domiciliarias)	Impedir el movimiento del salvaescaleras cuando el asiento se encuentra girado
27	Receptor inalámbrico	2 Canales 433MHz 24VDC, pulso constante	Recibir señal desde el control remoto y accionar el PWM
28	Interruptor	Integrado en PWM	Apagar el PWM
29	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva larga con rueda	Desacelerar el salvaescaleras en subida
30	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva larga con rueda	Desacelerar el salvaescaleras en bajada
31	Resistencia	Ω según potenciómetro	Desacelerar el salvaescaleras



N°	Componente	Descripción	Función
V	Voltímetro	Display 24V	Indicar estado de carga de las baterías

Tabla 14. Componentes sistema eléctrico

## 12.2 Funcionamiento

Se desarrolla a continuación, una breve explicación, para identificar en el diagrama eléctrico bifilar, la función de cada componente.

### Encendido y apagado

El salvaescaleras posee un botón interruptor ON/OFF (3), con el cual se puede desenergizar y evitar el movimiento voluntario o involuntario del equipo.

### Marcha en subida o bajada

Para iniciar la marcha, esto se puede realizar por medio del pulsador correspondiente en el reposabrazos (16 y 17), o mediante el receptor inalámbrico (27) accionando el control remoto (18). De esta manera se da orden al controlador de motor o PWM (5).

### Seguridades eléctricas

El salvaescaleras cuenta con sensores ubicados a lo largo del mismo, los cuales se encargan de indicar una condición insegura y detienen o impiden la marcha en tal caso.

Estos sensores se ubican en:

- Guiador inferior: detienen el salvaescaleras en los límites de recorrido y evitan el atrapamiento de un objeto o persona contra el riel
- Guiador superior: evitan el atrapamiento de un objeto o persona contra el riel
- Reposapiés: evitan el atrapamiento de un objeto o persona contra la escalera
- Asiento: evita la marcha en caso de estar girado el asiento

#### Condiciones para la marcha en subida

El salvaescaleras sólo subirá en caso de que todos los sensores de seguridad (12, 13, 14, 15 y 26) se encuentren cerrados. Es decir, si uno de estos es accionado y cambia de estado, la marcha no comienza o se detiene en caso de encontrarse en movimiento.

#### Condiciones para la marcha en bajada

El salvaescaleras sólo bajará en caso de que todos los sensores de seguridad (20, 21, 22, 23 y 26) se encuentren cerrados. Es decir, si uno de estos es accionado y cambia de estado, la marcha no comienza o se detiene en caso de encontrarse en movimiento.

#### Desaceleración

Al llegar a los límites de recorrido superior o inferior, los sensores mecánicos con rueda ubicados en el guiador inferior (29 y 30) son accionados por una rampa metálica ubicada en la cremallera. De esta manera, previo a detenerse, el salvaescaleras desacelera en aproximadamente un 50% su velocidad, hasta finalmente detenerse.

La velocidad de desaceleración, dependerá de la resistencia (31) utilizada para modificar el valor de resistencia del potenciómetro (19).

Accionamiento del freno

Al iniciar la marcha del motor (6), un relé (7) es también accionado en paralelo, con el cual se acciona el freno electromagnético (11), para el cual se necesita una tensión DC superior a 50V. Por este motivo es necesario utilizar un elevador de tensión DC/DC (8), con el cual se activa también un indicador sonoro de marcha (10).

**12.3 Diagrama eléctrico**

Se muestran a continuación, debido a su sencillez, el esquema eléctrico de potencia y de automatización dentro del diagrama.

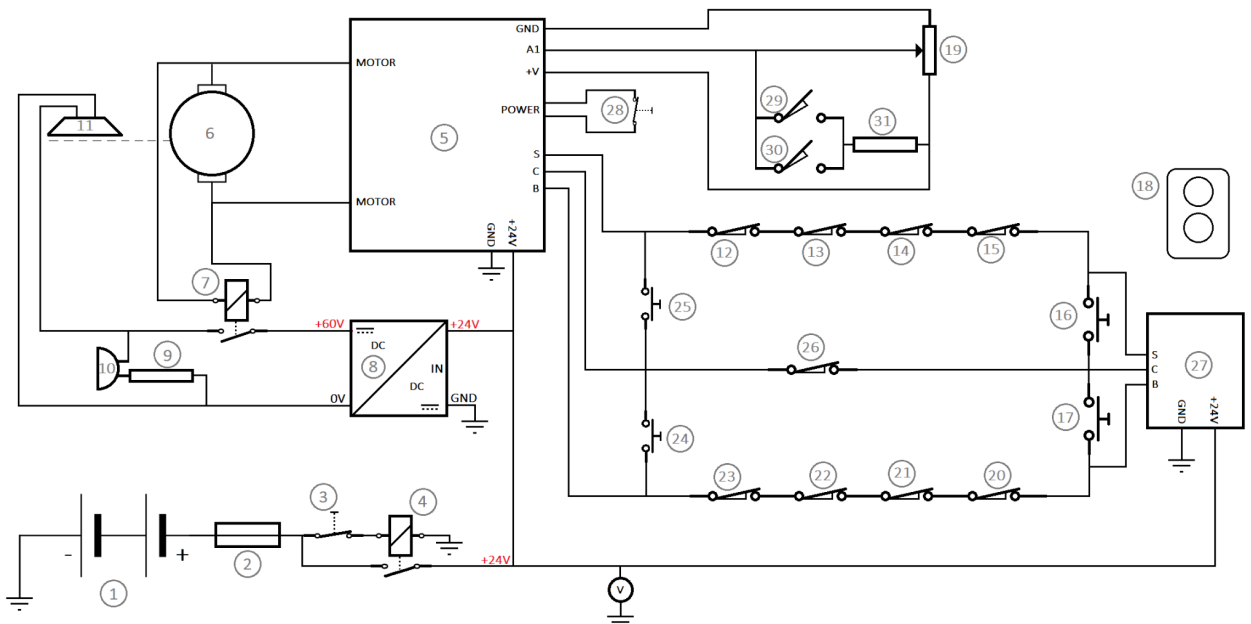


Figura 102. Diagrama eléctrico

**Referencias:**

1- Baterías	12- Micro switch	23- Micro switch
2- Fusible	13- Micro switch	24- Pulsador
3- Interruptor	14- Micro switch	25- Pulsador
4- Relé	15- Micro switch	26- Switch magnético
5- PWM	16- Pulsador	27- Receptor
6- Motor	17- Pulsador	inalámbrico
7- Relé	18- Control remoto	28- Interruptor
8- Step Up	19- Potenciómetro	29- Micro switch
9- Resistencia	20- Micro switch	30- Micro switch
10- Buzzer	21- Micro switch	31- Resistencia
11- Freno	22- Micro switch	V- Voltímetro

## 12.3 Cálculo de conductores

Para la selección de la sección de los conductores, normalmente es necesario verificar dos condiciones: caída de tensión e intensidad máxima.

Sin embargo, en este caso, la longitud de los conductores es tan pequeña, que simplemente es necesario verificar los mismos utilizando la intensidad máxima admisible de dicho conductor.

Sección del conductor de cobre según IRAM 2183	Corriente máxima admisible
S (mm <sup>2</sup> )	I (A)
0,5	3
0,75	8
1	9,6
1,5	13
2,5	18
4	24
6	31
10	43
16	59
25	77
35	96
50	116
70	148
95	180

Tabla 15. Corriente admisible estimada en conductores

Se procede entonces, haciendo uso de la tabla anterior, a seleccionar la sección de los conductores que conforman el sistema eléctrico del salvaescaleras, según las corrientes nominales de consumo de cada componente:

Función	Componente	Sección [mm <sup>2</sup> ]
Alimentación	PWM	4
Alimentación	Motor	2,5
Alimentación	STEP UP	1
Alimentación	Receptor inalámbrico	1
Alimentación	Freno	1
Control	Relés	0,5
Control	PWM	0,5

Tabla 16. Sección de conductores

## 13 Verificaciones finales

### 13.1 Características del riel

Ya teniendo definidos los aspectos constructivos y geométricos del salvaescaleras, se deben establecer las separaciones finales entre el riel superior e inferior, así como los radios de curvatura mínimos con que se pueden curvar en los diferentes sentidos.

Para esto, haciendo uso del software de modelado 3D, se procedió con las comprobaciones correspondientes.

#### Separación entre riel superior e inferior

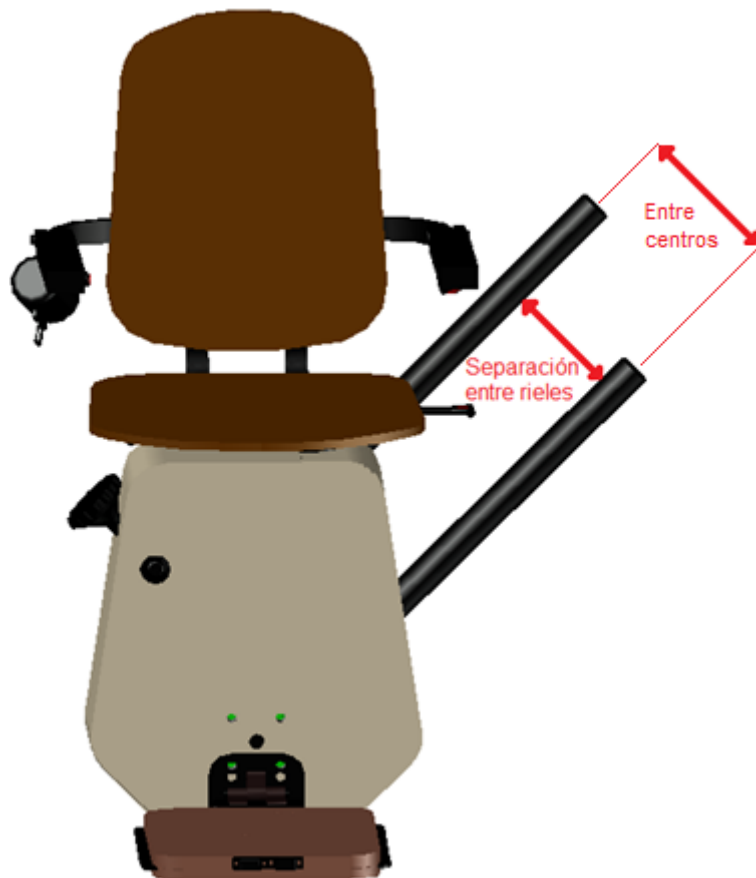


Figura 103. Separaciones entre rieles

Inclinación de la escalera	Separación entre centros [mm]	Separación entre rieles [mm]
0°	350	305,6
5°	340	295,6
10°	327,5	283,1
15°	312,8	268,4
20°	296	251,6
25°	277,3	232,9
30°	256,9	212,5
35°	234,8	190,4
40°	211,2	166,8
45°	186,4	142

Tabla 17. Separación entre centros y entre rieles

#### Inclinación máxima del riel

Se debe aclarar, que por cuestiones referidas a lo constructivo, se establece un ángulo de inclinación máximo, de la escalera, de 45° con respecto a la horizontal.

Esto no implica que no sea viable adaptar este salvaescaleras para escaleras con mayor inclinación, sin embargo, ello requerirá de modificaciones según el caso. Estas modificaciones no forman parte, ni serán tenidas en cuenta en este proyecto.

#### Curvaturas mínimas del riel

Para comprobar que radio de curvatura mínimo se puede dar al riel en los diferentes sentidos, se procedió a comprobar utilizando el software de modelado 3D. Diseñando un modelo de escalera el cual posee curvas tanto horizontales como

verticales, se diseña el riel y se ubica el salvaescaleras en diferentes posiciones, comprobando que se desplace correctamente.

De esta manera se confecciona una tabla en la cual se indican los radios mínimos correspondientes a cada tipo de curvas.

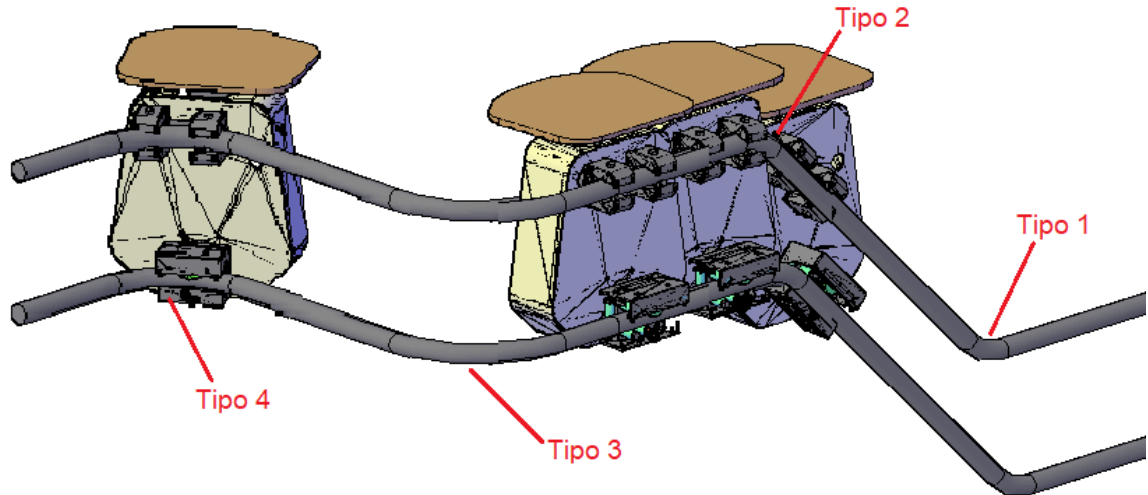


Figura 104. Tipos de curvas

Tipo de curva	Descripción	Radio mínimo [mm]
1	Curvas verticales que anteceden una pendiente positiva	180
2	Curvas verticales que anteceden una pendiente negativa	180
3	Curvas horizontales cerradas	400
4	Curvas horizontales abiertas	225

Tabla 18. Radios de curva mínimos del riel



## 13.2 Peso del salvaescaleras

El peso del salvaescaleras es un punto de gran importancia, ya que se debe tener en cuenta para diferentes aspectos como ser la practicidad en la instalación o el costo de transporte.

Para obtener el peso final del salvaescaleras, se procede con el desglose de los componentes que lo conforman y el peso estimado de cada uno:

Sistema	Componente	Peso [kg]
Tracción	Caja reductora y freno	7,4
Tracción	Motor	4,0
Tracción	Árbol de transmisión	1,5
Tracción	Soporte UCFL 206	0,9
Tracción	Soporte UCFL 204	0,4
Estructural	Plegado del chasis	3,9
Estructural	Soportes del chasis	1,8
Potencia	Baterías (2)	5,0
Potencia	Electrónica	0,8
Guiadores	Inferior	3,0
Guiadores	Superior	4,7
Accesorios	Asiento y respaldo	8,7
Accesorios	Reposapiés	3,8
Accesorios	Cobertura	3,4

Tabla 19. Peso de los componentes

<b>Peso total del salvaescaleras</b>	<b>49 [kg]</b>
--------------------------------------	----------------

### 13.3 Potencia requerida

Anteriormente en 7.1 se determinó la potencia necesaria del motor, suponiendo un peso del salvaescaleras de 35 [kg], y un ángulo máximo de inclinación de 75°.

Ya teniendo definido el peso real de la estructura, el cual es de 49 [kg] y el ángulo máximo de inclinación que es de 45°, se procede a verificar la potencia calculada anteriormente:

$$\text{Carga nominal} \rightarrow C = 120 \text{ [kgf]}$$

$$\text{Peso real de la estructura} \rightarrow P_{est.} = 49 \text{ [kgf]}$$

$$\text{Peso total} \rightarrow P_{Total} = 169 \text{ [kgf]}$$

$$\text{Ángulo máximo inclinación} \rightarrow 45^\circ$$

Fuerza de elevación:

$$F = 169 \text{ [kgf]} * \text{Cos } 45$$

$$F = 120 \text{ [kgf]} = 1200 \text{ [N]}$$

Como ya puede observarse, la fuerza necesaria es menor a la calculada anteriormente, debido al ángulo de inclinación. Se tendrá en cuenta además, un 30% de incremento para las condiciones de arranque:

Potencia mínima requerida REAL:

$$Pot. \text{ mín. real} = 1,3 * (F * V) / \eta$$

$$Pot. \text{ mín. real} = 1,3 * 1200 [N] * 0,1 [m/s] / 0,70$$

$$Pot. \text{ mín. real} = 223 [W] < Potencia \text{ del motor } (250W)$$

Finalmente, se adopta por utilizar el mismo motor seleccionado anteriormente, el cual por su velocidad nominal y potencia disponible, es muy versátil utilizando un modulador por ancho de pulso para controlarlo.

## 13.4 Duración de las baterías

Para determinar la duración de la carga de las baterías, suponemos que entre viajes de subida y/o bajada del salvaescaleras, este no se ha detenido en los puntos de carga. Es decir, interesa saber cuántos viajes puede realizar el salvaescaleras, de manera continua.

Las dos baterías a utilizar son de 12 [V] y 7 [Ah], estando conectadas en serie, dando un voltaje total de 24[V] y la misma corriente disponible de 7[Ah].

El motor utilizado, demanda de manera nominal una corriente de 13[A]. Sin embargo, para el cálculo de la duración, se aumenta este valor un 20% debido a los

consumos y pérdidas de los distintos componentes electrónicos que conforman el salvaescaleras.

De esta manera la duración de las baterías, estará dada por la razón entre la corriente disponible y la corriente demandada:

$$\text{Duración [h]} = \frac{7 \text{ [Ah]}}{1,25 \cdot 13 \text{ [A]}}$$

$$\text{Duración} = 0,43 \text{ horas} \approx 25 \text{ [min]}$$

Para determinar cuántos viajes se pueden realizar en ese tiempo, suponemos una velocidad mínima del salvaescaleras de 0,10[m/s] y una escalera de 5[m] de longitud, lo cual es un valor típico:

$$\text{Tiempo de viaje [s]} = 5 \text{ [m]} / 0,1 \text{ [m/s]}$$

$$\text{Tiempo de viaje} = 50 \text{ [s]} = 0,83 \text{ [min]}$$

Entonces, la cantidad de viajes disponibles serán:

$$\text{Cantidad de viajes} = 25 \text{ [min]} / 0,83 \text{ [min]}$$

$$\text{Cantidad de viajes} = 30$$

En el uso habitual de una vivienda, se consideran 30 viajes una cantidad realmente elevada, por lo que sería difícil lograr la descarga completa de las baterías.

De esta manera se concluye en la correcta elección de las baterías, inclusive para ser utilizadas de manera intensiva, como por ejemplo en lugares públicos.



Figura 105. Batería tipo, 12V 7Ah

## 14 Cómputo de materiales

El objetivo de este capítulo del proyecto, es cuantificar el costo total de los componentes y materiales a adquirir para la fabricación del salvaescaleras. No se tienen en cuenta los insumos necesarios para la fabricación.

Se toma como referencia, al igual que en 3.2.2.3 (“Precio”) una escalera curva de 16 escalones (aprox. 5 [m] de recorrido).

Todos los precios se expresan en pesos teniendo en cuenta el tipo de cambio dólar-peso del día 29 de agosto de 2023.

Dólar MEP: \$671 / Dólar Libre: \$750 / Dólar oficial: \$365

Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m2,u]	Subtotal [€]
Accesorios y periféricos	Almohadillas y fundas	Goma espuma alta densidad forrada en tela	La casa de la goma	\$ 5.400	2	\$ 10.800
Accesorios y periféricos	Bisagra reposapiés	Herrero pesada 1"	Herrajes Warmen	\$ 1.200	2	\$ 2.400
Accesorios y periféricos	Bisagras del asiento	20x35mm c/ala	Herrajes Warmen	\$ 980	2	\$ 1.960
Accesorios y periféricos	Buje	Ø80 mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 60.000	0,015	\$ 900
Accesorios y periféricos	Buje	Ø15 mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 5.488	0,052	\$ 285
Accesorios y periféricos	Buje	Ø45 mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 16.800	0,066	\$ 1.109
Accesorios y periféricos	Caño estructural	10x20x2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.231	0,84	\$ 1.034
Accesorios y periféricos	Caño estructural	15x30x2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.922	1,4	\$ 2.691
Accesorios y periféricos	Caño estructural	30x50x1,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 2.222	0,66	\$ 1.467
Accesorios y periféricos	Caño estructural	20x100x2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.588	0,31	\$ 492
Accesorios y periféricos	Caño estructural redondo	Uso mecánico 48,3x2,9mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 30.384	0,1	\$ 3.038

Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m2,u]	Subtotal [€]
Accesorios y periféricos	Cinturón de seguridad	Universal inercial, retráctil	Dufourc Repuestos automotor	\$ 13.400	1	\$ 13.400
Accesorios y periféricos	Cobertor	Chapa plegada C22 [€/kg]	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.600	3,4	\$ 5.440
Accesorios y periféricos	Contacto de carga	Acero inox. 0,7mm de espesor	Metalúrgica Pasgal	\$ 21.500	0,006	\$ 129
Accesorios y periféricos	Eje del asiento	Trefilado Ø25 mm SAE 1045	Metalúrgica Pasgal	\$ 9.600	0,1	\$ 960
Accesorios y periféricos	Hierro ángulo	25,4x3,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.670	0,2	\$ 334
Accesorios y periféricos	Levas reposapiés	Planchuela 38,1x3x2	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.372	0,75	\$ 1.029
Accesorios y periféricos	Madera MDF	Fibrofácil 12mm [€/m2]	Placacentro	\$ 2.780	0,36	\$ 1.001
Accesorios y periféricos	Madera MDF	Fibrofácil 15mm [€/m2]	Placacentro	\$ 3.447	0,1	\$ 345
Accesorios y periféricos	Madera MDF	Fibrofácil 18mm [€/m2]	Placacentro	\$ 4.172	0,1	\$ 417
Accesorios y periféricos	Palanca de tirar	Plástico	Avenida Repuestos del automotor	\$ 3.451	1	\$ 3.451

Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m2,u]	Subtotal [\$]
Accesorios y periféricos	Perilla uso manual	Plástico	DNC CONVEYOR ONLINE	\$ 3.575	1	\$ 3.575
Accesorios y periféricos	Pestillo	De tirar, aluminio herrero H90	Herrajes Warmen	\$ 1.714	1	\$ 1.714
Accesorios y periféricos	Pistón	Neumático comercial 80N	Herrajes Warmen	\$ 1.300	1	\$ 1.300
Accesorios y periféricos	Placa aislante	25x120x6mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 91.700	0,006	\$ 550
Accesorios y periféricos	Planchuela	Planchuela 31,7x3,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 760	0,8	\$ 608
Accesorios y periféricos	Regatones	Plástico varias medidas	Paraná Goma	\$ 50	10	\$ 500
Accesorios y periféricos	Rodamiento axial	Crapodina 51105 25x42x11mm	Rodamientos Leo	\$ 1.750	1	\$ 1.750
Accesorios y periféricos	Soporte reposapiés	[\$/kg de acero 1010] Hierros varios	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.400	0,7	\$ 980
Accesorios y periféricos	Topes de goma	Redondo 24x10x9mm	Paraná Goma	\$ 70	6	\$ 420
Eléctrico	Batería	Moura 12V 7Ah	Xellex Argentina	\$ 13.100	2	\$ 26.200
Eléctrico	Buzzer	SFM 27 intermitente 3-24VDC	HobbyTronica	\$ 1.965	1	\$ 1.965



Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m2,u]	Subtotal [€]
Eléctrico	Cable	Varios	Varios	\$ 300	25	\$ 7.500
Eléctrico	Contacto de carga	Conector macho 12V tipo encendedor	Silbeco Accsorios	\$ 1.200	2	\$ 2.400
Eléctrico	Control remoto	CODE LEARN BYH 2 canales a 433Mhz	AEI Automatizaciones	\$ 5.550	2	\$ 11.100
Eléctrico	Display voltímetro	Módulo indicador de carga 7S baterías de litio	Informática San Isidro	\$ 2.919	1	\$ 2.919
Eléctrico	Fusible	Tipo ANL 100A	AMERICARS San Cristobal	\$ 1.250	1	\$ 1.250
Eléctrico	Interruptor de encendido	Basculante 12/24V con led	AGRO MADE	\$ 1.350	1	\$ 1.350
Eléctrico	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva 54mm	Lega electrónica	\$ 2.342	6	\$ 14.052
Eléctrico	Micro switch	Interruptor mecánico 5A 250V Leva corta	Lega electrónica	\$ 1.250	2	\$ 2.500
Eléctrico	Micro switch	Interruptor mecánico 16A 250V Leva larga con rueda	Lega electrónica	\$ 3.565	2	\$ 7.130
Eléctrico	Pulsadores	17,5x12mm NA 3A 250V	Lega electrónica	\$ 770	2	\$ 1.540
Eléctrico	PWM	Modulador de ancho de pulso 10-55V 60A 1440W Con inversión de giro y regulación de velocidad	Hobby Trónica/ Tecnolive USA	\$ 45.327	1	\$ 45.327

Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m2,u]	Subtotal [\$]
Eléctrico	Receptor inalámbrico	Multicódigo BYH 24V 2 canales a 433MHz	AEI Automatizaciones	\$ 16.600	1	\$ 16.600
Eléctrico	Relé de alimentación	24V 70A universal	Varios	\$ 4.000	1	\$ 4.000
Eléctrico	Relé del freno	SRD-24VDC-SL-C 10A	Varios	\$ 1.636	1	\$ 1.636
Eléctrico	Resistencias	Varios	Varios	\$ 350	2	\$ 700
Eléctrico	Regulador de tensión	Step up DC/DC 10/60V 15A 400W	HobbyTronica	\$ 8.136	1	\$ 8.136
Eléctrico	Switch magnético	Sensor magnético NC, 0,5A 100V (comercial tipo alarmas domiciliarias)	Lega electrónica	\$ 1.800	1	\$ 1.800
Eléctrico	Terminales, fichas y accesorios	Varios	Varios	\$ 4.000	1	\$ 4.000
Estructural	Plegado del chasis	Planchuela 152,4x3,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 5.390	1,1	\$ 5.929
Estructural	Soportes varios del chasis	[\$/kg de acero 1010] Planchuelas varias	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.400	2	\$ 2.800
Guiador inferior	Anillo de seguridad	Seeger Ø30 mm exterior	Varios	\$ 450	2	\$ 900
Guiador inferior	Buje	Ø40 mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 27.000	0,025	\$ 675
Guiador inferior	Caño estructural	15x15x1,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 700	0,24	\$ 168
Guiador inferior	Caño estructural redondo	Uso mecánico 60,3x3,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 7.000	0,045	\$ 315

Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m <sup>2</sup> ,u]	Subtotal [\$]
Guiador inferior	Cobertura	Chapa plegada C19 [\$/kg]	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.600	0,5	\$ 800
Guiador inferior	Hierro ángulo	25,4x4,8mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 2.394	0,08	\$ 192
Guiador inferior	Planchuela	127x6,35mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 9.030	0,11	\$ 993
Guiador inferior	Rodamiento	6006 2rs	Rodamientos Leo	\$ 3.500	2	\$ 7.000
Guiador inferior	Rueda guiadora	Ø60 mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 33.000	0,04	\$ 1.320
Guiador inferior	Ruedas/ rodillos	Ø20 mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 5.661	0,23	\$ 1.302
Guiador superior	Anillo de seguridad	Seeger Ø25 mm exterior	Varios	\$ 450	1	\$ 450
Guiador superior	Caño estructural redondo	Uso mecánico 60,3x3,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 7.600	0,045	\$ 342
Guiador superior	Cobertura	Chapa plegada C19 [\$/kg]	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.600	0,45	\$ 720
Guiador superior	Hierro cuadrado	22,2x22,2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 5.432	0,2	\$ 1.086
Guiador superior	Planchuela	25,4x6,35mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.792	0,122	\$ 219
Guiador superior	Plegados del guiador	Planchuela 63,5x4,75mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 3.318	0,68	\$ 2.256
Guiador superior	Rodamiento	6205 2rs	Rodamientos Leo	\$ 2.214	3	\$ 6.642
Guiador superior	Ruedas/ rodillos	Ø25 mm Poliamida 6	Polind S.R.L.	\$ 6.500	0,112	\$ 728

Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m2,u]	Subtotal [€]
Riel	Caño estructural redondo	Ø44,45x2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 18.158	10	\$ 181.580
Riel	Caño estructural redondo	Ø33,7x2,9mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 19.871	5	\$ 99.355
Riel	Caño estructural redondo	Ø38,1x2mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 2.580	0,15	\$ 387
Riel	Empalme y accesorio del pie	Caño ASTM A53 Ø1 1/4 SCH 40	Metalúrgica Pasgal	\$ 6.532	0,46	\$ 3.005
Riel	Hierro macizo	Redondo Ø12,7 mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 5.576	5	\$ 27.880
Riel	Planchuela	Planchuela 152,4x4,75mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 8.120	1,1	\$ 8.932
Riel	Planchuela	Planchuela 25,4x4,75mm	Metalúrgica Pasgal	\$ 1.344	0,25	\$ 336
Tracción	Árbol de transmisión	Trefilado Ø30 mm SAE 1045	Metalúrgica Pasgal	\$ 13.800	0,27	\$ 3.726
Tracción	Caja reductora	Modelo 2220MR para motorreductor	Lavandera	\$ 96.200	1	\$ 96.200
Tracción	Cremallera	M4 12x30mm	Starligh S.A.	\$ 17.500	5	\$ 87.500
Tracción	Freno electromagnético	Acoplable a 2220MR	Lavandera	\$ 60.000	1	\$ 60.000
Tracción	Motor	59L2403 24VDC 250W	Remssi S.R.L.	\$ 184.571	1	\$ 184.571
Tracción	Soporte UCF 204	Soporte con rodamiento autocentrante Ø20mm	Rodabell Bella Vista	\$ 5.930	1	\$ 5.930

Sistema	Componente	Descripción	Proveedor	Precio unitario	Cant. [m, m2,u]	Subtotal [\$]
Tracción	Soporte UCF 206	Soporte con rodamiento autocentrante Ø30mm	Rodabell Bella Vista	\$ 8.300	1	\$ 8.300
Varios	Bulonería y tornillería	Varios	Varios	\$ 15.000	1	\$ 15.000

Tabla 20. Cómputo de materiales

Finalmente, previo a establecer el monto total en materiales para el salvaescaleras, se considera un adicional del 30% del total en gastos de materiales no contemplados en la tabla.

$$COSTO\ TOTAL\ MATERIALES = TOTAL * 1,30$$

<b>Costo total de materiales</b>	<b>\$ 1.356.582</b>
----------------------------------	---------------------

## **Ingeniería de detalle del proceso de producción**

En este capítulo del proyecto, quedan determinados los procedimientos, equipamientos, herramientas y demás recursos, que integran el proceso de fabricación del salvaescaleras.

Para simplificar el desarrollo, se divide este capítulo en 7 secciones diferentes:

15. Técnicas y procesos de fabricación utilizados
16. Preselección de equipos
17. Bienes de uso disponibles
18. Cálculo y selección final de equipos necesarios
19. Organización de la producción y layout de planta
20. Servicios de planta
21. Análisis económico financiero

## 15 Técnicas y procesos de fabricación utilizados

Esta sección tiene por finalidad el análisis y selección de las técnicas y procesos utilizados para fabricar las partes o componentes que conforman el salvaescaleras.

Para identificar dichas técnicas y procesos, se analizará cada componente a fabricar en particular, estos son:

- Chasis
- Riel
- Guidores
- Reposapiés
- Asiento y respaldo
- Coberturas del chasis y guidores
- Pintura

### 15.1 Fabricación del chasis

El chasis está formado por 2 planchuelas metálicas de 152,4x3,2[mm] de espesor, plegadas en sus laterales y agujereadas. Ya se evidencian entonces, 2 procesos a analizar, plegado y agujereado.

Existen dos alternativas en cuanto a la obtención de la planchuela metálica:

- Puede optarse directamente por adquirir planchuela comercial de dicha medida
- Puede obtenerse a partir de una chapa lisa del mismo espesor por medio de corte

La mejor alternativa en este caso, no es difícil de determinar. Esto tiene que ver con el costo por kilogramo de acero. Resulta ser más económico obtener la planchuela comercial ya conformada, en lugar de obtenerla a partir del corte de la chapa de acero del mismo calibre.

Por otro lado, en cuanto al aspecto operativo, el material ya conformado, requiere de menores usos de recursos en transporte, espacios de almacenamiento, y por sobre todo, menor utilización de equipamiento para obtenerlo.

Por estos motivos, se adopta por adquirir planchuela de tipo comercial, y generar el plegado a partir de la misma.

En cuanto al agujereado existen dos alternativas:

- Realizarlo en frío, con agujereadoras de banco
- Utilizando máquina de control numérico computarizado (CNC)

En este caso, si bien el agujereado en frío será necesario y utilizado para perforaciones pequeñas, como se verá en los siguientes análisis, incorporar una máquina de corte con control numérico computarizado (CNC), es una necesidad. Es decir, para realizar el agujereado de grandes diámetros de la planchuela, se utilizará esta máquina. Resta verificar el tipo de corte a utilizar (plasma, láser, oxicorte, agua a presión).

Finalmente, para ensamblar el chasis, es necesario unir los 2 plegados por medio de soldadura, junto con la brida de motor, la cual requiere del mismo proceso de agujereado.

Se debe definir luego, el tipo de soldadura a utilizar (MIG/MAG, TIG, electrodo MMA).



Para los cortes de material menores, se utilizará amolado y corte por sierra sensitiva o de cinta.

Resumen de técnicas a utilizar:

- Cortado en máquina y amolado
- Corte en pantógrafo CNC
- Soldadura
- Agujereado en banco
- Plegado

## 15.2 Fabricación del riel

El riel está formado por tubo estructural redondo. Para el conformado del riel son necesarios diversos procesos:

- Corte
- Agujereado
- Soldadura
- Curvado

El corte del caño, al ser éste de un diámetro relativamente pequeño, es posible realizarlo utilizando sierra sensitiva circular o de cinta, ya sea manual o semiautomática. Este método es adecuado debido a que la cantidad de cortes a realizar no es elevada, ni requiere de cortes en ángulo o calados para intersecciones

entre tubos, por lo que no es justificable utilizar métodos más sofisticados tales como el corte computarizado.

En cuanto al agujereado, la situación se presenta de manera similar. Simplemente se requieren agujeros en los empalmes entre las distintas secciones del riel, y estos son de un diámetro menor a 5 [mm], y deben realizarse a medida que el riel es ensamblado. Por este motivo, según el caso se utilizará simplemente una agujereadora de mano o de banco.

Para el proceso de soldadura del riel, debe considerarse un aspecto de tal importancia, que es el que determina el tipo de soldadura que ha de utilizarse para el armado del riel. Este aspecto, tiene que ver con las dimensiones del riel. Al tratarse de tramos o rieles completos que pueden alcanzar longitudes mayores a 5 [m], es necesario poder desplazarse fácilmente a lo largo del mismo para realizar las soldaduras, a pesar de que este intente fabricarse en secciones pequeñas.

Para que el operario soldador tenga esa movilidad libre, el equipo de soldadura que mejor permite esa libertad es el tipo MMA inverter, los cuales son muy compactos y con pesos menores a 4 o 5 [kg] se disponen potencias de soldadura sumamente capaces de cubrir esta necesidad. De esta manera, el operario puede desplazarse junto con el equipo a lo largo del riel y realizar de manera rápida y efectiva el trabajo.

Finalmente, uno de los procesos centrales de la fabricación es el curvado de los rieles. Y surgen aquí dos posibles alternativas a analizar:

- Curvado con dobladoras (doblado)

- Curvado con roladoras (rolado)

El doblado se describe como el conformado de un tubo o un perfil, con un radio de curvatura relativamente estrecho, que en relación con el diámetro del tubo, puede variar desde un mínimo de 1,5 veces su diámetro hasta un máximo de 5 veces. El curvado de un tubo metálico utilizando esta técnica se realiza con máquinas llamadas dobladoras. La forma de la matriz de doblado previamente instalada en la máquina dobladora, se transfiere al tubo metálico.

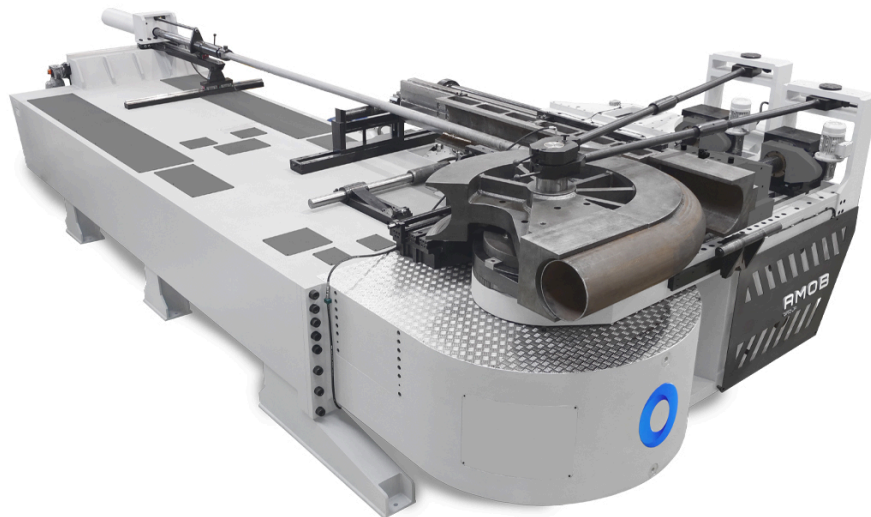


Figura 106. Máquina dobladora automática

Por su parte, el rolado de tubos es un proceso mediante el cual se logra un conformado en frío con radios de curvatura amplios que en teoría van desde las 5 veces el diámetro del tubo hasta el infinito (recta). Para llevar a cabo este proceso se utilizan máquinas denominadas roladoras.

El tubo se hace pasar, una o varias veces (según la dificultad del curvado), por un grupo de tres rodillos que crea un doblez con el radio de curvatura requerido, este proceso es normalmente más fácil que el doblado.

La particularidad de este proceso mecánico es la posibilidad de obtener, con una sola máquina, varios radios de curvado en un mismo tubo, lo que hace posible la creación de geometrías complejas, lo que en este proyecto es vital.

La desventaja de esta técnica consiste en que una roladora requiere un tramo de material adicional al principio y al final del tubo, para tener un buen agarre al comenzar el proceso. Esto conlleva a un aumento de la cantidad total de metal necesario para el curvado del tubo. Esta desventaja en este caso, no es tal. Esto se debe principalmente al hecho de que el riel, necesariamente requiere de este tramo adicional luego y previo a las curvas, para así instalar el empalme en un tramo recto.



Figura 107. Máquina roladora

Analizando las ventajas y desventajas de ambas técnicas, y principalmente ya que los rieles del salvaescaleras deben adaptarse a infinidad de escaleras, es adecuado utilizar el rolado.

### Resumen de técnicas a utilizar:

- Cortado en máquina y amolado
- Rolado
- Soldadura MMA inverter
- Agujereado en banco y/o agujereadora de mano
- Corte en mesa CNC de las patas de apoyo

## **15.3 Fabricación de los guidores**

### **15.3.1 Guiador superior**

La estructura del guiador superior está formada por planchuelas metálicas de 63,5x4,75[mm] de espesor, y al igual que para el chasis es necesario plegarlas y agujerearlas.

Siguiendo el mismo análisis que para el chasis, se opta por obtener la planchuela terminada en lugar de obtenerla a partir del corte de una chapa lisa del mismo calibre.

Para el agujereado de las planchuelas, ya que son diámetros pequeños, se realizará por medio de una agujereadora de banco, previo al plegado. Debe determinarse luego, los requerimientos de plegado para la selección del equipo adecuado.

El componente del guiador superior que requiere de técnicas de fabricación hasta el momento no mencionadas, es el eje de rotación. Éste requiere ser mecanizado en un torno.

En cuanto a los carros guiadores, estos requieren 2 cortes a 45° y el roscado, en estas y otra de sus caras.

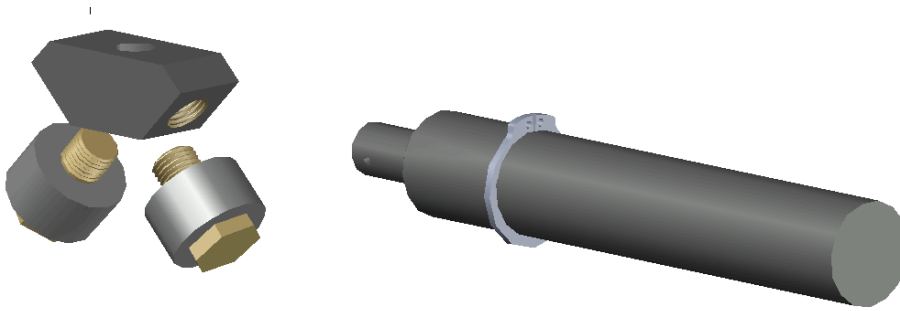


Figura 108. Mecanizado de carro guiador y eje de rotación

En cuanto al resto de componentes que conforman el guiador superior, se obtienen de manera comercial o fabricados a partir de las técnicas básicas de fabricación, como ser corte y/o amolado, agujereado, y soldadura. Deberá determinarse luego, el tipo de soldadura a utilizar.

#### Resumen de técnicas a utilizar:

- Cortado en máquina y amolado
- Agujereado en banco
- Plegado
- Soldadura
- Mecanizado (torneado)

### 15.3.2 Guiador inferior

La estructura resistente del guiador inferior está formada por planchuela metálica de 127x6,35[mm] de espesor. Esta pieza requiere de tres cortes particulares, uno circular y dos rectos. Para realizar estos cortes, es necesario hacerlo por medio de un pantógrafo CNC, ya que esta máquina brinda mayor versatilidad en este tipo de cortes que un corte rudimentario por ejemplo con amoladoras de mano.

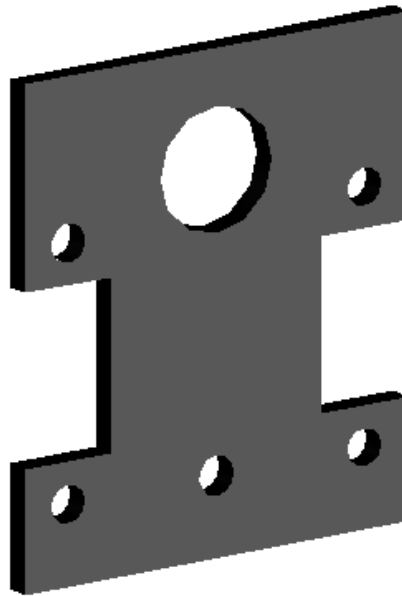


Figura 109. Soporte guiador inferior

Tal como ocurre con el eje del guiador superior, para el guiador inferior, el árbol de transmisión debe ser mecanizado por medio de torneado. Este es el componente del salvaescaleras, que mayor carga de trabajo de tornería requiere, ya que en él se deben generar chavetas, ranuras para anillos de seguridad seeger, reducciones de diámetro, y roscado.

Otro componente que requiere del trabajo de tornería es la rueda guiadora de poliamida 6, la cual debe copiar la forma del riel.

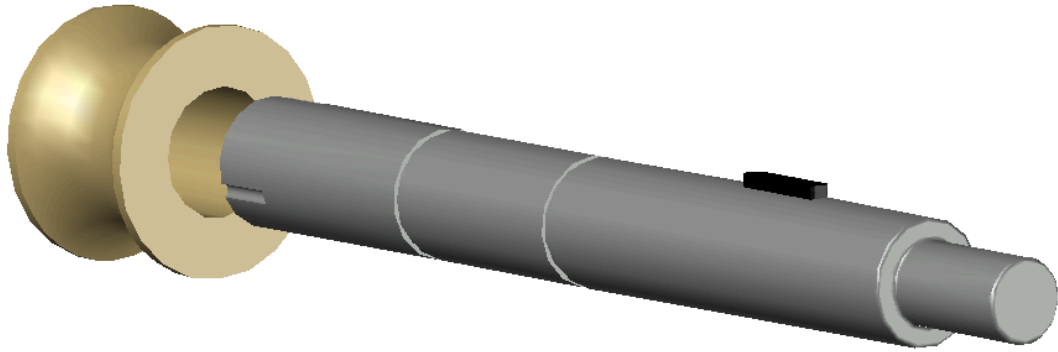


Figura 110. Árbol de transmisión y rueda guiadora

Finalmente, el resto de componentes que conforman el guiador inferior, se obtienen de manera comercial o fabricados a partir de las técnicas básicas de fabricación mencionadas anteriormente.

#### Resumen de técnicas a utilizar:

- Cortado en máquina y amolado
- Corte con pantógrafo CNC
- Agujereado en banco
- Soldadura
- Mecanizado (torneado)

## 15.4 Fabricación del reposapiés

El reposapiés está conformado por su estructura interna metálica, y su base de apoyo en madera MDF, conocida comúnmente como “fibrofácil”. Para la estructura metálica son suficientes las técnicas básicas de fabricación ya mencionadas.

En cuanto al corte de la madera, si bien sería posible cortarla por medio de una herramienta eléctrica de mano como una sierra caladora, para realizar el corte curvo



en los vértices, es más adecuado disponer de una mesa CNC con una fresa. Se deberá definir luego, y seleccionar el equipo adecuado para esta tarea.

Finalmente, el resto de componentes que conforman el reposapiés, se obtienen de manera comercial o fabricados a partir de las técnicas básicas de fabricación ya mencionadas.

#### Resumen de técnicas a utilizar:

- Cortado en máquina y amolado
- Corte con mesa CNC para madera
- Agujereado en banco
- Soldadura

## **15.5 Fabricación del asiento y respaldo**

El asiento y el respaldo están formados por 2 recortes de madera MDF al igual que el reposapiés. Ya que es necesario utilizar un equipo CNC para el reposapiés, se utilizará el mismo equipo para cortar la madera del respaldo y del asiento.

En cuanto a la estructura metálica resistente del respaldo y de los reposabrazos, es necesario realizar el curvado de los caños de 15x30x2mm que la conforman.

Para curvar los caños no será posible utilizar la técnica de rolado, ya que el radio medio necesario es demasiado pequeño (50[mm] y 100[mm]). Por este motivo, se debe utilizar la técnica de doblado, es decir utilizando una matriz de doblado con el radio necesario y una de presión. Deberá luego seleccionarse el equipo adecuado.

El resto de componentes y piezas, se obtienen de manera comercial o fabricados a partir de las técnicas básicas.

Resumen de técnicas a utilizar:

- Cortado en máquina y amolado
- Corte con equipo CNC para madera
- Curvado de caños en dobladora
- Agujereado en banco
- Soldadura

## **15.6 Fabricación de las coberturas metálicas**

Tanto para cubrir el chasis como para cubrir los guidores, se utiliza chapa cortada y plegada de acero negro de calibre 0,7[mm].

Para el corte de la chapa, necesariamente debe utilizarse un pantógrafo CNC, ya que se requieren cortes circulares difíciles de lograr con otra herramienta.

Una vez cortada la chapa, ésta debe ser plegada en sus laterales, para generar pliegues de atornillado entre cada pieza.

Finalmente pueden ser necesarias otras técnicas básicas como soldadura, agujereado y amolado según el caso.

Resumen de técnicas a utilizar:

- Corte con pantógrafo CNC
- Plegado

## 15.7 Pintura

Una vez finalizado el proceso de fabricación de cada componente, estos deben ser pintados previos a ser instalados en destino.

En el caso de las coberturas metálicas, el chasis, los guidores y los accesorios, estos pueden ser pintados simplemente con pintura líquida tipo esmalte o convertidor de óxido, aplicada con pistola. Esto es posible ya que no son piezas expuestas al desgaste o a rayaduras.

Sin embargo, en el caso del riel, al estar expuesto al constante rozamiento de las ruedas y rodillos del salvaescaleras, debe utilizarse un tipo de pintura capaz de generar mayor espesor de capa, y a su vez, adherirse firmemente al metal. El tipo de pintura capaz de brindar estas características es la pintura electrostática en polvo.

Este tipo de pintura además de generar mayores espesores de capa, requiere de curado a temperaturas elevadas en hornos, lo que genera una unión térmica de la misma, permitiendo así grandes resistencias al desgaste, impacto y rayaduras.



Figura 111. Pintura electrostática en polvo

Por lo tanto, se utilizará la pintura electrostática en polvo para pintar el equipo completo, simplificando el proceso.

Resumen de técnicas a utilizar:

- Pintado electrostático en polvo

## 16 Preselección de equipos

Habiendo descrito anteriormente las técnicas y procesos necesarios para fabricar cada componente, se pueden ahora enumerar, de manera general, los equipos principales necesarios:

- Mesa de corte CNC (metales)
- Mesa de corte CNC (madera)
- Máquina de corte para acero
- Equipos de soldadura
- Agujereadora
- Máquina plegadora
- Equipo de pintura electrostática en polvo
- Roladora de tubos
- Dobladora de tubos
- Mecanizado en torno
- Sistema de aire comprimido

Además de los equipos anteriores, se deben disponer de otras máquinas, equipos y herramientas de herrería, electricidad, metalmecánica, pintura, elementos

de protección personal, bancos de trabajo, y equipos de medición, entre otros. Estos se describirán luego, en la selección de equipos.

## 17 Bienes de uso disponibles

Como se ha mencionado en los capítulos iniciales del desarrollo, ya se cuenta con experiencia en el rubro, y con equipamiento disponible para incluir en el presente proyecto. De esta manera, este complemento resulta en una mayor factibilidad tanto técnica como económica del proyecto, lo que refuerza la inclusión y relevancia de estos equipamientos ya disponibles.

Se presenta a continuación una tabla con el listado aproximado de los bienes de uso actuales de la empresa: equipos, máquinas, herramientas y mobiliario. Ya que estos bienes han sido utilizados y se han depreciado, se tendrá en cuenta el valor depreciado que representan actualmente, considerando esa depreciación que haya sufrido cada uno, para luego utilizar esto en la factibilidad económica final del proyecto.

Bienes de uso disponibles	Cant.	% de depreciación	Costo de adquisición (nuevo)	Valor depreciado (actual)
Agujereadora de banco Kommmberg 830mm con morsa 4"	1	0	\$ 134.900	\$ 149.900
Agujereadora de pie FMT 1580 mm con morsa	1	0,5	\$ 255.000	\$ 127.500
Amoladora 115mm	4	0,1	\$ 24.500	\$ 88.200
Amoladora de banco	1	0,35	\$ 27.200	\$ 17.680

Bienes de uso disponibles	Cant.	% de depreciación	Costo de adquisición (nuevo)	Valor depreciado (actual)
Amoladora Gamma 230mm	2	0,3	\$ 82.000	\$ 114.800
Caballetes de apoyo metálicos	6	0,2	\$ 18.000	\$ 86.400
Cables prolongadores 3x2,5mm (metros totales)	100	0	\$ 4.590	\$ 459.000
Cajas herramientas	7	0,15	\$ 28.400	\$ 168.980
Calibres	3	0,1	\$ 8.900	\$ 24.030
Cintas métricas	4	0,2	\$ 4.800	\$ 15.360
Compresor 25l 2,5hp	1	0,3	\$ 90.000	\$ 63.000
Compresor 50l 2hp	1	0,1	\$ 117.000	\$ 105.300
Equipo de pintura de mano	1	0,3	\$ 38.700	\$ 27.090
Detector de metal o tensión para paredes	2	0,05	\$ 10.000	\$ 19.000
Escaleras de aluminio/madera	5	0,1	\$ 26.800	\$ 120.600
Escaner 3d Sense Cubify	1	0,15	\$ 320.000	\$ 272.000
Escuadradora grande hierro	1	0,05	\$ 85.000	\$ 80.750
Estanterías chicas	7	0,1	\$ 20.000	\$ 126.000
Estanterías grandes	3	0,1	\$ 33.000	\$ 89.100
Estantería grande p/metales	2	0,1	\$ 65.000	\$ 117.000
Extintores 5 kg	2	0,4	\$ 35.000	\$ 42.000
Extractor de humos	1	0,2	\$ 42.000	\$ 33.600
Gavetero	1	0	\$ 32.000	\$ 32.000
Impresora HP 315 Sistema	1	0,1	\$ 243.000	\$ 218.700

Bienes de uso disponibles	Cant.	% de depreciación	Costo de adquisición (nuevo)	Valor depreciado (actual)
continuo				
Juego de 3 mechas escalonadas	2	0,2	\$ 18.300	\$ 29.280
Juego de machos	1	0,3	\$ 20.000	\$ 14.000
Juego de mechas acero rápido 19 pzs.	2	0,2	\$ 25.900	\$ 41.440
Juego de bocallaves ¼"	1	0,1	\$ 14.000	\$ 12.600
Juego herramientas de mano	3	0,05	\$ 130.000	\$ 370.500
Juego llaves combinadas	4	0,05	\$ 55.000	\$ 209.000
Juegos EPP	3	0,2	\$ 45.000	\$ 108.000
Juego de bocallaves ½"	3	0,2	\$ 40.000	\$ 96.000
Malacate electrico 1000kg	2	0,15	\$ 241.000	\$ 409.700
Malacate electrico 200kg	1	0,2	\$ 106.000	\$ 84.800
Mangueras de aire (metros totales)	60	0,05	\$ 700	\$ 39.900
Mascaras de soldar fotosensibles	5	0,15	\$ 11.200	\$ 47.600
Medidor de distancia láser	1	0,2	\$ 21.000	\$ 16.800
Medidor nivel lumínico	1	0,1	\$ 5.000	\$ 4.500
Mesa de agujereado móvil	1	0	\$ 45.000	\$ 45.000
Mesa de amolado móvil	1	0	\$ 70.000	\$ 70.000
Mesa de corte móvil	2	0	\$ 70.000	\$ 140.000
Mesa de electrónica móvil	1	0	\$ 45.000	\$ 45.000
Mesa de soldadura móvil	1	0	\$ 115.000	\$ 115.000

Bienes de uso disponibles	Cant.	% de depreciación	Costo de adquisición (nuevo)	Valor depreciado (actual)
Mesa de trabajo gral. móvil	1	0,3	\$ 45.000	\$ 31.500
Morsa barbero N°6	2	0,15	\$ 73.000	\$ 124.100
Morsa de banco 4"	1	0,1	\$ 33.700	\$ 30.330
Morsa móvil Barbero N°4	1	0,3	\$ 35.000	\$ 24.500
Muebles de oficina varios	1	0,3	\$ 120.000	\$ 84.000
Multitester	2	0,05	\$ 12.500	\$ 23.750
Nivel de mano de aluminio	2	0,1	\$ 4.500	\$ 8.100
Notebook i5 8GB RAM	1	0,5	\$ 500.000	\$ 250.000
Pc escritorio 4GB RAM 500GB	1	0,5	\$ 200.000	\$ 100.000
Pinza amperometrica	2	0,2	\$ 6.000	\$ 9.600
Pistola de pintar	3	0,1	\$ 22.900	\$ 61.830
Prensa de mano	3	0,3	\$ 17.000	\$ 35.700
Reflector 100W p/escáner 3D	1	0,3	\$ 8.700	\$ 6.090
Roladora chica manual	1	0	\$ 220.000	\$ 220.000
Rotomartillo y kit 7,5J Gamma	2	0,25	\$ 47.000	\$ 70.500
Sensitiva Daewoo	1	0,05	\$ 85.900	\$ 81.605
Sensitiva GAN MAR AB14 monofásica	1	0,2	\$ 631.500	\$ 505.200
Sierra caladora eléctrica	1	0,1	\$ 17.000	\$ 15.300
Sierra circular de madera	1	0,35	\$ 45.000	\$ 29.250
Sierra sable eléctrica	1	0,05	\$ 69.000	\$ 65.550



Bienes de uso disponibles	Cant.	% de depreciación	Costo de adquisición (nuevo)	Valor depreciado (actual)
Soldadora ESAB inverter 160A	1	0	\$ 137.000	\$ 137.000
Soldadora MIG 150A	1	0,1	\$ 135.000	\$ 121.500
Soldadoras inverter SINCROLAMP 120A	3	0,15	\$ 74.000	\$ 188.700
Tablero de herramientas Irimo	1	0	\$ 65.000	\$ 65.000
Taladro eléctrico	2	0,15	\$ 25.000	\$ 42.500
Taladros inalámbricos brushless	3	0,05	\$ 110.000	\$ 313.500
Teléfonos celulares	3	0	\$ 45.000	\$ 135.000
Torno revolver	1	0,7	\$ 733.000	\$ 219.900
Vehículo de instalaciones Renault Trafic 1997	1	0	\$ 3.500.000	\$ 3.500.000
Vehículo de ventas VW Vento 2014	1	0	\$ 8.000.000	\$ 8.000.000
Vehículo de uso general Renault Fluence 2013	1	0	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
Herramientas varias de taller	1	0,3	\$ 200.000	\$ 140.000

Tabla 21. Bienes de uso disponibles

<b>Valorización total en bienes de uso</b>	<b>\$ 22.337.115</b>
--	----------------------

<b>Depreciación promedio de los bienes</b>	<b>15,4%</b>
--	--------------

Se debe mencionar que para la realización de esta valorización de los bienes de uso actuales de la empresa, sólo se han tenido en cuenta aquellos bienes que pudieren ser aplicables al presente proyecto.

Los costos de adquisición (nuevo) se han tomado referenciales y actuales de mercado. En los casos que no fue posible, se estimó según su costo de fabricación, tal como ocurre, por ejemplo, con las mesas de soldadura y de corte.

## **18 Cálculo y selección final**

Ya se han mencionado los equipos principales necesarios para la fabricación del salvaescaleras, así como los bienes de uso disponibles actualmente de la empresa.

Se puede proceder ahora, con el cálculo, en los casos que corresponda, y con la selección de los equipos que restan adquirir.

Para este proceso, se utilizará información brindada por los fabricantes y/o proveedores.

Para realizar la selección de la alternativa más adecuada a los requerimientos, se deben tener en cuenta los diferentes aspectos de cada alternativa, y el impacto de esta sobre el proceso. Por esto, se utiliza en este desarrollo el método de las ponderaciones lineales en los casos que existan alternativas de elección.

Es necesario establecer entonces, los criterios que se tendrán en cuenta para evaluar las distintas alternativas. A cada criterio se le establece un grado de importancia o porcentaje de relevancia, dependiendo de los lineamientos de cada proyectista. Por otro lado, a cada alternativa se le asigna una puntuación de 1 a 10

para cada criterio establecido, siendo entonces el producto de esta puntuación y el grado de importancia del criterio, la ponderación final del criterio.

La suma de las ponderaciones particulares de los criterios, arroja la puntuación final de cada alternativa, siendo la de mayor valor, la más adecuada para el caso en estudio.

Criterios de selección

Para la selección de los criterios y su grado de importancia, se tienen en cuenta diferentes aspectos a partir de los objetivos y el alcance propuestos en el presente proyecto. Por otro lado, se tiene en cuenta aspectos como la especialización del operario y la disponibilidad de proveedores locales, los que hacen a la viabilidad del proyecto.

Se presenta una tabla con los criterios adoptados y las características de puntaje:

<b>Criterios y puntajes</b>		
<b>Criterio</b>	<b>Alto</b>	<b>Bajo</b>
Costo de inversión	1	10
Capacidad productiva	10	1
Costo operativo	1	10
Existencia de proveedores y facilidad de comercialización	10	1
Versatilidad del equipo	10	1
Costo de mantenimiento/ existencia de repuestos	1	10
Grado de especialización del personal	1	10

Tabla 22. Criterios de selección

## 18.1 Mesa CNC (acero)

Además de mejorar la productividad y de un trabajo mejor acabado, las máquinas CNC ofrecen una amplia gama de beneficios, tales como mayor precisión, mayor seguridad del operario, reducción de scrap, y por sobre todo, ofrece la posibilidad de realizar procesos complejos, difíciles o imposibles de lograr manualmente.

Si bien este trabajo podría ser tercerizado debido a la poca cantidad de piezas que lo requieren, su incorporación complementa y es de gran utilidad para la actual actividad de la empresa. Por este motivo, aunque para la fabricación del salvaescaleras podrían generarse tiempos improductivos de la mesa de corte, en este tiempo se aprovechará para realizar otras tareas relevantes de la empresa.

Se debe seleccionar el tipo de corte, y el tamaño del equipo a adquirir.

Alternativas de corte aplicables:

- Corte plasma (sólo aire)
- Corte láser CO<sub>2</sub>
- Corte por chorro de agua (hidrocorte)

Se debe aclarar que no se tiene en cuenta el oxicorte por tratarse de una técnica con poca aplicación para este caso, además de no ser eficiente para espesores de corte pequeños.

### CNC plasma

El corte plasma es el proceso de cortar materiales eléctricamente conductores con un chorro acelerado de plasma caliente. Acero, latón, cobre y aluminio son algunos de los materiales que se pueden cortar con un soplete de plasma. El

cortador de plasma CNC se utiliza en diversos múltiples procesos industriales. La combinación de cortes de alta velocidad y precisión de bajo costo hace que el uso del cortador de plasma CNC esté muy extendido.

Las máquinas de corte por plasma CNC generalmente usan un tipo diferente de sistema de plasma que las aplicaciones de corte manual, uno diseñado específicamente para el corte "mecanizado" en lugar del corte manual. Los sistemas de plasma mecanizado utilizan un soplete de cañón recto que puede ser transportado por una máquina y tienen algún tipo de interfaz que puede ser controlada automáticamente por el CNC.



Figura 112. Corte por plasma

### CNC láser

El corte por láser es un proceso de corte térmico que consiste en la focalización de un haz de luz concentrada de gran energía en el punto del material que se quiere tratar. Este punto, en el que el rayo láser incide, se calienta de forma tan intensa que

se funde o se evapora, mientras que un gas de asistencia se encarga de desalojar el material fundido de la zona de corte.

Las cortadoras que funcionan por medio de láser tienen la misma base y funcionan de maneras similares que cualquier otra cortadora CNC.

La diferencia principal radica en la fuente que genera el rayo láser. Por lo que los parámetros de corte y grabado son muy amplios.

Existen distintos tipos de fuente láser, pero las más utilizadas o comunes son de CO2 por su potencia, amplia gama de materiales compatibles y costo.

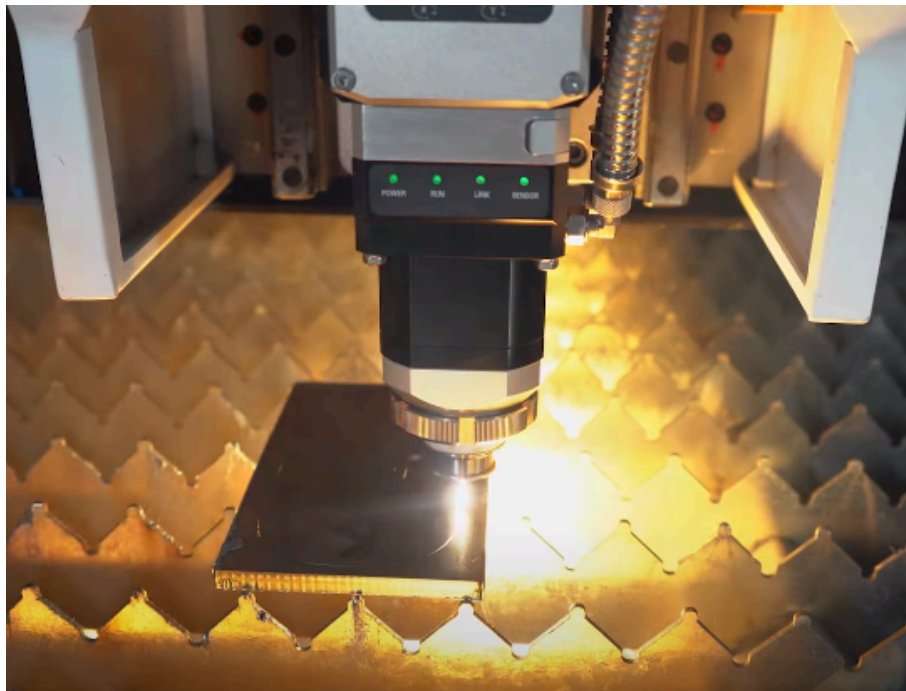


Figura 113. Corte por láser

### CNC hidrocorde

La tecnología de chorro de agua es un proceso de corte en frío que corta mediante un flujo supersónico de agua pura, o bien agua con abrasivo, erosionando el material. Gracias a ello, los chorros de agua tienen una capacidad de corte casi ilimitada.

Una bomba de ultra-alta presión genera un flujo de agua con presiones nominales de hasta 94 000 psi, esta presión se convierte en velocidad mediante un minúsculo orificio, creando así un flujo tan delgado como un cabello humano y capaz de cortar materiales de todo tipo. Además, con la adhesión de un material abrasivo en el agua, se puede incrementar notablemente la potencia de corte.



Figura 114. Corte por chorro de agua

Estableciendo los puntajes correspondientes a cada alternativa seleccionada, se presenta la tabla de comparativa:

Alternativa		PLASMA		LÁSER CO <sub>2</sub>		HIDROCORTE	
Criterio	Ponderación del criterio %	Puntos Alt. 1	Subtotal Alt. 1	Puntos Alt. 2	Subtotal Alt. 2	Puntos Alt. 3	Subtotal Alt. 3
Costo de inversión	25,0%	10	250	1	25	3	75
Capacidad productiva	20,0%	6	120	8	160	7	140

Criterio	Ponderación del criterio %	Puntos Alt. 1	Subtotal Alt. 1	Puntos Alt. 2	Subtotal Alt. 2	Puntos Alt. 3	Subtotal Alt. 3
Costo operativo	17,5%	7	122,5	2	35	4	70
Existencia de proveedores y facilidad de comercialización	12,5%	8	100	5	62,5	1	12,5
Versatilidad del equipo	10,0%	4	40	9	90	8	80
Costo de mantenimiento/ existencia de repuestos	10,0%	6	60	2	20	7	70
Grado de especialización del personal	5,0%	7	35	7	35	7	35

ALTERNATIVA	Plasma	Láser CO <sub>2</sub>	Hidrocorde
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>727,5</b>	<b>427,5</b>	<b>482,5</b>

Tabla 23. Alternativas en pantógrafos

Como puede apreciarse y era previsible, el tipo de corte que es más adecuado para el caso en estudio, es el corte por plasma.

Se debe proceder ahora, con la selección del equipo CNC de corte plasma adecuado.

Para la selección del equipo, se establecen a continuación los parámetros o requerimientos principales con los que debe cumplir:

1. Área útil mínima: 1250 x 2500 [mm]
2. Capacidad de perforación mínima: 8 [mm]
3. Rango de corte habitual (espesores): 0,7 a 6,3 [mm]



4. Tipo de corte: aire/aire
5. Control de altura de torcha (THC)
6. Preferentemente:
  - 6.1. Cama de agua
  - 6.2. Transmisión a piñón-cremallera helicoidal
  - 6.3. Unidad de control incorporada (no PC de escritorio)
  - 6.4. Componentes y fabricación nacional

#### Equipo seleccionado

- Marca: **Intercut**
- Modelo: **VPR 1530**
- Origen: Argentina
- Fuente: WTL Magic Cut 85CE
- Proveedor: Intercut pantógrafos
- Ubicación: Casilda, Santa Fe

<b>Costo total instalado</b>	<b>\$6.846.831</b>
------------------------------	--------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 12 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$688 / Dólar Libre: \$730 / Dólar oficial: \$367



# INTERCUT RAPTOR 1515 INTERCUT RAPTOR 1530

PANTÓGRAFOS DE CORTE  
DE ALTA PERFORMANCE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
MODELO DE PANTÓGRAFO	INTERCUT VPR 1515	INTERCUT VPR 1530
Área útil de trabajo	1600 x 1600 mm	1600 x 3200 mm
Rango de corte	segun fuente de plasma que se instale, hasta 25 mm	
Motorización	Triple motorizacion Easy Servo con reductor planetario	
Guías de bolas recirculante	20 mm en todos los ejes	
Transmisión	Por piñón y cremallera Helicoidal M 1.5 DIN 8	
Velocidad de corte	10 m/min.	
Velocidad de desplazamiento	20 m/min.	
Mesa de apoyo	Integrada con cama de agua	
Materiales a cortar con plasma	Acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y galvanizado	
THC - control de altura de plasma	HYD XPTHC-4H	

Figura 115. Especificaciones pantógrafo VPR 1530

### CARACTERÍSTICAS DEL CNC

- CNC industrial.
- Librería de preformas de corte rápido.
- Display LCD de 7" (800 x 680).
- Chasis blindado a interferencias electromagnéticas.
- Software CAM incluido.
- Entrada USB para carga de archivos.
- Todas las funciones necesarias para un corte rápido, fácil y eficiente.

2100 mm  
(Intercut 1515)

3600 mm  
(Intercut 1530)

2300 mm (incluye CNC)

Los pantógrafos INTERCUT se entregan en funcionamiento y todos nuestros clientes son asistidos técnicamente por personal propio de la empresa en todo el país.

**GARANTÍA TOTAL**

**12 MESES**

CNC adherido a estructura

Figura 116. Características pantógrafo VPR 1530



Sistema	WTL Magic Cut 85CE
Voltaje de entrada	380V, 3PH, 50/60Hz
Capacidad de corte maximo	19 mm
Potencia	16 KW
Voltaje de salida	150 V
Max. corriente de salida	85 amp.
Voltaje a circuito abierto (OCV)	300VDC
Temperatura de operación	-10°C-40°C
Ciclo de trabajo 40°C	85 amp – 100%
Dimensiones	470x250x400
Peso	22KG
Torcha	TP 105 / 7,5 m
Recomendación de entrada de aire Volumen y presión.	180 lts/min ; 5-6 kg/cm2
Suministro de aire (importante)	<b>Aire limpio, seco y libre de aceite o nitrógeno</b>
Certificaciones	CE, ROHS
Garantía	Fuente de plasma 12 meses - Torcha mecanizada 3 meses.

Figura 117. Fuente plasma CNC



Figura 118. InterCut VPR 1530

## 18.2 Mesa CNC (madera)

Si bien el trabajo de corte sobre la madera podría ser realizado por un equipo CNC, debido a la baja cantidad de piezas a cortar, los tiempos improductivos serían muy elevados, y la amortización del equipo sería a muy largo plazo. Por otro lado, el costo de adquirir la madera ya cortada es realmente muy bajo, de hecho existen proveedores locales que ofrecen la madera ya cortada, adicionando al precio final el costo de cada corte.

Por lo mencionado anteriormente, se opta por tercerizar el trabajo de corte de la madera. Se tendrá en cuenta entonces, en el costo de componentes, el costo de este componente. Además, se prevé la futura incorporación de la mesa de corte CNC al esquema productivo, por lo que se dispondrá de un espacio físico destinado a esto en el layout.

## 18.3 Máquina de corte para acero

Existen diferentes alternativas de equipos que permiten llevar a cabo el corte de metales, tanto caños estructurales como planchuelas, hierros ángulos, etc.

Según cada alternativa, se identifican diferentes grados de automatización y capacidades productivas.

Para el presente proyecto, se requiere de una máquina con la cual se corten los diversos materiales en bruto, principalmente aceros. Se debe mencionar que en cuanto a capacidad productiva, no se requiere de gran exigencia con respecto a otras aplicaciones como ser una industria metalúrgica.

Por otro lado, en cuanto a la versatilidad de la máquina, se requiere que sea capaz de cortar todos los materiales de acero utilizados, los cuales son planchuelas, hierros ángulos, tubos estructurales y trefilados.

Una característica importante de la fabricación del salvaescaleras es la posibilidad de fabricar en serie los componentes, los cuales para todos los salvaescaleras serán iguales, excepto el riel. Esto permite que, a pesar de que la máquina de corte no posea un grado de automatización importante, se pueden utilizar patrones de medida o sistemas de “tope” o registro, como los que incorporan la mayoría de las máquinas.

En caso de no incorporar la máquina el sistema de medición mencionado, es sencillo fabricar éste artesanalmente, incorporándolo en la mesa de corte. De esta manera, realizando sólo una medición, se pueden realizar la cantidad deseada de cortes sin volver a medir.



Figura 119. Tope de registro en cortadoras

Alternativas de corte aplicables:

- Sierra sensitiva
- Sierra de cinta
- Cortadora láser CNC

#### Sierra sensitiva

La sierra sensitiva es una máquina para cortar materiales de acero con una gran capacidad de corte en ángulo de 0 a 45°. Esta máquina es accionada por un motor eléctrico, directo o a través de una polea que hace girar el disco de corte.

Por medio de la Sierra Sensitiva se pueden hacer cortes en diversos materiales de acero, es de uso sencillo, requiere de bajo mantenimiento y su costo de inversión es el más bajo de las alternativas.

La operación de corte es rápida pero manual, pudiendo instalar un sistema de tope o registro si se cortan piezas seriadas.

Habitualmente, las sierras sensitivas presentaban tres inconvenientes principales:

- Excesiva rebaba en el corte
- Pérdida del diámetro del disco y necesidad de reemplazo constante
- Calentamiento de la pieza y cristalización del disco

Sin embargo, las nuevas técnicas de fabricación de discos de corte han permitido solucionar estos inconvenientes casi en su totalidad, logrando resultados notablemente mejores.

Actualmente existen discos de corte de acero dentados y en seco, los cuales están diseñados para ofrecer el máximo rendimiento mediante el uso de carburo de tungsteno de la más alta calidad, cuerpos de hoja endurecidos y técnicas de soldadura de ultra alto grado. Estos son utilizados con velocidades angulares menores a 1600 [rpm], muy inferiores a los convencionales abrasivos de hasta 4400[rpm].



Figura 120. Disco dentado para corte de acero



El resultado es de velocidades de corte que superan al doble a lo convencional, cortes con rebabas casi inapreciables, sin disminuciones de diámetro y baja emisión de chispas.



Figura 121. Sensitiva con disco dentado

Todo esto significa una disminución notable en los tiempos de producción para las máquinas sensitivas, evitando el reemplazo constante del disco, y brindando siempre la misma capacidad de corte.

### Sierra de cinta

Las sierras de cinta, comúnmente conocidos como “serruchos”, son equipos que realizan el corte mediante una hoja de sierra sin fin. En estos equipos un operario realiza el movimiento de corte, al igual que en una sensitiva, o configura la máquina



para que realice el movimiento descendente para cortar la pieza. Esto dependerá del grado de automatización de la sierra.

Existen en el mercado modelos manuales, semiautomáticos y totalmente automáticos, aptos para el corte de todo tipo de metales y caños estructurales, macizos redondos y macizos cuadrados. Se caracterizan por la durabilidad, la calidad del corte y la seguridad para el operario.

En función del nivel de automatización, pueden contar con las siguientes características:

- Final de carrera con apagado automático
- Regla guía de medición milimétrica
- Limpiadores de virutas
- Sistema de refrigeración de corte
- Regulación automático de tensión de la hoja
- Dispositivo de parada de emergencia
- Luneta regulable según diámetro de corte para optimización de filos
- Avance hidráulico de corte
- Controles neumáticos por PLC y contador de cortes
- Variador de velocidad
- Sensores variados de falla
- Autodiagnóstico
- Alimentación automática de material



Figura 122. Sierra cinta semiautomática



Figura 123. Sierra cinta automática de doble columna

### Cortadora láser CNC

Las cortadoras de tubos láser CNC son máquinas sumamente automatizadas y de grandes niveles de producción. Además, si la precisión de corte del material es alta, se debe considerar usar una máquina automática de corte por láser.

Este tipo de máquina de corte automático, utiliza generalmente el sistema de posicionamiento dual, de posicionamiento de control servo numérico y el posicionamiento mecánico. La precisión de la longitud de corte puede alcanzar  $\pm 0,05$ [mm].

Características de la máquina de corte por láser:

- Rendimiento altamente dinámico
- Eficiencia, precisión y versatilidad de cortes
- Alimentación automática
- Posibilidad de integración a una cadena de producción
- Capacidad de corte en diferentes perfiles y tubos de aluminio, acero inoxidable y aceros al carbono



Figura 124. Cortadora láser de tubos



Figura 125. Corte láser de un tubo

Para el presente proyecto, se evaluarán sólo la sensitiva y la sierra de cinta. Esto es así ya que las cortadoras láser, se requieren para aplicaciones de grandes capacidades de producción y para cortes de precisión y complejidad, como ya ha sido mencionado. Por este motivo sería incongruente incluirla en el análisis.

Se tendrán en cuenta entonces la sensitiva, la sierra cinta semiautomática y la automática. Para el puntaje de la sierra sensitiva, se considera un modelo industrial, equipado con un disco de corte dentado de carburo, el cual mejora notablemente sus resultados. En cuanto a la sierra de cinta manual, se desestima ya que no representa grandes diferencias con la sierra sensitiva en cuanto a su operación.

Estableciendo los puntajes correspondientes a cada alternativa seleccionada, se presenta la tabla de comparativa:

Alternativa		SENSITIVA		SIERRA SEMI-AUTOMÁTICA		SIERRA AUTOMÁTICA	
Criterio	Ponderación del criterio %	Puntos Alt. 1	Subtotal Alt. 1	Puntos Alt. 2	Subtotal Alt. 2	Puntos Alt. 3	Subtotal Alt. 3
Costo de inversión	25,0%	8	200	7	175	4	100
Capacidad productiva	20,0%	5	100	7	140	9	180
Costo operativo	17,5%	8	140	9	157,5	6	105
Existencia de proveedores y facilidad de comercialización	12,5%	9	112,5	8	100	3	37,5
Versatilidad del equipo	10,0%	8	80	7	70	7	70
Costo de mantenimiento/ existencia de repuestos	10,0%	8	80	8	80	4	40
Grado de especialización del personal	5,0%	7	35	7	35	5	25

ALTERNATIVA	Sensitiva	Sierra semi-automática	Sierra automática
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>747,5</b>	<b>757,5</b>	<b>557,5</b>

Tabla 24. Alternativas en cortadoras

Como puede apreciarse, según el puntaje obtenido, el tipo de corte que es más adecuado para el caso en estudio, es el corte por sierra de cinta semiautomática. Además, se debe mencionar un aspecto no considerado en los criterios que refuerza esta elección, la seguridad del operario.

La sierra de cinta representa mucho menor riesgo de accidente que la cortadora sensitiva, a pesar de las protecciones que esta pueda tener o los cuidados que se puedan tomar, el riesgo de las altas velocidades del disco girando es permanente, aún más cuando se utilizan discos abrasivos.

Por otro lado, se debe mencionar que ya se cuenta con una sierra sensitiva en el equipamiento disponible, la cual es un modelo industrial y puede ser adaptada para utilizar discos de carburo dentados.

Se debe proceder ahora, con la selección de la máquina de corte a utilizar.

Para la selección del equipo, se establecen a continuación los parámetros o requerimientos principales con los que debe cumplir:

1. Corte de acero al carbono y hierro dulce
2. Planchuela: Máximo requerido 127x6,35 [mm]
3. Tubo estructural redondo: Máximo requerido  $\varnothing$  60,3 [mm]
4. Tubo estructural rectangular: Máximo requerido 100x20 [mm]
5. Preferentemente:
  - Cabezal giratorio
  - Refrigeración incorporada
  - Bandeja recolectora de virutas y refrigerante
  - Tope mecánico de medición

#### Equipo seleccionado

- Marca: **Cutmac**

- Modelo: **S12 BGP**
- Origen: Taiwán
- Proveedor: Cutmac Máquinas y Accesorios
- Ubicación: San Francisco, Córdoba

<b>Costo total</b>	<b>\$2.358.000</b>
--------------------	--------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 12 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$688 / Dólar Libre: \$730 / Dólar oficial: \$367



Figura 126. Sierra Cutmac S12BGP





**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

**SIERRA SIN FIN S12 BGP**

Motor:	Monofásico
Potencia motor:	3/4 HP.
Velocidades de corte - 3:	24 - 34 - 54 m/min.
Máxima capacidad de corte a 90°:	● Ø 125 mm. ■ 100x150 mm. (AxL)
Máxima capacidad de corte a 45°:	● Ø 95 mm. ■ 95x76 mm. (AxL)
Máxima capacidad de corte a 60°:	● Ø 50 mm. ■ 50x56 mm. (AxL)
Tamaño hoja:	1640 x 13 x 0,6 mm.
Peso aproximado:	82 kg.
Medidas caja/embalaje:	940 x 450 x 540 mm.

- Caja reductora a engranajes SIN FIN - CORONA
- Tope mecánico para largo de corte
- Final de carrera con apagado automático
- Ruedas para facilitar traslado de la máquina
- Regulación volante conducido para tensión hoja de corte
- Dispositivo parada de emergencia - Tipo hongo
- Luneta regulable según diámetro de corte para optimización de filos
- Guías con rodamientos
- Deslizamiento y camleo rápido para orientación de corte en ángulo
- Morza de aproximación rápida
- Avance hidráulico de corte según demanda
- Sistema de refrigeración de corte
- Altura desde mesa de trabajo al piso 750 mm

Figura 127. Especificaciones Cutmac S12BGP



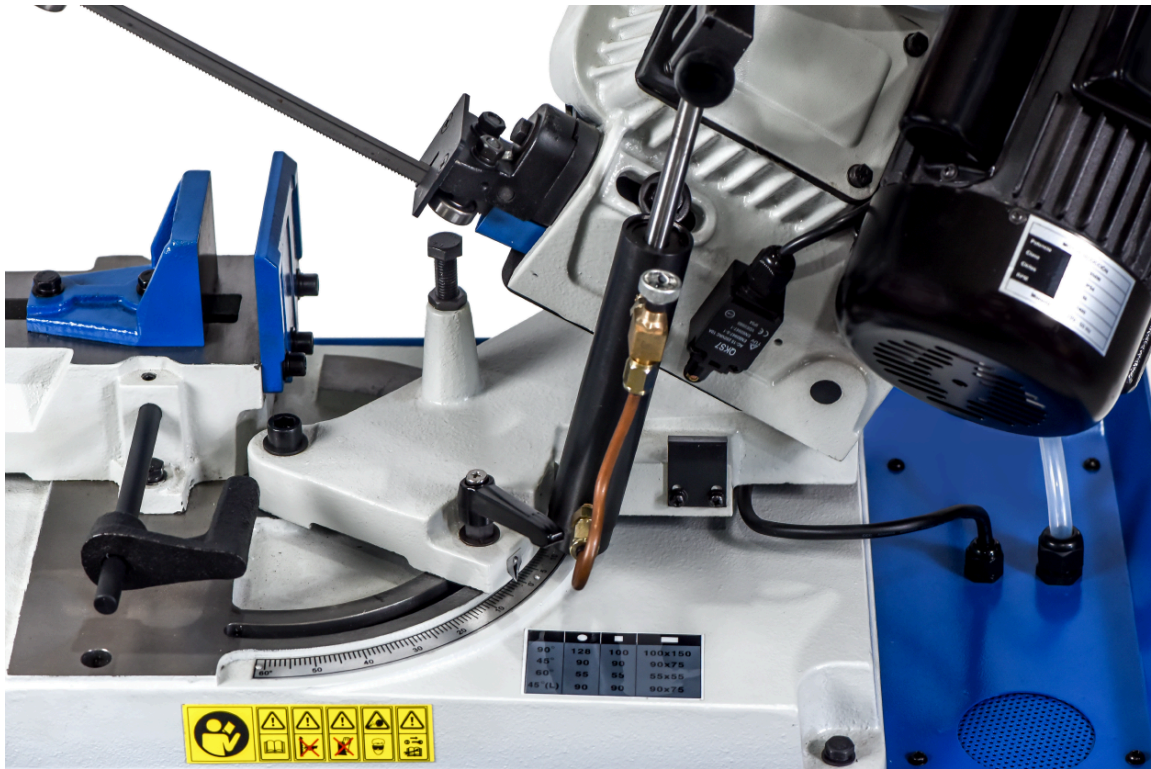


Figura 128. Características 1 Cutmac S12BGP



Figura 129. Características 2 Cutmac S12BGP

## 18.4 Equipos de soldadura

Para la selección de los equipos de soldadura, se debe diferenciar entre la fabricación del riel y la fabricación del chasis del salvaescaleras.

Como se mencionó anteriormente en 15.2, para la fabricación del riel en taller, es necesario disponer de una soldadora con la que, el operario, puede desplazarse fácilmente a lo largo del riel y realizar de manera rápida y efectiva el trabajo. Para esto es necesario disponer de un equipo de soldadura MMA inverter.

Ya que en el equipamiento actual disponible de la empresa se cuenta con una soldadora de este tipo, se utilizará esta con tal fin.

En cuanto a la fabricación del chasis, se realizará sobre una mesa de soldadura, con las comodidades que esto representa, se utilizará soldadura tipo MAG. También se cuenta en este caso, con un equipo de soldadura MAG, debe verificarse que éste sea adecuado y pueda ser utilizado.

Se adopta la soldadura MAG para el chasis y su estructura, ya que posee ciertas ventajas respecto de la soldadura MMA.

Características soldadura MAG:

- Alta velocidad de soldadura
- Menores detenciones en el proceso
- Facilidad de operación / utilización
- Ausencia de escoria al final del proceso
- Buenas características mecánicas

Se muestran a continuación las características de los modelos de soldadoras a utilizar en cada caso.

La selección adecuada del equipo es de gran importancia, ya que debe evitarse que sea demasiado pequeño en potencia para la necesidad, y tampoco debe sobredimensionarse, a fin de no perder demasiado en rendimiento.

Para corroborar la correcta selección, se verificará con el ciclo o factor de trabajo. El factor de servicio o ciclo de trabajo se refiere al porcentaje de 10 minutos de trabajo, que la soldadora puede entregar un amperaje determinado.

Cuando una soldadora se utiliza en un amperaje con un ciclo de trabajo demasiado bajo (por ejemplo 20%), durante una jornada de uso continuo habrá muchas interrupciones por sobrecalentamientos de la máquina, lo que no es correcto.

Por otro lado, cuando se la utiliza sobredimensionada y su ciclo de trabajo es 100% para un amperaje mucho menor al utilizado, el rendimiento del equipo cae notablemente, no sólo en relación del consumo eléctrico, sino que en la calidad de la soldadura también es perceptible.

Se debe seleccionar ahora, la soldadora para armado del riel:

Soldadora MMA disponible

- Marca: **ESAB**
- Modelo: **HANDY ARC 162i**
- Origen: Argentina
- Tecnología: Inverter, anti stick



Figura 130. Soldadora ESAB 162i, MMA inverter



Figura 131. Soldadora ESAB 162i, MMA inverter






<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Máxima robustez</b> - Máquina fabricada con compuestos resistentes al fuego y resistencia al impacto, que garantizan la vida útil más larga del mercado.</li> <li>• <b>Alta portabilidad</b> - con un manija reforzada para el transporte, el modelo es compacto y cabe en su armario de herramientas y en el maletero de su motocicleta.</li> <li>• <b>Panel simple y fácil de usar</b> - Ajuste de los parámetros de soldadura por corriente o según el diámetro del electrodo.</li> <li>• <b>Economico como siempre</b> - Excelente eficiencia que garantiza el menor consumo de energía en la categoría.</li> <li>• <b>Alto desempeño</b> - Consoldabilidad impecable y fácil apertura del arco, el modelo 142i suelda electrodos de hasta 2.5 mm y el modelo 162i hasta 3.25 mm.</li> <li>• <b>Es ESAB, puede confiar</b> – Sometido a las pruebas más rigurosas y certificado por el estándar internacional, el nuevo HandyArc es su herramienta de soldadura de por vida.</li> <li>• <b>Productividad y seguridad</b> - El sistema con turbo ventilación más eficiente y sensor de sobre calentamiento garantiza que su máquina funcione todo el día.</li> </ul>	 <p>IP21</p>  <p>LLUVIA Y POLVO</p>  <p>CAÍDAS</p>  <p>GOLPES</p>  <p>40°</p> <p>AMBIENTES DE TEMPERATURA EXTREMA</p>
---	---

Figura 132. Características soldadora ESAB 162i

# HandyArc 162i

Especificaciones	
Modelo	<b>162i</b>
Tensión de red	<b>220V +/-10%</b>
Frecuencia de red	50/60 Hz
Rango de corriente	20-160A
Ciclo de trabajo (40 °C) Electrodo (MMA)	72A/22,9V@100% 92A/23,7V@60% 160A/26,4V@20%
Tensión en vacío	75V
Factor de potencia con corriente máxima	0,77
Máxima eficiencia de corriente	83%
Corriente efectiva máxima	14,3A
Corriente nominal máxima	32A
Dimensiones (An x L x Al)	115 x 300 x 232 mm
Peso	3,7 kg
Potencia aparente	7,04 kVA
Potencia consumida	5,5 kW
Transformador recomendado	≥ 10,5 kVA
Disyuntor recomendado	≥35 A
Temperatura de funcionamiento	-10 °C a 40 °C
Clase de protección	IP 21S
Normas	IEC 60974-1

Figura 133. Especificaciones soldadora ESAB 162i

Este equipo del que se dispone, deberá ser utilizado con electrodos rutilicos 6013. Para el material y espesor de los componentes del riel, será necesario utilizar electrodos de 2 o 2,5 [mm], los cuales requieren un amperaje de aproximadamente entre 60 y 80[A].

Observando las especificaciones de la tabla, y por experiencia en la utilización de este equipo, para soldar con un amperaje de aproximadamente 72 [A], el ciclo de trabajo es del 100%. Esto significa que el operario podrá realizar el trabajo sin ningún tipo de interrupción por calentamientos y detenciones de la soldadora.

Se adopta entonces, la utilización de esta máquina para la tarea.



Continuando ahora, con la selección de la soldadora MAG para el armado del chasis:

Soldadora MAG disponible

- Marca: **OMAHA**
- Modelo: **150 HS**
- Origen: China
- Tecnología: Bobinado



Figura 134. Soldadora MAG Omaha 150HS

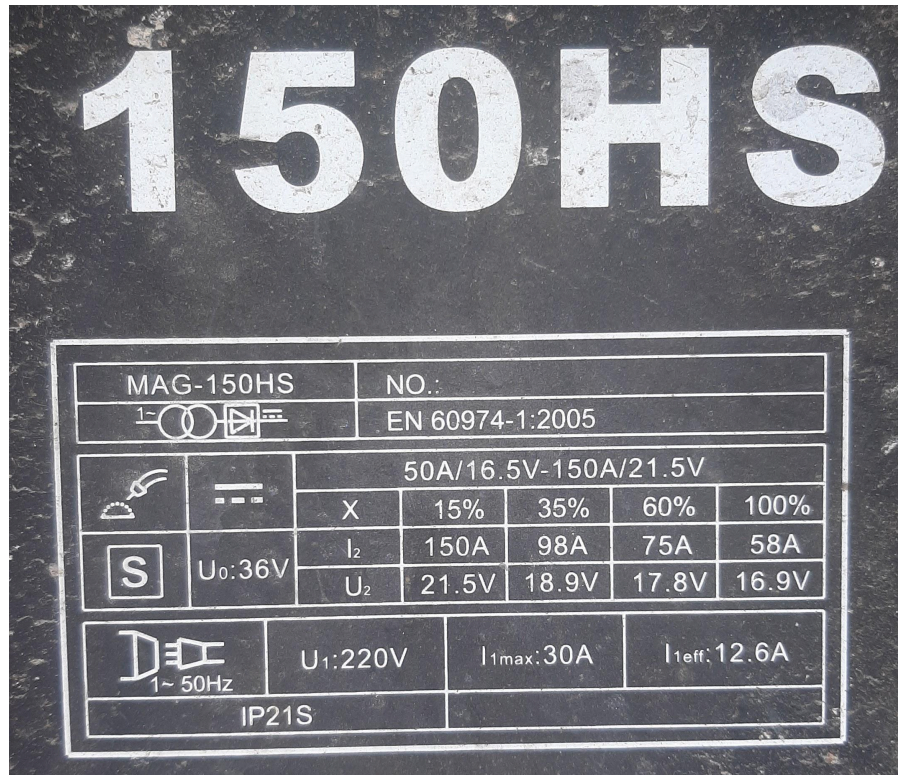


Figura 135. Especificaciones MAG Omaha 150HS

Para realizar las soldaduras en los componentes del chasis, los cuales están formados en su mayoría por espesores de 3,2 [mm], es necesario aplicar en la máquina un amperaje entre 90 y 120 [A] según el caso.

Como puede observarse en las especificaciones técnicas de la soldadora, el ciclo de trabajo para una corriente de 98 [A] es del 35%. Este valor no es realmente adecuado para utilizar el equipo, las protecciones por sobrecalentamiento probablemente actuarían durante el proceso de soldadura del chasis en reiteradas ocasiones, lo que perjudica los tiempos de producción.

Con lo anterior se ha determinado que el equipo del que se dispone no es adecuado, se debe entonces seleccionar uno que asegure que el proceso de armado del chasis no sea interrumpido. En cuanto a este equipo disponible, será



utilizado como respaldo, o para trabajos ocasionales en el mismo proceso de fabricación del riel, u otro.

Se procede ahora con la selección de la soldadora MAG a adquirir, para la cual se establecen los siguientes requerimientos:

1. Tecnología inverter
2. Ciclo de trabajo superior al 70% para 90[A]
3. Corriente máxima: No menor a 200[A]
4. Protecciones por sobrecalentamiento
5. Capacidad de alambre: No menor a 5 [kg]

#### Equipo seleccionado

- Marca: **ESAB**
- Modelo: **Compact MIG 215i**
- Origen: Argentina
- Tecnología: Inverter/MIG/MAG
- Proveedor: Ferreteria San Luis
- Ubicación: Rosario, Santa Fe

Este equipo, ha sido seleccionado ya que además de la soldadura MAG requerida, ofrece la posibilidad de soldar por medio de electrodo revestido, lo que es de gran importancia y le brinda mayor versatilidad.

Por otro lado, cumple con todos los requisitos mínimos planteados para su selección.

Se incorporan al costo total del equipo, dos tubos de mezcla de gas para soldadura MAG de 2[m<sup>3</sup>].

<b>Costo total</b>	<b>\$1.325.000</b>
--------------------	--------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 14 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$683 / Dólar Libre: \$725 / Dólar oficial: \$367



Figura 136. Soldadora CompactMIG 215i ESAB



Figura 137. Soldadora CompactMIG 215i ESAB

### CompactMIG 215i

Soldadura MIG / MAG y Electrodos Revestidos



Rango de Corriente	MIG (GMAW)	30 - 200 A
	MMA (SMAW)	55 - 170 A
Rango de Tensión		15,5 - 22 V
Tensión de Alimentación		1Ø - 220 V (±10%)
Frecuencia de Alimentación		50/60 Hz
Capacidad de soldadura	MIG (GMAW)	200 A / 24 V @ 20%
		90 A / 18,5 V @ 100%
Ciclo de trabajo (40 °C)	MMA (SMAW)	170 A / 26,8 V @ 20%
		76 A / 23 V @ 100%
Tensión en vacío	MMA (SMAW)	65 V
Potencia		7,8 kVA
Peso máximo del rollo de alambre		18 kg
Diámetro máximo del rollo de alambre		300 mm
Dimensiones (An x L x Al)		460 x 900 x 550 mm
Peso		36,5 kg
Protección recomendada		25 A
Clase de Protección		IP 21 S
Normas Técnicas		IEC 60.974-1
Factor de Potencia		0,64
Eficiencia		85%
Velocidad del alambre		1,5 - 17 m/min
Diámetro del alambre	Sólido	0,6 - 0,8 mm / 0,8 - 1,0 mm / 0,9 - 1,0 mm
	Aluminio	0,8 - 0,9 mm / 1,0 - 1,2 mm
	Tubular	0,8 - 0,9 mm / 0,9 - 1,0 mm

Figura 138. Características CompactMIG 215i ESAB

Como puede observarse en la figura anterior, para una corriente de trabajo de 90[A] en uso MIG/MAG (GMAW), el ciclo o factor de trabajo es del 100%. Esto significa que el operario podrá realizar el trabajo sin ningún tipo de interrupción por calentamientos y detenciones de la soldadora.

Es correcta entonces, la selección y utilización de esta máquina para la tarea.

## 18.5 Máquina agujereadora

Las piezas del salvaescaleras que requieren de agujereado son relativamente pequeñas, es decir, el operario las puede manipular fácilmente sin esfuerzo. Por este motivo, con las agujereadoras de pie o de banco convencionales, es posible realizar rápidamente el trabajo. Además, no se requieren gran cantidad de agujeros como para utilizar un sistema más automatizado.

En el equipamiento disponible, se encuentran 2 agujereadoras. Sin embargo una de ellas se sacará de servicio debido a su estado, y será reemplazada por un equipo nuevo y de mejores características.

### Agujereadora disponible

- Marca: **KOMMBERG**
- Modelo: **KB - TB16**
- Origen: China
- Mandril: 16 [mm]

Esta agujereadora, está equipada con una morsa plana de 4 pulgadas, para facilitar el agarre de piezas y aumentar la seguridad del operario.



Figura 139. Morsa plana 4"

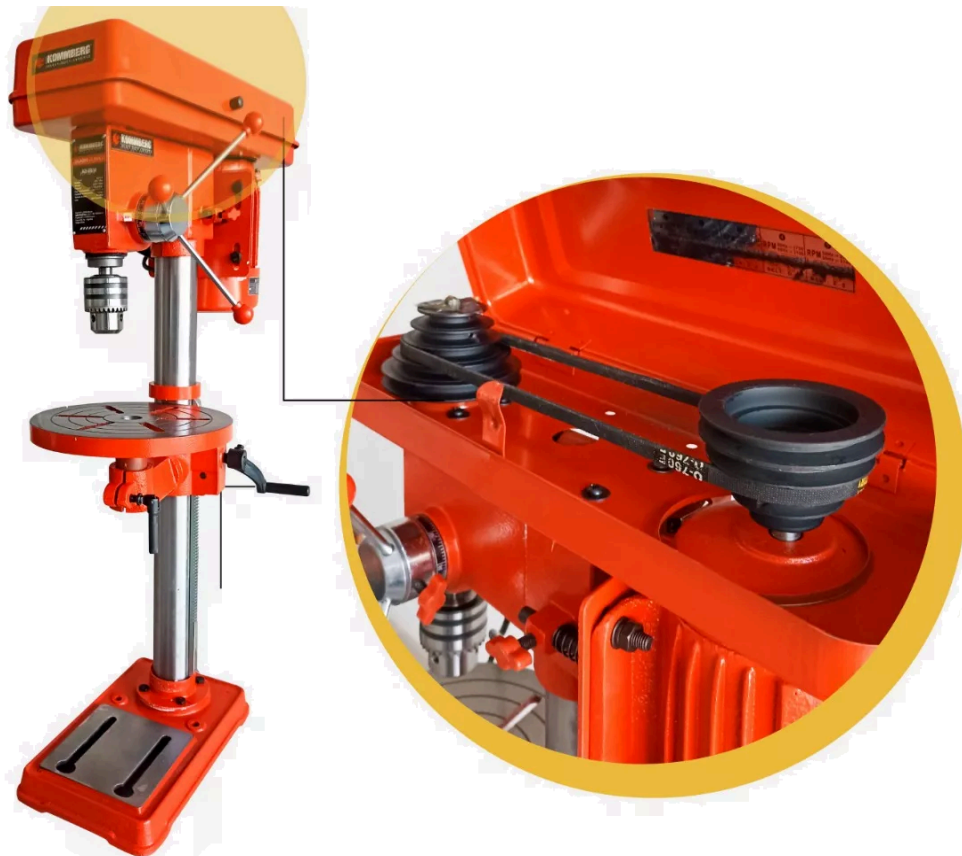


Figura 140. Agujereadora Kommmberg KB - TB16



Figura 141. Características Kommmberg KB - TB16

### Agujereadora a reemplazar

- Marca: **FMT**
- Modelo: **1580 - 16**
- Origen: -
- Mandril: 16 [mm]

Se procede ahora con la selección de la agujereadora de reemplazo, para la cual se establecen los siguientes requerimientos:

1. Altura: Tipo de columna, no inferior a 1,5 [m]
2. Mandril: No menor a 16 [mm]
3. Motor: Trifásico, no menor a 1 [hp]
4. Velocidad: No menos de 5 velocidades

- 5. Regulación de altura a cremallera
- 6. Base giratoria

Equipo seleccionado

- Marca: **BARBERO**
- Modelo: **TTC 32**
- Origen: Argentina
- Mandril: 20 [mm]
- Proveedor: Casa Mitre
- Ubicación: Munro, Buenos Aires

Este equipo ha sido seleccionado ya que es de reconocida durabilidad, además, cumple con todos los requerimientos establecidos. Por esto, será utilizado como la perforadora principal, o en los procesos de mayor exigencia.

Se incorpora además al equipo, una morsa en cruz para facilitar el agarre de piezas y aumentar la seguridad del operario.

En cuanto al costo, ya que este equipo es para reemplazar a la agujereadora de pie disponible actualmente, se descuenta de su costo el valor residual de la máquina a reemplazar.

<b>Costo total</b>	<b>\$777.000</b>
--------------------	------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 14 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$683 / Dólar Libre: \$725 / Dólar oficial: \$367

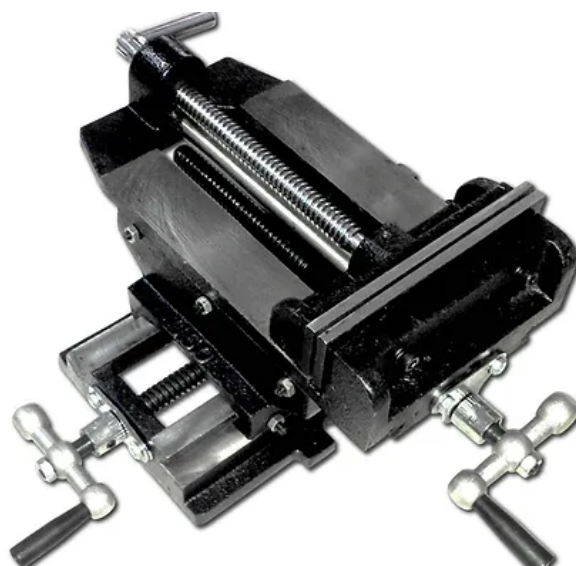


Figura 142. Morsa en cruz 6" Barbero



Figura 143. Agujereadora Barbero TTC 32



<b>TALADRADORAS "BARBERO" - LÍNEA PROFESIONAL</b>	
<b>MODELO Y CÓDIGO</b>	<b>TTC 32 01-00887-00</b>
Tipo de Motor	Trifásico
Voltaje	380 V / 50 Hz
Potencia	1500 W
Velocidades de trabajo	12
R.P.M. (Motor 1420)	170 - 2500
Cono del Husillo	MT4
Cono del Mandril	DIN / B22
Capacidad del Mandril	Ø 5 - 20 mm
Máx. capacidad de perforado	Ø 32 mm
Máx. recorrido del Husillo	120 mm
Dimensiones de la Mesa	480 x 420 mm
Dimensiones de la Base	560 x 450 mm
Diámetro de la Columna	Ø 92 mm
Distancia Mandril-Columna	255 mm
Distancia Mandril-Mesa	0 - 600 mm
Distancia Mandril-Base	1100 mm
Altura total	1700 mm
Peso	138 Kg

Tabla 25. Características TTC 32

## 18.6 Máquina plegadora

El plegado de chapa es un proceso de conformado por el que una pieza se transforma mediante la fuerza ejercida por una máquina especializada, produciendo una deformación plástica sobre un eje, hasta lograr la forma geométrica deseada.

El doblado o plegado de la chapa se ejecuta atendiendo al espesor del material y a una longitud máxima, aplicando toneladas de presión, con las que consigue que la chapa se comprima en la zona interior y se estire en la exterior.

Según el grado de automatización y las capacidades productivas requeridas, existen diferentes alternativas para adoptar una máquina plegadora.

### Plegadora manual

Es la técnica más tradicional y económica, tanto en inversión como en costo operativo, además presenta gran sencillez. Es utilizada normalmente para espesores pequeños de láminas, debido a que la fuerza de plegado proviene del propio operario a través de un brazo de palanca.

Estas plegadoras generalmente son pequeñas, y su traslado es sencillo. El plegado obtenido, según las prestaciones de la máquina puede ser suficientemente preciso, sin embargo si se requieren tolerancias muy pequeñas, no es un método adecuado.

Los espesores de lámina en los que generalmente son utilizadas las plegadoras manuales no superan los 2 [mm], según la longitud de plegado requerida.



Figura 144. Plegadora manual

#### Plegadora hidráulica/manual

Para espesores de lámina superiores, y longitudes de plegado no mayores a 1000 o 1500 [mm], existen variantes de las plegadoras manuales que proveen la fuerza necesaria de plegado, sin necesidad de recurrir a un equipo automático de mayor envergadura, esto se logra con un crique hidráulico tipo botella dispuesto en una estructura tipo prensa. La fuerza la provee el crique, y su operación la realiza el operario manualmente.

Esta alternativa tiene todas las características mencionadas de las plegadoras manuales, inclusive su bajo costo de inversión y su facilidad de traslado.

Sin embargo se debe mencionar una desventaja, y es la menor capacidad productiva que se logra con esta máquina. Esto se debe a que la maniobra de plegado se hace más lenta, debido a la baja velocidad del crique para bajar el punzón o cuchilla de plegado. Además de esto, una vez finalizado el pliegue, se

debe liberar manualmente la llave del crique para que el punzón retorne a la posición superior. Por este motivo, cuando se requiere de una producción repetitiva de piezas y de grandes cantidades, no es un equipo adecuado.



Figura 145. Plegadora manual/hidráulica

### Plegadora hidráulica

Las plegadoras hidráulicas ejercen la fuerza sobre la matriz haciendo uso de pistones hidráulicos y una central de bombeo, con lo cual se logran plegados de espesores mayores con gran precisión y sin esfuerzo del operario.

Estos equipos son accionados por el operario por medio de un pedal, y según el grado de automatización presentan mayores características, inclusive el control numérico (CNC).

La característica destacable de las plegadoras hidráulicas es su capacidad de plegado de espesores sumamente mayores que el resto de alternativas, con una capacidad productiva mayor.

Sin embargo, se debe considerar el alto costo de inversión que representan, así como sus mayores costos operativos y de mantenimiento. Esto es un punto a tener en cuenta cuando su factor de utilización es tan bajo como en el caso en estudio.



Figura 146. Plegadora hidráulica

Para seleccionar la plegadora adecuada, se debe antes realizar el cálculo de la fuerza necesaria para realizar el plegado, y de esa manera determinar si es suficiente con una plegadora de tipo manual, o se requiere del accionamiento hidráulico.

Para el cálculo, se debe tener en cuenta la pieza a plegar que mayor esfuerzo requiere, es decir, el plegado que conforma el chasis.

Este plegado se forma de chapa de acero 1010, calibre 3,2 [mm] y de una longitud de plegado de 400 [mm]. Se analizará la fuerza requerida para realizarlo.

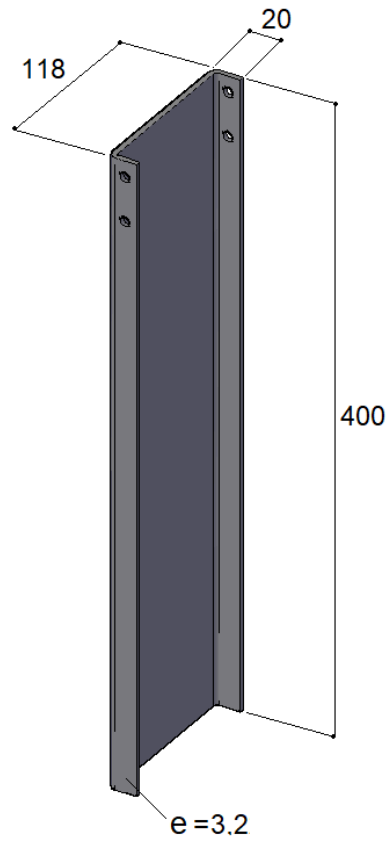


Figura 147. Plegado del chasis. Medidas en [mm]

Siguiendo los procedimientos recomendados por la firma especialista en conformado de metales “Indoca Maquinaria”, se inicia con el cálculo.

1) *Elección de la matriz*

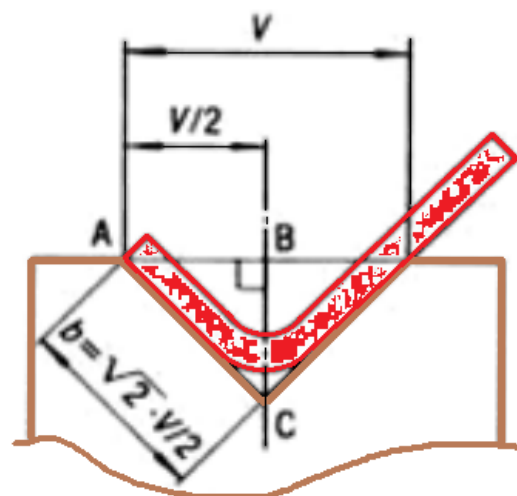


Figura 148. Abertura de matriz y ala mínima

Para un cálculo preliminar y rápido de la abertura de la matriz, siempre se piensa en 8 veces el espesor (8 x E), pero para mayor precisión adoptando una decisión de fuerza ideal de plegado, se debe tener en cuenta otras relaciones en función del espesor de la chapa, como se muestra en la siguiente tabla:

Rango espesores	0,5 – 2,6	3 - 8	9 – 10	> 10
V recomendada	6 x Espesor	8 x Espesor	10 x Espesor	12 x Espesor

Tabla 26. Abertura de matriz recomendada

Para el caso en estudio, el espesor de la chapa es 3,2 [mm], por lo que la abertura de la matriz será:

$$V = 25 \text{ [mm]}$$

### 2) Cálculo de ala mínima

El cálculo del ala mínima se puede determinar a través de la siguiente fórmula:

$$b = \sqrt{2} * \frac{V}{2}$$

Esta ecuación satisface el criterio de que el ala mínima (b) medida exteriormente es igual a 0,7 veces la abertura de la matriz.

Por lo tanto el ala mínima será:

$$V = 18 \text{ [mm]}$$

Este valor es correcto, ya que para el plegado diseñado, se requiere de un ala de 20[mm], por lo que es posible llevarlo a cabo.

### 3) Tolerancia del plegado

El plegado al aire es un proceso no tan preciso, pero el más utilizado por ser el más versátil y económico, por lo que se debe tener clara la tolerancia que se puede obtener con el mismo, para valorar si es recomendado el uso de su tecnología.

La tolerancia en el plegado al aire es de  $\pm 0,5^\circ$  aproximadamente. Este valor es más que apropiado para el caso en estudio.

4) *Radio interior del plegado*

El radio interior en plegado al aire se puede calcular por la fórmula:

$$R_{int} = \frac{V}{6}$$

Debe verificarse la viabilidad del radio interior según la siguiente ecuación:

$$1 < \frac{R_{int}}{Espesor} < 2$$

Riesgo de fisura	Zona práctica	Radios muy grandes
$R_{int} < 1 \times \text{Espesor}$	$R_{int} = 1 \times \text{Espesor}$ $R_{int} = 1,1 \times \text{Espesor}$ $R_{int} = 1,3 \times \text{Espesor}$ $R_{int} = 1,45 \times \text{Espesor}$ $R_{int} = 1,6 \times \text{Espesor}$ $R_{int} = 1,75 \times \text{Espesor}$ $R_{int} = 2 \times \text{Espesor}$	$R_{int} > 2 \times \text{Espesor}$

Tabla 27. Valor del radio interior

Para el plegado en estudio:

$$R_{int} = \frac{25}{6} = 4,2 [mm] \quad \rightarrow \quad \frac{R_{int}}{E} = \frac{4,2}{3,2} = 1,3$$

Ya que la relación se encuentra en la zona práctica de plegado, se puede proceder con el cálculo.



### 5) Fuerza necesaria para el plegado

Para determinar la fuerza o comúnmente llamado “tonelaje” de plegado, se utiliza la siguiente ecuación:

$$F = \frac{k \cdot E^2 \cdot \sigma \cdot L}{V}$$

$$k = 1 + \frac{4 \cdot E}{V}$$

Donde:

F= Fuerza de plegado [Ton]

E= Espesor de la chapa [mm]

V = Abertura de la V de la matriz [mm]

$\sigma$  = Resistencia mecánica de la chapa [Kgf/mm<sup>2</sup>]

L = longitud de plegado de la chapa [m]

K = Coeficiente de corrección

Entonces:

$$k = 1 + \frac{4 \cdot 3,2 [mm]}{V [mm]} = 1,51$$

$$\sigma_{SAE 1010} \approx 45 [Kgf/mm^2]$$

$$F = \frac{1,51 \cdot 3,2^2 \cdot 45 \cdot 0,4}{25} \rightarrow F = 11,1 [Ton]$$

Para verificar el resultado, se compara con la tabla para cálculos del tonelaje de plegado, ofrecidas por los fabricantes de equipos, la cual relaciona los principales parámetros:

V	D min	R	Espesor de chapa en mm / Thickness of sheet in mm																					
			0,5	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	12	15	18	20
6	4,5	1	3	7	11																			
8	6	1,3		5	8	12	17																	
10	7	1,7			7	10	15	22																
12	8,5	2				9	13	18	22															
16	11,5	2,7					6	9	13	17	26													
20	14,5	3,3						11	13	21	30													
25	18	4,2								17	24	33												
30	22	5								14	20	25	36											
32	23	5,4									18	23	34	42										
35	25	5,8										27	34	42										
40	29	6,7										24	30	37	54	73								
45	32	7,5											28	32	48	65	85							
50	36	8,3											23	28	40	55	72	90						
60	43	10												24	34	47	62	77	96					
70	50	11,5													30	41	54	68	84	120				
80	57	13,5													27	37	48	60	75	110				
90	64	15													24	33	43	54	67	98	150			
100	71	17															42	52	75	116	167			
130	93	22																	55	85	122	150		
180	130	30																		76	110	134		
200	145	33																				86	108	
250	180	42																						

Fuerza necesaria en toneladas para un metro de plegado. Chapa Rm=42 kg/mm2 (plegado al aire)

Tonnage necessary for bend one meter. Sheet Rm=420 N/mm2 (bending air)

Plegados recomendados  
Recommended bending

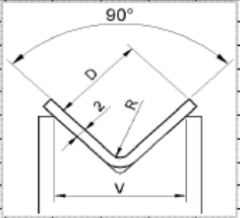


Tabla 28. Tabla de tonelaje de plegado

Interpolando entre los espesores de chapa de 3 y 3,5 [mm] se obtiene una fuerza necesaria de plegado de 28 [Ton/m]. Lo que significa que para 0,4[m] la fuerza necesaria será de 11,2 [Ton], lo cual corresponde con el cálculo realizado.

De esta manera se finaliza con el procedimiento de cálculo de la fuerza de plegado mínima del equipo a adquirir.

Es evidente, que para el plegado del chasis, será necesario utilizar el accionamiento hidráulico. Sin embargo, ya que se reduce a tan sólo 4 pliegues por cada salvaescaleras fabricado, no es justificable utilizar una plegadora hidráulica de gran envergadura. Es suficiente entonces, utilizar una plegadora manual con asistencia hidráulica.

En cuanto al resto de accesorios que requieren del plegado, principalmente coberturas metálicas, simplemente se puede cubrir la necesidad utilizando una plegadora manual.

Se procede ahora con la selección de la plegadora a adquirir para el conformado del chasis. Para ello, se optará por un tonelaje un 30% mayor al teórico calculado, según recomendaciones de los fabricantes.

Se establecen entonces los siguientes requerimientos:

1. Accionamiento: manual asistido hidráulicamente
2. Fuerza mínima: 15 [Ton]
3. Longitud de plegado: 500 [mm]
4. Profundidad de garganta: No menor a 30 [mm]
5. Recorrido: No menor a 25 [mm]
6. Preferentemente 1 sólo crique

Como se ha mencionado, el factor de utilización del equipo es muy bajo, por lo que debe ser de bajo costo de inversión, cuya amortización sea rápida, acorde al uso que se le da. Así mismo, con sus costos operativos y de mantenimiento.

Por otro lado, que se utilice poco el equipo, indica que este no debe ser necesariamente de gran capacidad productiva.

Previo a la selección de la plegadora, se han analizado diferentes alternativas, y no hay a disposición en el mercado, equipos que se adapten a la necesidad particular, la cual requiere gran espesor de plegado y poca longitud. Los equipos disponibles son de una envergadura injustificable para el proyecto.

Se ha hallado un fabricante de dobladoras manuales e hidráulicas, por lo que se opta por solicitar la fabricación a medida.

#### Equipo seleccionado

- Marca: Maquinarias Perman
- Modelo: MP-PH50-20
- Origen: Argentina
- Proveedor: Maquinarias Perman S.A.S
- Ubicación: Lules, Tucumán

Se ha seleccionado este equipo ya que el mismo será fabricado a medida por el proveedor. Cumpliendo de esta manera con todos los requisitos propuestos. Además se incorporarán sistemas de tope para la medición del ángulo a lograr.

<b>Costo total</b>	<b>\$450.000</b>
--------------------	------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 18 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$679 / Dólar Libre: \$738 / Dólar oficial: \$366

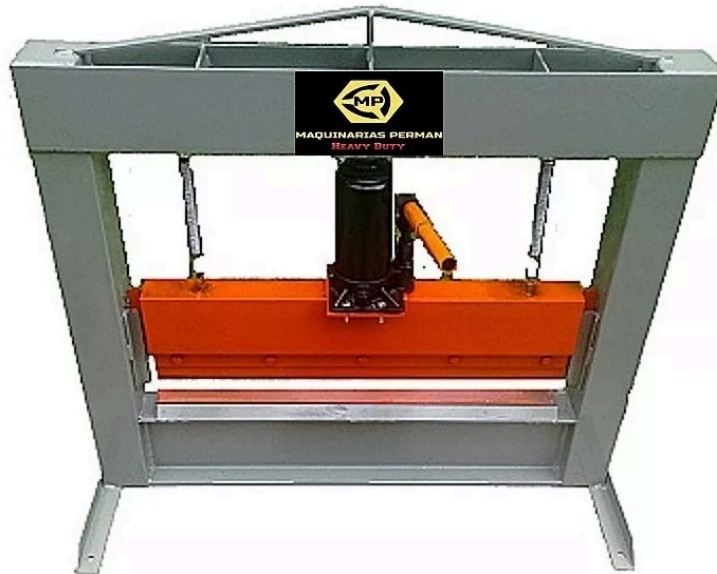


Figura 149. Plegadora MP-PH50-15



Figura 150. Plegadora MP-PH50-15

**Características:**

- 20 Toneladas
- Longitud de plegado 500 [mm]

- Apertura 40 [mm]
- Apta trabajo intensivo en 3,2 [mm]
- Estructura de acero de alta resistencia
- Cuchilla y matriz desmontables
- Crique desmontable

Se procede ahora con la selección de la plegadora a adquirir para el conformado de los accesorios y coberturas metálicas. Para ello, se considera el plegado de mayores solicitudes, es decir, el plegado de cobertura del guiador inferior.

Esta máquina si tendrá mayor utilización en cuanto a cantidad de plegados a realizar, por lo que debe ser de accionamiento manual, sencilla y rápida de utilizar, ya que no se requiere de gran precisión.

Se establecen entonces los siguientes requerimientos:

1. Accionamiento: manual
2. Espesor mínimo: 1 [mm]
3. Longitud de plegado: 400 [mm]
4. Profundidad de garganta: No menor a 60 [mm]
5. Recorrido: No menor a 15 [mm]
6. Preferentemente 1 sólo brazo de palanca

#### Equipo seleccionado

- Marca: RMG Argentina
- Modelo: RMG20010143
- Origen: Argentina

- Proveedor: RMG Argentina
- Ubicación: Capital Federal, Buenos Aires

<b>Costo total</b>	<b>\$366.000</b>
--------------------	------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 18 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$679 / Dólar Libre: \$738 / Dólar oficial: \$366



Figura 151. Plegadora RMG manual



Figura 152. Plegadora RMG manual

Características:

- Espesor máximo de plegado 1,6 [mm]
- Longitud de plegado 400 [mm]
- Apertura 20 [mm]
- Garganta 125 [mm]
- Ángulos hasta 30°
- Cuchilla y matriz desmontables

## 18.7 Equipo de pintura electrostática

La pintura electrostática es un recubrimiento en polvo de gran resistencia y durabilidad, conformado por una mezcla homogénea de pequeñas partículas de pigmentos, resinas y minerales. Este fino material se adhiere a las superficies a



pintar mediante el efecto de la electricidad estática, obteniendo un acabado uniforme y sellado hermético.

Entre sus múltiples ventajas podemos destacar que es amigable con el medio ambiente, ya que no requiere de solventes, facilita la recuperación de la pintura no utilizada evitando desperdicios, resiste mejor los cambios de temperatura, no se raya y es mucho más durable que cualquier pintura tradicional.

Este recubrimiento se aplica con una máquina de pintura en polvo, que mezcla aire con las partículas cargándolas eléctricamente. La pintura electrostática es atraída fuertemente hacia la superficie que se encuentra conectada a tierra. Posteriormente, se traslada a un horno de curado que funde las partículas y las adhiere de forma permanente a la superficie dando un acabado perfectamente liso.

### **18.7.1 Tratamiento previo**

El pretratamiento de las piezas a pintar, es el proceso previo a la aplicación de la pintura en polvo. Donde se lava la pieza y se acondiciona para evitar corrosión y asegurar el anclaje de la pintura electrostática. Este proceso es de vital importancia para asegurar la calidad de la pintura.

Para los diferentes tipos de metales y estándares de calidad a lograr existen diferentes métodos para realizar el pretratamiento, sin embargo cuando se debe pintar acero, el tratamiento previo mayormente utilizado es el lavado de las piezas con químicos conocidos como pretratamiento o 3 en 1.

Este químico pretratamiento es un producto con propiedades desengrasantes, desoxidantes y fosfatizantes. Es decir, se realizan 3 procedimientos utilizando el

mismo agente. Utilizado de acuerdo a las indicaciones asegura una limpieza inmejorable de superficies de hierro o acero galvanizado; eliminando la grasa o aceite y el óxido presente en cualquier tipo de piezas metálicas.

Por otro lado, forma una capa de fosfatos en las piezas que previene la formación de óxido, esto las deja las condiciones ideales para ser pintadas o sometidas a otros tratamientos.

#### MODO DE USO:

Diluir 1 parte del químico en hasta 10 a 40 partes de agua según su concentración.

#### APLICACIÓN:

- Se puede aplicar con pincel , trapo, inmersión o por pulverizador
- Dejar actuar unos minutos y trapear nuevamente la superficie para eliminar restos de sales o grasitud.
- Enjuagar con agua hasta que no queden restos del producto.
- Secar con un trapo o papel. Preferentemente de jean.
- Si es necesario repetir el proceso.
- Si la oxidación es muy profunda ayudar por métodos mecánicos de remoción.

Para realizar el pretratamiento de las partes previas a ser pintadas, se dispondrá de un espacio físico para ello, además se instalará una batea metálica con acceso a la red de agua y cloacas. No se utilizará inmersión para la limpieza, en lugar de ello se utilizará pulverizador para rociar la pieza y completando el lavado mediante trapos o cepillos dentro de la batea.

Para la fabricación de la batea metálica se utilizará chapa de acero galvanizado calibre 16 (1,6 [mm]), la cual debe resistir a la caída de objetos o golpes. Para la estructura resistente se utilizará tubo estructural 40x40x1,6[mm] y 30x30x1,6[mm].

Se muestra a continuación una esquematización de la batea de lavado de piezas:

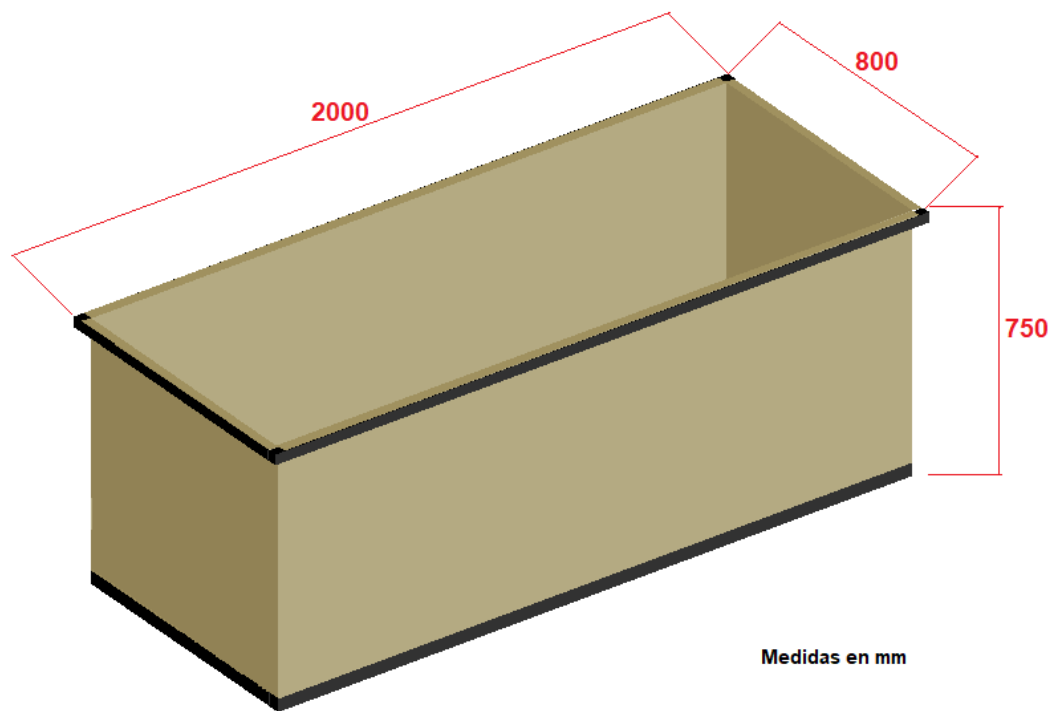


Figura 153. Batea de pretratamiento

<b>Costo estimado</b>	<b>\$327.900</b>
-----------------------	------------------

### 18.7.2 Equipo de aplicación

El principal factor a determinar en cuanto al equipo con el cual se aplicará la pintura en polvo es la capacidad del depósito.

El tamaño del depósito de pintura dependerá del área a cubrir y de la vida de la pintura. Es necesario calcular, cuántos metros cuadrados de superficie se deberán pintar para saber cuánta pintura es necesaria. Para este proyecto, se tomará como referencia el pintado de tres salvaescaleras completos, a fin de no detener el proceso de pintura ni sobredimensionar innecesariamente el depósito.

Por otro lado se debe considerar la eficiencia de transporte de pintura, es decir, que porcentaje de la pintura aplicada se adhiere a la superficie, y el espesor de capa requerido.

Para el pintado de un salvaescaleras promedio de 16 escalones, y considerando además otros accesorios, es necesario cubrir aproximadamente 10[m<sup>2</sup>] de superficie, con un espesor de capa promedio de 150 [μm]. En cuanto al proceso, se considerará un 85% de eficiencia de adherencia.

El consumo total estará dado por:

$$C_{total}[kg] = \frac{e[m]*\rho[kg/m^3]}{0,85} * S [m^2]$$

Donde:

e: Espesor de capa

ρ: Peso específico de la pintura

S: Superficie a cubrir

Entonces:

$$C_{total}[kg] = \frac{0,00015[m]*1500[kg/m^3]}{0,85} * 30 [m^2]$$

$$C_{total} = 8[kg] \text{ Consumo total de pintura para 3 salvaescaleras}$$

Teniendo la capacidad mínima del depósito, se procede a seleccionar el dispositivo aplicador del catálogo ofrecido por el fabricante:

Equipo seleccionado

- Marca: Electricolor
- Modelo: EC 40-200D
- Origen: Argentina
- Proveedor: Electricolor Ingeniería
- Ubicación: San Francisco, Córdoba

Se incorpora además, una tolva (depósito) extra para el cambio rápido de color. De esta manera se puede pintar el salvaescaleras en dos tonos diferentes de color simplemente reemplazando la tolva.

<b>Costo total</b>	<b>\$1.895.150</b>
--------------------	--------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 19 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$681 / Dólar Libre: \$740 / Dólar oficial: \$366



Figura 154. Equipo electrostático EC-40-200D



Figura 155. Equipo electrostático EC-40-200D

Datos Técnicos
*Voltaje regulable de 0 a 100 KV (reales) con indicador display 7 segmentos x 3 dígitos.
*Funciones digitales de pintar , repintar , bordes , pulsos
*Alimentación 220/50 Hz.
*Consumo 130W
*Polaridad de pistola (-)
*Cable de pistola de alta duración, ultra flexible
*4 reguladores de presión con manómetro (2 para válvula venturi, 1 para atomizador y 1 para fluidificador).
*Tolva con capacidad para 30 kg de pintura con membrana micro-porosa vulcanizada para la tarea de fluidificación tapa y base de acero inoxidable (3 cuerpos).
*Posee filtro de aire de línea con manómetro (FRL).
*Inyección máxima de polvo 600g/min
*Consumo máximo de aire comprimido 13,2 m <sup>3</sup> /h
*Máxima presión de alimentación de aire 7Kg/cm <sup>2</sup>
*Peso de pistola 500 gramos

Figura 156. Características EC-40-200D

### 18.7.3 Cabina de pintura

Para la selección de la cabina de pintura, el principal aspecto a tener en cuenta son sus dimensiones. Para el pintado del salvaescaleras se debe considerar el pintado del riel, el cual representa el componente de mayores dimensiones.

El riel del salvaescaleras está conformado por diferentes tramos o secciones. La mayor longitud de cada tramo será de 2 [m].

Existen diferentes tipos de cabinas de pintura, en las cuales el operario ingresa o pinta desde el exterior, según las dimensiones de la misma. En este caso, las

dimensiones requeridas de la cabina de pintura, son de tamaño medio. Se adopta un tipo de cabina abierta, en la cual el operario pinta desde el exterior (Batch).

El mismo proveedor del equipo de pintura electrostática escogido, ofrece una cabina en conjunto, con sistema de aspiración y recuperación incorporado. La ventaja de esta configuración es que sus componentes ya han sido calculados y seleccionados a medida de la cabina y del equipo de pintado, lo que asegura un rendimiento óptimo del proceso.

Otro aspecto importante a la hora de determinar la cabina a utilizar es el tipo de aspiración y recuperación adoptada. Como regla general, en procesos completamente automatizados y de grandes capacidades de producción es aconsejable la utilización de ciclones para la recuperación del polvo. En cambio, en procesos de producción intermitentes y de capacidades menores, es suficiente la utilización de filtros intercambiables. El sistema de recuperación de pintura en una cabina tipo Batch con filtros se compone de un ventilador centrífugo de gran potencia, que succiona el aire de la cabina a filtros primarios, donde se captura el material que no se adhirió a la superficie para posteriormente pasar a filtros secundarios y regresar a la pistola de aplicación.

Además del aspecto económico a favor de los filtros, se debe mencionar que cuando se requieren cambios constantes de color, es indispensable la utilización de estos. Simplemente reemplazando el filtro es posible continuar pintando con otro color, sin necesidad de realizar el lavado de un ciclón de recuperación.

#### Equipo seleccionado

- Marca: Electricolor



- Modelo: 2,44x1,5x1,22 [m]
- Aspiración y recuperación: Filtros intercambiables
- Origen: Argentina
- Proveedor: Electricolor Ingeniería
- Ubicación: San Francisco, Córdoba

Se incorporan además, cuatro filtros modelo M1000 para el cambio de color. De esta manera se puede pintar en cuatro tonos diferentes de color reemplazando el filtro.

Opcionalmente, se puede dejar una abertura en la cabina de pintura, con el objetivo de poder pintar, ocasionalmente, tramos de riel con mayor longitud.

<b>Costo total</b>	<b>\$3.634.840</b>
--------------------	--------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 19 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$681 / Dólar Libre: \$740 / Dólar oficial: \$366

Se muestra a continuación una esquematización, a modo ilustrativo, de la cabina de pintura adoptada:

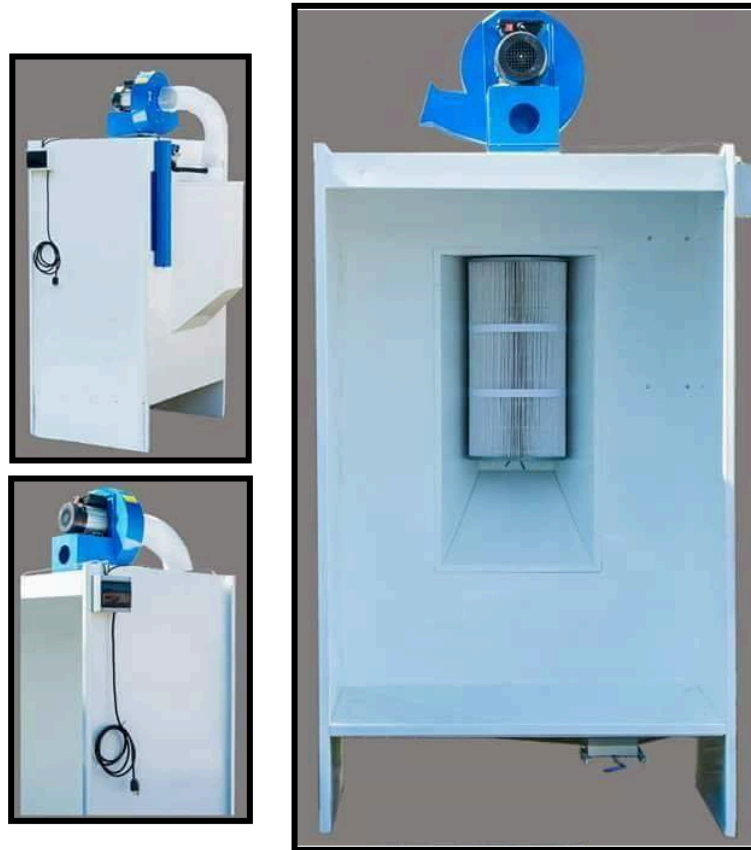


Figura 157. Cabina de pintura

Características:

- Medidas: 2,44 x 1,5 x 1,22 [m]
- Tablero de control y protección
- Recuperación autolimpiante con filtro intercambiable M1000
- Motor de aspiración de 2 [hp]
- Chapa pintada o galvanizada

#### 18.7.4 Horno de curado

El horno de curado es el paso final en el proceso de pintura electrostática. Para obtener una buena nivelación de la pintura es fundamental que la pintura en polvo

alcance rápidamente la temperatura de fundido (170 a 210°C) dentro del horno, aproximadamente durante 20 minutos.

Al elegirse un horno de secado, deben considerarse las necesidades de la industria, así como las horas de uso que tendrá y el rango de temperatura y de ajustes que se necesitarán en el trabajo diario, así como en las necesidades de circulación de aire y el tipo de producción para saber si se elegirá un horno manual, conocido como de tipo batch, o se requerirá uno de producción continua.

Para el secado de productos se puede utilizar hornos de convección natural o forzada, hornos de gas, hornos eléctricos o de secado por radiación, en los que no se requiere la circulación de aire.

Los hornos de curado de tipo batch se utilizan para capacidades productivas menores, en las que el producto se lleva al horno para alcanzar una temperatura y posteriormente se abre la puerta para retirar el producto. Estos hornos tienen la característica de no poder trabajar de forma continua, por ello es que se utilizan para producciones relativamente pequeñas, pero con un costo de inversión y operativo bajo, manteniendo muy buena calidad de los acabados. Este tipo de horno es el adecuado y por lo tanto el adoptado para el presente proyecto.

La firma “Electricolor Ingeniería”, de la cual se ha seleccionado el equipo aplicador y la cabina de recuperación, ofrece 3 modelos estándar de hornos de este tipo. Se adopta el modelo de dimensiones 2x2x2[m].

#### **18.7.4.1 Transferencia de calor total**

Para seleccionar el horno adecuado, se debe tener en cuenta el calor necesario para el curado de los productos pintados. Este calor no sólo dependerá de la masa de dicho producto, sino que se debe tener en cuenta:

1. Calor necesario para calentar el producto
2. Calor necesario para calentar el aire interno
3. Calor necesario para calentar el aire de infiltración
4. Calor necesario para calentar la estructura del horno
5. Pérdidas de calor

### Calor para calentar el producto

El calor necesario dependerá de la masa de los productos a calentar. Se considerará un salvaescaleras promedio de 6 metros de recorrido. Se tendrá en cuenta además, la masa del carro de transporte de productos, el cual es ingresado en el horno:

$$m_{salvaescaleras} = m_{riel} + m_{chasis} = 50 [kg] + 25[kg] = 75 [kg]$$

$$m_{carro} = 40 [kg]$$

$$m_{productos} = 75 [kg] + 40 [kg] = 115[kg]$$

La transferencia de calor ( $q_{prod}$ ) estará dada por:

$$q_{prod} = m'_p * C * \Delta T$$

Donde:

$m'_p$  : Flujo másico de productos

$C$ : Calor específico acero SAE 1010

$\Delta T$ : Diferencia entre temperatura de curado y temperatura ambiente

Se considerará un flujo másico de 1 producto por hora (30/40[*min*] de curva + 20[*min*] de curado), y una temperatura ambiente de 15 [°C]. Por lo tanto:

$$q_{prod} = 115[kg/hora] * 468[J/kgK] * (473 [K] - 288 [K])$$

$$q_{prod} = 9957 [kJ/hora] = 2,77 [kW]$$

### Calor para calentar el aire interno

El calor necesario dependerá de la masa de aire a calentar y de su temperatura inicial. Para ello será necesario obtener el volumen y densidad de aire:

$$V_{horno} = 2 * 2 * 2 [m^3] = 8 [m^3]$$

$$\delta_{aire} = 1,225[kg/m^3] \text{ (a } 15^\circ C)$$

Masa de aire a calentar:

$$m_{aire} = V_{horno} * \delta_{aire} = 8[m^3] * 1,225[kg/m^3] = 9,8[kg]$$

El calor necesario se obtiene de la misma manera que en el caso anterior, teniendo en cuenta un flujo másico de 1 volumen de aire por hora, y una temperatura ambiente de 15 [°C]. Por lo tanto:

$$q_{aire} = m'_{aire} * C * \Delta T$$

$$q_{aire} = 9,8[kg/hora] * 1,01[J/kgK] * (473 [K] - 288 [K])$$

$$q_{aire} = 1,83 [kJ/hora] = 0,05 [kW]$$

### Calor para calentar el aire de infiltración

El aire de infiltración es principalmente aquel que ingresa a temperatura ambiente cuando se abren las puertas, o por los intersticios de las puertas y el aislamiento. Su valor dependerá de cómo se lleve a cabo el proceso de curado por parte del pintor.

Para estimar este valor, debido al bajo volumen del horno, el fabricante ha recomendado duplicar el calor calculado para calentar el volumen de aire interior del mismo.

Por lo tanto:

$$q_{\text{aire inf}} = 1,83 * 2 \text{ [kJ/hora]} = 0,05 * 2 \text{ [kW]} = 0,1 \text{ [kW]}$$

### Calor para calentar la estructura del horno

Para determinar este calor, se tendrá en cuenta la masa de la chapa interior que compone la estructura del horno. Se consideran 6 chapas C22 (0,7 [mm]) de acero (2 laterales, inferior, posterior, techo y puerta)

$$\text{Área}_{\text{chapa}} = 2 \times 2 \text{ [m}^2\text{]} * 6 = 24 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$m_{\text{chapa}} = \text{Área}_{\text{chapa}} * \text{peso/m}^2 = 24 \text{ [m}^2\text{]} * 6 \text{ [kg/m}^2\text{]} = 144 \text{ [kg]}$$

La transferencia de calor ( $q_{\text{chapa}}$ ) estará dada por:

$$q_{\text{chapa}} = m'_{\text{chapa}} * C * \Delta T$$

Donde:

$m'_{\text{chapa}}$ : Flujo másico de calor

C: Calor específico acero SAE 1010

$\Delta T$ : Diferencia entre temperatura de curado y temperatura ambiente

Entonces:

$$q_{\text{chapa}} = 144 \text{ [kg/hora]} * 468 \text{ [J/kgK]} * (473 \text{ [K]} - 288 \text{ [K]})$$

$$q_{\text{chapa}} = 12468 \text{ [kJ/hora]} = 3,46 \text{ [kW]}$$

Finalmente la transferencia de calor total, será la suma de cada uno de los calores transferidos intervinientes. Además, se incrementará el resultado en un 30% para considerar las pérdidas.

$$q_{curado} = (2,77[kW] + 0,05[kW] + 0,1[kW] + 3,46 [kW]) * 1,3$$

$$q_{curado} = 29858 [kJ/hora] = 8,3 [kW]$$

Equipo seleccionado

- Marca: Electricolor
- Modelo: 2x2x2[m]
- Tipo: Llama directa
- Origen: Argentina
- Proveedor: Electricolor Ingeniería
- Ubicación: San Francisco, Córdoba

<b>Costo total</b>	<b>\$4.967.050</b>
--------------------	--------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 19 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$681 / Dólar Libre: \$740 / Dólar oficial: \$366



Figura 158. Horno de curado

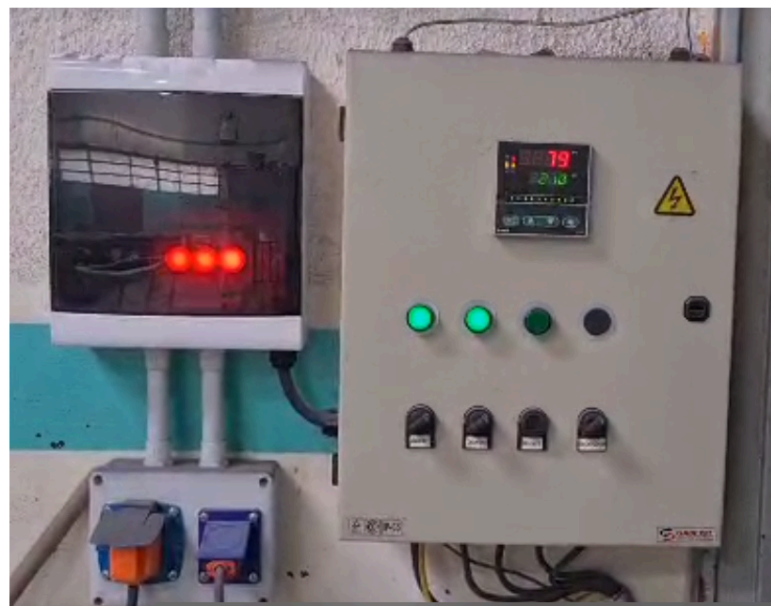


Figura 159. Automatización horno de curado





Figura 160. Sistema llama directa

Características:

- Medidas: 2 x 2 x 2 [m]
- Doble mechero tipo vela
- Control automático digitalizado de temperatura
- Doble rampa de calentamiento, alto y bajo fuego
- Encendido electrónico
- Doble válvula de seguridad y termocupla
- Regulador de presión
- Inyección de aire comprimido para corrección de llama
- Aislante de lana de roca
- Espesor de pared de 50/100 [mm]
- Cubierta de chapa galvanizada

#### 18.7.4.2 Consumo de gas estimado

Ya que el equipo seleccionado funciona con gas envasado, es importante determinar el flujo estimado de envases. Para esto se tendrá en cuenta el calor necesario de curado y el poder calorífico inferior del gas envasado de la firma "YPF".

Como se ha considerado un salvaescaleras curado por hora, el calor calculado anteriormente en 18.7.4.1 representa el calor necesario para el curado de cada unidad producida.

$$q_{\text{curado}} = 29858 \text{ [kJ/hora]} = 29858 \text{ [kJ/unidad]} = 7143 \text{ [kcal/unidad]}$$

$$P_{\text{calorífico GAS}} = 11000 \text{ [kcal/kg]}$$

Se pueden obtener los kilogramos requeridos de gas para el curado de cada salvaescaleras:

$$\text{CONSUMO DE GAS} = \frac{q_{\text{curado}}}{P_{\text{calorífico GAS}}} = \frac{7143 \text{ [kcal/unidad]}}{11000 \text{ [kcal/kg]}} = 0,65 \text{ [kg/unidad]}$$

Teniendo en cuenta que se utilizará un cilindro de 45[kg] como principal, y una garrafa de 10[kg] como respaldo de este, se puede obtener la cantidad de unidades curadas con cada cilindro:

$$\text{Unidades curadas} = \frac{45 \text{ [kg]}}{0,65 \text{ [kg/unidad]}} = 69 \text{ salvaescaleras}$$

Esto quiere decir, que a una capacidad plena de producción de 10 salvaescaleras mensuales, se deberá reemplazar el cilindro de gas cada 7 meses.

### **18.7.5 Transporte de productos**

Para desplazar las piezas pintadas desde la cabina de pintura hacia el horno, se fabricará un carro portante con las dimensiones interiores del horno. Las piezas pintadas se irán colgando cuidadosamente en la estructura, y una vez pintadas todas, se ingresa el carro con todas ellas dentro del horno. Las medidas externas aproximadas del carro serán de 1,6x1,6 x1,6[m], determinado por el horno.

Una ventaja de este sistema, es que las piezas de menor porte pueden ser apoyadas sobre la parte inferior del carro, donde las temperaturas del horno son menores. Esto es necesario ya que tenderán a adquirir su temperatura de curado de manera más rápida que aquellas de mayor masa, pudiendo sobrecalentarse si se las deja en la parte superior del horno.

Para la estructura del carro se utiliza tubo estructural 30x30x1,6 [mm], con un zarzo metálico de tubo estructural 10x20x1,6 [mm], del cual se cuelgan las piezas por medio de ganchos. Las ruedas de soporte deberán ser metálicas, a fin de no sufrir ante las temperaturas del horno.

Se muestra a continuación un croquis de la estructura móvil con la cual se ingresan las piezas a secar dentro del horno:

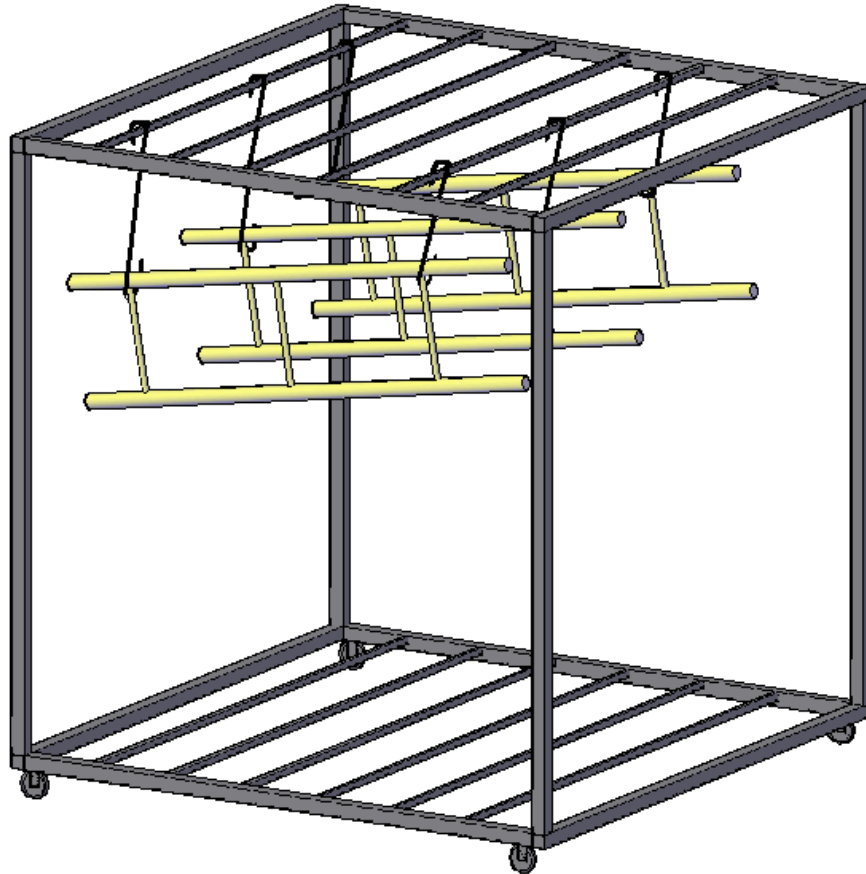


Figura 161. Carro de transporte

<b>Costo total</b>	<b>\$174.600</b>
--------------------	------------------

## 18.8 Roladora de tubos

Para el curvado de los rieles del salvaescaleras, se utilizará una roladora de tubos. Esta máquina se compone de tres conformadores que ejercen fuerza sobre el tubo a curvar, y por medio del giro de uno de ellos, se curva el tubo en la longitud y radio necesario.

Las roladoras de tubos de 3 conformadores se caracterizan por el tipo de accionamiento del eje, tanto al girar como al presionar el tubo.

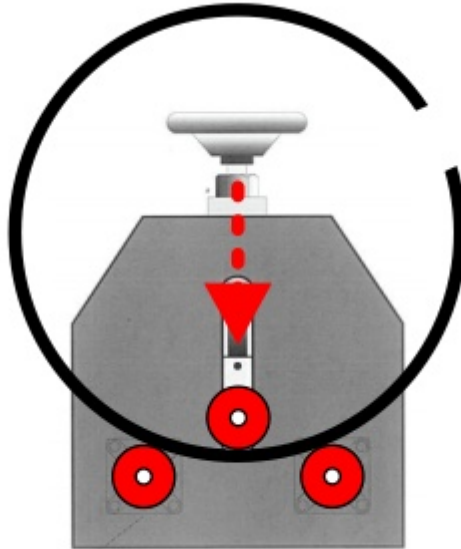


Figura 162. Diagrama roladora de 3 rodillos

El eje móvil de fuerza, puede ser accionado manualmente mediante un tornillo sinfín y una palanca, o mediante una central y un pistón hidráulico.

Por otro lado, para hacer girar el rodillo y traccionar sobre el tubo, existe también la opción manual o mediante un motorreductor eléctrico.

Cuando se trata de potencias de curvado similares a las necesarias para el presente proyecto, el giro del rodillo de tracción debe ser necesariamente mediante el motorreductor. En cuanto al eje de fuerza este puede optarse manual o hidráulico.

Se muestran a continuación una roladora de tubos de tracción a motorreductor, y de fuerza manual, y otra de fuerza hidráulica:

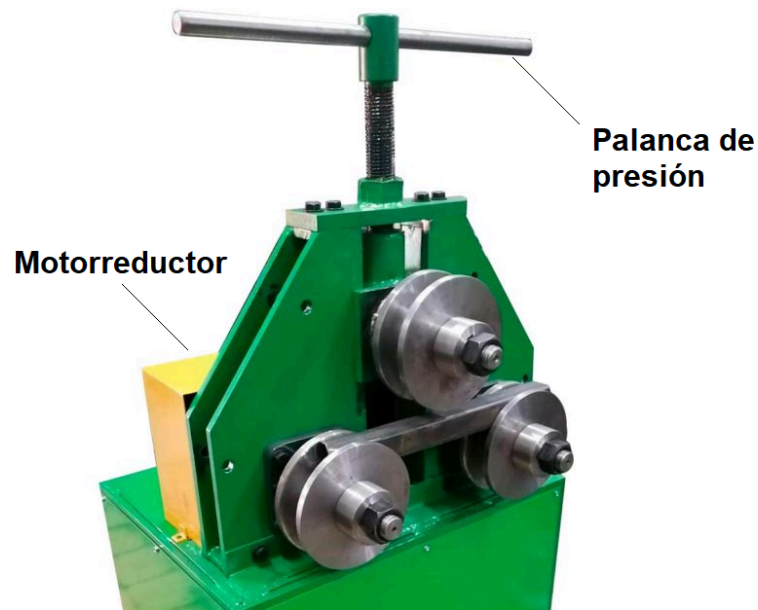


Figura 163. Roladora manual

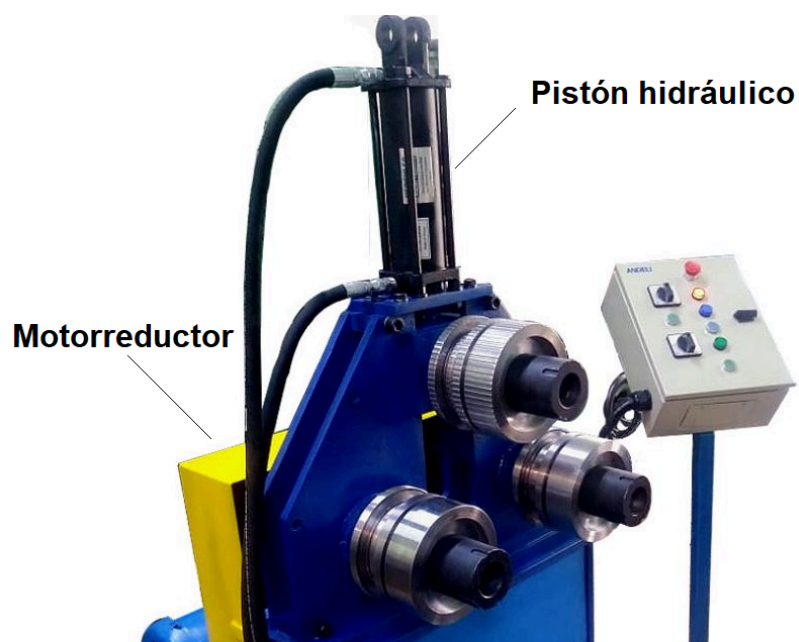


Figura 164. Roladora hidráulica

Para la selección del equipo se utilizará el catálogo de la firma “Rubinter Máquinas y Herramientas S.R.L.”. Este proveedor posee los equipos en stock, por lo que se evitan trámites y tiempos de importación, los cuales en el resto de los casos eran inevitables.

En cuanto al requisito principal, la máquina se seleccionará tal que sea capaz de curvar tubo estructural redondo de 42,4x2,9[mm].

Equipo seleccionado

- Marca: **ADER**
- Modelo: **HBM-50HV**
- Tipo de accionamiento: Manual/motorreductor
- Origen: Taiwán
- Proveedor: Rubinter S.R.L.
- Ubicación: San Justo, Buenos Aires

<b>Costo total</b>	<b>\$6.837.000</b>
--------------------	--------------------

Tipo de cambio dólar-peso del día 20 de septiembre de 2023.

Dólar MEP: \$681 / Dólar Libre: \$740 / Dólar oficial: \$366



Figura 165. Roladora HBM-50HV



Figura 166. Roladora HBM-50HV



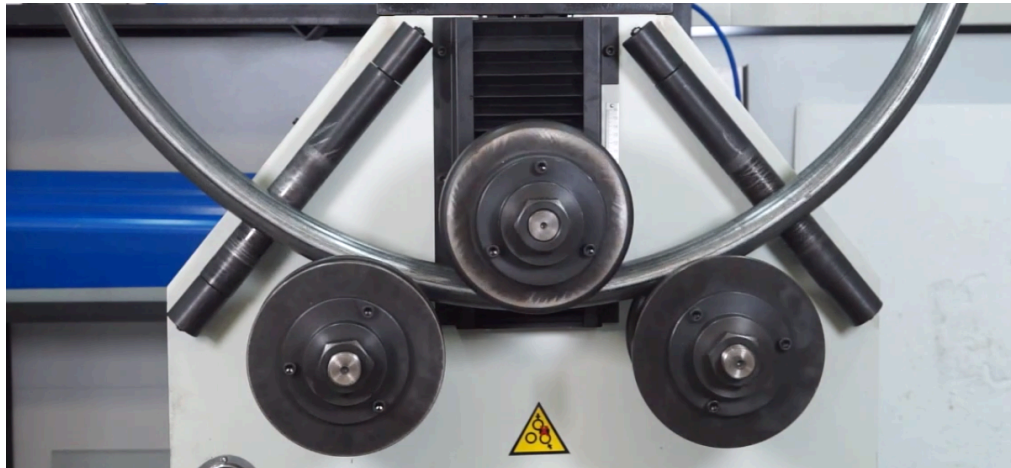


Figura 167. Roladora HBM-50HV

## Datos técnicos

Diámetro de los rodillos	50 mm
Potencia del motor	2,2 KW
Velocidad de los ejes	13 rpm
Dimensiones	1500x950x1340 mm
Peso	647 kg

Figura 168. Características HBM-50HV












Item No.	391003		391004		391011		391022		391023	
Model	RBM40HV		RBM50		RBM50HV		HRBM40HV		HRBM50HV	
Dia. of roller(mm)	Φ40		Φ50		Φ40		Φ40		Φ50	
Power	1.5kW/2HP		2.2kW/3HP		1.5kW/2HP		1.5kW/2HP		2.2kW/3HP	
Spindle speed	9.3 r/min		13 r/min		9.3r/min		9.3r/min		13r/min	
Packing size (cm)	140x95x134		100x82x155		134x93x185		134x93x185		150x95x134	
N.W./G.W. (kg)	425/495		450/582		450/582		490/586		515/647	
Capacity	Size(mm)	Min Dia.(mm)	Size(mm)	Min Dia.(mm)	Size(mm)	Min Dia.(mm)	Size(mm)	Min Dia.(mm)	Size(mm)	Min Dia.(mm)
	50x10 20x6	600 800	60x10 40x10	500 650	50x10 20x6	600 800	60x10 40x10	500 650	60x10 40x10	500 650
	60x20 30x6	800 1250	100x15 60x10	820 1150	60x20 30x6	800 1250	100x15 60x10	820 1150	100x15 60x10	820 1150
	30x30 10x10	650 1100	35x35 20x20	600 780	30x30 10x10	650 1100	35x35 20x20	600 780	35x35 20x20	600 780
	50x6 30x3	600 500	60x7 50x5	750 500	50x6 30x3	600 500	60x7 50x5	750 500	60x7 50x5	750 500
	50x6 30x3	600 500	60x7 50x5	750 700	50x6 30x3	600 500	60x7 50x5	750 700	60x7 50x5	750 700
	60x40x6 30x15x4	600 900	80x45x6 65x40x5	600 550	60x40x6 30x15x4	600 900	80x45x6 65x40x5	600 550	80x45x6 65x40x5	600 550
	60x40x6 30x15x4	600 900	80x45x6 65x40x5	650 550	60x40x6 30x15x4	600 900	80x45x6 65x40x5	650 550	80x45x6 65x40x5	650 550
	50x5 30x4	500 500	60x5 50x5	500 500	50x5 30x4	500 500	60x5 50x5	500 500	60x5 50x5	500 500
	50x5 30x4	500 500	60x5 50x5	700 700	50x5 30x4	500 500	60x5 50x5	700 700	60x5 50x5	700 700
	∅30 ∅10	650 1100	∅35 ∅30	600 650	∅30 ∅10	650 1100	∅35 ∅30	600 650	∅35 ∅30	600 650
	50x50x2.5 30x30x2	700 800	60x60x3 40x40x3	600 500	50x50x2.5 30x30x2	700 800	60x60x3 40x40x3	600 500	60x60x3 40x40x3	600 500
	50x25x2.5 40x20x2	800 1000	70x50x3 50x40x3	1200 800	50x25x2.5 40x20x2	800 1000	70x50x3 50x40x3	1200 800	70x50x3 50x40x3	1200 800

Figura 169. Parámetros de plegado HBM-50HV

Model	RBM40HV		RBM50/RBM50HV		HRBM40HV		HRBM50HV	
Profile	Size(mm)	Min Dia.(mm)	Size(mm)	Min Dia.(mm)	Size(mm)	Min Dia.(mm)	Size(mm)	Min Dia.(mm)
	30x2 35x2 40x2 45x2 50x2 55x2 60x2 65x2 70x2	700	30x2 35x2 40x2 45x2 50x2 55x2 60x2 65x2 70x2	600	30x2 35x2 40x2 45x2 50x2 55x2 60x2 65x2 70x2	700	30x2 35x2 40x2 45x2 50x2 55x2 60x2 65x2 70x2	600

Figura 170. Parámetros de plegado HBM-50HV

Como se puede observar, el equipo cumple con los requisitos, ya que se puede curvar caño redondo de hasta 70x2 [mm] de espesor, con un radio mínimo de 600[mm].

## 18.9 Dobladora de tubos

Para el curvado de la estructura que conforma el asiento y el respaldo del salvaescaleras, se utilizará una dobladora de tubos. La estructura está conformada por tubo estructural de 15x30x2[mm].

Existen diferentes tipos de dobladoras de caños, según el radio de curvado, el material a trabajar, y el grado de automatización que se requiera.

En este caso, ya que el tubo a doblar es de dimensiones relativamente pequeñas, y se requieren tan sólo 4 curvados para la fabricación de cada salvaescaleras, se utilizará una dobladora manual. Esta será siempre utilizada para el mismo radio y el mismo tubo, por lo que puede ser solicitada específicamente con las características necesarias.

La dobladora a utilizar se compone de una matriz fija que genera el radio de doblado, y una coliza giratoria que dobla y evita la deformación transversal del tubo. Comúnmente se conoce a la matriz y coliza como “conformadores”.



Figura 171. Dobladora de tubos manual

### Equipo seleccionado

- Marca: **Morano**
- Modelo: **MDC-2**
- Tipo de accionamiento: Manual
- Origen: Argentina
- Proveedor: Morano Máquinas y Herramientas
- Ubicación: Ezeiza, Buenos Aires

Se ha incorporado al costo, un juego de 7 conformadores de distintas medidas, además del necesario para el tubo estructural 15x30x2[mm]. Esto es para posibles necesidades de curvado de otras medidas de tubo.

<b>Costo total</b>	<b>\$430.000</b>
--------------------	------------------



Figura 172. Dobladora de tubos MDC-2



Figura 173. Dobladora de tubos MDC-2



Figura 174. Juego de conformadores MDC-2

## 18.10 Mecanizado en torno

El torno paralelo es una máquina herramienta que permite transformar un sólido cualquiera en una pieza o cuerpo bien definido en cuanto a su forma y dimensiones. Para ello, hace girar dicho sólido alrededor del eje de simetría de la forma buscada y arranca material en forma de viruta y periféricamente.

Las únicas piezas de acero del salvaescaleras que requieren mecanizado son el eje de transmisión y el eje del guía superior, los cuales necesitan de un mínimo trabajo. En cuanto al resto de componentes que pueden requerir el mecanizado, se trata de materiales plásticos.

Si bien el trabajo de mecanizado podría ser realizado por un operario especializado, debido a la baja cantidad de piezas a mecanizar, los tiempos improductivos serían muy elevados, y la amortización del equipo sería a muy largo plazo.

Por lo mencionado anteriormente, se opta por tercerizar el trabajo de mecanizado. Se tendrá en cuenta entonces, en el costo de componentes, el costo de fabricación de estas piezas. Además, se prevé la futura incorporación del torno al esquema productivo, por lo que se dispondrá de un espacio físico destinado a esto en el layout.

## 18.11 Otros equipamientos

### 18.11.1 Mesa de soldadura

Para el armado del riel, se incorpora una mesa de soldadura de mayores dimensiones a la existente en el equipamiento disponible actualmente.

#### Equipo seleccionado

- Marca: **SONAXING**
- Modelo: **Weld Block 1000x1500x3,2mm**
- Material: SAE 1010
- Origen: Argentina
- Proveedor: Sonax Ingeniería
- Ubicación: San Miguel, Buenos Aires

Se incorpora al costo, la estructura portante inferior, metálica de tubo estructural 40x40x2[mm].



<b>Costo total</b>	<b>\$573.500</b>
--------------------	------------------

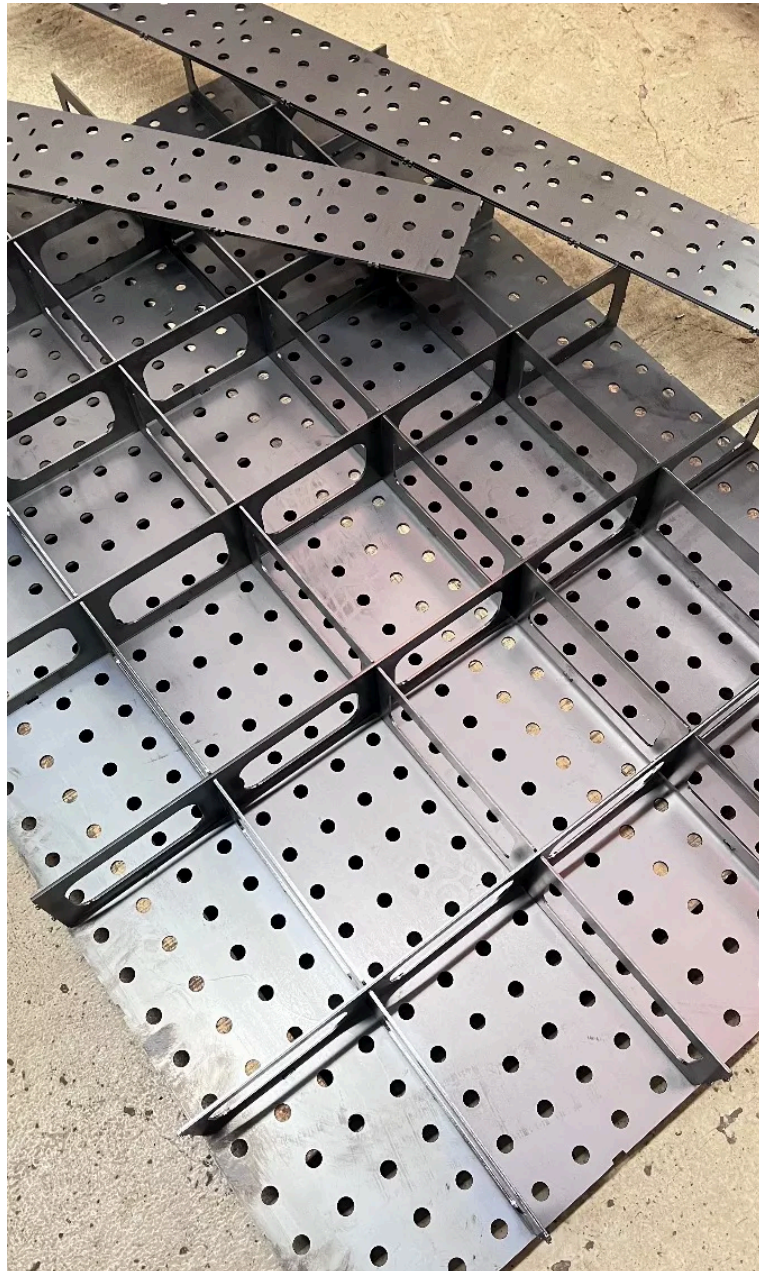


Figura 175. Mesa de soldadura SONAXING





Figura 176. Mesa de soldadura SONAXING

### 18.11.2 Carretillas de transporte

Para el transporte de mercadería de peso o dimensiones elevadas, se incorpora un carro de carga tipo plancha, el cual se utilizará principalmente para el transporte de láminas o placas metálicas hacia el sector de corte plasma.

#### Equipo seleccionado

- Marca: Fabricación propia
- Modelo: **Carro plancha**
- Capacidad: 600 [kg]
- Proveedor: Metalúrgica Pasgal

- Ubicación: Paraná, Entre Ríos

<b>Costo de materiales</b>	<b>\$95.000</b>
----------------------------	-----------------



Figura 177. Carro de transporte de placas

Se incorporan además, 2 carros porta herramientas para transporte de partes y componentes. Principalmente es necesario cuando en una máquina en particular se producen varias piezas en serie y luego se almacenan. Además, pueden ser utilizados para el transporte de componentes de mayor peso como ser el motor o las baterías.

Equipo seleccionado

- Marca: **Lusqtoff**
- Modelo: **TC 1350**
- Tipo: 3 estantes
- Origen: Argentina
- Proveedor: AB DISTRIBUIDORA, Mercado Libre
- Ubicación: San Martín, Buenos Aires

<b>Costo total (2)</b>	<b>\$124.200</b>
------------------------	------------------



Figura 178. Carro porta herramientas TC 1350



Figura 179. Características TC 1350

### 18.11.3 Almacenamiento cantilever

Este tipo de almacén está diseñado para materiales pesados o ligeros y de gran longitud, se caracteriza por una estructura simple compuesta con perfiles de acero con brazos o ménsulas para tener un buen soporte.



Figura 180. Estanterías cantilever tipo

En lugar de adquirirlo comercialmente, se tendrá en cuenta aquí el costo de materiales para la fabricación de la misma. De esta manera, se diseña a medida de la necesidad del proyecto.

Se muestra a continuación el modelo aproximado:

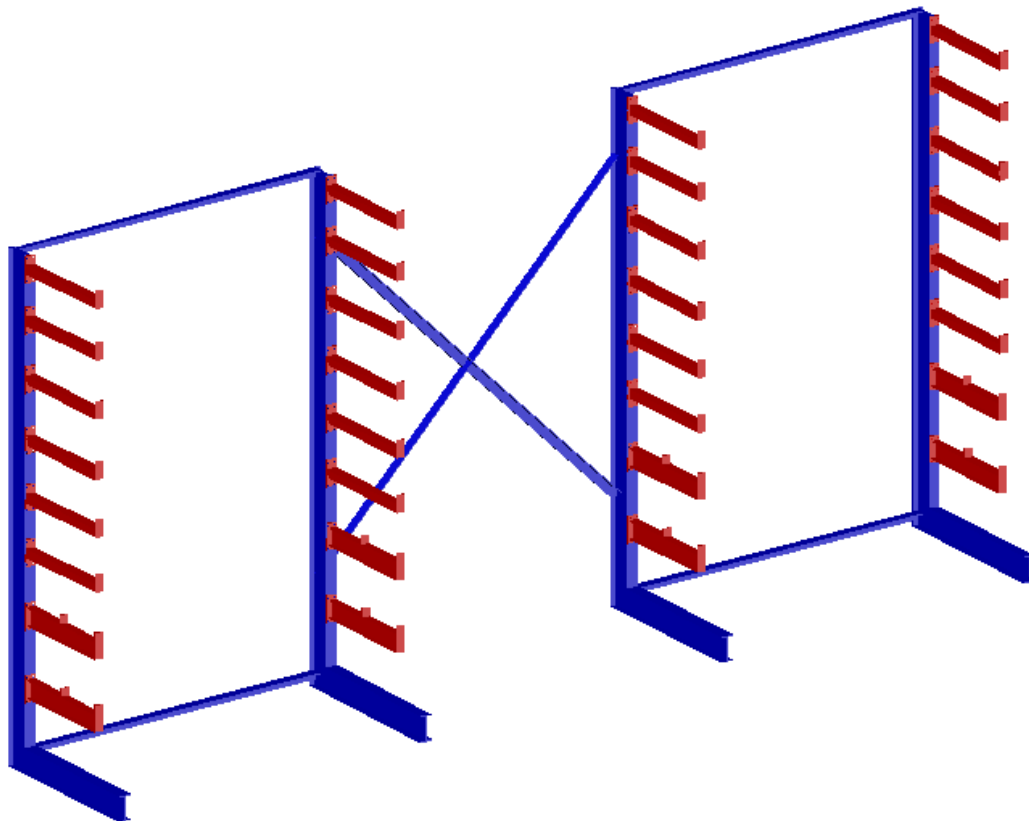


Figura 181. Estanterías cantilever a medida

La altura total del almacén se adopta de 3 [m], mientras que el ancho se establece de 5,5 [m], pudiendo de esta manera contener barras de material de 6[m].

Para esta estructura se utilizan perfiles IPN 120 para las estructuras en "L". Para fijar las ménsulas se realizan agujeros y se abulona sobre la cara del perfil, de esta manera se puede regular en altura según la necesidad.

En cuanto a los brazos o ménsulas, las inferiores se realizan de perfil IPN 80, ya que en general son utilizadas para los materiales de mayor peso por metro. Para las ménsulas superiores se utiliza ángulo de hierro de 63,5x4,8[mm].

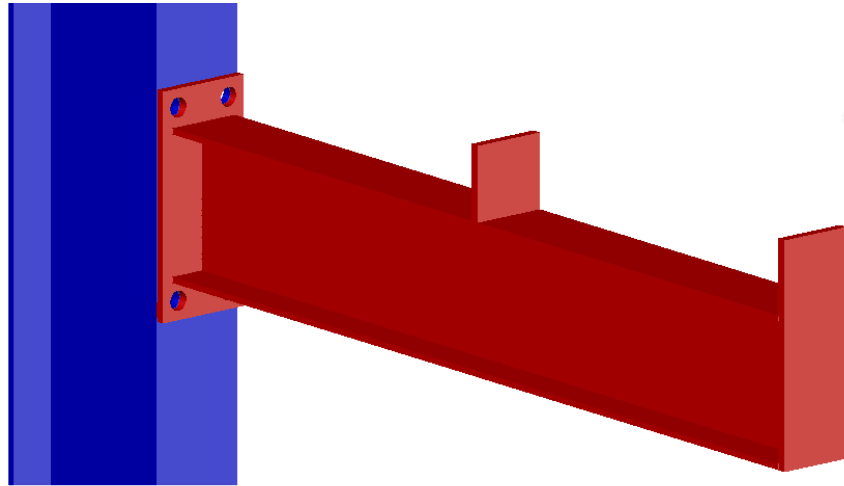


Figura 182. Ménsulas inferiores

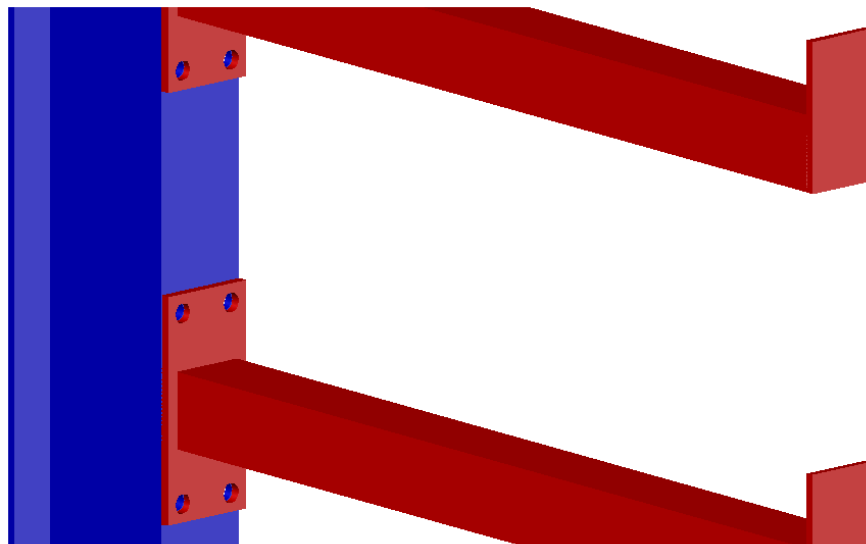


Figura 183. Ménsulas superiores

#### Equipo seleccionado

- Marca: Fabricación propia

- Modelo: **3000x5500[mm]**
- Tipo: Cantilever
- Proveedor: Metalúrgica Pasgal
- Ubicación: Paraná, Entre Ríos

<b>Costo de materiales</b>	<b>\$920.000</b>
----------------------------	------------------

#### **18.11.4 Pórtico grúa**

Ya que para el proyecto no se cuenta con el espacio físico ya disponible, y por lo tanto no se conocen sus características, en lugar de utilizar un puente grúa, se utilizará un pórtico móvil para elevar y desplazar cargas. Esto da la posibilidad de que en caso de una mudanza, no sea necesario modificar la infraestructura del edificio.

Este pórtico grúa será utilizado en el sector de armado del riel. Además será utilizado para el armado de otros productos como por ejemplo guías, chasis o cabinas de montacargas.

#### Equipo seleccionado

- Marca: Maquinarias Perman
- Modelo: MP-PG2T
- Capacidad: 2 Toneladas
- Origen: Argentina
- Proveedor: Maquinarias Perman S.A.S

- Ubicación: Lules, Tucumán

Se ha seleccionado este equipo ya que el mismo será fabricado a medida por el proveedor. No se incluye el costo del aparejo eléctrico ya que actualmente la empresa dispone del mismo.

<b>Costo total</b>	<b>\$688.000</b>
--------------------	------------------



Figura 184. Pórtico grúa MP-PG2T



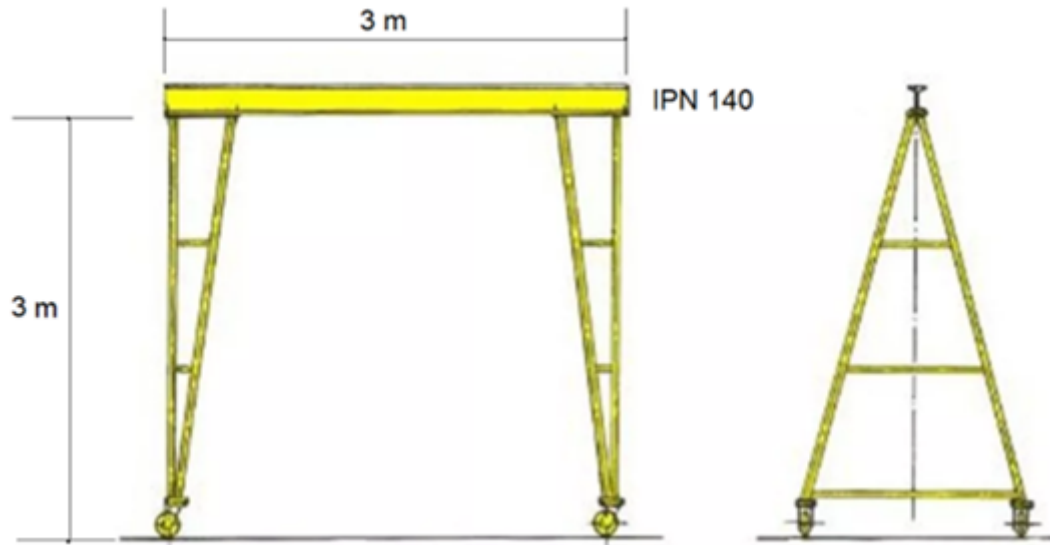


Figura 185. Pórtico grúa MP-PG2T

## 19 Organización de la producción y layout

El layout o distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller.

Para realizar el presente análisis, se siguen las recomendaciones del libro de Richard Muther. *Distribución en planta*. (2da edición). Editorial Hispano Europea.

### Principios básicos de la Distribución en planta

1. *Principio de la integración de conjunto*: una distribución en planta es la integración de toda la maquinaria e instalaciones en una gran unidad operativa, es decir, que en cierto sentido, convierte la planta en una máquina única.
2. *Principio de la mínima distancia recorrida*: a igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta. Esto significa que se trata de colocar las operaciones sucesivas inmediatamente adyacentes unas a otras. De este modo se elimina el transporte entre ellas, puesto que cada una descargará el material en el punto en que la siguiente lo recoge.
3. *Principio de la circulación o flujo de materiales*: en igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se

transforman, tratan o montan los materiales. No deben existir retrocesos o movimientos transversales y el material se desplazará a través de la planta sin interrupción.

4. *Principio del espacio cúbico:* la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal. Por esto una buena distribución debe utilizar la tercera dimensión de la fábrica tanto como el área del suelo. Por otra parte, el movimiento de los hombres, material o maquinaria puede efectuarse en cualquiera de las tres direcciones; esto significa que se debe aprovechar el espacio libre existente por encima o bajo el nivel del suelo.
5. *Principio de la satisfacción y de la seguridad:* a igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores. Esto proporcionará costes de operación más reducidos y una mejor moral de los empleados. Por otro lado, una distribución nunca puede ser efectiva si somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.
6. *Principio de la flexibilidad:* a igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes. Las plantas pierden, a menudo, pedidos de los clientes a causa de que no pueden readaptar sus medios de producción con suficiente rapidez. Por este motivo se puede esperar notables beneficios de una distribución que permita obtener una planta fácilmente adaptable o ajustable con rapidez y economía.

Para el diseño de la distribución de la planta, se tendrán en cuenta estos principios.

Se debe ahora analizar la característica de la producción requerida, considerando el tipo de relación entre el movimiento de los tres elementos de producción (material, operarios y maquinaria).

Existen 7 modos de movimientos de estos elementos:

1. Sólo movimiento de material
2. Sólo movimiento de los operarios
3. Sólo movimiento de maquinaria
4. Movimiento de material y operario
5. Movimiento de material y maquinaria
6. Movimiento de operarios y maquinaria
7. Movimiento de material, operarios y maquinaria

Para este caso en estudio, la actividad se caracteriza por el caso 4 (movimiento de material y de los operarios). Siendo muy escaso el movimiento de maquinaria, principalmente equipos pequeños o portátiles como soldadoras.

Se debe, además, identificar el proceso de producción, ya que para obtener el producto final, el material puede ser elaborado, tratado o montado.

Finalmente, en cuanto al tipo de distribución de la planta, existen 3 tipos clásicos de distribución:

#### 1. Distribución por posición fija

Se trata de una distribución en la que el material o el componente permanecen en lugar fijo; todas las herramientas, maquinaria, hombres, y otras piezas de material

concurrer a ella. Todo el trabajo se hace, o el producto se ejecuta, con el componente principal estacionado en una misma posición.

### 2. Distribución por proceso o función

En ella todas las operaciones del mismo proceso, o tipo de proceso, están agrupadas. Por ejemplo, toda la soldadura está en un área, todo el taladrado en otra, etc. Las operaciones similares y el equipo están agrupados de acuerdo con el proceso o función que llevan a cabo.

### 3. Producción en cadena o por producto

En esta, un producto o tipo de producto se realiza en un área, pero al contrario de la distribución fija, el material está en movimiento. Esta distribución dispone cada operación inmediatamente al lado de la siguiente. Es decir, que cualquier equipo o maquinaria usado para conseguir el producto, sea cual sea el proceso que lleve a cabo, está ordenado de acuerdo con la secuencia de las operaciones.

## **19.1 Tipo de distribución adoptada**

Para el caso en estudio, se debe tener especial cuidado con el hecho de que si bien la fabricación del salvaescaleras será la actividad principal de la empresa, también se fabricarán ocasionalmente otros productos similares. Por ejemplo plataformas elevadoras, montacargas y automatismos en general.

Lo anterior indica que no es posible utilizar la producción en cadena pura, ya que no permitirá la flexibilidad necesaria del proceso para diversos productos. Por otro

lado, tampoco es posible utilizar una distribución fija total ya que se utilizarán máquinas y equipos de fabricación que no pueden ser desplazados.

Se concluye que la distribución general adecuada es por proceso o función, en la cual se sectoriza según el tipo de operación o proceso a realizar.

Sin embargo, dentro de la distribución general adoptada, se podrán identificar subprocesos en los cuales se utilice una distribución fija, como por ejemplo puede ser un sector de ensamblaje.

La distribución adoptada evidenciará una tendencia hacia el adecuamiento principalmente para la fabricación del salvaescaleras, sin embargo, será lo suficientemente flexible para fabricar otros productos, lo cual es de gran importancia.

Para el uso a fondo de la maquinaria, la distribución por proceso es la mejor. Cuando se ha terminado con un trabajo, el siguiente puede ser preparado e iniciado inmediatamente. El material está a punto y esperando, y la maquinaria está parada muy poco tiempo.

#### Ventajas de la distribución por proceso

- Se logra una mejor utilización de la maquinaria, lo que permitirá reducir las inversiones en este sentido
- Se adapta a gran variedad de productos, así como a frecuentes cambios en la secuencia de operaciones
- Se adapta fácilmente a una demanda intermitente
- Presenta un mayor incentivo para el individuo en lo que se refiere a elevar el nivel de su producción

- Con su empleo es más fácil mantener la continuidad de la producción, en los casos de avería de maquinaria o equipo, escasez de material o ausencia de trabajadores. Esto es muy importante tratándose de una empresa de pequeña envergadura.

## 19.2 Factores de influencia

Se tendrán en cuenta los factores principales que tienen influencia sobre la distribución. Para cada factor en particular se destacarán diversas características y consideraciones que se tendrán en cuenta. Asegurando de esta manera que se han pensado en todos los puntos de la posible distribución planteada.

### 19.2.1 Factor material

Este es uno de los factores principales, y contempla la materia prima, en proceso, productos acabados, chatarras, etc.

Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- La materia prima principal serán barras de acero de 6[m] de longitud. Su espacio de almacenamiento se instalará lo más cercano posible a la zona de descarga. Se utilizará un almacén con ménsulas, tipo cantilever.
- Material entrante: láminas de chapa de acero serán almacenadas a nivel del suelo sobre uno de sus laterales (“paradas”), de forma de ahorrar espacio y evitar su deformación.
- Material entrante: los componentes mecánicos como ser rodamientos, ejes de transmisión, cremalleras, motores, cajas reductoras y frenos, serán ubicados

en racks reforzados y ubicando los elementos de mayor peso en los estantes inferiores. También utilizando sistema de ubicación de cada elemento.

- Material entrante como accesorios de bulonería: tornillos, arandelas, tuercas, bisagras, chavetas, tarugos, resortes, anillos de seguridad, etc. Se almacenarán juntos en estanterías con gavetas, en donde se pueda identificar su ubicación exacta y aprovechando el espacio en altura.
- Material entrante: los componentes eléctricos y electrónicos como ser placas de control, controles remotos, cables, pilas, baterías, entre otros, serán ubicados en rack o estanterías libres de humedad. Baterías alejadas del sector de soldadura, por riesgo de explosión.
- Material entrante: los insumos de máquinas y herramientas serán ubicados preferentemente en el sector donde sean utilizados. Por ejemplo discos de corte, electrodos, etc.
- Material entrante: elementos e insumos de limpieza y mantenimiento como desengrasantes, lavandina, fosfatizantes, aceite, pinturas, entre otros, serán almacenados juntos y donde su posible derrame no perjudique a otro sector.
- Materiales en proceso: como ser piezas agujereadas, cortadas o soldadas listas para ensamblar o pintar, serán almacenadas, en lo posible, juntas en un almacén o estantería particular, con sistema de ubicación.
- Material saliente como chatarras, virutas, desechos plásticos y residuos orgánicos, entre otros, serán en primer momento recolectados en el sector donde se generen, para luego ser almacenados en un sector específico, aguardando su retiro.
- Productos terminados: serán embalados y almacenados lo más próximos posible a su zona de retiro.



### 19.2.2 Factor maquinaria y factor cambio

Después del producto o material sigue, en orden de importancia, la maquinaria y el equipo de proceso. La información sobre la maquinaria (incluyendo las herramientas y equipo) es fundamental para una ordenación apropiada de la misma.

La siguiente lista, contiene los requerimientos de servicios que deben ser tenidos en cuenta para el funcionamiento de cada máquina en particular:

- Pantógrafo CNC plasma: aire comprimido, energía eléctrica, y ventilación adecuada.
- Router CNC: energía eléctrica
- Sierra sinfin: energía eléctrica
- Sierra sensitiva: energía eléctrica, protectores/separadores de chispas
- Equipos de soldadura: energía eléctrica, ventilación/extracción de humos, separadores visuales
- Agujereadoras: energía eléctrica
- Pistola/cabina de pintura electrostática: energía eléctrica, aire comprimido, ventilación adecuada
- Horno de curado: energía eléctrica, aire comprimido, gas envasado, ventilación adecuada
- Roladora de tubos: energía eléctrica y separadores/barreras físicas
- Equipo de aire comprimido: energía eléctrica, ventilación adecuada del compresor, evacuación de drenajes

En cuanto al factor cambio, es una parte básica de todo concepto de mejora y su frecuencia y rapidez se va haciendo cada día mayor. Por lo tanto, al planificar una

distribución nueva, se debe tener en cuenta la posibilidad de que requiera cambios a futuro, no sólo para mejoras en la productividad, sino por ejemplo por cambios en el producto o inclusión de nuevos productos.

Las diversas consideraciones del factor cambio, incluyen:

- Cambio en los materiales (diseño del producto, materiales, demanda, variedad)
- Cambios en la maquinaria (procesos y métodos)
- Cambios en el personal (horas de trabajo, organización o supervisión, habilidades)
- Cambios en las actividades auxiliares (manejo, almacenamiento, servicios, edificio)
- Cambios externos y limitaciones debidas a la instalación

### **19.2.3 Factor humano**

Como factor de producción, el factor humano es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria. Se le puede trasladar, se puede dividir o repartir su trabajo, entrenarle para nuevas operaciones y, generalmente, incorporarlo en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas.

#### Seguridad

En cualquier distribución debe considerarse la seguridad de los trabajadores. Las condiciones específicas de seguridad que se deben tener en cuenta son:

- Que el suelo esté libre de obstrucciones y que no resbale

- No situar operarios demasiado cerca de partes móviles de maquinarias que no estén debidamente resguardadas
- Que ningún trabajador esté situado debajo o encima de alguna zona peligrosa
- Que los operarios no deban usar elementos especiales de seguridad
- Accesos adecuados y salidas de emergencia bien señalizadas
- Elementos de primeros auxilios y extintores de fuego cercanos
- Que no existan en las áreas de trabajo ni en los pasillos, elementos de material o equipo puntiagudos o cortantes, en movimiento o peligrosos
- Cumplimiento de todos los códigos y regulaciones de seguridad

#### Necesidades de mano de obra y división del trabajo

La división del trabajo o especialización del mismo es fundamentalmente básica para la economía de la fabricación.

Para el presente proyecto se ha adoptado un tipo de distribución por proceso, por lo que cada operario podría permanecer fijo en una función o proceso, o por otro lado, se puede establecer una condición dinámica en la que el o los operarios realizan diversas funciones.

Actualmente la empresa cuenta con 6 trabajadores y cierta división del trabajo establecida, debido a las diferentes especializaciones de cada uno.

Se comenzará, en principio, analizando un esquema de producción con la cantidad actual de trabajadores, y determinando la capacidad productiva resultante, para luego determinar la necesidad (o no) de incorporar mano de obra.

Se muestran en la siguiente tabla, las categorías y habilidades de cada trabajador:

ID	Oficio/ Profesión	Cargo	Habilidades/Tareas que desempeña
T1	Ingeniero	Dirección	Análisis y diseño de productos, gestión administrativa y del capital humano, gestión de la producción, comunicación y liderazgo, gestión de nuevas tecnologías y softwares.
T2	Técnico avanzado	Operario supervisor	Análisis y diseño de productos, gestión del capital humano, fabricación y montajes avanzados,
T3	Técnico medio	Operario de Fabricación	Fabricación y montaje general, soldadura, metalmecánica y pintura, mediciones complejas, manejo de softwares.
T4	Técnico	Operario de Fabricación	Fabricación y montaje general, soldadura, metalmecánica y pintura.
T5	Secretaria	Secretaria	Atención al cliente
T6	Administrativo	Administración	Manejo de documentación, gestión de cobros y pagos.

Tabla 29. Trabajadores actuales de la empresa

### 19.2.3.1 Número de trabajadores necesarios

Para determinar la cantidad necesaria de trabajadores, se realizará un listado de las operaciones a realizar para la fabricación del salvaescaleras. Con este listado se obtiene el tiempo total de horas-hombre requeridas por unidad fabricada.

Para la confección de la lista se toman tiempos de referencia obtenidos por la experiencia actual de la empresa. Además se tiene en cuenta que el producto se ha logrado diseñar con un nivel de estandarización importante, lo que acelera los tiempos de fabricación de cada pieza.

Por otro lado, se identificará cada componente y subsistema, a fin de identificar aquellos de mayor tiempo y grado de especialización requerido para su fabricación.

Se tendrá en cuenta el tiempo básico de cada operación, y luego se incorporarán los tiempos suplementarios, utilizando las tablas recomendadas por la Organización Internacional del Trabajo para los estudios de tiempo.

Se muestra a continuación en la tabla, el listado de tareas de fabricación para un salvaescaleras tipo, con una curva y 16 escalones:

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Accesorios y periféricos	Bisagra del asiento	Plegar	Plegar bisagra	2,5	Técnico	Plegadora manual
Accesorios y periféricos	Bisagra del asiento	Atornillar	Atornillar sobre estructura metálica del asiento y madera	5	Técnico	Banco de montaje
Accesorios y periféricos	Cinturón de seguridad	Atornillar	Atornillar cinturón a la estructura	2,5	Técnico	Taladro de mano
Accesorios y periféricos	Pistón neumático	Atornillar	Atornillar pistón al asiento	3	Técnico	Taladro de mano
Accesorios y periféricos	Topes de goma	Atornillar	Atornillar sobre estructura metálica del asiento	2	Técnico	Banco de montaje
Accesorios y periféricos	Traba	Cortar	Cortar 2 ejes Ø10mm	6	Técnico	Sierra de cinta
Accesorios y periféricos	Traba	Doblar	Doblar eje Ø10mm	3	Técnico	Dobladora manual
Accesorios y periféricos	Traba	Soldar	Soldar eje en el plegado con arandelas y con el pestillo	10	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Accesorios y periféricos	Traba	Atornillar	Atornillar la traba al tubo del asiento y colocar resorte	8	Técnico	Banco de montaje
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Cortar	Cortar caño redondo Ø48,3x2,9mm	3	Técnico	Sierra de cinta
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Cortar	Cortar planchuela de apoyo de 44,4x3,2mm	3	Técnico	Sierra de cinta
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Plegar	Plegar soporte agujereado Ø34mm	4	Técnico	Plegadora hidráulica manual
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Cortar	Cortar caño redondo Ø33,7x3,2mm	4	Técnico	Sierra de cinta
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Agujerear	(2) Agujerear y roscar caño redondo Ø33,7x3,2mm	13	Técnico	Agujereadora de pie
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Soldar	Soldar/armar soporte del asiento con traba y caño del guiador. Y soldarlo al chasis	10	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Montar	Armar el buje del eje del asiento y la crapodina	4	Técnico	Banco de montaje
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Atornillar	Sensor magnético del asiento	4	Técnico	Taladro de mano
Accesorios y periféricos	Traba y soporte del asiento	Cablear	Sensor magnético del asiento	4	Técnico	Banco de montaje
Asiento y respaldo	Asiento	Atornillar	Atornillar asiento sobre estructura	3	Técnico	Taladro de mano

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Asiento y respaldo	Asiento	Pegar	Pegar almohadilla sobre almohadilla	3	Técnico	Banco de montaje
Asiento y respaldo	Estructura metálica	Cortar	Cortar 3 tubos 15x30mm	4	Técnico	Sierra de cinta
Asiento y respaldo	Estructura metálica	Doblar	(4) Dobles en 3 tubos 15x30mm	10	Técnico	Dobladora manual
Asiento y respaldo	Estructura metálica	Agujerear	(4) Agujeros en 3 tubos 15x30mm	5	Técnico	Agujereadora de pie
Asiento y respaldo	Estructura metálica	Cortar	Cortar 2 tubos 20x60mm	5	Técnico	Sierra de cinta
Asiento y respaldo	Estructura metálica	Agujerear	Agujerear Ø25mm (1) tubo 20x60mm	4	Técnico	Agujereadora de pie
Asiento y respaldo	Estructura metálica	Cortar	Cortar eje Ø25mm	4	Técnico	Sierra de cinta
Asiento y respaldo	Estructura metálica	Soldar	Soldar la estructura y el eje	15	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura
Asiento y respaldo	Reposabrazos	Cortar	Corte de tubos 50x30mm	3	Técnico	Sierra de cinta
Asiento y respaldo	Reposabrazos	Agujerear	Agujerear tubo 50x30mm	2,5	Técnico	Agujereadora de pie
Asiento y respaldo	Reposabrazos	Cablear	Conectar fichas e instalar pulsadores	5	Técnico	Banco de montaje
Asiento y respaldo	Reposabrazos	Plegar	Plegar soportes bisagra en plegadora manual	8	Técnico	Plegadora manual
Asiento y respaldo	Reposabrazos	Atornillar	Atornillar reposabrazos a la estructura	8	Técnico	Taladro de mano
Asiento y respaldo	Respaldo	Atornillar	Atornillar respaldo sobre estructura	3	Técnico	Taladro de mano

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Asiento y respaldo	Respaldo	Pegar	Pegar almohadilla sobre respaldo	3	Técnico	Banco de montaje
Chasis	Brida	Roscar	Repasar (2) agujeros con mecha y roscar	8	Técnico	Taladro de mano
Chasis	Planchuelas inferiores	Cortar	Cortar 2 planchuelas inferiores del plegado	5	Técnico	Sierra de cinta
Chasis	Planchuelas superiores	Cortar	Cortar 2 planchuelas superiores del plegado	6	Técnico	Sierra de cinta
Chasis	Planchuelas superiores	Agujerear	(8) Agujerear 2 planchuelas superiores del plegado	10	Técnico	Agujereadora de pie
Chasis	Plegado estructural	Plegar	(4) Plegar chasis	8	Técnico	Plegadora hidráulica manual
Chasis	Plegado estructural	Soldar	Soldar plegados con planchuelas inferiores y brida	18	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura
Chasis	Soporte del reductor	Cortar	(3) Cortar planchuelas que soportan el reductor contra el chasis	7	Técnico	Sierra de cinta
Chasis	Soporte del reductor	Agujerear	Agujerear las 2 planchuelas del soporte del reductor	4	Técnico	Agujereadora de pie
Chasis	Soporte del reductor	Soldar	Soldar soporte del reductor	5	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura



Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Cobertura metálica	Cobertura del chasis	Plegar	Plegar coberturas en plegadora manual	8	Técnico	Plegadora manual
Cobertura metálica	Cobertura del chasis	Atornillar	Atornillar cobertura sobre estructura del chasis	5	Técnico	Banco de montaje
Cuadro de maniobra	Cuadro de maniobra	Montar	Armar y cablear cuadro de maniobras (PWM, receptor, relés, etc.)	60	Técnico	Banco de montaje
Guiador inferior	Ángulos	Cortar	Cortar 4 ángulos de 25,4x4,75mm	6	Técnico	Sierra de cinta
Guiador inferior	Ángulos	Agujerear	Agujerear 4 ángulos en un ala	8	Técnico	Agujereadora de pie
Guiador inferior	Cobertura	Plegar	Plegar coberturas en plegadora manual	6	Técnico	Plegadora manual
Guiador inferior	Eje	Cortar	Cortar 2 ejes Ø10mm	4	Técnico	Sierra de cinta
Guiador inferior	Guiador inferior	Atornillar	Atornillar y cablear los 6 finales de carrera	8	Técnico	Taladro de mano
Guiador inferior	Guiador inferior	Montar	Roscar bulones, rodillos de poliamida, cobertura y accesorios de carga y armado general	20	Técnico	Banco de montaje
Guiador inferior	Planchuela	Roscar	Repasar agujeros con mecha y roscar	10	Técnico	Taladro de mano

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Guiador inferior	Planchuela	Soldar	Soldar planchuela con el caño porta rodamiento y los tubos de la cobertura	12	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura
Guiador inferior	Soporte del rodamiento	Cortar	Cortar caño mecánico Ø60,3x2,9mm	3	Técnico	Sierra de cinta
Guiador inferior	Soportes	Cortar	Cortar tubos 15x15mm	5	Técnico	Sierra de cinta
Guiador superior	Brazo	Cortar	Cortar planchuela de 22,2x6,35mm	3	Técnico	Sierra de cinta
Guiador superior	Brazo	Soldar	Soldar brazo de planchuela con soporte de rodamiento y eje	5	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura
Guiador superior	Carro	Atornillar	Instalar finales de carrera y cablear	7	Técnico	Taladro de mano
Guiador superior	Carro	Montar	Armar los carritos y el guiador superior	15	Técnico	Banco de montaje
Guiador superior	Cobertura	Plegar	Plegar coberturas en plegadora manual	6	Técnico	Plegadora manual
Guiador superior	Eje	Cortar	Cortar eje Ø25mm	5	Técnico	Sierra de cinta
Guiador superior	Plegado	Cortar	Cortar 2 planchuelas del plegado 63,5x4,75mm	6	Técnico	Sierra de cinta
Guiador superior	Plegado	Agujerear	3 agujeros en cada planchuela. 6 total	12	Técnico	Agujereadora de pie

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/ equipo
Guiador superior	Plegado	Plegar	Plegar las 2 planchuelas que conforman el guiador	18	Técnico	Plegadora hidráulica manual
Guiador superior	Plegado	Soldar	Soldar las planchuelas plegadas con los caños porta rodamientos	5	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura
Guiador superior	Soporte rodamiento	Cortar	Cortar 3 caños SCH 40 Ø60,3x3,91mm	9	Técnico	Sierra de cinta
Punto de carga	Punto de carga	Montar	Armado general del punto de carga	15	Técnico	Banco de montaje
Reposapiés	Base de madera	Agujerear	Agujereado con taladro de mano o de banco	3,5	Técnico	Agujereadora de pie
Reposapiés	Base de madera	Atornillar	Atornillar base de madera sobre estructura	2	Técnico	Taladro de mano
Reposapiés	Estructura metálica	Cortar	Corte de 4 tubos 10x20mm	3	Técnico	Sierra de cinta
Reposapiés	Estructura metálica	Cortar	Corte de perfil UPN 40 y planchuelas	3,5	Técnico	Sierra de cinta
Reposapiés	Estructura metálica	Agujerear	Agujereado de planchuela de soporte	4	Técnico	Agujereadora de pie
Reposapiés	Estructura metálica	Soldar	Soldar la estructura	5	Técnico	Soldadora MAG y mesa de soldadura
Reposapiés	Goma anti-deslizante	Cortar y pegar	Cortar la goma y pegarla sobre la base de madera	5	Técnico	Banco de montaje

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Reposapiés	Leva de seguridad	Plegar	Plegar leva de seguridad en plegadora manual	2,5	Técnico	Plegadora manual
Reposapiés	Leva de seguridad	Atornillar	Atornillar leva y sensores de seguridad sobre la madera	5	Técnico	Taladro de mano
Reposapiés	Leva de seguridad	Cablear	Conectar fichas pala a los sensores y cablear	3,5	Técnico	Banco de montaje
Riel	Cremallera	Rolar	Rolar aproximado la cremallera	30	Técnico medio	Roladora de tubos
Riel	Pata	Cortar	Cortar 10 caños Ø38,1x2mm	20	Técnico	Sierra sensitiva
Riel	Pata	Cortar	Cortar 10 caños SCH 40 Ø42,2x3,56mm	25	Técnico	Sierra sensitiva
Riel	Pata	Agujerear	(3) Agujerear 10 caños SCH 40 Ø42,2x3,56mm	60	Técnico	Agujereadora de pie
Riel	Pata	Roscar	(3) Roscar 10 caños SCH 40 Ø42,2x3,56mm	30	Técnico	Taladro de mano
Riel	Pata	Cortar	Cortar 10 caños Ø33,7x2,9mm	25	Técnico	Sierra sensitiva
Riel	Pata	Cortar	Cortar 10 ejes macizos Ø15,8mm	12	Técnico	Sierra sensitiva
Riel	Pata	Cortar	Cortar 10 planchuelas 19,1x6,35mm	12	Técnico	Sierra sensitiva
Riel	Pata	Soldar	Soldar 10 patas completas	50	Técnico	Soldadora MMA y mesa de soldadura

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Riel	Refuerzo "C"	Cortar	Cortar 10 ejes macizos Ø11,1mm	15	Técnico	Sierra sensitiva
Riel	Refuerzo "C"	Doblar	(2) Doblar 10 refuerzos "C" de eje Ø11,1mm	30	Técnico	Dobladora manual
Riel	Rieles	Rolar	Rolar 4 curvas	60	Técnico medio	Roladora de tubos
Riel	Rieles	Cortar	Cortar las 4 curvas a medida	13	Técnico	Sierra sensitiva
Riel	Rieles	Soldar	Alinear y soldar rieles, cremallera, patas de apoyo, y soportes de refuerzo	360	Técnico medio	Soldadora MMA y mesa de soldadura
Riel	Topes límite de recorrido	Plegar	Plegar topes límite de recorrido	6	Técnico	Plegadora manual
Pintura	Pintura	Pintar	Pretratamiento y pintado	180	Técnico	Equipo de pintura
Pintura	Pintura	Hornear	Curado en horno de la pintura	40	Técnico	Horno de curado
Sistema de potencia	Baterías	Montar	Montar	2	Técnico	Banco de montaje
Sistema de potencia	Motor y batería	Cablear	Cablear y conectar fichas motor/batería/PWM	7	Técnico	Banco de montaje
Sistema de potencia	Motor-reductor	Montar	Montar motorreductor, rodamientos y árbol de transmisión sobre el chasis	25	Técnico	Banco de montaje

Subsistema	Parte	Tarea	Descripción	Tiempo básico [min]	Operario requerido	Máquina/equipo
Limpieza de materiales	Limpieza de materiales	Limpiar	Limpieza de barras de acero, previo a los procesos siguientes	45	Técnico	-

Tabla 30. Tiempo básico de fabricación

<b>Tiempo básico total de fabricación [horas hombre]</b>	<b>26,6</b>
--	-------------

Como se mencionó anteriormente, además del tiempo básico de cada tarea, se debe tener en cuenta el tiempo suplementario, a fin de obtener el tiempo real o tipo.

Este método del tiempo suplementario, divide los factores en constantes y variables. Los factores constantes agrupan las necesidades personales con un porcentaje de 5% y 7% para hombres y mujeres respectivamente. Además de las necesidades personales, el grupo de factores constantes agrupa a un porcentaje básico de fatiga, el cual corresponde a lo que se piensa que necesita un obrero que cumple su tarea en las condiciones deseadas, este porcentaje se valora comúnmente con un 4% tanto para hombres como para mujeres.

La cantidad variable sólo se aplica cuando las condiciones de trabajo no son las deseadas y no se pueden mejorar. Los factores que deben tenerse en cuenta para calcular el suplemento variable pueden ser el trabajo de pie, las posturas anormales, la calidad del aire, entre otros.

SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER
Necesidades personales		5	7	e) Condiciones atmosféricas			
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)			
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER				
a) Trabajo de pie				16		0	
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0	14		0	
Trabajo se realiza de pie		2	4	12		0	
b) Postura normal				10		3	
Ligeramente incómoda		0	1	8		10	
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3	6		21	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7	5		31	
				4		45	
				3		64	
				2		100	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				f) Tensión visual			
Peso levantado por kilogramo				Trabajos de cierta precisión		0	0
2,5		0	1	Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
5		1	2	Trabajos de gran precisión		5	5
7,5		2	3	g) Ruido			
10		3	4	Sonido continuo		0	0
12,5		4	6	Sonidos intermitentes y fuertes		2	2
15		5	8	Sonidos intermitentes y muy fuertes		5	5
17,5		7	10	Sonidos estridentes		7	7
20		9	13	h) Tensión mental			
22,5		11	16	Proceso algo complejo		1	1
25		13	20 (máx)	Proceso complejo o de atención dividida		4	4
30		17		Proceso muy complejo		8	8
33,5		22		i) Monotonía mental			
d) Iluminación				Trabajo monótono		0	0
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	Trabajo bastante monótono		1	1
Bastante por debajo		2	2	Trabajo muy monótono		4	4
Absolutamente insuficiente		5	5	j) Monotonía física			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo aburrido		2	2
				Trabajo muy aburrido		5	5

Tabla 31. Tiempos suplementarios (OIT)

Se tendrán en cuenta los siguientes factores:

*Necesidades personales* = 6%

*Fatiga* = 4%

*Trabajo de pie* = 2,5%

*Uso de fuerza* = 5%

*Trabajo de precisión = 2%*

*Ruido intermitente y fuerte = 2%*

*Proceso complejo = 4% (tensión mental)*

*Factor suplementario total = 25,5%*

### Tiempo real de fabricación

Para calcular el tiempo real de fabricación, se tendrá en cuenta además un porcentaje de tiempo improductivo, por ejemplo cuando el operario se debe trasladar desde un sector a otro, cuando se encuentra en espera o hablando, entre otras. Analizando desde diferentes fuentes estadísticas, se adopta un valor del 35%.

Afectando el tiempo básico, por el factor suplementario y el tiempo improductivo, se obtiene el tiempo real:

$$Tiempo\ real = Tiempo\ básico * (1 + Factor\ sup. + Tiempo\ improd.)$$

$$Tiempo\ real\ [horas/hombre] = 26,6 * 1,605$$

***Tiempo real = 43 [horas hombre/salvaescaleras]***

Considerando que se dispone, como lo hace la empresa actualmente, de 3 operarios en planta para la fabricación de los salvaescaleras, se puede obtener de manera aproximada la capacidad productiva. Para esto se tiene en cuenta una jornada laboral de 8 horas corridas, con media hora de descanso (“Convenio Colectivo de Trabajo” de la Unión de Obreros Metalúrgicos de la República Argentina).



El tiempo de fabricación de cada salvaescaleras en horas será:

$$T_{salvaescaleras} = \text{Tiempo real/cantidad de operarios}$$

$$T_{salvaescaleras} = \frac{43 [\text{horas hombre}]}{3 [\text{hombres}]}$$

El tiempo requerido para fabricar cada salvaescaleras con 3 operarios será:

$$T_{salvaescaleras} = 14,3 [\text{horas}] \quad (2 \text{ jornadas de trabajo})$$

Para establecer la capacidad productiva mensual, se tienen en cuenta 22 jornadas laborables:

$$Cap. Prod._{mensual} = 22[\text{jornadas}] * 7,5 [\text{horas/jornada}]/14,3[\text{horas}]$$

La capacidad productiva mensual, con 3 operarios será:

$$Cap. Prod._{mensual} = 11 [\text{salvaescaleras}]$$

Previamente, se ha planteado una demanda estimada de 10 salvaescaleras mensuales.

Si bien se puede observar que el resultado obtenido es mayor, se debe tener en cuenta que el tiempo propuesto de fabricación de cada salvaescaleras no considera ciertas contingencias como roturas de equipos o máquinas, demoras con entregas de materiales o falta de servicios esenciales, entre otras.

Por lo anterior, se considera correcto el resultado y apropiado el dimensionamiento del personal a trabajar directamente en el proceso. En cuanto al resto de trabajadores, se continuará con el esquema actual de la empresa.

**19.2.3.2 Esquema organizacional**

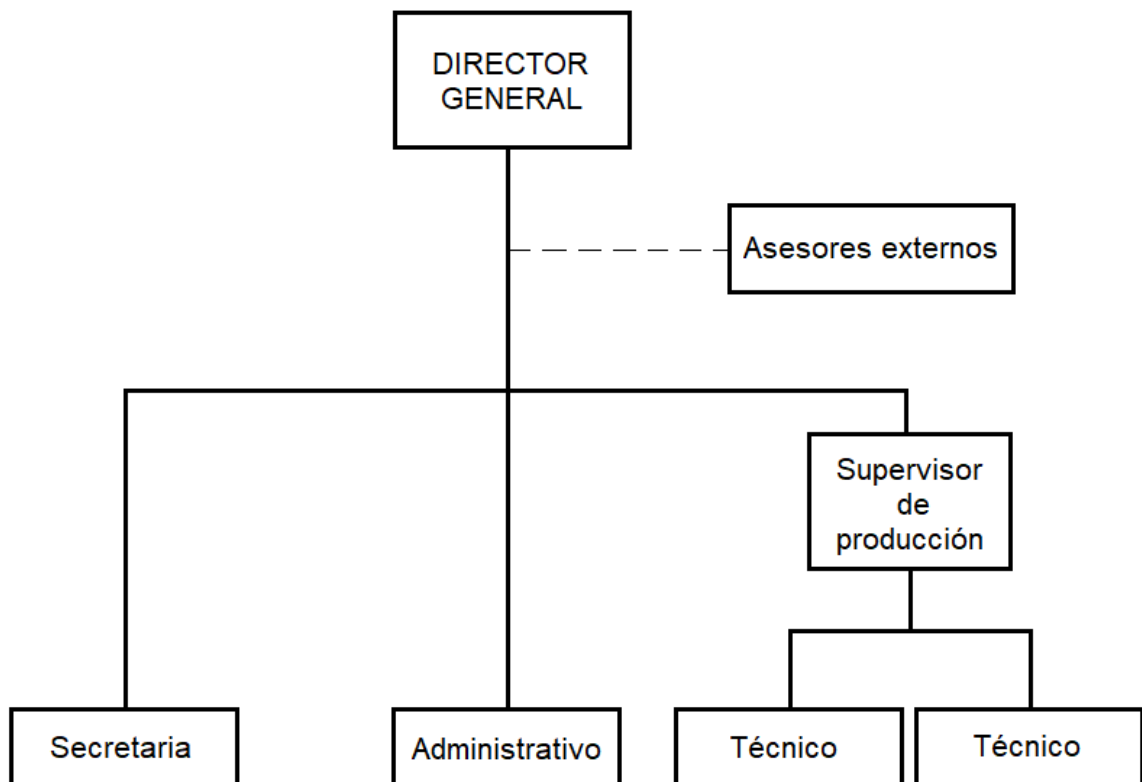


Figura 186. Esquema organizacional

Los 3 operarios considerados para la fabricación serán el supervisor y los dos técnicos (T1, T2 y T3).

En cuanto a las asesorías externas, se trata de profesionales tales como contadores, matriculados en Higiene y Seguridad, abogados, entre otros.

### **19.2.3.2 Distribución de tareas**

Como se mencionó anteriormente, el tiempo promedio de fabricación de cada salvaescaleras es de 2 jornadas completas de trabajo, para 3 operarios en producción. Ya que cada uno de los operarios actuales dispone de diferentes habilidades y competencias, la repartición de tareas debe ser acorde a estas.

El proceso de producción destacará por dos grandes etapas diferentes, cada una de ellas a realizarse aproximadamente en una jornada completa:

1. Jornada 1°: Relacionada con la fabricación o transformación del metal en bruto, en piezas terminadas (corte, agujereado, plegado, soldadura, etc.)
2. Jornada 2°: Enfocada en el proceso de pintura, armado de accesorios y componentes, y montaje final

De esta manera, la producción se puede organizar según la demanda del producto, ya que permite por ejemplo, dedicar una determinada cantidad de jornadas continuas a fabricar; y luego se dedican jornadas continuas a pintar y ensamblar todos los productos fabricados. Esta metodología resulta en mayor eficiencia de los recursos de producción y disminución de los tiempos.

A continuación se muestra en un diagrama de Gantt a modo esquemático, el orden y distribución aproximado de las tareas para ambas jornadas de trabajo:

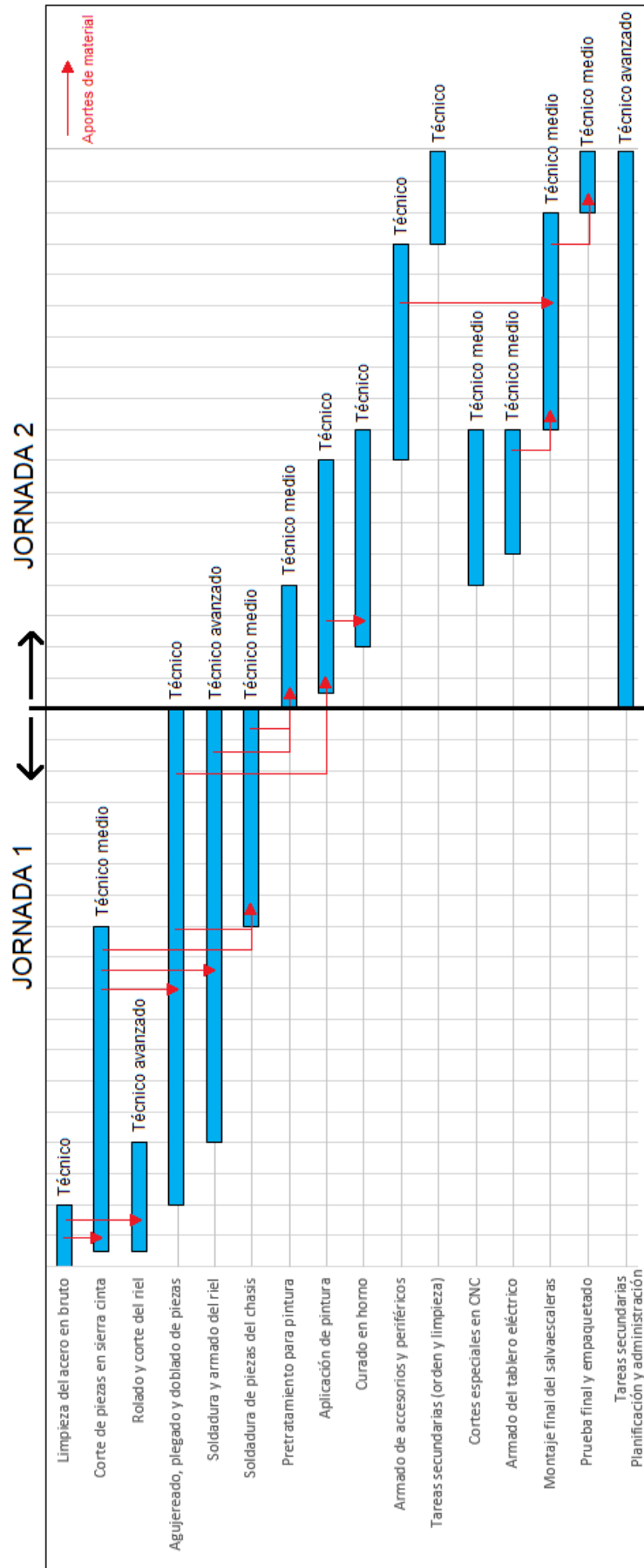


Figura 187. Diagrama de Gantt, producción

### 19.2.4 Factor movimiento

Las consideraciones sobre el factor movimiento se agrupan de la siguiente manera:

- Patrón o modelo de circulación
- Reducción del manejo innecesario y antieconómico
- Espacio para el movimiento
- Equipo de manejo

#### Patrón de circulación o flujo de ruta

Es fundamental establecer un patrón o modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material. Realizado de un modo apropiado, reducirá automáticamente la cantidad de manejo innecesario y significará que los materiales progresarán, con cada movimiento, hacia la terminación del producto.

Se muestra a continuación, el diagrama de flujo principal del proceso de fabricación del salvaescaleras. Este diagrama muestra los procesos que recorrerá el material principal (acero) durante su conformación:

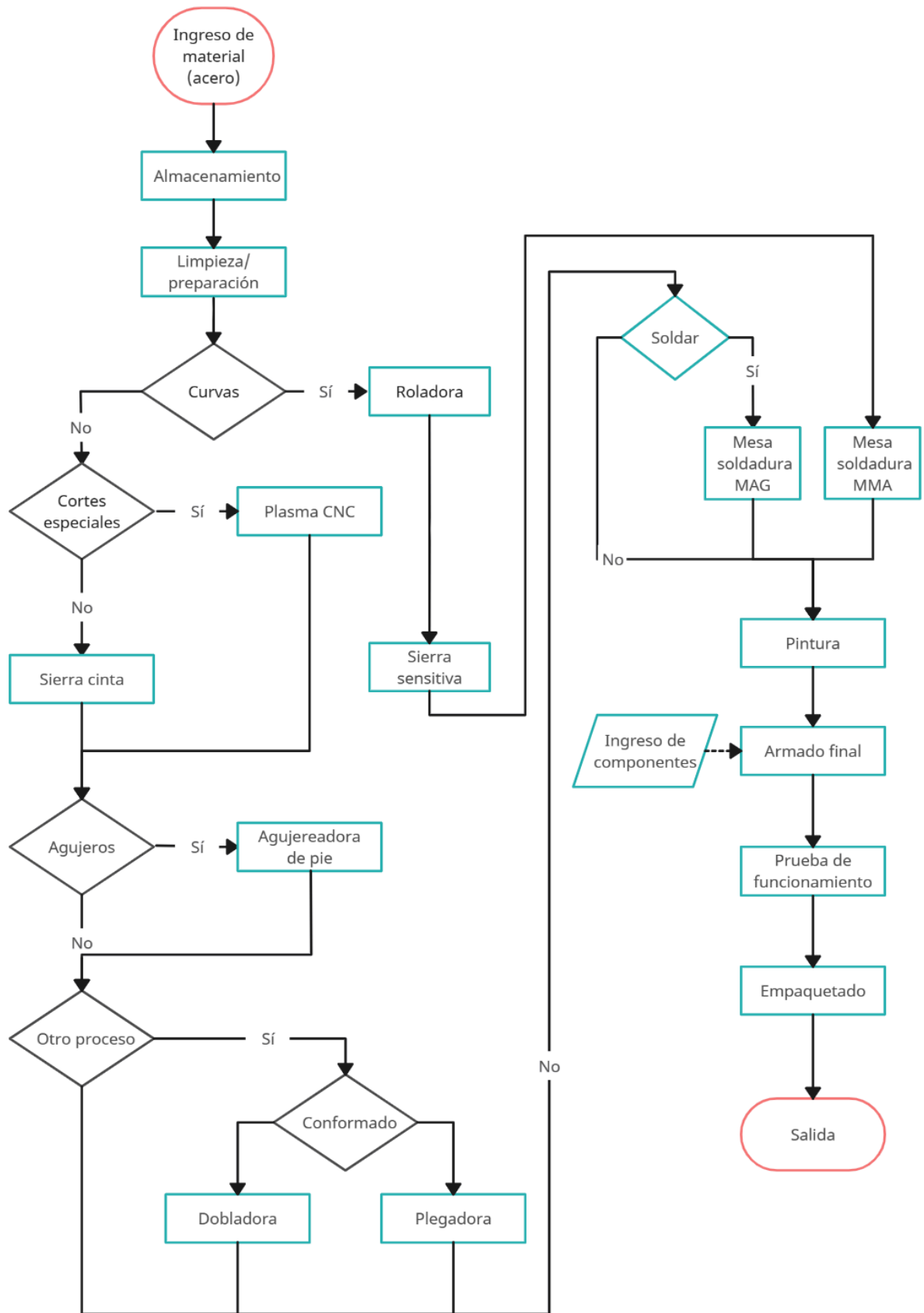


Figura 188. Patrón de flujo de fabricación

### Reducción del manejo innecesario

Cuando el patrón de flujo ha sido ya establecido de un modo efectivo, se debe proseguir con la ordenación del equipo, de modo que una operación termine justamente donde empiece la siguiente, o a la mayor proximidad posible.

Conclusiones sobre el diagrama:

1. El rolado y la sierra sensitiva deben ser próximos. Pero no deben necesariamente estar cercanos a otros procesos más que el sector de soldadura MMA
2. La sierra cinta, la agujereadora de pie, la plegadora y la dobladora deben estar lo más cercanas posible entre sí; además deben ser próximas al sector o mesa de soldadura MAG.
3. El plasma CNC no necesariamente debe ser cercano a otros procesos, esto es así ya que se caracteriza por el trabajo automático y de producción de varias piezas en el mismo proceso. Por esto su uso es intermitente y no justifica la cercanía con otros sectores.
4. Ambos sectores de soldadura (riel y chasis) deben estar próximos al sector de pintura, al igual que aquellas piezas conformadas que no deben ser soldadas.
5. Luego del sector de pintura, el sector de armado final debe estar cercano a este, al igual que el depósito del resto de componentes necesarios.
6. En el sector donde se realiza la prueba final de funcionamiento o calidad, también se realizará el empaquetado final. Debe estar cercano al sector de armado.
7. La salida de productos, debe ser coincidente con la entrada. Ya que por lo general, el ingreso/salida en las edificaciones convencionales es uno sólo.

### Espacio para el movimiento

El principal interés de este apartado es establecer el tamaño ocupado por los pasillos. Este espacio es no productivo, pero es necesario para trasladarse, transportar los materiales, mover o realizar mantenimiento en los equipos, entre otras.

Anchura de pasillo mínima recomendada:

*Para personal solamente* → 760 [mm]

*Para carretillas de almacén* → 500 [mm] mayor al ancho de la carretilla

Esta medida puede ser menor si el operario no debe transitar alrededor de la carretilla.

Otros aspectos a tener en cuenta:

- Hacer pasillos rectos
- Conservarlos despejados y delimitarlos
- Preferentemente pasillos de doble acceso lateral (no sobre paredes)
- Ubicarlos en zonas de mayor tráfico (estratégicamente)

### Equipo de manejo

Debido a que los componentes o partes a mover en la planta son de un peso manipulable por el operario, no se dispondrán de medios especialmente adaptados para ello. Se utilizará en cambio, carros portaherramientas y para transportar láminas de acero u otro material de gran peso.

Además, para el ingreso de componentes al horno, se utiliza también un carro, el cual no ocupa espacio luego de su uso, ya que puede ser guardado dentro del horno.



En cuanto a equipos de elevación, se instalará en el sector de armado del riel, un pórtico móvil equipado con un aparejo o polipasto eléctrico que permita elevar el riel a conveniencia durante su armado.

### **19.2.5 Factor espera**

El objetivo de este apartado es adoptar los puntos o lugares en la planta en los cuales se encuentra el material o producto en espera. Se incluye aquí la materia prima, componentes, y productos finalizados, esperando a ser utilizados o entregados según corresponda.

La materia prima en espera permite aprovechar las condiciones del mercado y la compra en cantidad. Además ayuda a proteger la producción contra retrasos en entregas programadas en forma demasiado ajustada.

Las esperas en proceso permiten lotes de tamaño más económico, regularizan la mano de obra, y mejoran la utilización del hombre y de la máquina.

Por otro lado, las existencias de productos acabados permiten atender a mayor cantidad de pedidos y seguir disponiendo de cierta cantidad de producto aún ante contingencias.

Para seleccionar la ubicación de los puntos de espera de manera estratégica, se parte de analizar el patrón de flujo, y estableciendo luego de que procesos u operaciones es conveniente ubicar el material en espera del próximo proceso.

Se muestra a continuación el diagrama con los puntos de espera adoptados, para el cual se ha desglosado el proceso de pintura:

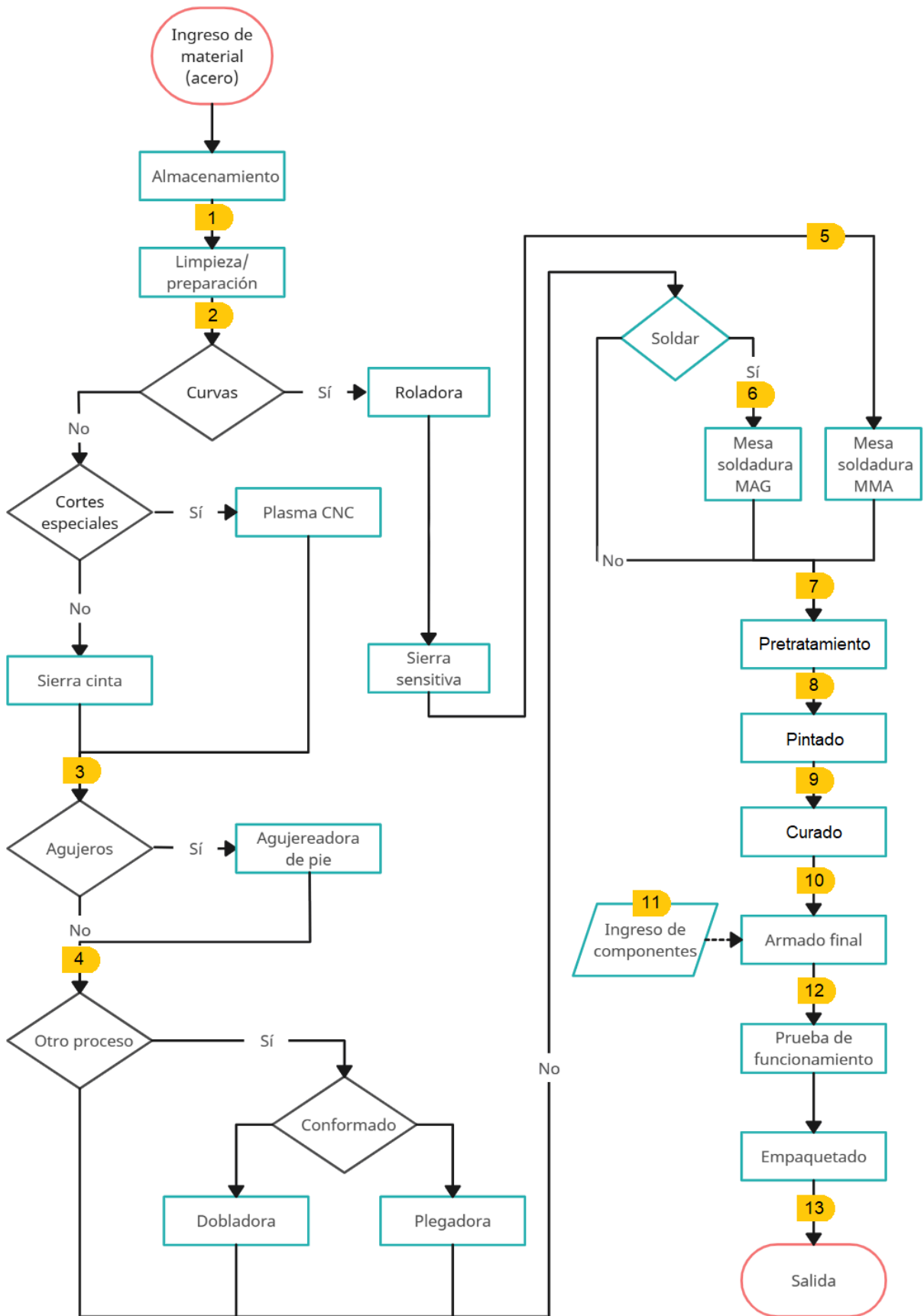


Figura 189. Patrón de flujo de fabricación

**Referencias:**

1. Acero almacenado en bruto (aceitado)
2. Acero limpio esperando a ser cortado o rolado
3. Piezas cortadas esperando a ser agujereadas
4. Piezas agujereadas esperando a ser conformadas
5. Rieles curvados esperando a ser soldados
6. Piezas esperando a ser soldadas
7. Partes terminadas esperando a ser pretratadas
8. Partes pretratadas esperando pintura
9. Partes pintadas esperando ingreso al horno
10. Partes listas esperando ensamblaje final
11. Componentes esperando ensamblaje final
12. Producto esperando prueba final y empaquetado
13. Producto terminado

**Observaciones:**

- 10 y 11 Son el mismo espacio físico (almacén)
- La prueba de funcionamiento final se realiza en el mismo espacio físico que el empaquetado

**19.2.7 Factor edificio**

El edificio influirá en la distribución sobre todo si ya existe en el momento de proyectarla. Por su misma cualidad de permanencia, el edificio crea una cierta rigidez en la distribución.

Por otra parte, el levantar un edificio completamente nuevo alrededor de una distribución implica que dicho edificio deberá ajustarse a las necesidades de la misma. Este es un modo

algo diferente de enfocar el asunto, ya que aunque todos los detalles completos de la distribución no se puedan concretar hasta que no está diseñado el edificio, existe una libertad de acción muchísimo mayor en su planteo inicial de conjunto.

Para este análisis se tendrá en cuenta un edificio de una planta tipo galpón convencional, ya construido, y con las relación de ancho-largo mayormente utilizadas localmente.

### 19.2.7.1 Necesidades de espacio

Partiendo del número de máquinas de cada clase, así como de sus dimensiones, se calcula directamente el área requerida para la maquinaria. Estas comprenderán el espacio entre las mismas reservado para los trabajadores y el material en proceso, y para el acceso de los hombres, manejo, mantenimiento y cualquier otra consideración.

Como norma general, en edificios de una planta se incrementa el área necesaria para las maquinarias en un 15% para determinar el área total requerida, teniendo en cuenta el espacio utilizado por pasillos, escaleras, ascensores, entre otros.

Se muestran en la siguiente tabla las áreas de equipos y máquinas, donde se ha incluido también los almacenes de material y componentes en espera a utilizar:

Elemento	Cant.	Lado 1 [m]	Lado 2 [m]	Área total [m <sup>2</sup> ]
Sector plegadora manual	1	1,2	0,8	0,96

Elemento	Cant.	Lado 1 [m]	Lado 2 [m]	Área total [m2]
Sector banco de montaje	1	3	1,5	4,5
Sierra de cinta	1	0,5	1,3	0,65
Espacio libre sierra de cinta	1	10	0,6	6
Sector dobladora manual	1	1,2	1,5	1,8
Sector soldadura (chasis)	1	2,5	2	5
Sector plegadora hidráulica manual	1	1,2	0,8	0,96
Sector agujereadora de pie	2	1,5	1,2	3,6
Roladora de tubos	1	1	1,5	1,5
Espacio libre roladora de tubos	1	8	0,5	4
Sierra sensitiva	1	0,5	0,7	0,35
Espacio libre sierra sensitiva	1	8	0,5	4
Sector soldadura (riel)	1	5	6	30
Batea de pretratamiento	1	3	1,5	4,5
Cabina de pintura	1	2,5	2	5
Horno de curado	1	2	2	4
Compresor de aire	1	0,9	0,8	0,72
Secador de aire	1	0,6	0,6	0,36

Elemento	Cant.	Lado 1 [m]	Lado 2 [m]	Área total [m2]
Tanque de aire 100L	1	0,4	0,4	0,16
Tanque de aire 300L	1	0,55	0,55	0,3025
Plasma CNC	1	3	4	12
Almacén cantilever (1)	1	6	1	6
Sector de limpieza de acero (2)	1	6	0,8	4,8
Almacén piezas cortadas (3)	2	0,8	0,4	0,64
Almacén piezas agujereadas (4)	2	0,8	0,4	0,64
Almacén piezas para soldar riel (5)	1	2,5	0,8	2
Almacén piezas para soldar chasis (6)	3	0,8	0,4	0,96
Almacén piezas para pretratamiento/pintura (7 y 8)	1	3	0,8	2,4
Carro de curado (9)	1	1,8	1,8	3,24
Almacén piezas y componentes para armado final (10 y 11)	1	3,2	0,8	2,56
Sector de prueba y empaquetado (12)	1	3,5	3,5	12,25
Almacén producto terminado (13)	3	1,2	1	3,6

Tabla 32. Área de maquinaria y equipos

<b>Área total + 15%</b>	<b>150 [m<sup>2</sup>]</b>
-------------------------	----------------------------

Además del espacio requerido para el sector de producción directo, se debe definir el área requerida para los servicios, principalmente las instalaciones del personal.

Debido a que la incorporación de mayor cantidad de personal es probable, se dimensionan con holgura las instalaciones requeridas, a fin de no representar una limitante.

Se tendrán en cuenta los siguientes espacios para instalaciones:

*Sanitarios/vestuarios:* 10 [m<sup>2</sup>]

*Oficina atención al cliente:* 6 [m<sup>2</sup>]

*3 Oficinas:* 12 [m<sup>2</sup>]

*Sala de reuniones:* 8 [m<sup>2</sup>]

*Zona de descanso:* 5 [m<sup>2</sup>]

*Área total de servicios =* 41 [m<sup>2</sup>]

Ya que se requiere de una altura de la cubierta no menor a 5[m], se puede utilizar la construcción en seco para generar 2 niveles y repartir el área para instalaciones de servicio. Sin embargo, se utilizará el área total para realizar el cálculo del espacio total del edificio.

Se tendrá en cuenta además, la posible incorporación futura de otras máquinas o equipos, principalmente un router CNC y un torno paralelo. Además se dispondrá del espacio suficiente en el sector de plegado para reemplazar las plegadoras manuales

por un equipo automático de mayor envergadura. Por ello se destinará del espacio requerido:

$$\text{Futuras necesidades} = 35 \text{ [m}^2\text{]}$$

### Área total del edificio

$$\text{Área del edificio [m}^2\text{]} = 125 + 41 + 35$$

$$\text{Área del edificio} = 225 \text{ [m}^2\text{]}$$

El área obtenida es similar a los alcances propuestos al inicio, donde se propuso un espacio físico de 200[m<sup>2</sup>], por lo que se puede proseguir con el desarrollo.

## 19.3 Layout

Para el diseño del layout se adoptó por un diagrama general de circulación en forma de “U”. Principalmente debido a que el punto de partida debe ser el mismo que el punto final o de producto terminado. Esto es así ya que se toma como referencia un edificio de una sola entrada principal.



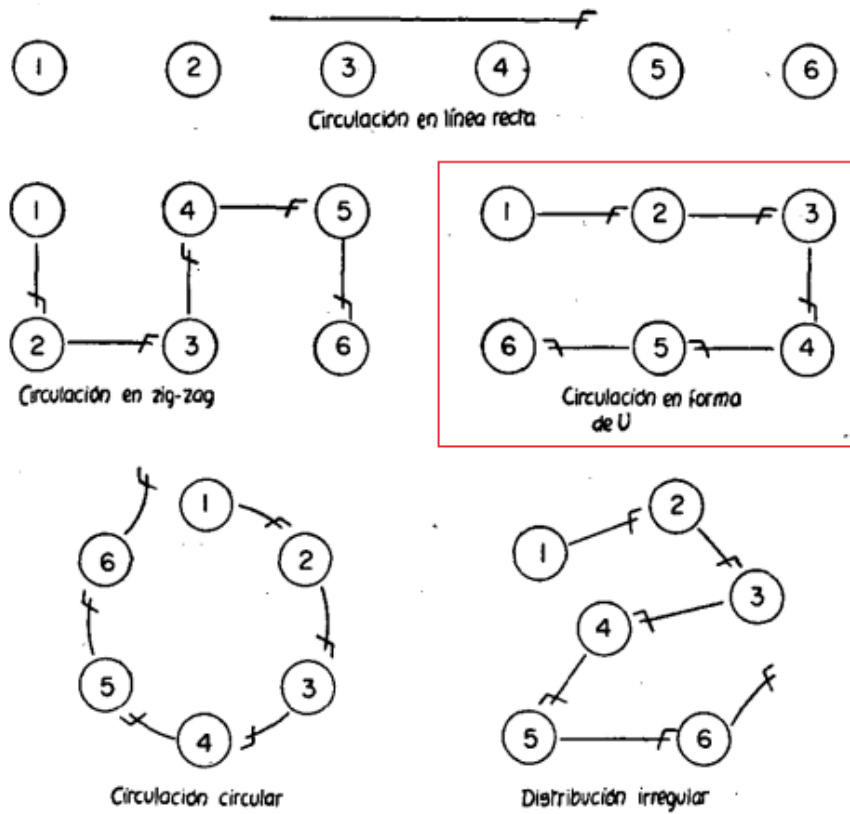


Figura 190. Patrón de circulación general

Como se mencionó anteriormente, el esquema adoptado debe ser lo suficientemente flexible para la fabricación no sólo del salvaescaleras, sino también de otros productos.

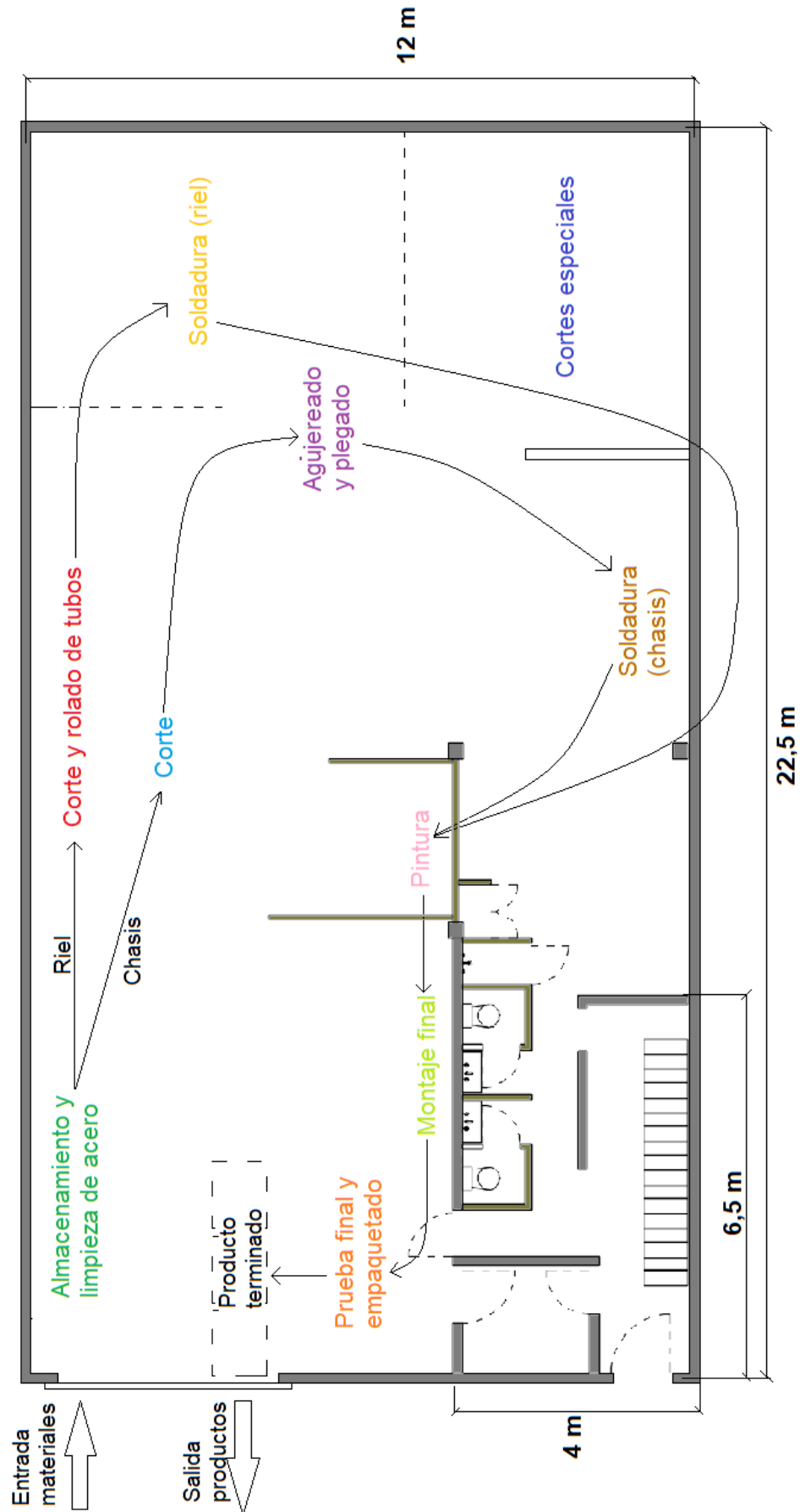


Figura 191. Flujo de movimiento

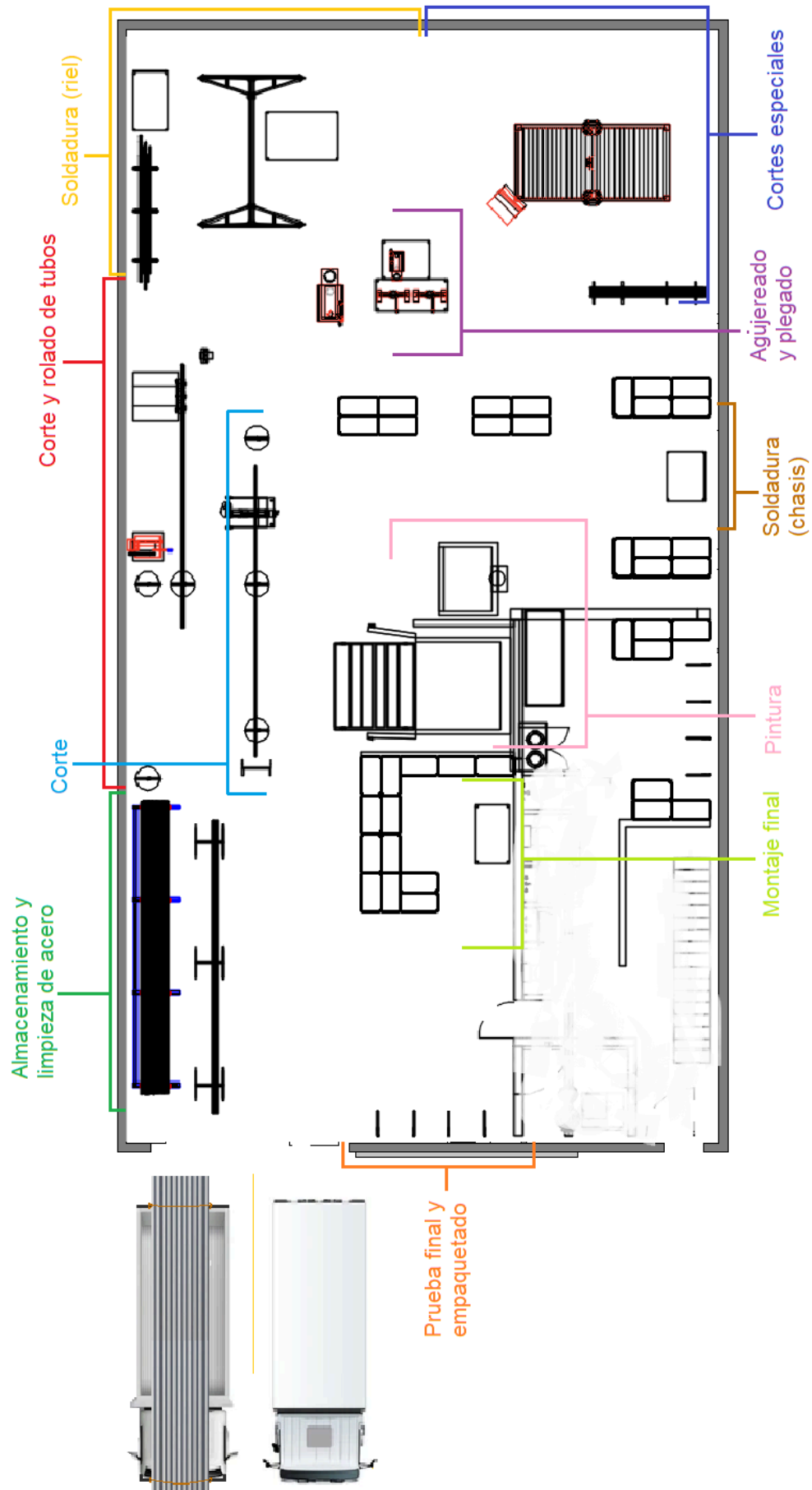


Figura 192. Sectores de producción, vista en planta

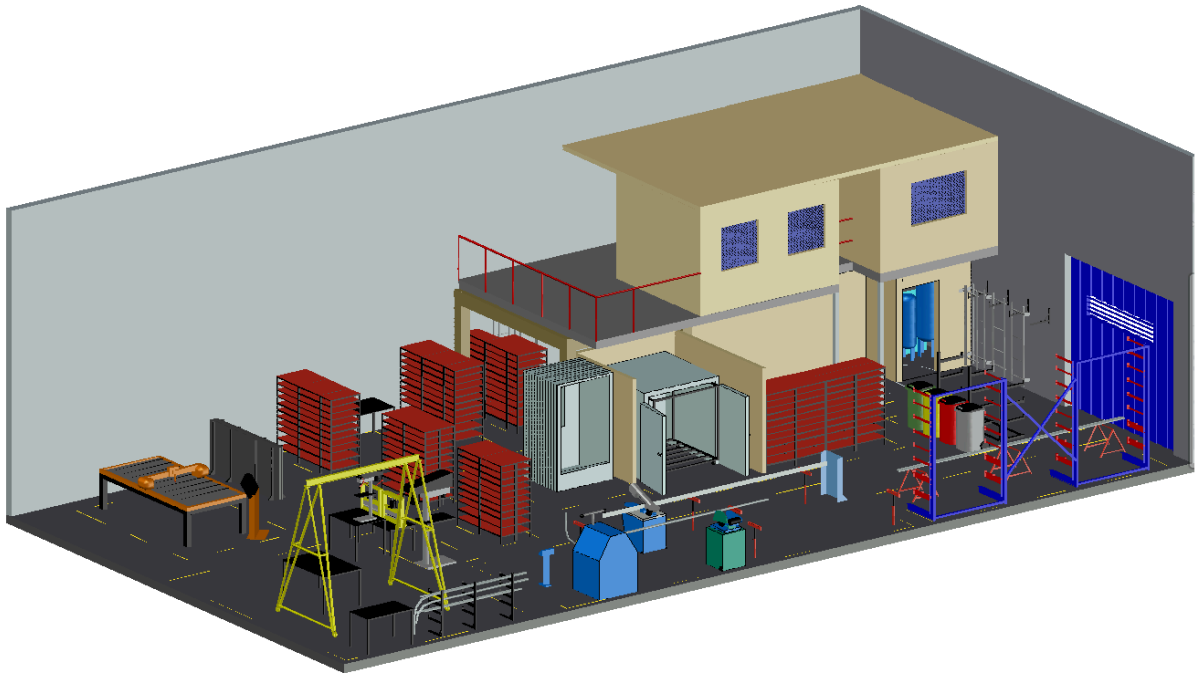


Figura 193. Layout definitivo, vista en perspectiva

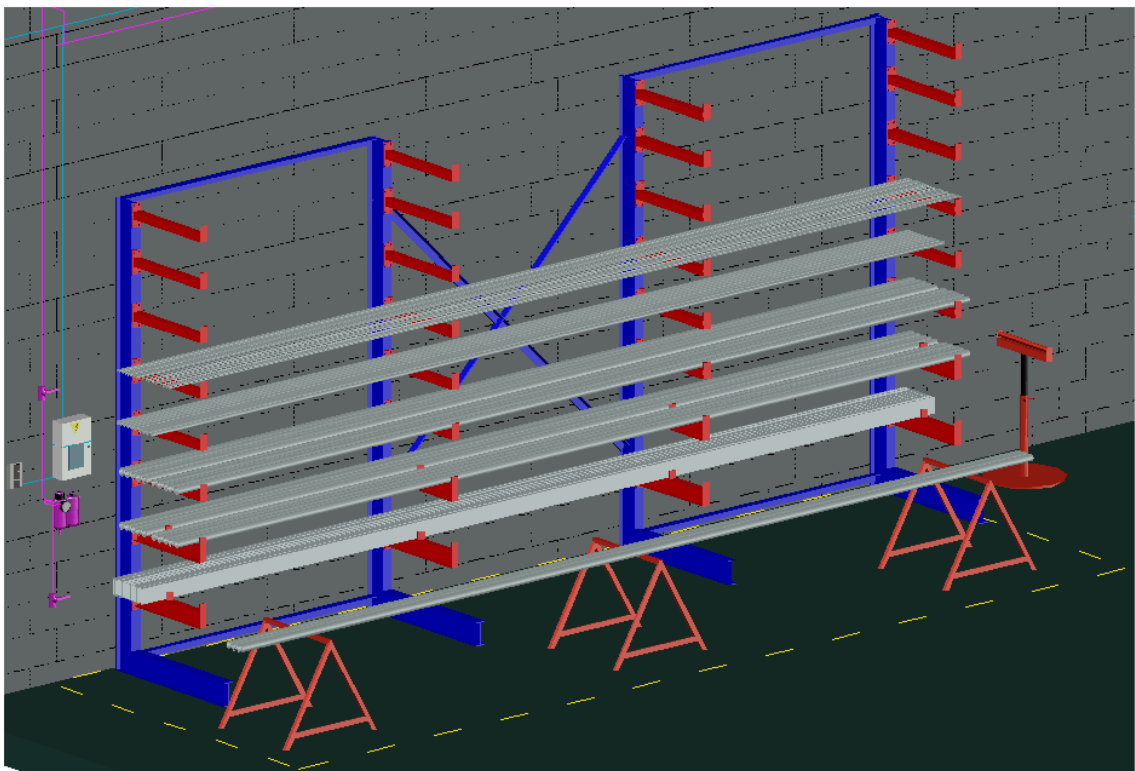


Figura 194. Sector de almacenamiento y limpieza de acero

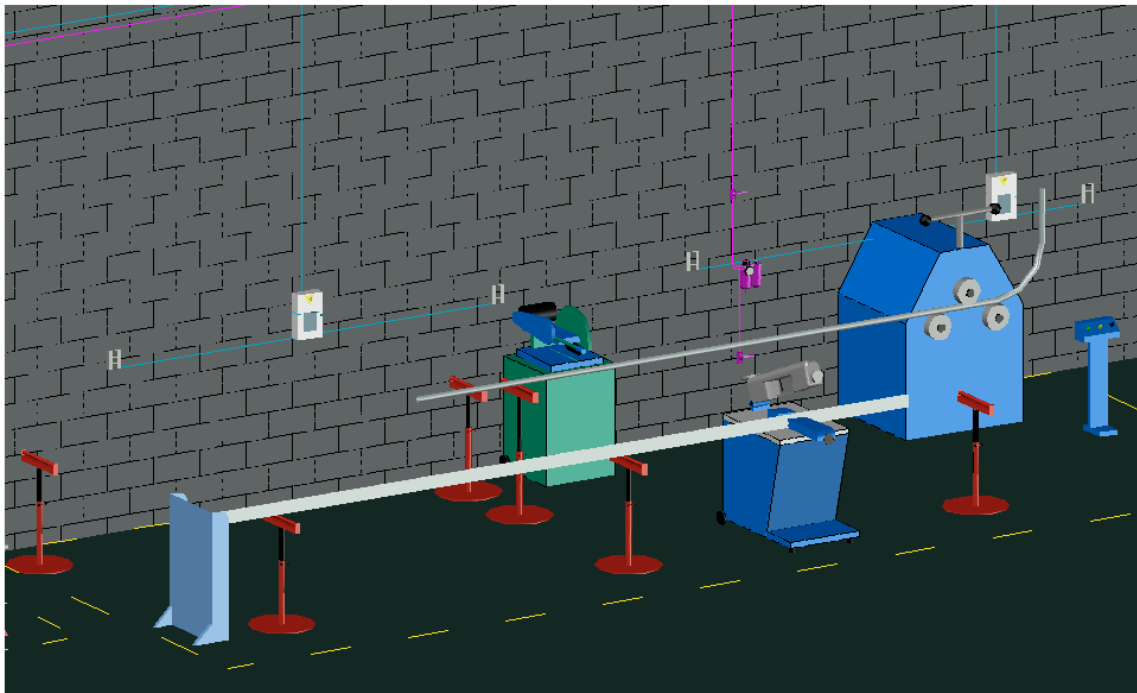


Figura 195. Sectores de corte y rolado

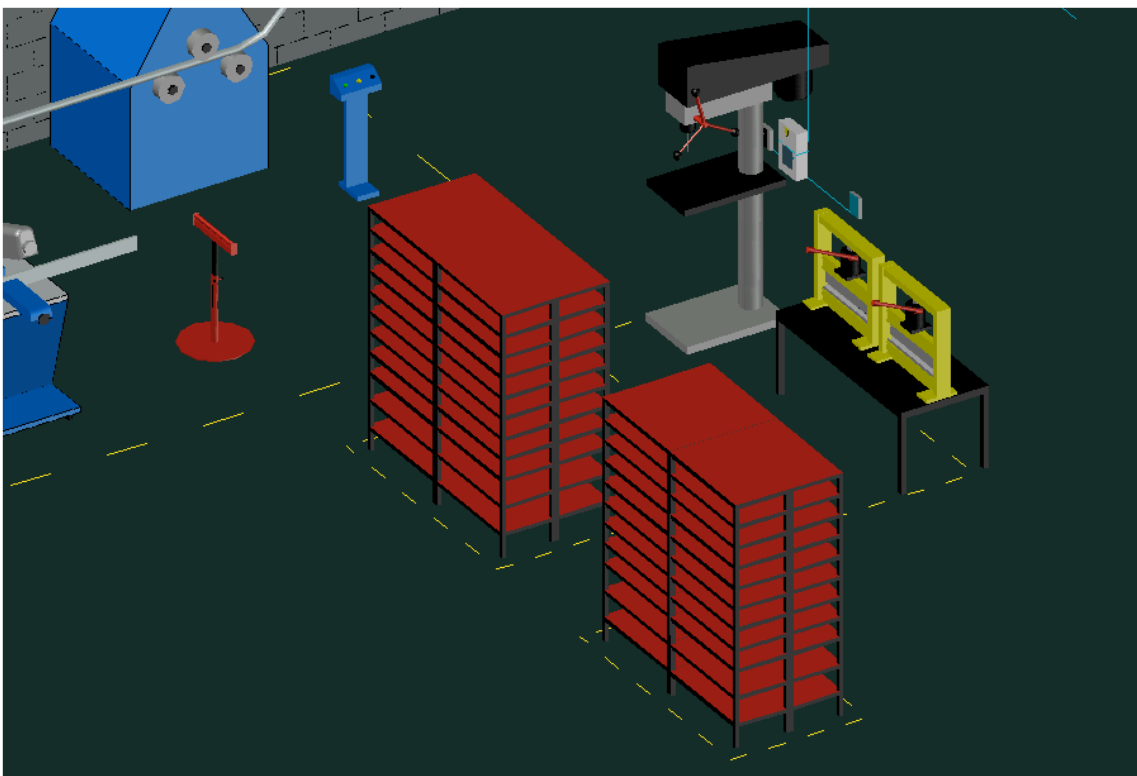


Figura 196. Sector de agujereado, plegado y almacenes

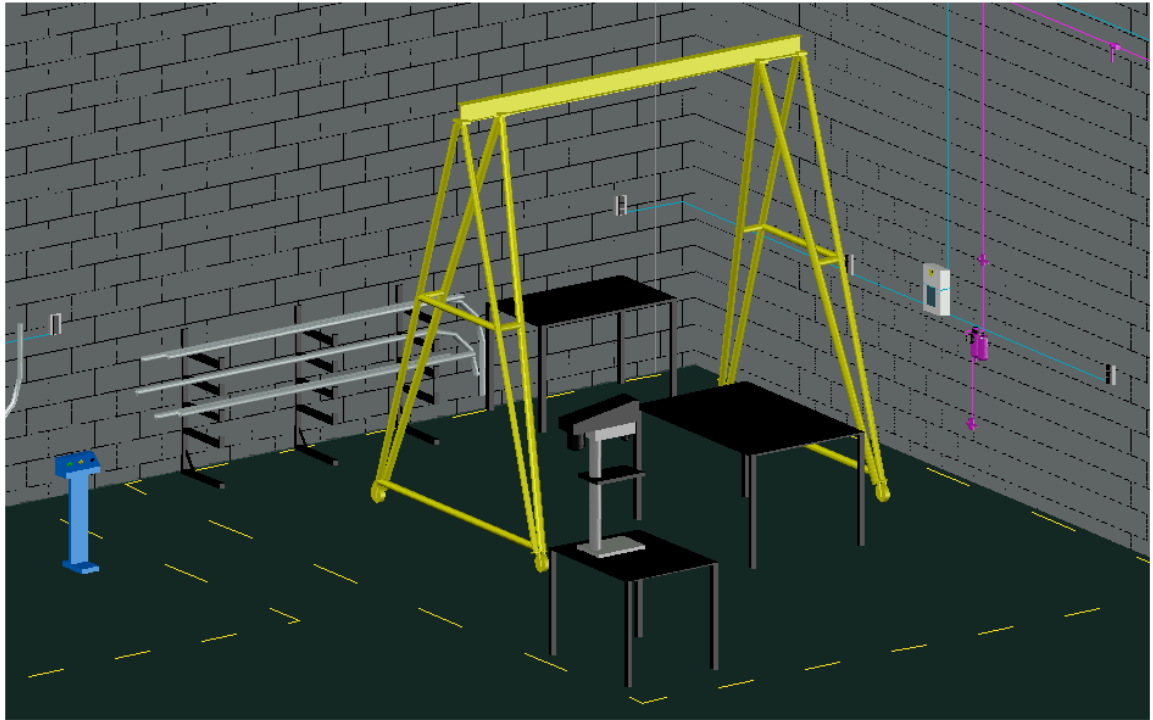


Figura 197. Sector de soldadura del riel

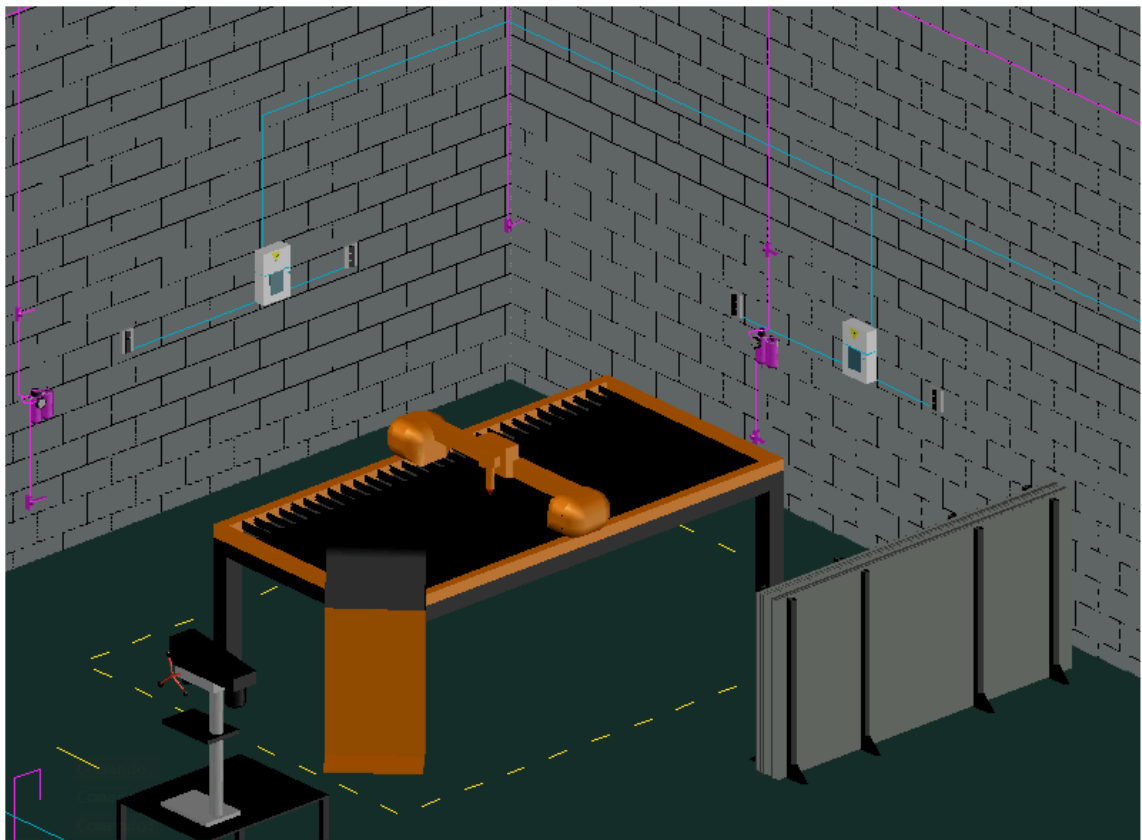


Figura 198. Sector de cortes especiales (plasma)

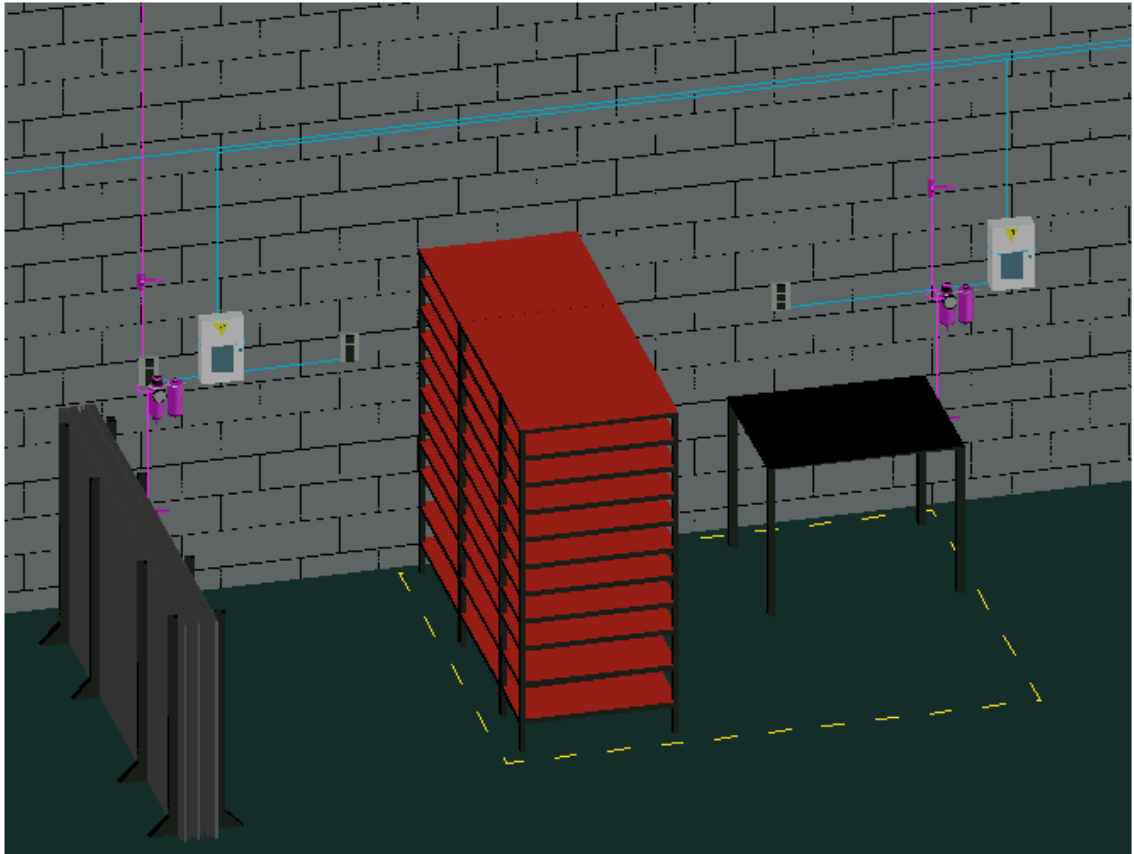


Figura 199. Sector de soldadura del chasis

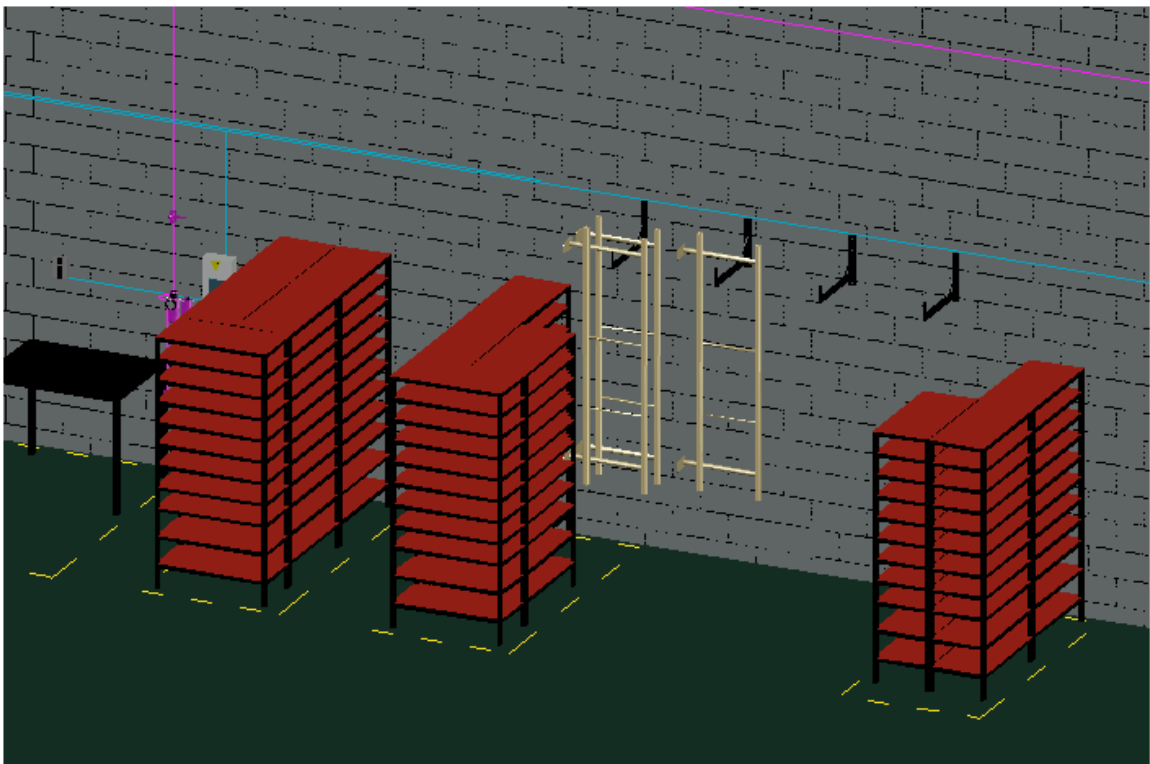


Figura 200. Almacén de componentes a pintar

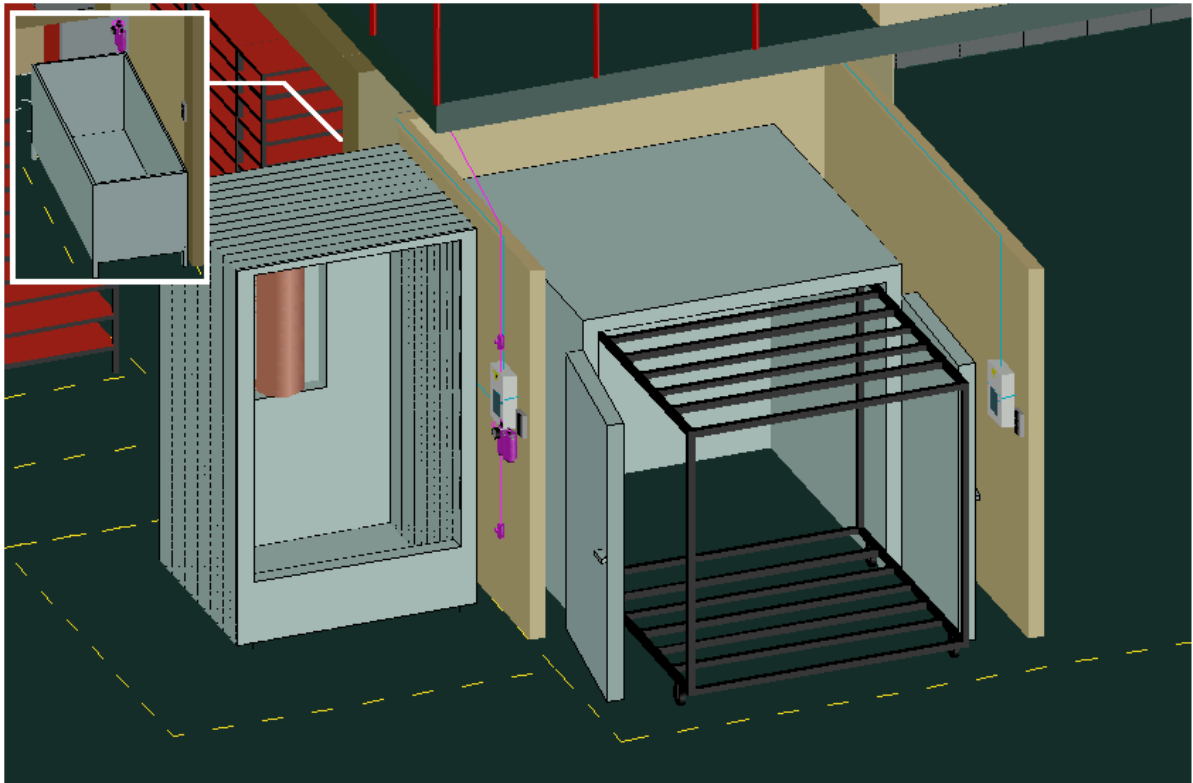


Figura 201. Sector de pintura

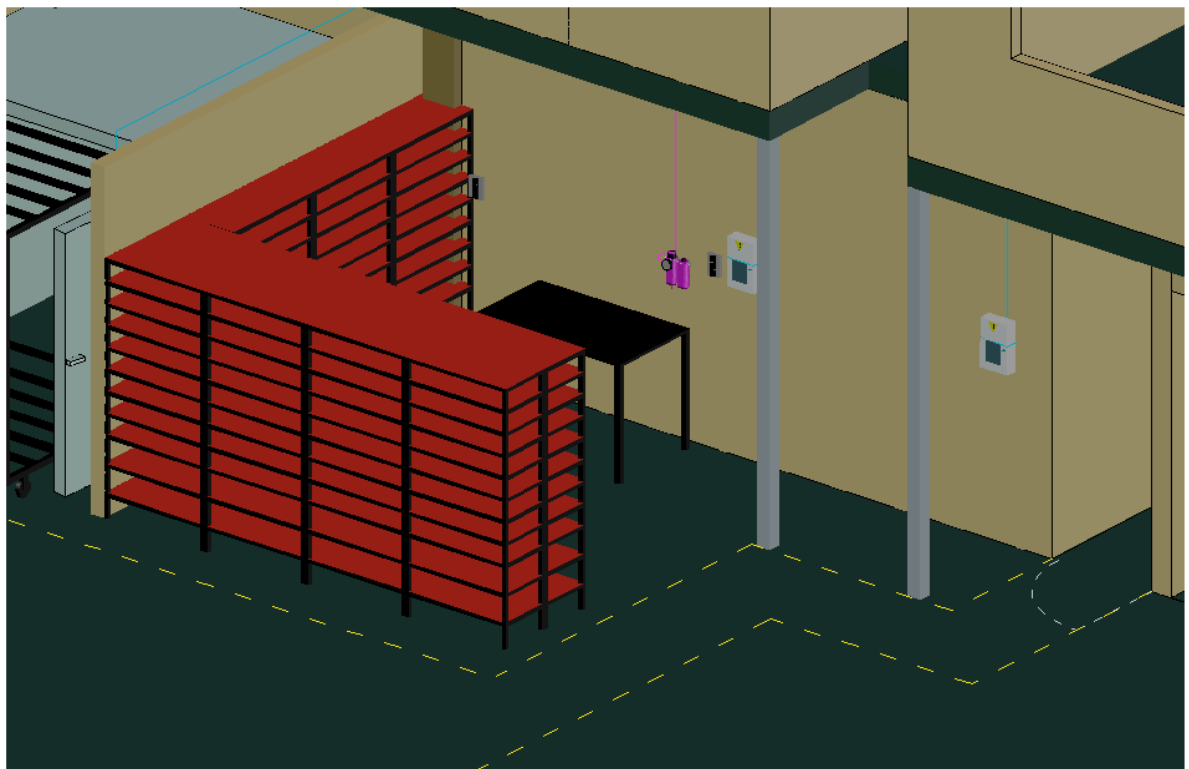


Figura 202. Sector de armado final y almacenes



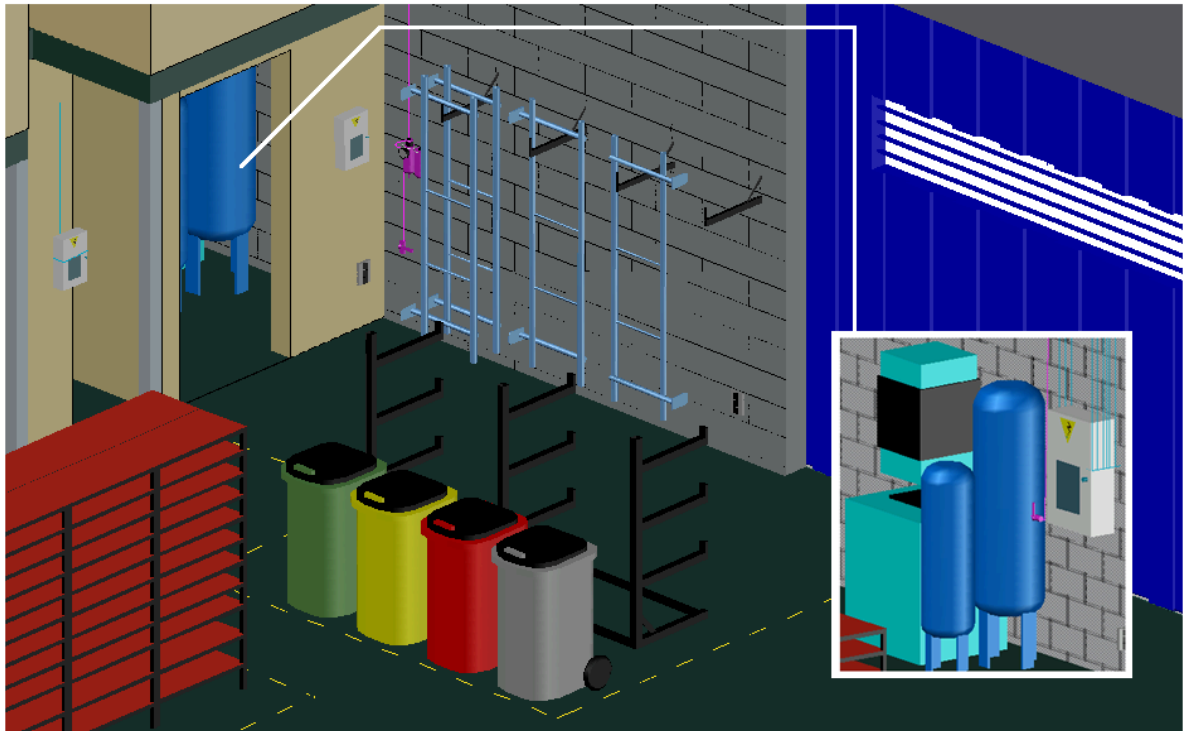


Figura 203. Sector de empaquetado y despacho

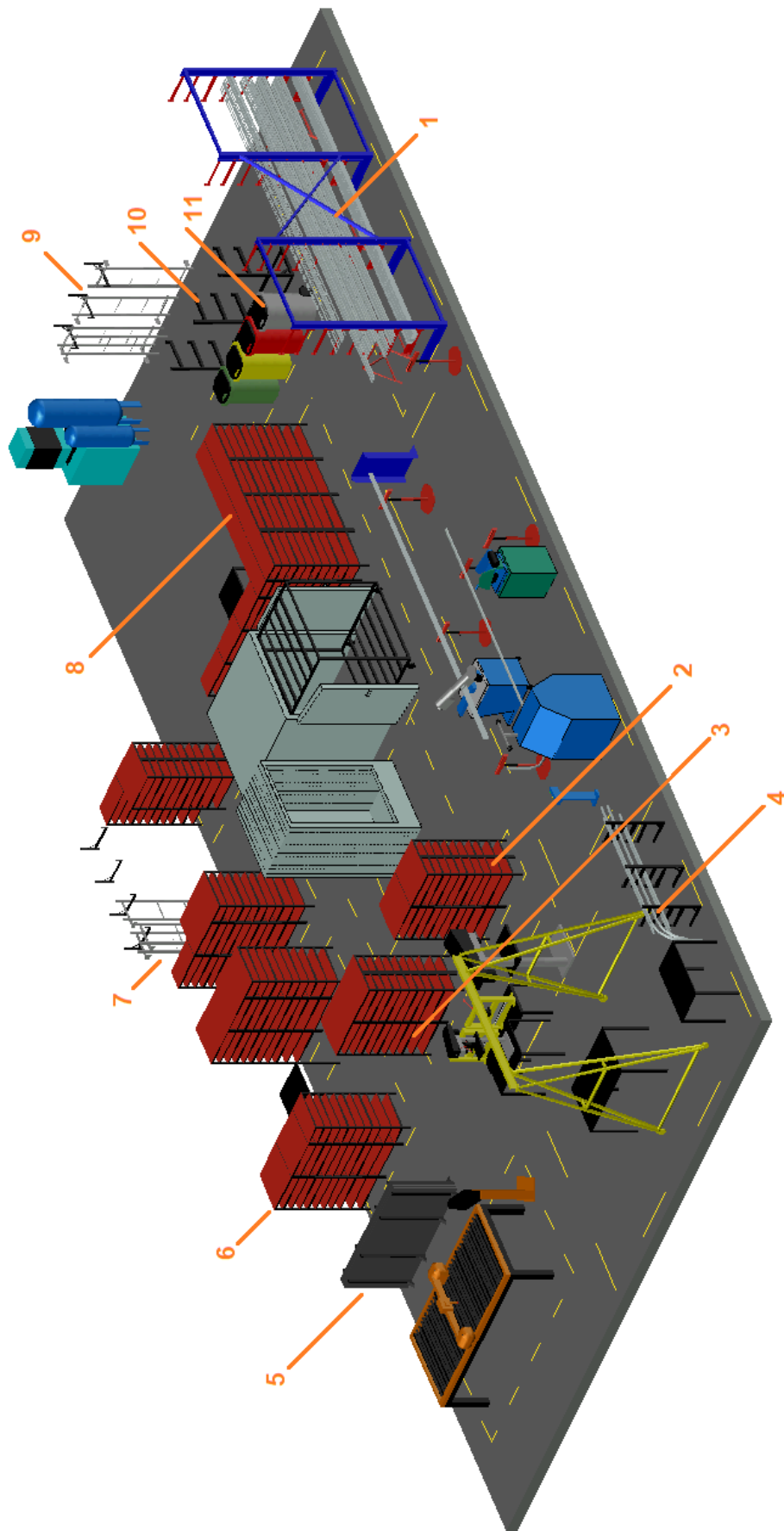


Figura 204. Distribución de almacenes

Almacenes:

1. Barras de acero en bruto
2. Piezas cortadas
3. Piezas agujereadas y plegadas
4. Acero rolado y cortado
5. Láminas de acero
6. Piezas para soldar
7. Piezas para pintar
8. Componentes listos para ensamblaje final
9. Productos listos para empaquetar
10. Producto terminado
11. Residuos

## **20 Servicios de planta**

Tal como se ha mencionado en 19.2.2, se requieren de los servicios para que los equipos y sistemas del sector productivo puedan funcionar correctamente.

Estos son:

- Aire comprimido
- Ventilación
- Iluminación
- Instalación eléctrica

## 20.1 Sistema de aire comprimido

La instalación de aire comprimido consta de los siguientes elementos principales:

- Sala de compresores
- Cañerías y accesorios de transporte
- Filtros, reguladores y lubricadores
- Bocas de consumo o punto de presión

### 20.1.1 Compresor

Para la selección del compresor de aire necesario, se debe estimar el consumo de aire requerido por los diferentes equipos que conforman el proceso de fabricación y requieren de este servicio.

Equipo	Consumo máximo [m <sup>3</sup> /min]	Presión máxima de trabajo [bar]
Cortador plasma	0,18	6
Equipo de pintura	0,22	7
Horno de curado	0,05	-
Herramientas de mano	0,3	-

Tabla 33. Consumos de aire

Ya que podrían incorporarse nuevas máquinas y equipos que requieran del servicio de aire comprimido, se establece un consumo extra del 30% para futuras ampliaciones.

Por otro lado, se considera simultaneidad total de trabajo de todos los equipos, es decir que se considera el consumo total simultáneo para la selección del compresor.

Consumo total de aire	1 [m <sup>3</sup> /min]
-----------------------	-------------------------

Para la selección del equipo se han tenido en cuenta, además de la capacidad de abastecimiento del consumo, aspectos como la disponibilidad de repuestos y servicios posventa.

Además se debe aclarar que se ha optado por el tipo de compresor a tornillo, el cual representa grandes ventajas con respecto al compresor de pistón.

Se selecciona el equipo desde los catálogos de la firma “Neumacon S.R.L.”, fabricante de equipos y herramientas de aire comprimido:

Equipo seleccionado

- Marca: **Neumacon**
- Modelo: **CTE-10D**
- Tipo: Tornillo
- Origen: Argentina
- Proveedor: Neumacon S.R.L.
- Ubicación: CABA, Buenos Aires

<b>Costo total</b>	<b>\$2.390.000</b>
--------------------	--------------------



Figura 205. Compresor CTE-10D



Figura 206. Compresor CTE-10D

## COMPRESOR A TORNILLOS 10 HP DE VELOCIDAD FIJA

+Velocidad fija + Súper silencioso +8 bar +1100 lts x min. +Trifásico , 380V  
+Doble Tornillo Con Enfriamiento secuencial +Ensamblado en Argentina bajo normas de calidad +Garantía 3 años sobre la unidad compresora y 1 año de garantía general. +Componentes, consumibles y repuestos de fácil remplazo  
+Panel PLC en Castellano +Unidad a tornillo de origen Alemana  
+Componente eléctricos ABB o Scheneider +Componentes Neumáticos  
Micro. Filtros: MANN (Alemania) Rodamientos: ZKF (Suecia / Argentina)  
+Separador de aceite: Mann +Servicio y post venta on line 365 x 24

Figura 207. Características CTE-10D

### 20.1.2 Secador de aire

Para evitar problemas derivados de la precipitación de agua en los conductos y equipos que se encuentran luego de los compresores, se debe utilizar un secador de aire.

El aire comprimido seco reduce el riesgo de daños por corrosión del sistema de aire comprimido y mejora el presupuesto operativo de la maquinaria y las herramientas conectadas.

Para la selección del secador de aire, se opta por utilizar la misma línea de productos ofrecidos por la firma "Neumacon S.R.L.", a fin de seleccionar el secador de aire diseñado específicamente para trabajar en conjunto con el compresor adoptado. De esta manera se obtendrá un rendimiento óptimo del sistema de aire comprimido, así como su calidad.

Equipo seleccionado

- Marca: **Neumacon**
- Modelo: **SE-10**
- Tipo: Refrigeración
- Origen: Argentina
- Proveedor: Neumacon S.R.L.
- Ubicación: CABA, Buenos Aires

<b>Costo total</b>	<b>\$890.000</b>
--------------------	------------------



Figura 208. Secador SE-10



La secadora SE-10 se divide en tres sistemas: Intercambiador de calor, refrigeración y sistema de control eléctrico.

El aire ingresa por el pre enfriador para eliminar el contenido de calor, luego pasa por el intercambiador de calor y se enfría a una temperatura más baja. Después de ingresar en el evaporador, el calor del aire, al refrigerarse reduce la temperatura del aire a 2,5 °C (temperatura de punto de rocío), en ese instante, la humedad se condensa en líquido, que es separado y drenado automáticamente.

Características de secador de aire:

- Fuerte capacidad de refrigeración, aumentando en un 30% el rendimiento del circuito
- Separación de gran eficiencia, que puede filtrar más del 99% del agua, aceite y las impurezas sólidas en el aire comprimido
- Retiro de agua por medio de la electroválvula en la salida en forma automática
- Temperatura de entrada de hasta 80°C
- Equipo con gran estabilidad y durabilidad

Se deberá incorporar un prefiltro coalescente a la entrada del secador, a fin de evitar excesos de contaminantes en este.

### **20.1.3 Pulmones de almacenamiento**

Los tanques de aire comprimido tienen la capacidad de acumular el volumen de aire comprimido suficiente para abastecer la demanda cuando es necesario y así

mantener una presión estable en la red de aire comprimido, independientemente de la variabilidad de la misma.

El tanque receptor de aire proporciona un flujo constante de aire al control de un compresor de aire, eliminando los ciclos cortos y la sobrepresurización. La utilización variable del aire comprimido causa una demanda desigual en el compresor, lo que resulta en un ciclo rápido a medida que el compresor de aire se enciende y apaga para satisfacer la demanda momento a momento.

Cada vez que el sistema se enciende y apaga (o carga y descarga) se le llama "ciclo". Es conveniente que el motor del compresor de aire mantenga estos ciclos espaciados el mayor tiempo posible para evitar el arranque y parada constante del mismo, más aún cuando se trata de equipos de una sola velocidad.

Con el tiempo, los ciclos cortos frecuentes conducirán a fallas prematuras de los interruptores de presión y otros componentes del sistema, como ser desgastes excesivos o incluso sobrecalentamiento del motor.


El tanque receptor de aire elimina los ciclos cortos y proporciona una presión del sistema más constante a los controles, por este motivo es de vital importancia la correcta selección de su capacidad.

### Capacidad requerida

Para determinar el volumen requerido del pulmón de almacenamiento, se utiliza la calculadora online disponible en la plataforma web de la firma "Kaeser Compresores".

Los criterios de cálculo han sido establecidos según las prestaciones del compresor seleccionado anteriormente. Además se ha establecido una carga del 50% y una franja de presión de 1 [bar] entre arranque y parada.

## Dimensionado del tanque de presión



**Seleccionar unidad**

- Unidades del SI
- Unidades EE.UU.

---

- Cálculo como tanque de amortiguamiento
- Cálculo acorde a frecuencia de conexión permitida

Caudal del compresor mayor conectado* 1*	1.1	m³/min
Consumo de aire comprimido 2*	0.55	m³/min
Presión de desconexión	8.5	bar
Presión de conexión	7.5	bar
Conmutaciones admisibles**	60	1/h
Carga del compresor***	50	%
2* : 1*	0.5	
Capacidad del tanque	0.28	m³

Figura 209. Cálculo pulmón de almacenamiento

Para aumentar la eficiencia del sistema de aire comprimido, se opta por un circuito que utilice dos tanques de almacenamiento de aire, conocidos como tanque

húmedo y tanque seco. Esto hace referencia a su ubicación, la cual puede ser antes o después del secador de aire.

El tanque de aire seco es el calculado en el análisis anterior, y su ubicación será luego del secador de aire.

Por otro lado, según recomendaciones del fabricante, el tanque de aire húmedo debe equiparse con una válvula de purgado automático del condensado, y debe dimensionarse alrededor del 33% de la capacidad del tanque de aire seco, es decir, de 100 [litros].

Depósitos de aire comprimido seleccionados:

- Marca: **Motto**
- Modelo: **100 y 300 Litros**
- Tipo: Vertical
- Origen: Argentina
- Proveedor: Motto Compresores S.A.
- Ubicación: Caseros, Buenos Aires

Se han tenido en cuenta el costo de ambos tanques, una válvula de purgado automático del condensado, y dos filtros coalescentes, uno previo al secador y otro en la salida del tanque seco. De esta manera se asegura una gran calidad del aire, principalmente para requerimientos del cortador plasma y de la pintura electrostática en polvo.

<b>Costo total</b>	<b>\$1.510.000</b>
--------------------	--------------------



Figura 210. Depósito Motto 300/100 Litros



Figura 211. Purgador automático de condensado



Figura 212. Filtro coalescente FCD C30

### Características técnicas

Tipo	Modelo	Caudal a 7 bar			Conexión	Presión mínima	Presión máxima	Consumo de aire por hora*	Temperatura máxima	Dimensiones	Peso	Medidas elemento filtrante
		m³/h	cfm	lts/min								
L Separador de líquidos y partículas	FCD-L30											
	FCD-C30	240	140	4000	1/2"					76x192mm	0,7 kg	35 x 87 mm
	FCD-A30											
C Coalescente	FCD-L60											
	FCD-C60	470	280	7833	1"	4 kg	14 kg	0,081m³	60 °C	95x255mm	1,3 kg	57 x 131 mm
A Carbón activado	FCD-A60											
	FCD-L150											
	FCD-C150	1170	690	19500	1 1/2"					130x405mm	3,2 kg	66 x 250 mm
	FCD-A150											

Figura 213. Características FCD C30

### 20.1.4 Red de distribución

Para la distribución de este servicio se utiliza una red neumática.

Una red neumática permite la distribución del aire comprimido de manera eficiente, su objetivo es garantizar la vida útil de herramientas y maquinaria, evitar fugas y desperdicios, el óptimo consumo de aire y el ahorro de energía eléctrica.

Existen dos tipos principales de redes neumáticas, abiertas o cerradas:

### Red cerrada

En esta configuración la línea principal constituye un anillo. La inversión inicial de este tipo de red es mayor que si fuera abierta, sin embargo, con ella se facilitan las labores de mantenimiento de manera importante, puesto que ciertas partes pueden ser aisladas sin afectar al resto de la producción.

La falta de dirección constante del flujo es una desventaja de este sistema, ya que la dirección del flujo en algún punto de la red dependerá de las demandas puntuales y por tanto, el flujo de aire cambiará de dirección dependiendo del consumo. Por este motivo, se debe prestar especial cuidado si se instalan elementos dentro del anillo, como ser enfriadores o filtros, ya que pueden quedar inutilizados debido al sentido del flujo.

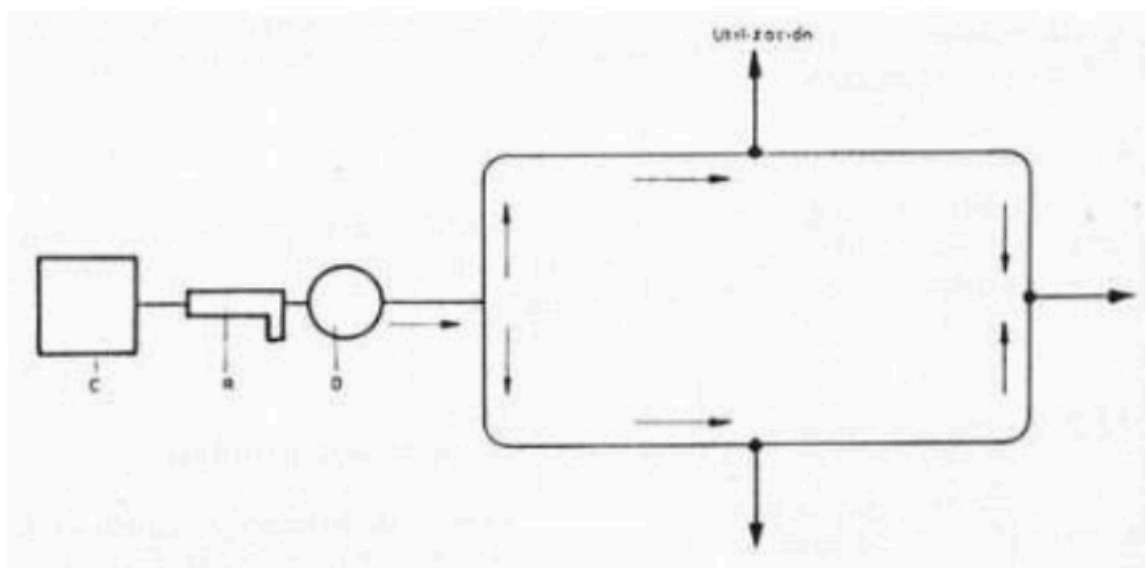


Figura 214. Red neumática cerrada

### Red abierta

Esta red se constituye por una sola línea principal de la cual se desprenden las secundarias y las de servicio. La poca inversión inicial necesaria de esta configuración constituye su principal ventaja. Además, en la red pueden implementarse inclinaciones para la evacuación de condensados.

La desventaja principal de este tipo de redes es su mantenimiento. Ante una reparación es posible que se detenga el suministro de aire “aguas abajo” del punto de corte, lo que implica una detención de la producción.

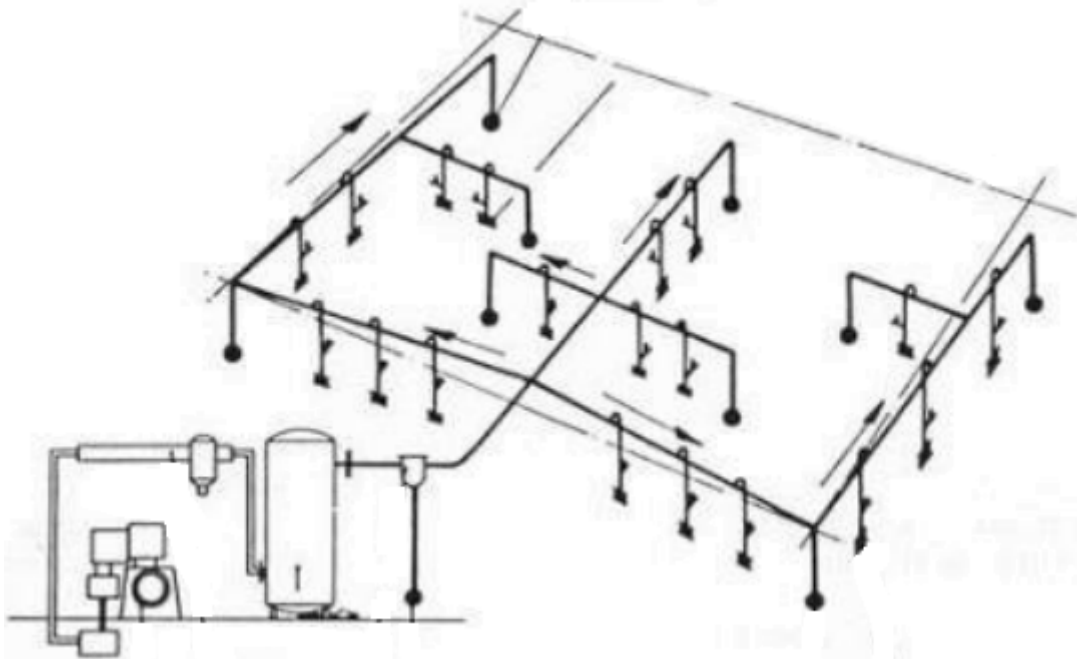


Figura 215. Red neumática abierta

Para el presente proyecto se adopta un tipo de red cerrada, por la ventaja que brinda en cuanto al mantenimiento de la red y la posibilidad de continuar con la producción.



Si bien se caracteriza por un costo de inversión mayor, las dimensiones de la planta son relativamente reducidas, lo que es adecuado para aprovechar este tipo de red.

Se muestra a continuación el diagrama general de la red neumática necesaria para la planta:

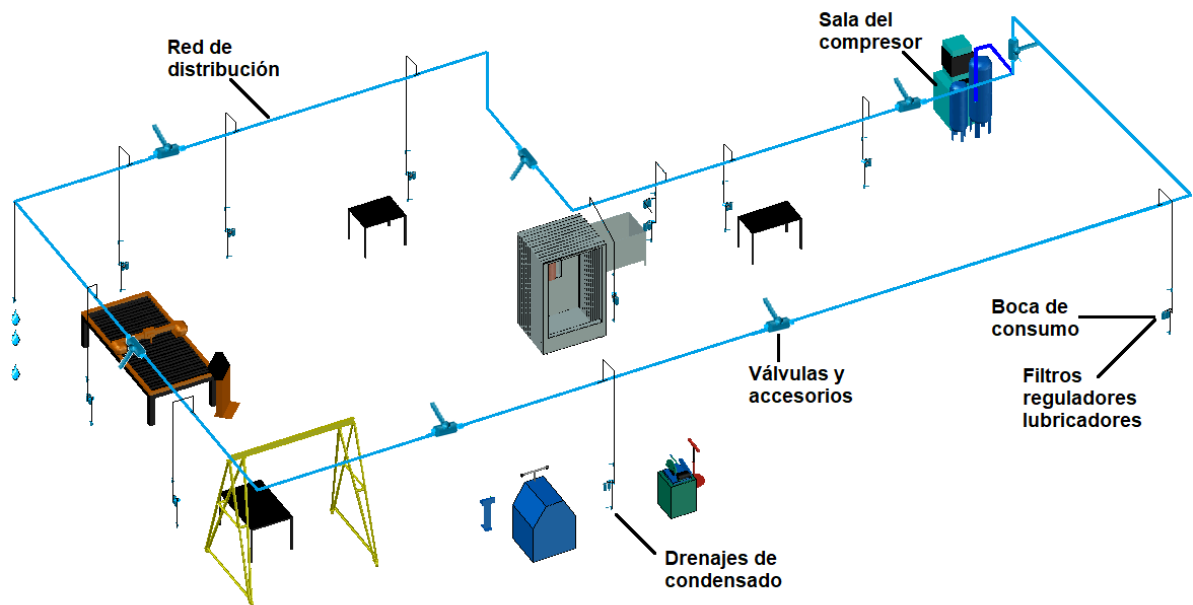


Figura 216. Red neumática de la planta

#### 20.1.4.1 Dimensionamiento de diámetros

##### Tramo principal

Para comenzar con el dimensionamiento de los diámetros requeridos de la tubería, se inicia con el tramo principal, es decir, el que va desde el compresor hasta el anillo principal.

Se muestra a continuación el diagrama de componentes y accesorios de dicho tramo:

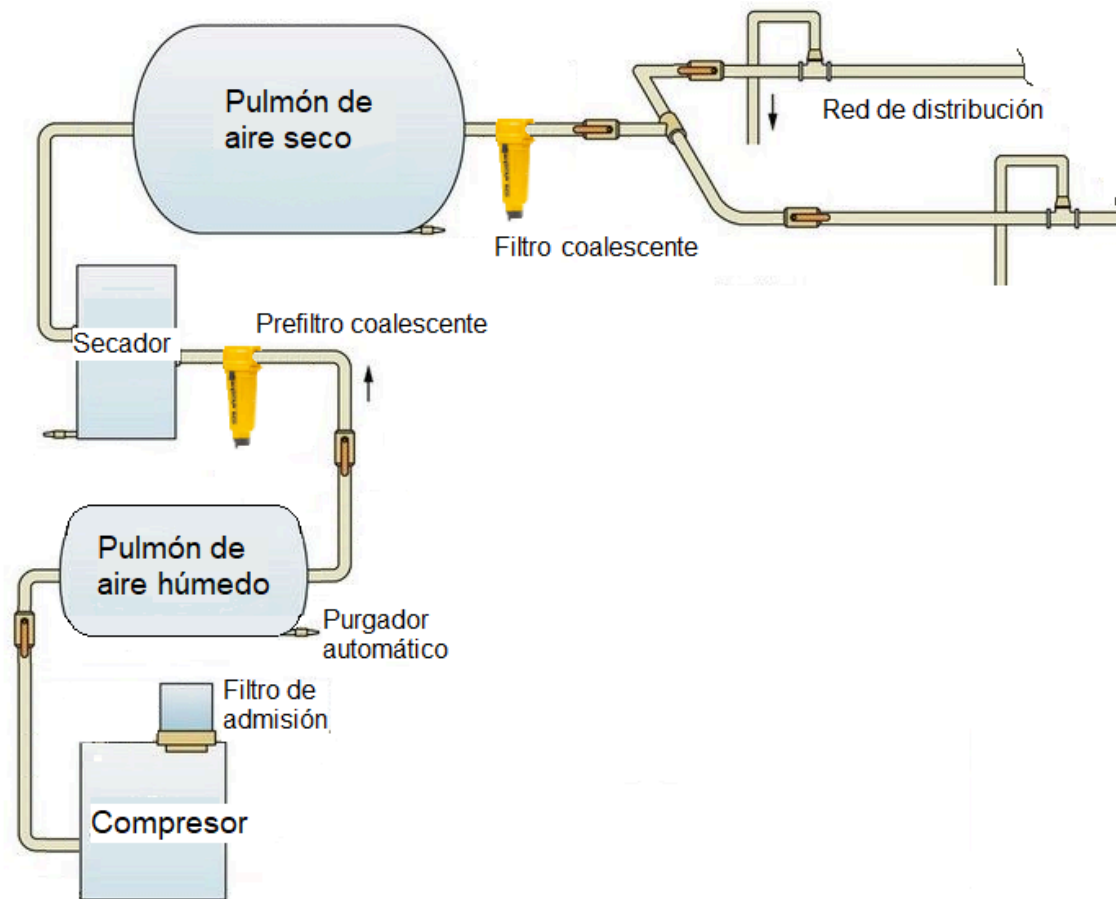


Figura 217. Tramo principal

Utilizando el nomograma para cálculo de tuberías ofrecido por el fabricante “Kaeser”, las rectas trazadas salen del rango del diagrama, debido a la poca longitud y caudal de la tubería. Por este motivo se utiliza la ecuación de relación entre caudal y área para la determinación de los diámetros requeridos, y teniendo en cuenta las recomendaciones de velocidades de flujo recomendadas.

*Caudal máximo:*  $1[m^3/min]$  (Factor de simultaneidad 1)

*Longitud de la tubería:* 10 [m]

*Presión del sistema:* 7 [bar]

*Velocidad del flujo ideal :* 8 [m/s]

Esta velocidad de flujo es recomendación de Kaeser (4 a 10 m/s) para los casos en que se desea lograr bajas cantidades de humedad desplazada en el aire. Si bien en este caso se utiliza un enfriador intermedio, manteniendo baja la velocidad se asegura el funcionamiento óptimo del mismo.

Siendo:

$$Caudal = Velocidad * \text{Área}$$

Despejando el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*v*60}}$$

*D*: diámetro de la tubería [m]

*Q*: Caudal [ $m^3/min$ ]

*v*: Velocidad [m/s]

Reemplazando se obtiene el diámetro aproximado de la tubería:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1[m^3/min]}{\pi * 8 [m/s]*60}} = 0,051[m] = 51[mm]$$

Se debe seleccionar el diámetro comercial correspondiente, para esto se utiliza el catálogo del fabricante “Polimex Argentina”, de tubos de polietileno random ( PPR, no PVC) para termofusión.

Aprox. Pulg.	Diámetro Exterior m.m	PN 10 Fluidos Fríos Aire Comprimido		PN 16 Fluidos Calientes Aire Comprimido		PN 20 Fluidos Calientes	
		E/P.	Kg/Mt Prod.	E/P	Kg/Mt Prod.	E/P	Kg/Mt. Prod.
½	20			2,8	0,12	3,4	0,18
¾	25			3,5	0,17	4,2	0,28
1	32	3	0,28	4,5	0,39	5,4	0,46
1 1/4	40	3,7	0,41	5,6	0,61	5,4	0,71
1 1/2	50	4,6	0,67	6,9	0,93	8,4	1,1
2	63	5,8	1,05	8,7	1,48	10,5	1,74
2 1/2	75	6,9	1,5	10,4	2,11	12,5	2,46
3	90	8,2	2,14	12,5	3,04	15,0	3,55
4	110	10,0	3,17	15,2	4,53	18,3	5,29
6	160	14,6	6,71	22,1	9,57	26,6	11,16
8	200	18,2	10,45	27,6	14,94	33,2	17,42
10	250	22,8	16,31	34,5	23,35	41,5	27,21

Figura 218. Diámetros comerciales Polimex Argentina

Tubería principal seleccionada: PN 10

Diámetro exterior: 63 [mm]

Diámetro interior: 51,4 [mm]

Teniendo el diámetro de la tubería definido, se puede calcular la pérdida de carga en el tramo principal diseñado. Para esto se utiliza la ecuación de Darcy Weisbach, ya que como se mencionó, no es posible utilizar el nomograma.

Para esto se calculan las longitudes equivalentes de los accesorios, haciendo uso de la siguiente tabla:

Componentes		Longitud equivalente de tubería en metros										
		Diámetro interior de tubería en mm (d)										
		25	40	50	80	100	125	200	250	250	300	400
Válvula de bola abierta 100%		0.3 5	0.5 8	0.5 10	1.0 16	1.3 20	1.6 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100%		1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100%		4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo		7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta		2.0	3.2	4.0	6.4	8.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d		0.3	0.5	0.5	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d		0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90°		1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea		0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular		1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor		0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.8

Figura 219. Tabla longitudes equivalentes de accesorios

$$Le_{Codo} = 6 * 0,8[m] = 4,8 [m]$$

$$Le_{Filtros + reductores} = 2 * 3[m] + 4 * 1 = 10 [m]$$

$$Le_{V. esféricas} = 3 * 0,5[m] = 1,5 [m]$$

$$Le_{total} = 16,3 [m]$$

$$Longitud\ equivalente\ de\ tubería = 10[m] + Le_{total} = 26,3[m]$$

Pérdida de carga, ecuación de Darcy Weisbach para aire comprimido en tubería lisa de diámetro inferior a 100 [mm]:

$$\Delta p = \frac{450 * L * Q^2}{D^5 * P}$$

Donde:

*L*: longitud de la tubería [m]

*Q*: caudal [l/s]

*D*: diámetro interno de la tubería [mm]

*P*: presión inicial [bar]

450: Factor de fricción y conversión de unidades

Reemplazando:

$$\Delta p = \frac{450 * 26,3 [m] * 16,7^2 [l^2/s^2]}{51,4^5 [mm^5] * 7 [bar]}$$

$$\Delta p_{Tramo\ principal} = 0,0013 [bar]$$

### Anillo de distribución

Para el anillo de distribución, se adopta por utilizar el mismo diámetro en todo su recorrido. Esto es así ya que debido al bajo caudal requerido, y a las longitudes de distribución pequeñas, el costo de materiales no incrementará apreciablemente, y sí resultará en mayor simplicidad la instalación.

Se muestra a continuación el diagrama de componentes y accesorios del anillo de distribución y sus respectivas acometidas:

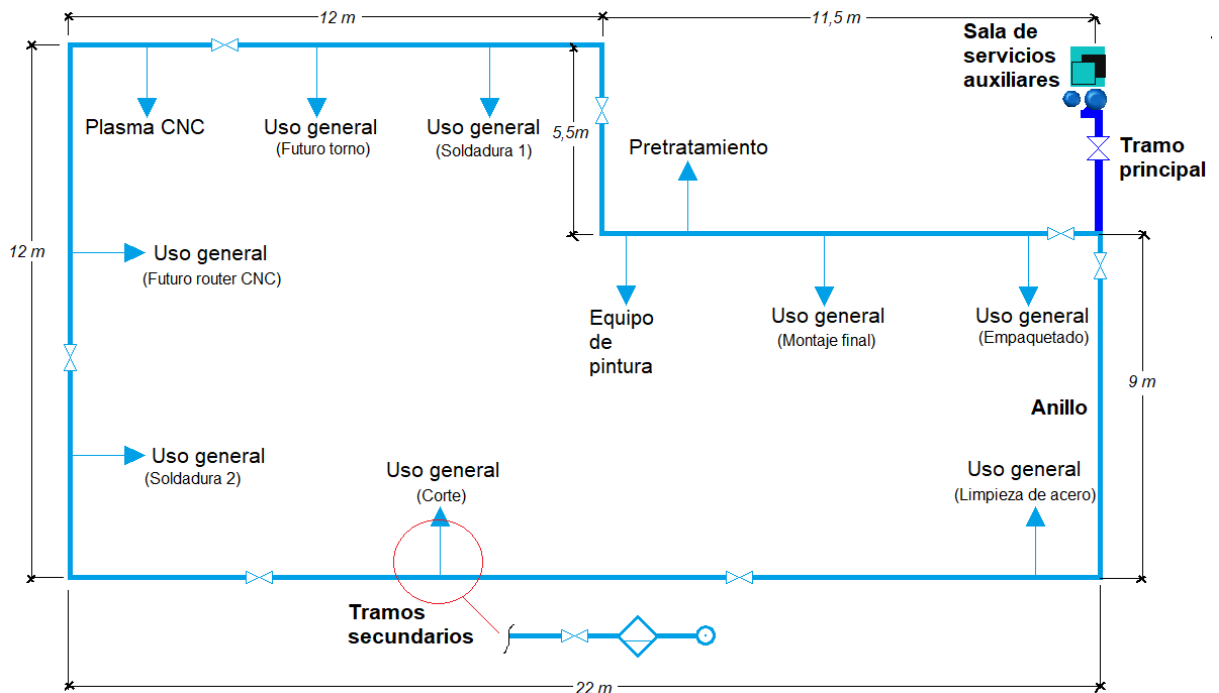


Figura 220. Esquema red neumática

Para dimensionar el diámetro, se debe utilizar nuevamente el procedimiento realizado para el tramo principal, y aplicando finalmente la ecuación de Darcy Weisbach.

*Kaeser recomienda factor de simultaneidad 0,7 (operarios/máquinas)*

*Caudal:  $F_s * 1[m^3/min] = 0,7 [m^3/min]$*

*Longitud de la tubería: 72 [m]*

*Presión del sistema: 7 [bar]*

*Velocidad del flujo máxima : 15 [m/s]*

$$D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*v*60}}$$

*D: diámetro de la tubería [m]*

*Q: Caudal [ $m^3/min$ ]*

*v: Velocidad [m/s]*

Reemplazando se obtiene el diámetro aproximado de la tubería:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,7 [m^3/min]}{\pi * 15 [m/s] * 60}} = 0,031[m] = 33[mm]$$

Se debe seleccionar el diámetro comercial inmediato superior correspondiente:

Tubería principal seleccionada: PN 10

*Diámetro exterior:* 40 [mm]

*Diámetro interior:* 32,6 [mm]

Teniendo el diámetro de la tubería definido, se puede calcular la pérdida de carga en el tramo principal diseñado. Para esto se utiliza nuevamente la ecuación de Darcy Weisbach, ya que como se mencionó, no es posible utilizar el nomograma.

Para esto se calculan las longitudes equivalentes de los accesorios, haciendo uso de la tabla:

$$Le_{Codo} = 7 * 0,5[m] = 3,5 [m]$$

$$Le_T = 13 * 0,5[m] = 6,5 [m]$$

$$Le_{V.esféricas} = 7 * 0,5[m] = 3,5 [m]$$

$$Le_{Reducciones} = 2 * 1,5[m] = 3 [m]$$

$$Le_{total} = 16,5 [m]$$

$$Longitud\ equivalente\ de\ tubería = 72[m] + Le_{total} = 88,5[m]$$



Pérdida de carga, ecuación de Darcy Weisbach para aire comprimido en tubería lisa de diámetro inferior a 100 [mm]:

$$\Delta p = \frac{450 * L * Q^2}{D^5 * P}$$

Donde:

*L*: longitud de la tubería [m]

*Q*: caudal [l/s]

*D*: diámetro interno de la tubería [mm]

*P*: presión inicial [bar]

450: Factor de fricción y conversión de unidades

Reemplazando:

$$\Delta p = \frac{450 * 88,5 [m] * 16,7^2 [l^2/s^2]}{32,6^5 [mm^5] * 7 [bar]}$$

$$\Delta p_{Anillo} = 0,04 [bar]$$

### Acometidas

Para los ramales de consumo, ya que todos son de las mismas longitudes aproximadas, se calculará el de mayor consumo unitario, y se utilizará ese diámetro para todos. Además de simplificar el análisis, esto se hace ya que el equipo de mayor consumo es la pistola de pintura en polvo, y es posible que en determinado momento sea necesario utilizarlo en otro punto de la planta.

Se muestra a continuación el diagrama de componentes y accesorios de las acometidas:

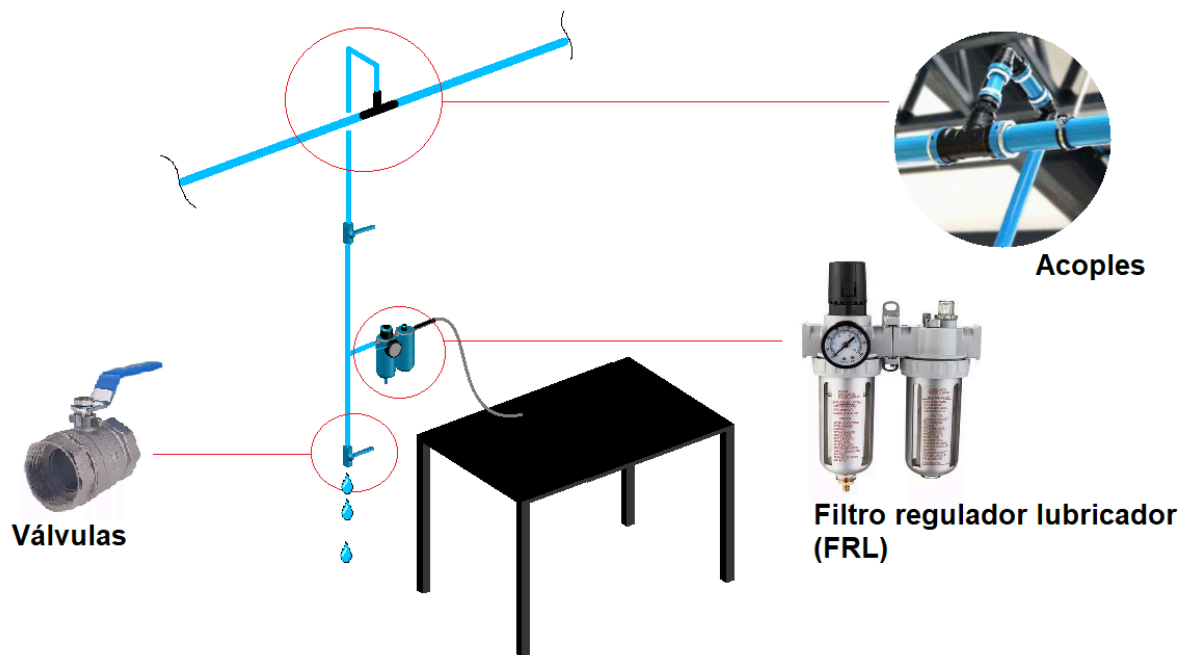


Figura 221. Accesorios de las acometidas

Para dimensionar el diámetro, se debe utilizar nuevamente el procedimiento anterior.

*Caudal unitario:*  $0,22[m^3/min]$

*Longitud de la tubería:*  $4[m]$

*Presión del sistema:*  $7[bar]$

*Velocidad del flujo máxima :*  $20[m/s]$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v \cdot 60}}$$

*D:* diámetro de la tubería [m]

*Q:* Caudal [ $m^3/min$ ]

*v:* Velocidad [m/s]

Reemplazando se obtiene el diámetro aproximado de la tubería:

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0,22 [m^3/min]}{\pi * 20 [m/s] * 60}} = 0,015[m] = 17[mm]$$

Se debe seleccionar el diámetro comercial correspondiente:

**Tubería principal seleccionada: PN 16**

*Diámetro exterior:* 25 [mm]

*Diámetro interior:* 18 [mm]

Teniendo el diámetro de la tubería definido, se puede calcular la pérdida de carga en el tramo principal diseñado. Para esto se utiliza nuevamente la ecuación de Darcy Weisbach.

Longitudes equivalentes de los accesorios:

$$Le_{Codo} = 2 * 0,4[m] = 0,8 [m]$$

$$Le_{T+filtro} = 3 * 1,5[m] = 4,5 [m]$$

$$Le_{V.esféricas} = 1 * 0,3[m] = 0,3 [m]$$

$$Le_{Red + acoples rápidos} = 5 * 0,5[m] = 2,5[m]$$

$$Le_{total} = 8,1 [m]$$

$$Longitud\ equivalente\ de\ tubería = 4[m] + Le_{total} = 12,1[m]$$

Pérdida de carga, ecuación de Darcy Weisbach para aire comprimido en tubería lisa de diámetro inferior a 100 [mm]:

$$\Delta p = \frac{450 * L * Q^2}{D^5 * P}$$

Donde:

*L*: longitud de la tubería [m]

*Q*: caudal [l/s]

*D*: diámetro interno de la tubería [mm]

*P*: presión inicial [bar]

450: Factor de fricción y conversión de unidades

Reemplazando:

$$\Delta p = \frac{450 * 12,1 [m] * 3,67^2 [l^2/s^2]}{18^5 [mm^5] * 7 [bar]}$$

Suponiendo 4 consumos en simultáneo:

$$\Delta p_{Acometidas \times 4} = 0,022 [bar]$$

Pérdida de carga total de la red:

$$\Delta p_{Total} = 0,0013 + 0,04 + 0,022 = 0,063 [bar]$$

Este valor de pérdida de carga significa un 0,9% de la presión del sistema, lo que es más que correcto ya que se utiliza por lo general entre 0,8 y 1,5%.

#### Verificación final de las tuberías seleccionadas

El fabricante “Polimex”, del cual se han seleccionado los elementos a utilizar, ofrece una fórmula para determinar la presión resistida por las tuberías dimensionadas, según las condiciones a las que será expuesta.

$$P = \frac{\text{años} * \text{espesor} * \sigma}{\text{Diámetro} - \text{espesor}}$$

$P$ : Presión resistida [bar]

$\sigma$ : Factor de vida útil = 6

(Para 50 años de vida a 40° de temperatura del aire)

Considerando una vida útil de 50 años y un coeficiente de seguridad de 1,5:

$$P_{\text{Tramo principal}} = \frac{50 * 5,8 * 6}{63 - 5,8} / 1,5 = 20,3 [\text{bar}]$$

$$P_{\text{Anillo}} = \frac{50 * 3,7 * 6}{40 - 3,7} / 1,5 = 20,4 [\text{bar}]$$

$$P_{\text{Acometidas}} = \frac{50 * 3,5 * 6}{25 - 3,5} / 1,5 = 32,3 [\text{bar}]$$

Como puede observarse, en todos los casos se superará ampliamente la presión de trabajo de 7 [bar], por lo que el dimensionamiento es correcto.

Se debe tener en cuenta, que a la salida del compresor, entre éste y el enfriador, se debe colocar preferentemente tubería metálica, la cual es de mayor confiabilidad para temperaturas superiores a 80° C.

#### 20.1.4.2 Cómputo de materiales

Diámetros de tubería y cantidades requeridas:

Tramo	Descripción	Velocidad de flujo [m/s]	Diámetro exterior comercial	Cantidad requerida de caño [m]
Principal	Compresor - anillo	8	63 mm PN10	10
Anillo	Anillo de distribución	10	40mm PN10	72
Acometidas	Ramales de consumo	15	25mm PN16	30

Tabla 34. Diámetros de tuberías

Presupuesto estimado:

Accesorio	Tipo	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Tubo	63 mm PN10	10	\$3.500	\$35.000
Tubo	40 mm PN10	72	\$2.200	\$158.400
Tubo	25 mm PN16	30	\$818	\$24.540
Codos	63 mm	6	\$3.200	\$19.200
Codos	40 mm	7	\$1.800	\$12.600
Codos	25 mm	22	\$574	\$12.628

Accesorio	Tipo	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Pieza T	40 mm	13	\$3.200	\$41.600
Pieza T	25 mm	11	\$823	\$9.053
Reducción	63x40 mm	4	\$4.965	\$19.860
Reducción	40x25 mm	11	\$545	\$5.995
Reducción roscada	25 x varias mm	11	\$2.000	\$22.000
Acople rápido	¼"	8	\$3.200	\$25.600
Válvula esférica	63 mm	3	\$45.800	\$137.400
Válvula esférica	40 mm	7	\$20.672	\$144.704
Válvula esférica	25 mm	11	\$6.700	\$73.700
FRL	½"	3	\$18.243	\$54.729

Tabla 35. Cómputo de materiales, red neumática

<b>Costo total materiales</b>	<b>\$797.000</b>
-------------------------------	------------------

## 20.2 Ventilación

El objetivo de este análisis es desarrollar el sistema de ventilación, para así mantener un ambiente adecuado dentro de la nave industrial, libre de altas temperaturas, polvo suspendido, gases nocivos, entre otros.

Se hace uso de los procedimientos recomendados en el catálogo técnico de Salvador Escoda. *“Manual práctico de ventilación”*. (2da edición). S & P.

Una correcta ventilación permite la extracción de los gases derivados de los procesos industriales, ya sea por el uso de diversos productos químicos o durante la fabricación y manipulación de ciertos materiales.

Otra razón para contar con un buen sistema de ventilación, es que ciertos procesos generan altas concentraciones de calor. Si no se puede regular, puede ocasionar condiciones de estrés o fatiga en los empleados, aumenta el riesgo de accidentes y se crea una atmósfera poco productiva.

Existen diversos tipos de ventilación, según la necesidad y las condiciones particulares de cada caso. Tratándose de ventilación forzada, existen 3 clasificaciones principales:

- Ventilación por sobrepresión
- Ventilación por depresión
- Ventilación localizada



Ya que en este caso no existe un sólo foco de contaminación del aire, se debe adoptar un tipo de ventilación general para toda la planta. Es decir por sobrepresión, o por depresión.

Se muestran a continuación, las principales configuraciones utilizadas para la ventilación de tipo general de plantas industriales:

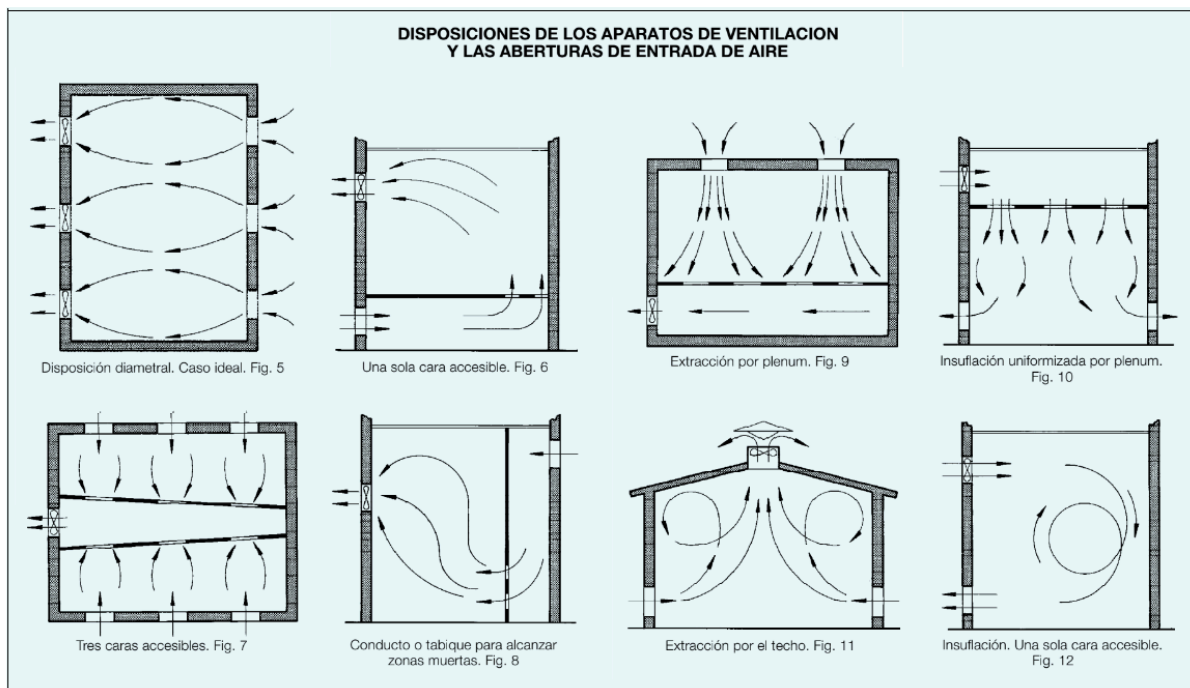


Figura 222. Configuraciones de ventilación

Cada una de estas disposiciones presenta características diferentes pero obtienen los mismos resultados.

Para el proyecto en estudio, se adopta la utilización de la extracción por el techo, haciendo uso de extractores eólicos y rejillas instaladas sobre los laterales del edificio para generar la corriente de aire que “barra” el interior. Además, en la parte inferior del portón de ingreso, se pueden instalar rejillas para cuando éste se encuentra cerrado.



Figura 223. Extractor eólico y rejilla de ventilación

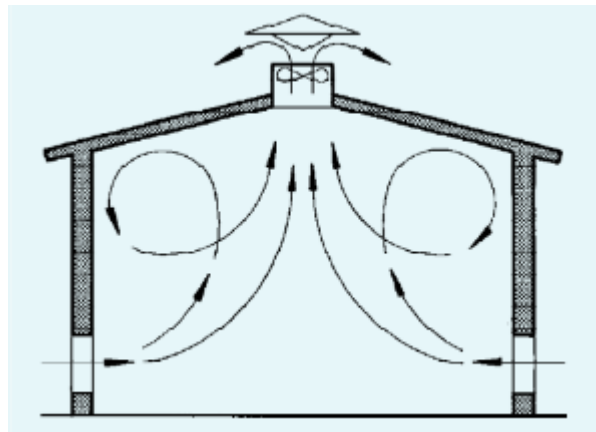


Figura 224. Extracción adoptada

### 20.2.1 Dimensionamiento de la extracción

Para ventilar un local por el sistema de Ventilación General lo primero que debe considerarse es el tipo de actividad de los ocupantes del mismo. De esta manera, según la actividad, se conocen por experiencia la cantidad de renovaciones hora necesarias de aire.

Se muestra a continuación la tabla con el tipo de actividad y las renovaciones recomendadas:

RENOVACION DEL AIRE EN LOCALES HABITADOS	Renov./hora <b>N</b>
Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 - 5
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Bar de hotel	6 - 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 - 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 - 8
Talleres de mecanizado	5 - 10
Tabernas (con cubas de vinos presentes)	10 - 12
Fábricas en general	5 - 10
Salas de juntas	5 - 8
Aparcamientos subterráneos	6 - 8
Salas de baile clásico	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante medio (con un tercio de fumadores)	8 - 10
Granjas Avícolas	6 - 10
Clubs privados (con fumadores)	8 - 10
Cafés	10 - 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor instalar cabinas o campanas)	40 - 60

Tabla 36. Renovaciones/hora según actividad

Si bien la categoría que aplica mejor en este caso es “fábricas en general”, se incrementará la cantidad de renovaciones/hora ya que también se cuenta con un horno y dos sectores de soldadura.

$$N: \text{Renovaciones/hora} = 15$$

Se debe calcular ahora, el volumen del edificio con el objetivo de determinar el caudal necesario de aire a extraer. Se considera una cubierta a 7 metros de altura y a un agua, ya que es habitual en luces pequeñas como este caso.

$$\text{Vol.} = \text{largo} * \text{ancho} * \text{altura}$$

$$\text{Vol.} = 22,5 [m] * 12 [m] * 7 [m] = 1890 [m^3]$$

El caudal de extracción estará dado por el volumen de aire del edificio y la cantidad de renovaciones/hora adoptadas:

$$Q_{\text{aire}} = \text{Volumen} * 15$$

$$Q_{\text{aire}} = 1890 [m^3] * 15[1/h] = 28350 [m^3/h]$$

Para seleccionar los extractores eólicos a instalar se utiliza el catálogo y las recomendaciones del fabricante “Pugliese Tecnología Eólica”.

Los modelos mayormente utilizados en el sector industrial son los de 24 y 30 pulgadas. Se adopta utilizar extractores de 30 pulgadas. El caudal de extracción de cada modelo, dependerá de su tamaño y de la velocidad del viento.

Para determinar una velocidad del viento promedio, se utilizan los datos ofrecidos por el organismo “Dirección Hidráulica de Entre Ríos” dependiente del Ministerio de Planeamiento, Infraestructura y Servicios de Entre Ríos.

El último reporte revisado y actualizado corresponde al año 2021, donde se indican las velocidades mensuales promedio del viento. Se utilizará la menor a lo largo del año, a fin de asegurar la correcta ventilación inclusive para este valor.

*Velocidad promedio mínima del viento: 5,8 [km/h]*

Con este valor, se ingresa en la gráfica para determinar el caudal de extracción correspondiente:

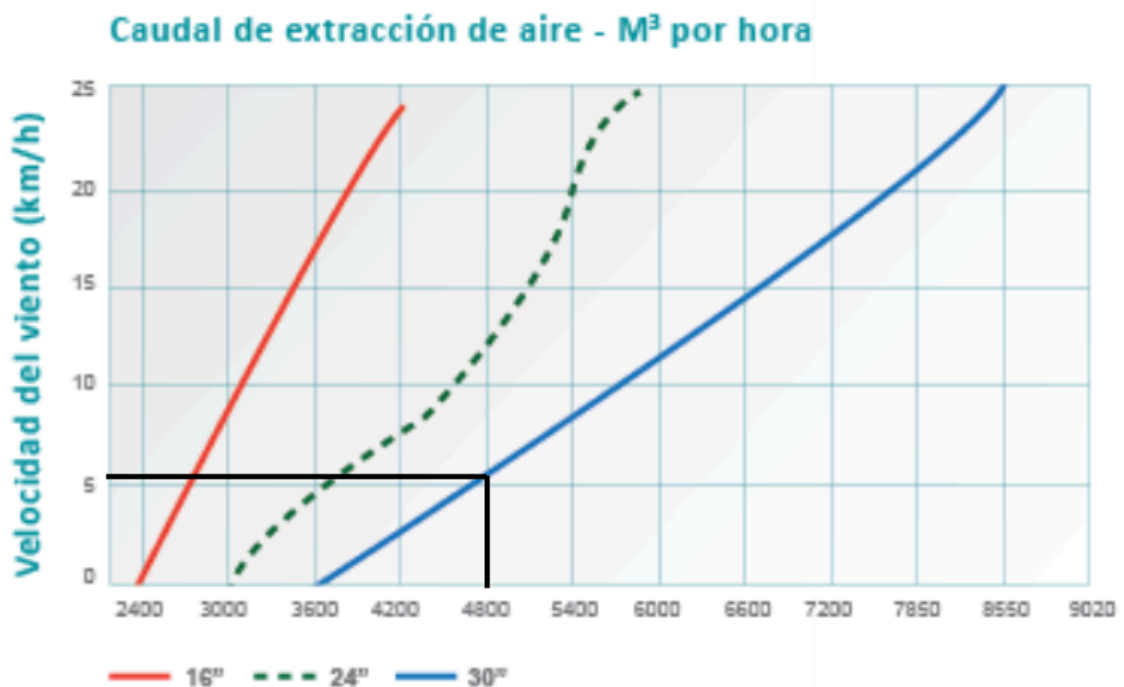


Figura 225. Caudal de extractores eólicos

$$Q_{extractor} = 4800 [m^3/h]$$

Cantidad de extractores requeridos

$$N^{\circ} extractores = \frac{Q_{aire}}{Q_{extractor}} = \frac{28350 [m^3/h]}{4800 [m^3/h]} = 6 extractores$$

Cantidad de ventanas/rejillas requeridas

Teniendo en cuenta la misma velocidad de viento, se determina el área total de ventilación natural necesaria:

$$\text{Área}_{\text{requerida}} = \frac{Q_{\text{aire}}}{\text{Vel}_{\text{viento}}} = \frac{28350 \text{ [m}^3/\text{h]}}{5800 \text{ [m/h]}} = 4,9 \text{ [m}^2\text{]}$$

Puerta de ingreso

Si bien el portón de ingreso puede estar abierto, se realiza el diseño considerando que se encuentra cerrado. Este contará con una abertura cuyas dimensiones serán de 2,5x0,5 [m], es decir de 1,25[m<sup>2</sup>].

Rejillas de ventilación

Se utilizarán rejillas metálicas cuadradas de 0,6x0,6[m] distribuidas alrededor del edificio hacia los lados disponibles, preferentemente simétricas sobre los muros laterales.

$$N^{\circ}_{\text{rejillas}} = \frac{4,9 \text{ [m}^2\text{]} - 1,25 \text{ [m}^2\text{]}}{0,6 * 0,6 \text{ [m}^2\text{]}} = 10 \text{ rejillas}$$

Sanitarios

Para la ventilación de los 2 sanitarios se utilizará de un extractor en común que genere depresión y evacúe hacia el frente del edificio a través de un caño de PVC.

$$\text{Vol.}_{\text{sanitarios}} = 2 * 1,1 \text{ [m]} * 0,95 \text{ [m]} * 2,4 \text{ [m]} = 5 \text{ [m}^3\text{]}$$

*N° Renovaciones/hora:* 15

$$Q_{\text{aire}} = 5 \text{ [m}^3\text{]} * 15 \text{ [1/h]} = 75 \text{ [m}^3/\text{h]}}$$

Se selecciona un extractor de pared convencional, de 4 pulgadas.

Caudal de extracción: 120 [m<sup>3</sup>/h]



Figura 226. Extractor de pared



Figura 227. Características extractor de pared

## 20.2.2 Cómputo de materiales

Accesorio	Tipo	Cant.	Precio unitario	Subtotal
Extractor eólico	30" galvanizado con base	6	\$49.600	\$297.600
Rejillas de ventilación	0,6 x 0,6 m	10	\$15.200	\$152.000
Extractor	4" pared	1	\$15.600	\$15.600
Caño	110 mm PVC	6	\$1.950	\$11.700

Tabla 37. Cómputo de materiales, ventilación

<b>Costo total materiales</b>	<b>\$476.900</b>
-------------------------------	------------------

## 20.3 Iluminación

Para llevar a cabo el cálculo de la iluminación se utiliza el software de cálculo "Dialux". El procedimiento consiste en determinar la cantidad de equipos necesarios para establecer y cumplir con un nivel de iluminancia preestablecido (según lo determinan las normas IRAM para los distintos tipos de iluminación).



### 20.3.1 Cálculo de artefactos

Si bien según el tipo de trabajo a realizar se requiere de cierta iluminancia, para este proyecto se calculará la iluminación general sobre toda la planta, ya que no hay divisiones en ella. Por otro lado, el tener un grado de iluminancia igual en todos los sectores de la planta, permite adaptar según la necesidad la ubicación de las máquinas y equipos.

En las zonas puntuales donde se requiere de mayor nivel de iluminancia, como por ejemplo las mesas de montaje o soldadura, se utilizará según la conveniencia un tubo led o lámpara led tipo reflector, directo sobre el plano de trabajo.

A continuación se presenta el plano de la planta. Se han coloreado los sectores en los que se realizan diferentes tareas.

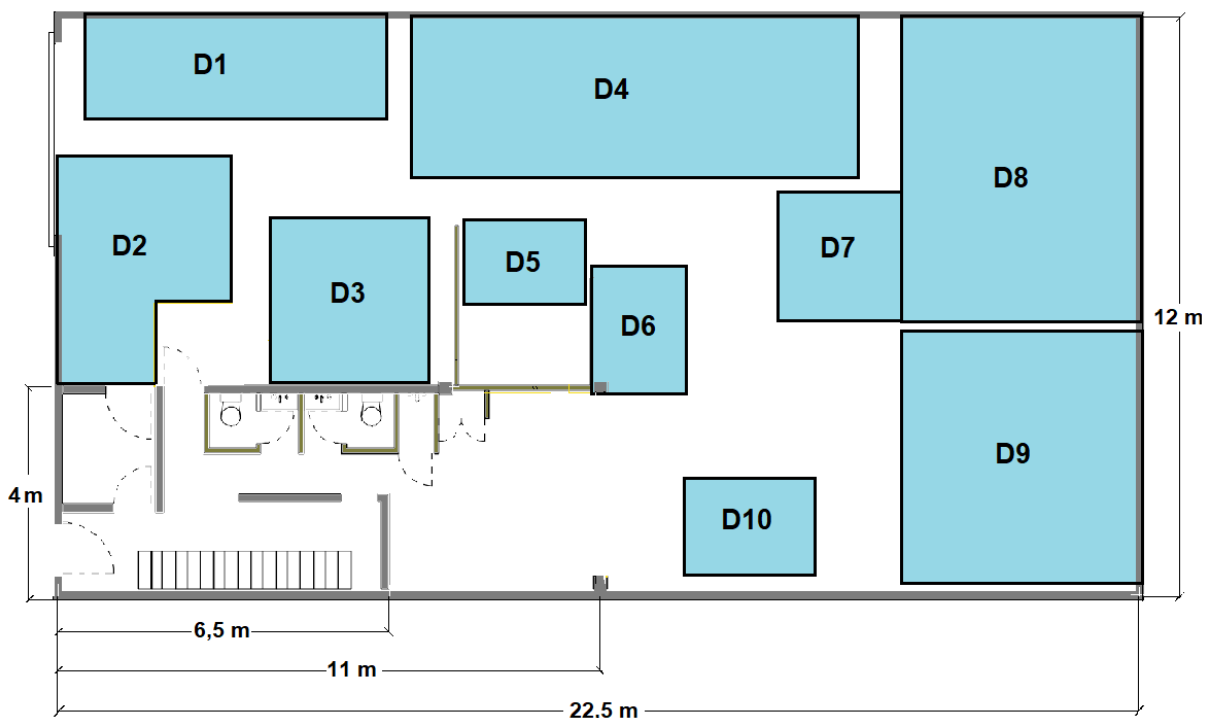


Figura 228. Sectores para iluminación

Sector D1: Almacenamiento y limpieza de acero

Sector D2: Empaquetado y almacenamiento

Sector D3: Montaje de precisión media

Sector D4: Trabajos metalmecánicos de precisión media

Sector D5: Horno de curado

Sector D6: Pintura en polvo

Sector D7: Trabajos metalmecánicos de precisión media

Sector D8: Soldadura de precisión

Sector D9: Mecanizado CNC

Sector D10: Soldadura de precisión

No coloreado: Pasillos y espacio de almacenamiento

#### 1) Nivel de Iluminancia (E)

Según las condiciones de trabajo o tipo de tareas se elige el nivel de iluminancia necesario mediante el uso de la Norma IRAM.

Los sectores de la empresa que requieren mayor nivel de iluminancia son los de corte, perforación, plegado, y soldadura. La norma recomienda 300 lux de iluminancia. Por lo tanto, se utilizará este valor para toda la planta.

$$E = 300 [lx]$$

#### 2) Superficie del local (S) y tipo de luminaria

La superficie del local se determina con las medidas aportadas por el plano. Se divide en 2 superficies diferentes a fin de facilitar el cálculo:

$$S_1 = 22,5 [m] * 8 [m] = 180 [m^2]$$

$$S_2 = 11,5 [m] * 4 [m] = 46 [m^2]$$

### 3) Tipo de luminaria seleccionada

Lampara Galponera Led 100w Alta Potencia E27 6500k

Se adopta la utilización de lámparas tipo galponeras, debido a su bajo costo y facilidad de reposición. Estas serán equipadas con una campana o pantalla de aluminio, el cual no se degrada a través del tiempo y puede ser limpiado periódicamente para mantener su reflexión.



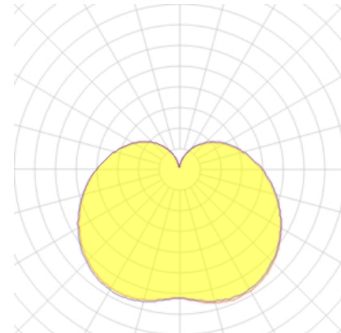
Figura 229. Lámpara 100W y campana colgante

← **Luminaire details**



**MPE**

LB-100T LED Bulb 100W 6500K



<b>Size (L x W x H)</b>	155 x 150 x 330 mm
<b>Mounting mode</b>	Pendant, Ceiling mounted
<b>Equipment</b>	1 x LED 100W
<b>CCT</b>	6500 K
<b>CRI Ra</b>	82
<b>Total flux</b>	10000 lm
<b>Total power</b>	100 W
<b>Luminous efficacy</b>	100 lm/W

Figura 230. DIALUX, características lámpara 100W

3) Reflexiones de paredes y techo ( $\rho$ )

<b>Factores de reflexión para diversos colores y materiales iluminados con luz blanca</b>			
<b>Color</b>	<b>Factor de reflexión</b>	<b>Material</b>	<b>Factor de Reflexión</b>
Blanco	0.70 - 0.85	Mortero claro	0.35 - 0.55
Techo acústico blanco, con orificios	0.50 - 0.65	Mortero oscuro	0.20 - 0.30
Gris claro	0.40 - 0.50	Hormigon claro	0.30 - 0.50
Gris oscuro	0.10 - 0.20	Hormigon oscuro	0.15 - 0.25
Negro	0.03 - 0.07	Arenisca clara	0.30 - 0.40
Crema, amarillo claro	0.50 - 0.75	Arenisca oscura	0.15 - 0.25
Marrón claro	0.30 - 0.40	Ladrillo claro	0.30 - 0.40
Marrón oscuro	0.10 - 0.20	Ladrillo oscuro	0.15 - 0.25
Rosa	0.45 - 0.55	Mármol blanco	0.60 - 0.70
Rojo claro	0.30 - 0.50	Granito	0.15 - 0.25
Rojo oscuro	0.10 - 0.20	Madera clara	0.30 - 0.50
Verde claro	0.45 - 0.65	Madera oscura	0.10 - 0.25
Verde oscuro	0.10 - 0.20	Espejo de vidrio plateado	0.80 - 0.90
Azul claro	0.40 - 0.55	Aluminio mate	0.55 - 0.60
Azul oscuro	0.05 - 0.15	Aluminio anonizado y abrigantado	0.80 - 0.85

Figura 231. Reflexiones de los colores

Se supondrán paredes y techo de color gris claro, para lo cual se obtiene un coeficiente de 50%. El mismo valor para la reflexión del piso, el cual se considera con suciedad.

$$\rho_{paredes} = 50\%$$

$$\rho_{techo} = 50\%$$

$$\rho_{piso} = 50\%$$

Ingresando la información en el software, se ejecuta el cálculo y se obtienen los resultados para las dos superficies consideradas:



Figura 232. Resultados Dialux

Como puede observarse, para ambas superficies calculadas, se han superado los requerimientos de iluminancia, por lo que se considera correcto el resultado.

**Total de lámparas requeridas: 26**

Se muestra a continuación, la disposición final de los artefactos en el plano de la planta:

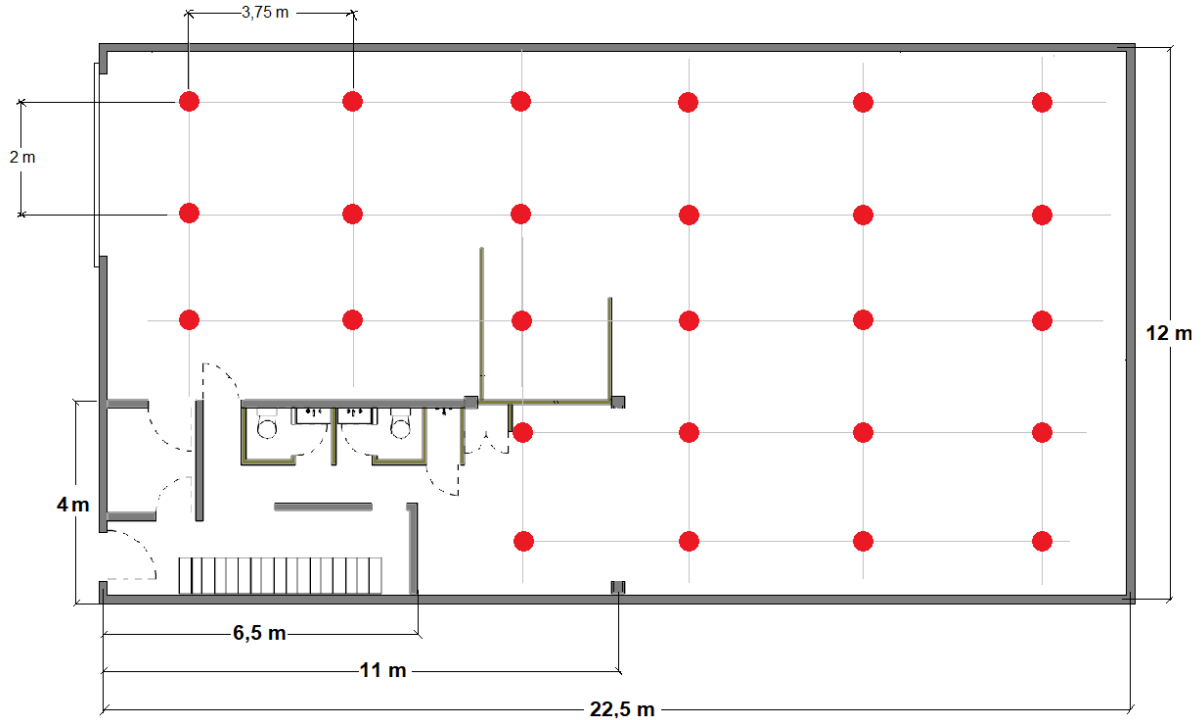


Figura 233. Distribución física de luminarias

Las luminarias se repartirán entre las 3 fases de la instalación eléctrica, para asegurar la iluminación de todos los sectores de la planta en caso de falla de una o dos fases:

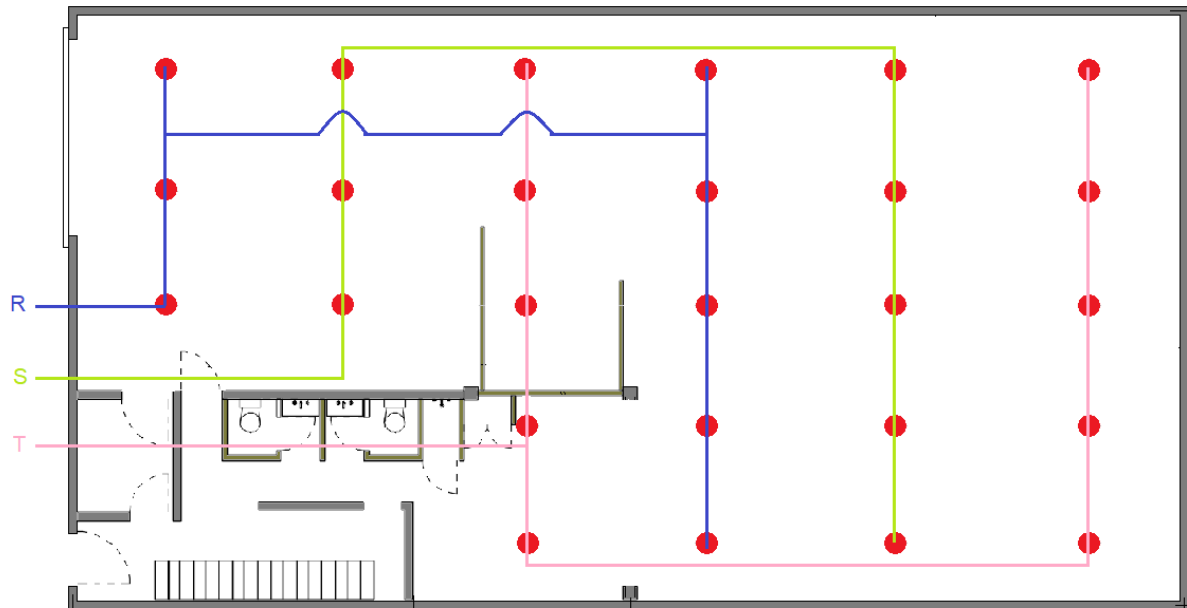


Figura 234. Distribución de luminarias en las fases

### Iluminación del resto de las instalaciones

Para determinar la iluminación de los baños, oficinas y demás sectores, también se ha utilizado el software Dialux.

Se muestran a continuación los resultados finales para cada caso.

#### *Sector y oficina de ingreso*

Iluminancia: 300 [lx]

Equipos: 3 artefactos con 2 tubos/listones led de 1200 mm 18W c/u

#### *Sala de servicios auxiliares*

Iluminancia: 200 [lx]

Equipos: 1 artefactos con 2 tubos/listones led de 1200 mm 18W c/u

#### *2 Sanitarios y ducha*

Iluminancia: 200 [lx]



Equipos: 5 plafones led 18W c/u

*Pasillos planta baja*

Iluminancia: 100 [lx]

Equipos: 2 artefactos con 1 tubo/listón led de 1200 mm 18W c/u

*Oficina superior 1*

Iluminancia: 500 [lx]

Equipos: 2 artefactos con 2 tubos/listones led de 1200 mm 18W c/u

*Oficina superior 2*

Iluminancia: 500 [lx]

Equipos: 2 artefactos con 2 tubos/listones led de 1200 mm 18W c/u

*Oficina superior 3*

Iluminancia: 500 [lx]

Equipos: 2 artefactos con 2 tubos/listones led de 1200 mm 18W c/u

*Sala de reuniones 3*

Iluminancia: 500 [lx]

Equipos: 3 artefactos con 2 tubos/listones led de 1200 mm 18W c/u

*Pasillos planta alta*

Iluminancia: 100 [lx]

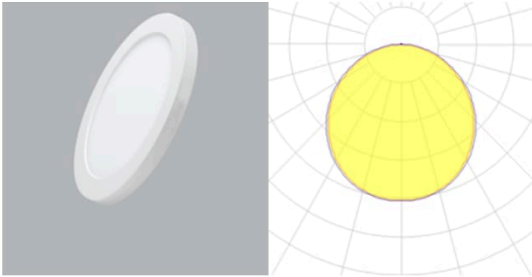
Equipos: 4 artefactos con 1 tubo/listón led de 1200 mm 18W c/u

**Luminaire details**

---

**MPE**

MRPL-18/3C LED Multi Panel 18W 3000K/4000K/...



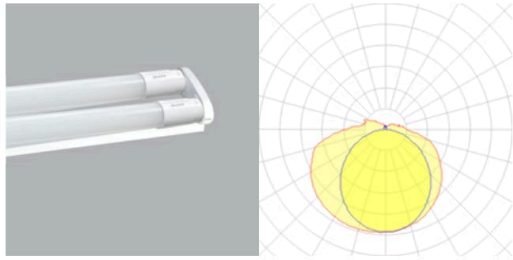
<b>Size (D x H)</b>	217 x 15 mm
<b>Mounting mode</b>	Ceiling mounted, Ceiling recessed
<b>Equipment</b>	1 x LED 18W
<b>Total flux</b>	5241 lm
<b>Total power</b>	18 W

**Luminaire details**

---

**MPE**

MNT-220V LED Tube Nano PC 2 x18W 1.2m 3000K



<b>Size (L x W x H)</b>	1250 x 105 x 50 mm
<b>Mounting mode</b>	Ceiling mounted, Ceiling recessed
<b>Equipment</b>	1 x LED 36W
<b>CCT</b>	2800 K
<b>CRI Ra</b>	81
<b>Total flux</b>	3600 lm
<b>Total power</b>	36 W

Figura 235. Características artefactos de aplicar DIALUX



Figura 236. Artefactos seleccionados

### 20.3.2 Cómputo de materiales

Accesorio	Tipo	Cant.	Precio unitario	Subtotal
Lámpara	Led 100W E27 6500K	26	\$17.600	\$457.600
Pantalla	Campana de aluminio 40 cm con gancho	26	\$9.100	\$236.600
Listón doble Led	T8 led 1200 mm 36W total	13	\$7.151	\$92.963
Listón simple led	T8 led 1200 mm 18W	6	\$4.200	\$25.200
Plafón led	De aplicar 18W	5	\$4.300	\$21.500

Tabla 38. Cómputo de materiales, iluminación

<b>Costo total materiales</b>	<b>\$812.385</b>
-------------------------------	------------------

### 20.4 Instalación eléctrica

El objetivo de este apartado, es diseñar la instalación eléctrica de la planta, con la cual se brinda potencia eléctrica a los diferentes equipos y herramientas intervinientes en cada proceso.

Se puede dividir este análisis en 3 principales secciones:

1. Diseño esquemático o distribución de la red
2. Cálculo de conductores
3. Selección de protecciones

### **20.4.1 Distribución de la instalación**

La instalación eléctrica consta de los siguientes elementos principales:

- Acometida
- Tablero principal
- Tendido eléctrico
- Tableros secundarios
- Tomacorrientes

Para el diseño esquemático, se tuvo en cuenta la distribución de los diferentes equipos en la planta, así como lo referido a la estructura edilicia para el correcto tendido de los conductores eléctricos.

Se muestra a continuación la distribución de los diferentes elementos que conforman la instalación eléctrica:

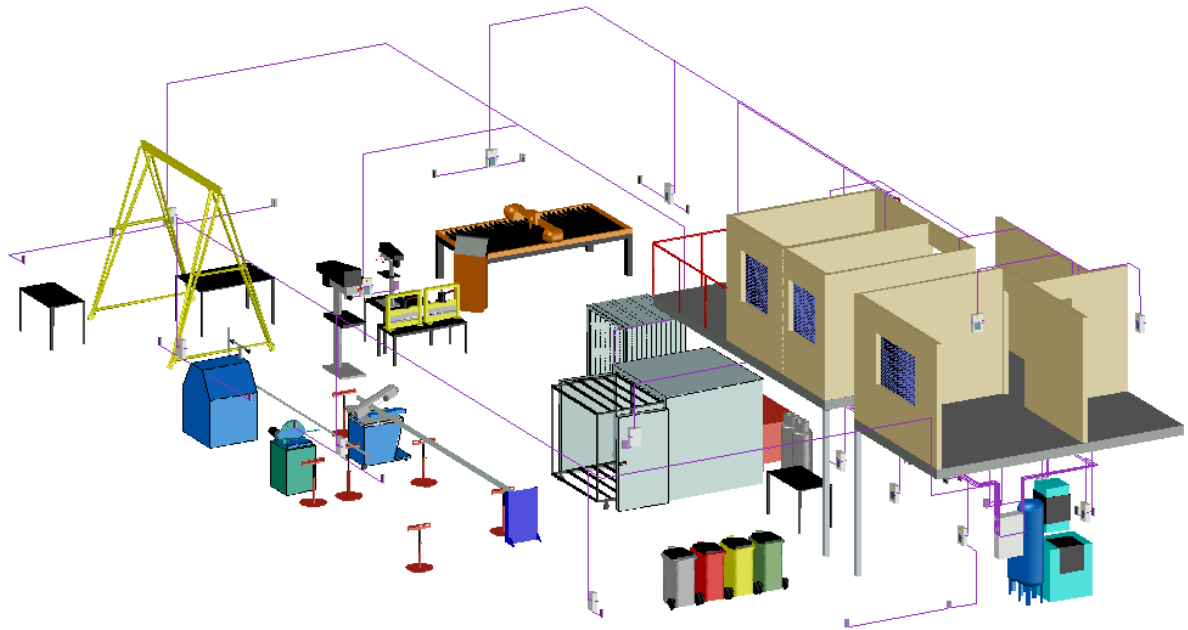


Figura 237. Distribución eléctrica y equipos

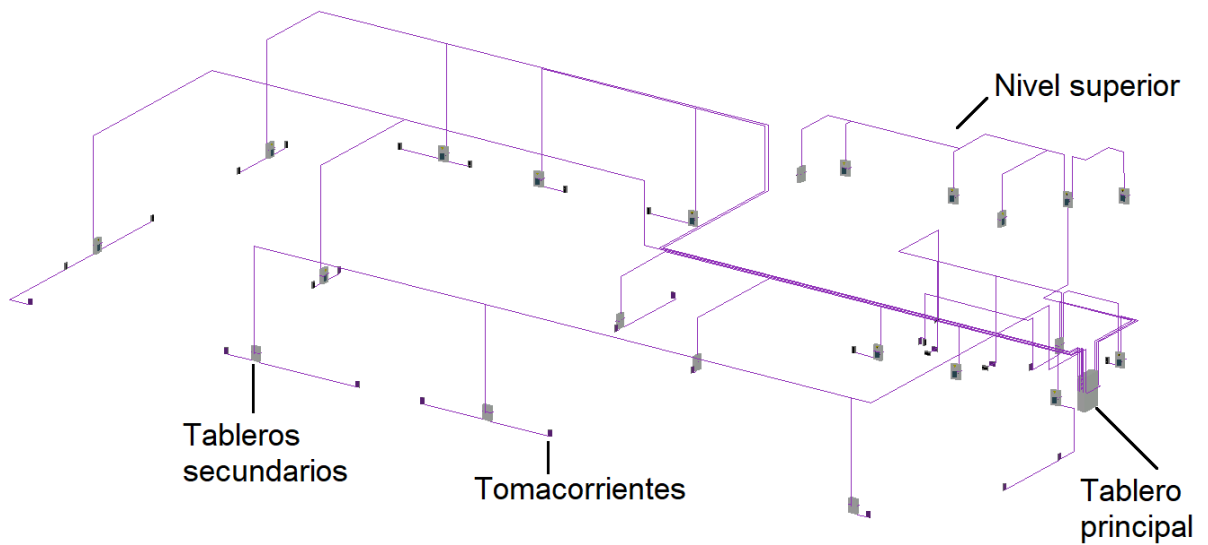


Figura 238. Distribución eléctrica

Se debe mencionar que debido a las dimensiones reducidas de la planta, los tableros denominados secundarios son en realidad los tableros previos a cada máquina o equipo.

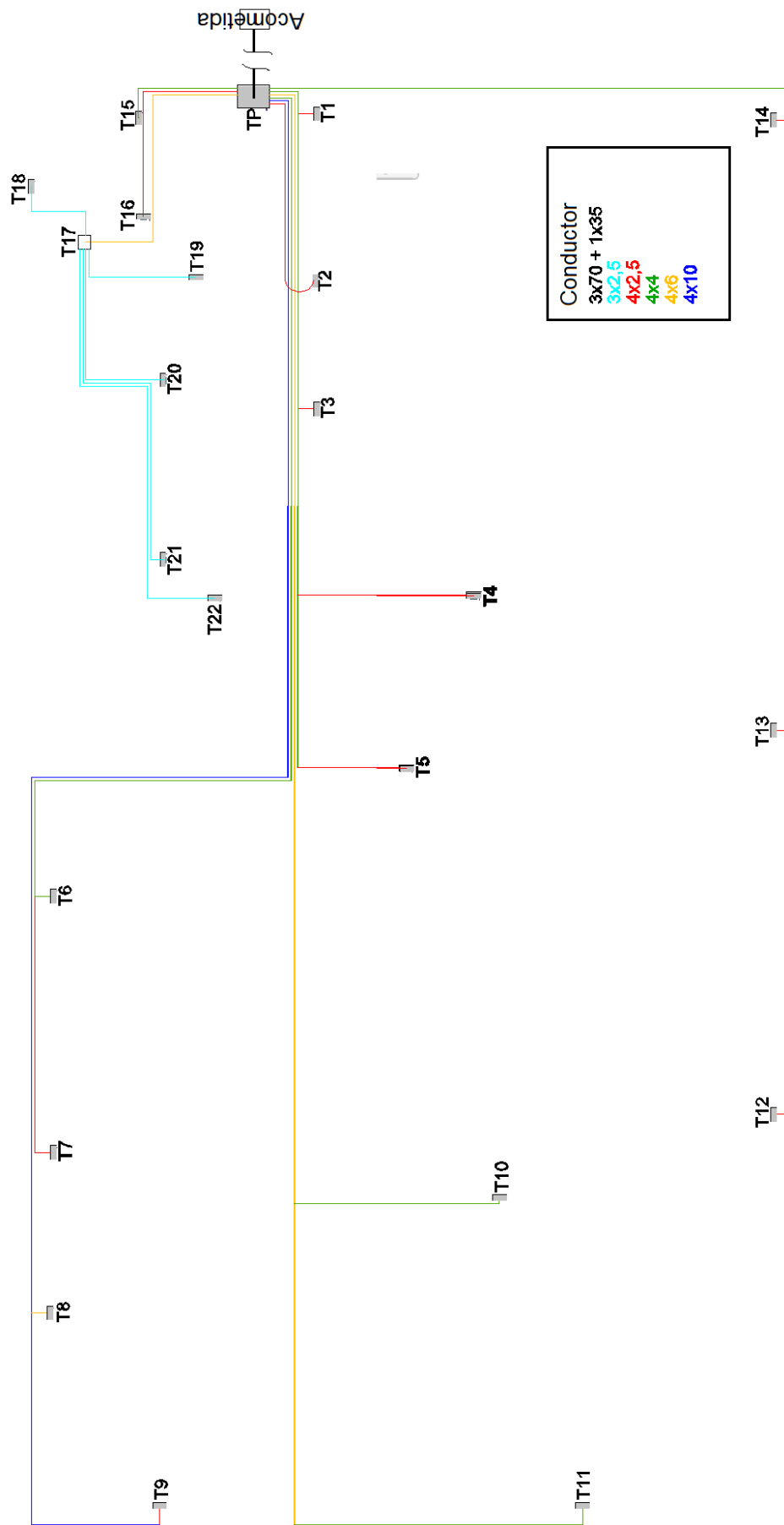


Figura 239. Distribución eléctrica en planta

## 20.4.2 Cálculo de conductores

Para comenzar con el cálculo, se deben identificar las cargas principales intervinientes para cada tablero. Las mismas se muestra en la siguiente tabla:

Tablero	Carga	Tensión [V]	Corriente [A]	Potencia [kW]	cos $\varphi$
T1	Tomacorrientes	220	10	1,76	0,8
T2	Iluminación (10 lámparas/ fase)	220	7,5	1	0,6
T2	Futuro montacargas	380	4,85	2,71	0,85
T3	Tomacorrientes	220	10	1,76	0,8
T4	Horno de curado	220	5	0,88	0,8
T5	Cabina de pintura	380	3,68	1,91	0,79
T5	Equipo de aplicación de pintura	220	0,74	0,13	0,8
T6	Soldadora	220	20	2,82	0,64
T7	Futuro torno	380	3,68	1,91	0,79
T8	Plasma CNC	380	32,45	16,00	0,75
T9	Futuro router CNC	220	12,1	2	0,75
T10	Agujereadora	380	2,85	1,50	0,8
T10	Agujereadora	220	3,12	0,55	0,8
T10	Futura plegadora hidráulica	380	7,8	4,10	0,8

Tablero	Carga	Tensión [V]	Corriente [A]	Potencia [kW]	cos $\varphi$
T11	Soldadora	220	15	2,54	0,77
T11	Aparejo eléctrico	220	9,1	1,60	0,8
T12	Roladora	380	4,18	2,20	0,8
T13	Sensitiva	220	8,5	1,50	0,8
T13	Sierra cinta	220	3,12	0,55	0,8
T14	Tomacorrientes	220	10	1,76	0,8
T15	Compresor a tornillo	380	14,15	7,44	0,8
T15	Secador de aire	220	2,6	0,43	0,75
T16	PC escritorio	220	1	0,15	0,65
T16	Extractor de baño	220	0,1	0,02	0,75
T16	Aire acondicionado Split	220	9,1	1,50	0,75
T18	PC escritorio	220	1	0,15	0,65
T18	Aire acondicionado Split	220	6	0,99	0,75
T19	PC escritorio	220	1	0,15	0,65
T19	Aire acondicionado Split	220	6	0,99	0,75
T20	PC escritorio	220	1	0,15	0,65
T20	Aire acondicionado Split	220	6	0,99	0,75



Tablero	Carga	Tensión [V]	Corriente [A]	Potencia [kW]	cos $\varphi$
T21	PC escritorio	220	1	0,15	0,65
T21	Aire acondicionado Split	220	6	0,99	0,75
T22	Tomacorrientes	220	10	1,76	0,8
T22	Tomacorrientes	220	10	1,76	0,8

Tabla 39. Cargas eléctricas por tablero

Para llevar a cabo el cálculo de los conductores se tienen en cuenta dos criterios: la caída de tensión y el calentamiento. Según sea el caso se utilizará uno de los criterios como el preliminar y el restante a modo de verificación, dependiendo de las magnitudes predominantes (longitud o intensidad de corriente).

Para la selección de los conductores se utiliza el catálogo que ofrece el fabricante Sermatel, con el cual se dispone de la verificación a calentamiento.

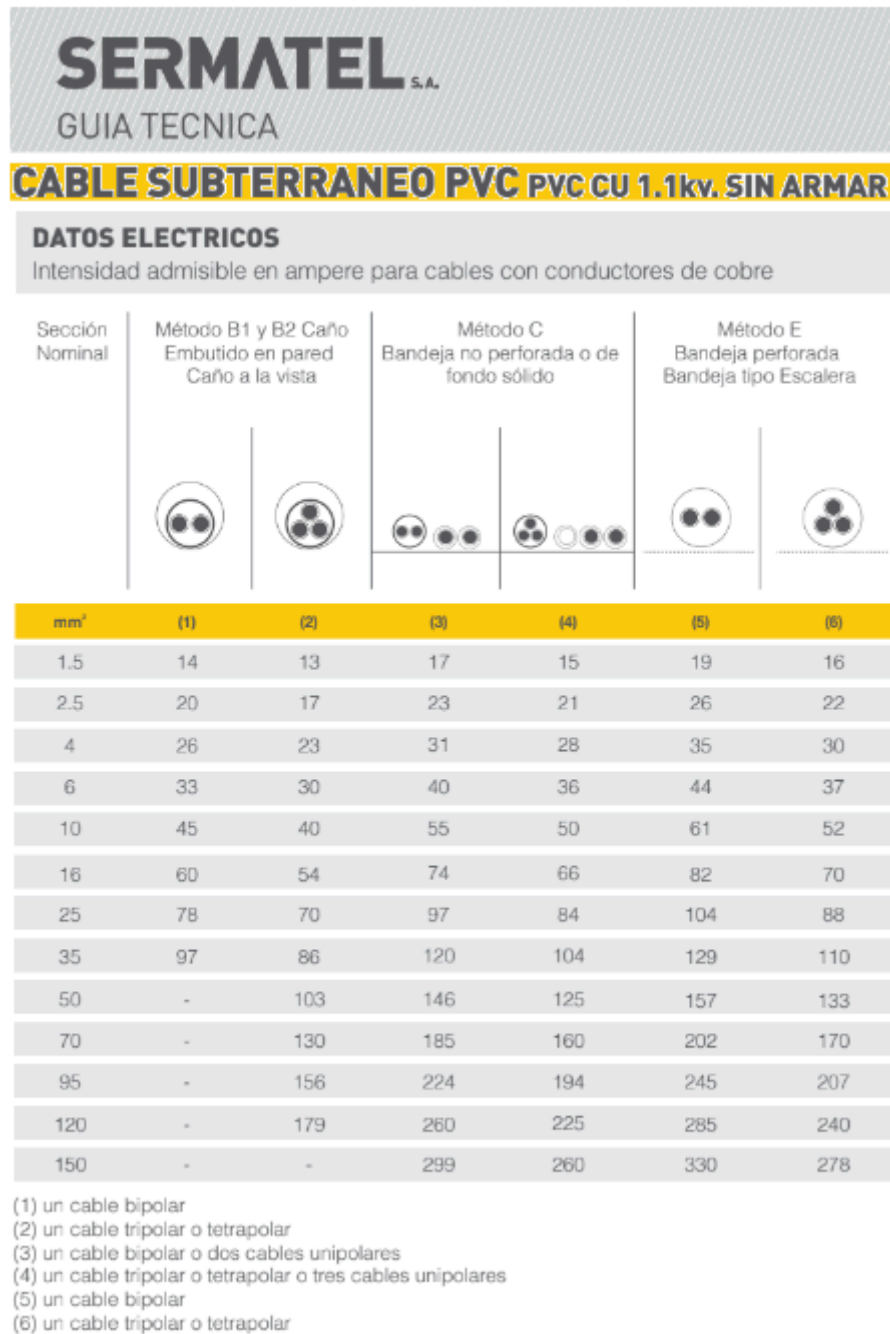


Figura 240. Catálogo SERMATEL

Por otro lado, la caída de tensión ( $\delta$ ) se verifica mediante la siguiente ecuación:

Sistema trifásico: 
$$\delta = \sqrt{3} * \frac{\rho}{S} * L * \sum(I * \cos \varphi)$$

Sistema monofásico: 
$$\delta = 2 * \frac{\rho}{S} * L * \sum(I * \cos \varphi)$$

Donde:

$\rho$  : resistencia específica del cobre a 20 [°C] (1/57 [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ])

S : sección del conductor

L : largo del conductor

$\delta$  : Caída de tensión admisible (5% para máquinas y 3% para iluminación)

Se debe mencionar, que es necesario determinar la demanda total de la intensidad de corriente, según la simultaneidad de trabajo. Para esto se realiza la suma de las intensidades individuales de la tabla anterior considerando el caso más desfavorable según corresponda. A fin de facilitar la lectura, en los Anexos se detallan las cargas que se han tenido en cuenta en cada caso.

#### Tramo acometida - tablero principal

Ya que este es el conductor principal, y debe ser capaz de tolerar las demandas futuras de carga debido a un incremento en el equipamiento o en el número de operarios, se lo seleccionará teniendo en cuenta gran parte de las máquinas en pleno funcionamiento.

Se debe tener en cuenta que su longitud (según donde se encuentre la acometida) difícilmente supere los 15 [m], por lo que no representa mayores costos sobredimensionar y evitar futuros inconvenientes.

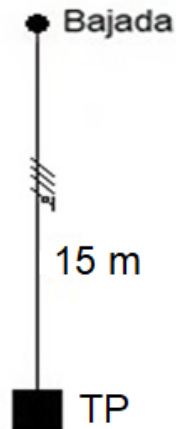


Figura 241. Acometida - tablero principal

Teniendo en cuenta la situación o simultaneidad más desfavorable se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TOTAL = 154 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 70/35 [mm^2] (3 \times 70 + 1 \times 35 [mm^2])$

$I_{ADMISIBLE} = 169 [A]$  (Caño enterrado)

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 113$$

$$\delta = \sqrt{3} * \frac{1/57}{70} * 15 * 113 = 0,7 [V]$$

Ya que el resultado obtenido es mucho menor al 5%, se considera adecuada la selección para así continuar con el resto de dimensionamientos. Se deberá sumar esta caída de tensión en los siguientes cálculos.

### Tablero principal - Tablero 2

Este tramo consta de un sólo conductor desde el tablero principal hacia el tablero 2, el cual corresponde a la iluminación y la alimentación de un futuro montacargas.

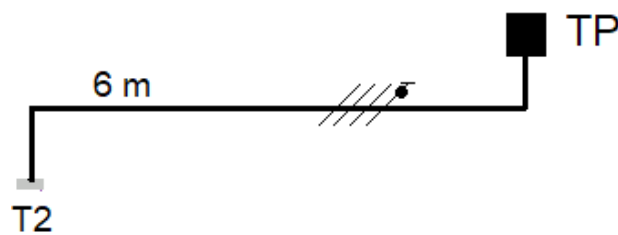


Figura 242. Tablero principal - tablero 2

Se seleccionará un conductor teniendo en cuenta un motor de 3 [hp] y 10 lámparas por cada fase :

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TOTAL T2 = 12 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 4 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 30[A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\Sigma(I * \cos \varphi) = 8,6$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{4} * 6 * 8,6 = 0,45 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 0,45 = 1,15 [V]$$

Ya que el resultado obtenido es menor al 3%, se considera adecuada la selección.

### Tablero T2 - Luminarias

Desde el tablero T1 hacia las luminarias se requiere un tendido monofásico.

Se considera la distancia a la luminaria más lejana (40m), y la carga total concentrada en ese punto.

Teniendo en cuenta la carga de 10 luminarias en el extremo se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE LUMINARIAS = 7,5 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TRIPOLAR TIPO TALLER O INSTALACIONES MÓVILES 500 V

SECCIÓN -->  $S = 2,5 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 16 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\Sigma(I * \cos \varphi) = 4,5$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 40 * 4,5 = 2,5 [V]$$

$$\delta_{total} = 1,15 + 2,5 = 3,65 [V]$$

Ya que el resultado obtenido, es menor al 3%, se considera adecuada la selección del conductor.

#### Tablero principal - Tableros 1, 3, 4 y 5

Este ramal se compone por un conductor troncal, y 4 derivaciones hacia los tableros secundarios.

Se seleccionará el conductor troncal considerando la carga de los 4 tableros concentrada en su extremo, es decir en la caja de derivación "c4". En cuanto a las derivaciones, se calculará la correspondiente al tablero 5 ya que es la de mayor demanda. El resto de derivaciones utilizarán el mismo conductor que ésta por simplicidad y normalización de la instalación.

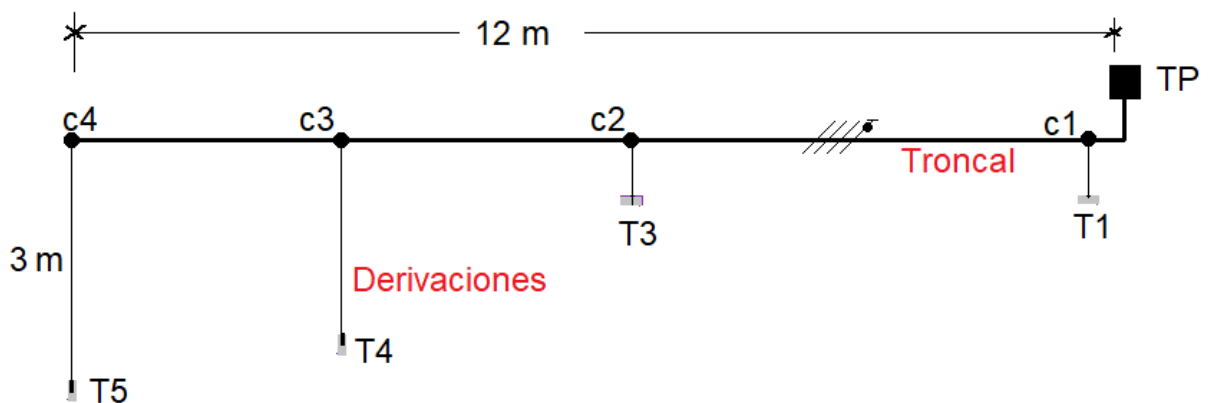


Figura 243. Tablero principal - Tableros 1-3-4-5

#### *Conductor troncal:*

Teniendo en cuenta la carga de los 4 tableros en el extremo se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TRONCAL = 19 [A]$$

Se tendrá en cuenta futuras incorporaciones de equipos en este ramal, por lo que se dimensionará mayor sección de la requerida.

Conductor seleccionado:

*TIPO* --> *TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV*

*SECCIÓN* -->  $S = 4 \text{ [mm}^2\text{]}$

$I_{ADMISIBLE} = 30 \text{ [A]}$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 15,5$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{4} * 12 * 15,5 = 1,6 \text{ [V]}$$

*Derivaciones:*

*INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN T5 = 5 [A]*

Conductor seleccionado:

*TIPO* --> *TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV*

*SECCIÓN* -->  $S = 2,5 \text{ [mm}^2\text{]}$  (Recomendación AEA)

$I_{ADMISIBLE} = 22 \text{ [A]}$

Verificación de caída de tensión en T5:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:



$$\Sigma(I * \cos \varphi) = 3,5$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 3 * 3,5 = 0,15 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 1,6 + 0,15 = 2,45 [V]$$

La caída de tensión total es inferior al 5% aún en el tablero más lejano, por lo que es correcto el dimensionamiento de las secciones.

#### Tablero principal - Tableros 6 y 7

Este tramo se compone por un conductor troncal, y dos derivaciones hacia los tableros 6 y 7.

Las derivaciones, se calculará la correspondiente al tablero 7 ya que para el tablero 6 se utiliza la misma sección que para el conductor troncal.

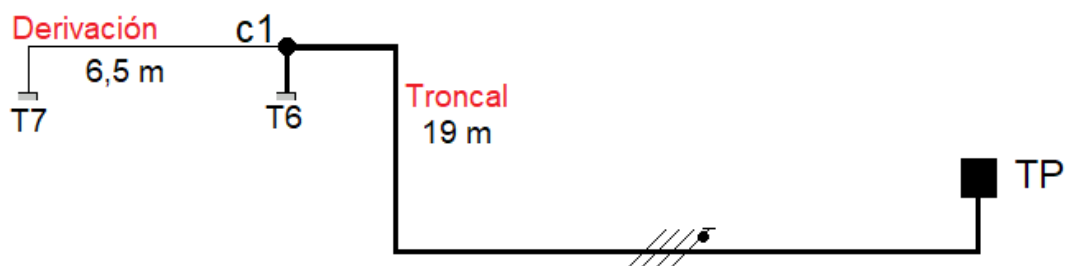


Figura 244. Tablero principal - Tableros 6 y 7

#### *Conductor troncal:*

Teniendo en cuenta la demanda de ambos tableros se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TRONCAL = 24 [A]$$

Conductor seleccionado:

*TIPO* --> *TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV*

*SECCIÓN* -->  $S = 4 \text{ [mm}^2\text{]}$

$I_{ADMISIBLE} = 30 \text{ [A]}$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 15,7$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{4} * 19 * 15,7 = 2,6 \text{ [V]}$$

*Derivaciones:*

*INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN T7 = 3,7 [A]*

Conductor seleccionado:

*TIPO* --> *TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV*

*SECCIÓN* -->  $S = 2,5 \text{ [mm}^2\text{]}$

$I_{ADMISIBLE} = 22 \text{ [A]}$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 2,9$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 6,5 * 2,9 = 0,26 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 2,6 + 0,26 = 3,56 [V]$$

La caída de tensión total es inferior al 5%, es correcta la selección.

### Tablero principal - Tableros 8 y 9

Este tramo, al igual que el anterior, se compone por un conductor troncal, y dos derivaciones hacia los tableros 8 y 9. El conductor troncal se calculará suponiendo la carga de ambos tableros secundarios en su extremo (c2).

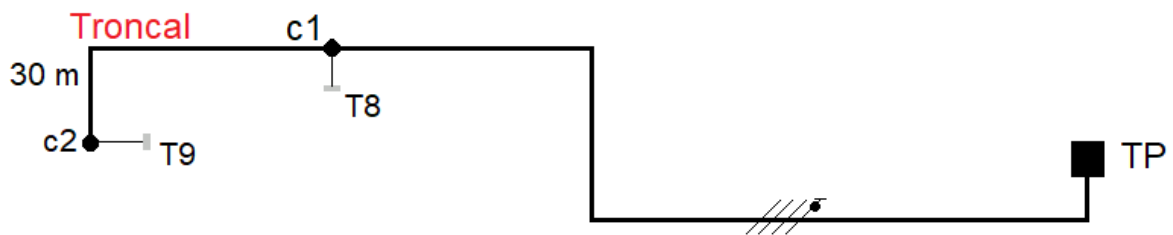


Figura 245. Tablero principal - Tableros 8 y 9

#### *Conductor troncal:*

Teniendo en cuenta la demanda de ambos tableros se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TRONCAL = 44 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 10 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 52 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 33,4$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{10} * 30 * 33,4 = 3,5 [V]$$

*Derivación T8:*

*INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN T8 = 33 [A]*

Conductor seleccionado:

*TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV*

*SECCIÓN --> S = 6 [mm<sup>2</sup>]*

*I<sub>ADMISIBLE</sub> = 37 [A]*

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 24,3$$

$$\delta = \sqrt{3} * \frac{1/57}{6} * 2,5 * 24,3 = 0,3 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 3,5 + 0,3 = 4,5 [V]$$

La caída de tensión total es inferior al 5%, es correcta la selección.

*Derivación T9:*

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN T9 = 12 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

$$SECCIÓN --> S = 2,5 [mm^2]$$

$$I_{ADMISIBLE} = 22 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 9$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 2,5 * 9 = 0,3 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 3,5 + 0,3 = 4,5 [V]$$

La caída de tensión total es inferior al 5%, es correcta la selección.

#### Tablero principal - Tableros 10 y 11

Este tramo se compone por un conductor troncal, y dos derivaciones hacia los tableros 10 y 11. El conductor troncal se calculará suponiendo toda la carga concentrada en la caja de derivación (c2).

Las derivaciones serán de la misma sección, por lo que bastará con calcular la del tablero 11, que es la de mayor consumo y longitud.

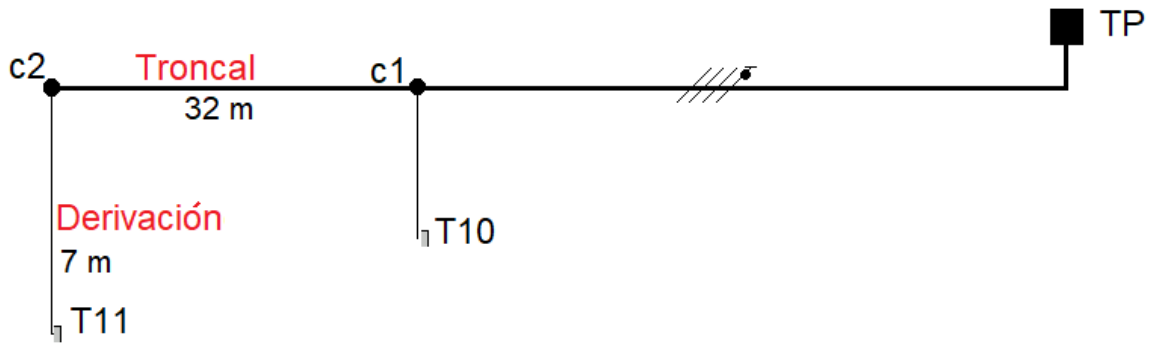


Figura 246. Tablero principal - Tableros 10 y 11

*Conductor troncal:*

Teniendo en cuenta la demanda de ambos tableros se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TRONCAL = 29 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 6 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 37 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 23$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{6} * 32 * 23 = 4,3 [V]$$

*Derivaciones:*

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN T11 = 15 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 4 \text{ [mm}^2\text{]}$

$I_{ADMISIBLE} = 30 \text{ [A]}$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 12$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{4} * 7 * 12 = 0,73 \text{ [V]}$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 4,3 + 0,73 = 5,73 \text{ [V]}$$

La caída de tensión total es inferior al 5% aún suponiendo la peor condición y la máxima corriente, por lo que es correcta la selección.

#### Tablero principal - Tableros 12, 13 y 14

Este tramo se compone por un conductor troncal, y tres derivaciones hacia los tableros 12, 13 y 14. El conductor troncal se calculará suponiendo toda la carga concentrada en su extremo (c3).

Las derivaciones serán de la misma sección, por lo que bastará con calcular la del tablero 13, que es la de mayor consumo.

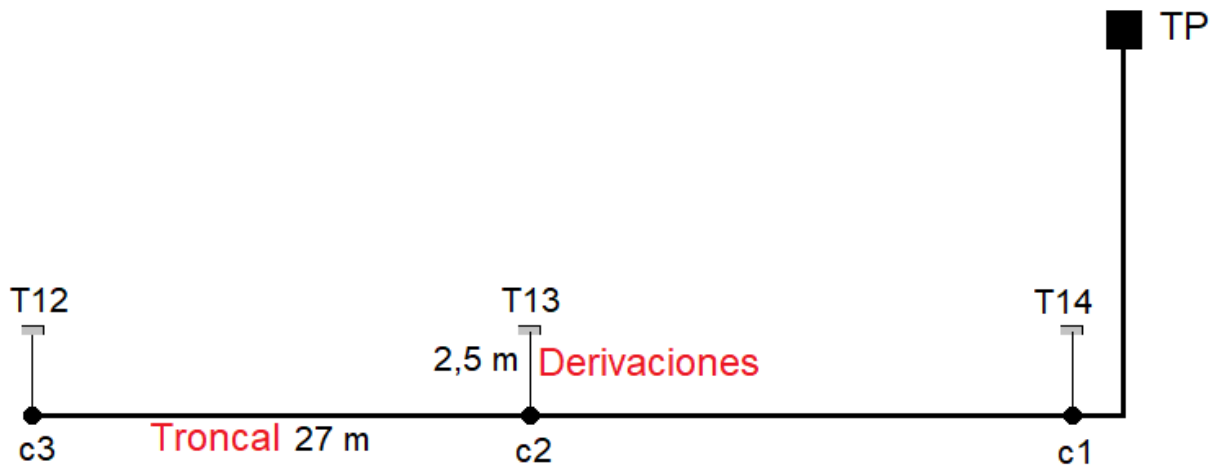


Figura 247. Tablero principal - Tableros 12, 13 y 14

*Conductor troncal:*

Teniendo en cuenta la demanda de los 3 tableros se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TRONCAL = 22 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 4 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 30 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 17,3$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{4} * 27 * 17,3 = 4,1 [V]$$



*Derivaciones:*

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN T13 = 12 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

$$SECCIÓN --> S = 2,5 [mm^2]$$

$$I_{ADMISIBLE} = 22 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 9,3$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 2,5 * 9,3 = 0,3 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 4,1 + 0,3 = 5,1 [V]$$

La caída de tensión total es inferior al 5% aún suponiendo la peor condición y la máxima corriente, por lo que es correcta la selección.

### Tablero principal - Tablero 15

Este tramo consta de un sólo conductor desde el tablero principal hacia el tablero 15, el cual corresponde al sistema de aire comprimido.

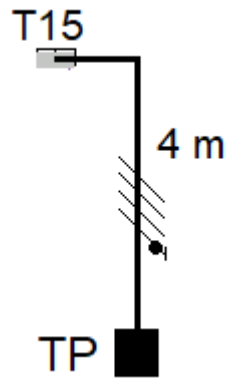


Figura 248. Tablero principal - tablero 15

Se seleccionará un conductor de mayor sección a la necesaria, por futuras incorporaciones de artefactos eléctricos en la sala de servicios auxiliares:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TOTAL = 17 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 4 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 30 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 13,3$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{4} * 4 * 13,3 = 0,5 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 0,5 = 1,2 [V]$$

Ya que el resultado obtenido es mucho menor al 5%, se considera adecuada la selección.

### Tablero principal - Tablero 16

Este tramo consta de un sólo conductor desde el tablero principal hacia el tablero 16, el cual alimenta los tomacorrientes de planta baja.

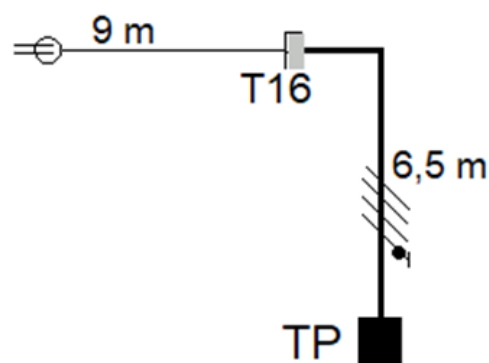


Figura 249. Tablero principal - tablero 16 - tomacorrientes

Se seleccionará un conductor de mayor sección a la necesaria, por futuras incorporaciones de artefactos eléctricos:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TOTAL = 10 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 2,5 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 22 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 7,55$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 6,5 * 7,55 = 0,7 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 0,7 = 1,4 [V]$$

*Derivaciones (tomacorrientes):*

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN = 10 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TRIPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 2,5 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 22 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 7,55$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 9 * 7,55 = 1 [V]$$

$$\delta_{total} = 1,4 + 1 = 2,4 [V]$$

La caída de tensión total es inferior al 5%, por lo que es correcta la selección.

Tablero principal - Tablero 17

Este tramo consta de un sólo conductor desde el tablero principal hacia el tablero 17, el cual alimenta la planta alta.

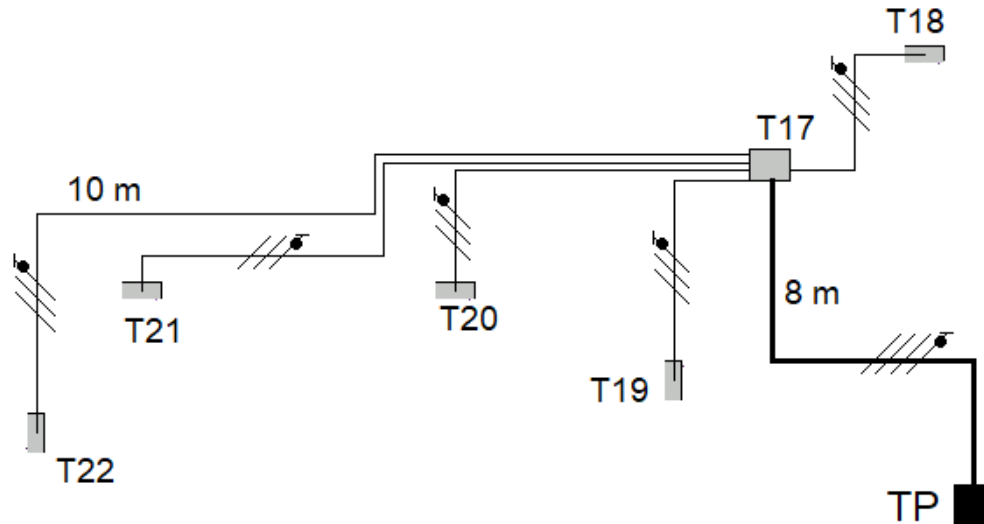


Figura 250. Tablero principal - tablero 17

*Conductor principal:*

Teniendo en cuenta la demanda de los tableros de planta alta se obtiene:

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE TOTAL T17 = 38 [A]$$

Conductor seleccionado:

TIPO --> TETRAPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV

SECCIÓN -->  $S = 6 [mm^2]$

$$I_{ADMISIBLE} = 37 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 29$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{6} * 8 * 29 = 1,4 [V]$$

*Tablero 17 - Tableros 18, 19, 20, 21 y 22:*

Los conductores de alimentación desde el tablero central de planta alta (17), hacia los tableros 18, 19, 20, 21 y 22, serán todos tripolares y de la misma sección. Se calculará el más desfavorable.

$$INTENSIDAD DE CORRIENTE DERIVACIÓN T22 = 10 [A]$$

Conductor seleccionado:

*TIPO --> TRIPOLAR SUBTERRÁNEO PVC 1,1 CU kV*

*SECCIÓN --> S = 2,5 [mm<sup>2</sup>] (Recomendación AEA)*

$$I_{ADMISIBLE} = 22 [A]$$

Verificación de caída de tensión:

Realizando las sumatorias de corriente por su respectivo factor de potencia se obtiene:

$$\sum(I * \cos \varphi) = 8$$

$$\delta = 2 * \frac{1/57}{2,5} * 10 * 8 = 1,1 [V]$$

$$\delta_{total} = 0,7 + 1,4 + 1,1 = 3,2 [V]$$

La caída de tensión total es inferior al 5%, por lo que es correcta la selección.

### 20.4.3 Cálculo de cortocircuito

La determinación de las corrientes de cortocircuito es un factor fundamental para la verificación de las secciones de los conductores, determinadas en la sección anterior, y para la selección de las protecciones correspondientes.

Al calcular las corrientes de cortocircuito se debe considerar el lugar donde ésta se produce. En este caso, se determina la corriente de cortocircuito en los diferentes tableros (general y secundarios).

Entre los tipos más característicos de cortocircuitos, que se puedan presentar en una red trifásica, el de tipo tripolar es el más violento, por lo tanto será éste el que se considere como caso más desfavorable.

A continuación se presentan los datos relevantes para los diferentes cálculos:

Transformador:

Debido a que la empresa será un usuario que compra energía eléctrica en baja tensión, se debe considerar la impedancia del transformador de distribución. Se adoptó por una ubicación aproximada del mismo hasta la bajada de la empresa y una potencia típica para transformadores de distribución usados en general, debido a que no se puede contar con los valores exactos.

<b>Transformador de Distribución Relación 13.200 ±2 x 2,5%/0,4400-231 kV/kV</b>	<b><math>P_n</math> [VA]</b>	<b><math>P_{cc}</math> [W]</b>	<b><math>u_r</math></b>	<b><math>u_k</math></b>	<b><math>u_x</math></b>
	500000	10500	0,0210	0,0400	0,0340
	<b><math>R'</math> [<math>\Omega</math>]</b>	<b><math>X'</math> [<math>\Omega</math>]</b>	<b><math>R</math> [<math>\Omega</math>]</b>	<b><math>X</math> [<math>\Omega</math>]</b>	<b><math>Z</math> [<math>\Omega</math>]</b>
	7,3181	11,8637	0,0061	0,0098	13,9392

Tabla 40. Características transformador de distribución

Donde:

Pn: Potencia nominal

Pcc: Pérdidas en cortocircuito del transformador

ur: Caída de tensión óhmica

uk: Tensión de cortocircuito referida a la nominal

ux: Componente reactiva de la tensión

R': Resistencia referida al primario (alta tensión) del transformador

X': Reactancia referida al primario (alta tensión) del transformador

R: Resistencia referida al secundario (baja tensión) del transformador

X: Reactancia referida al secundario (baja tensión) del transformador

Z: Impedancia referida al secundario (baja tensión) del transformador

#### Potencia de Cortocircuito de la Red:

Según datos de la empresa de distribución, la potencia de cortocircuito en la red de 13,2 [kV] del Parque Industrial de la Ciudad de Paraná ronda en los 500 [MVA], por lo que se tomará este valor como referencia.

<b>Potencia de Cortocircuito [MVA]</b>	<b>X' [<math>\Omega</math>]</b>	<b>R' [<math>\Omega</math>]</b>	<b>X [<math>\Omega</math>]</b>	<b>R [<math>\Omega</math>]</b>
500	0,3484800	0,0348480	0,0002888	0,0000289

Tabla 41. Características cortocircuito de la red

Donde:

Pr: Potencia de cortocircuito de la red

R': Resistencia referida al primario (alta tensión) de la red

X': Reactancia referida al primario (alta tensión) de la red

R: Resistencia referida al secundario (baja tensión) de la red



X: Reactancia referida al secundario (baja tensión) de la red

Conductores:

Resumen de los conductores determinados anteriormente para cada tramo:

Tramo	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Resistencia [Ω/km]	Reactancia [Ω/km]	Longitud [m]
Transformador Subestación - Tablero de Bajada	3x95/1x50	0,372	0,0891	1000
Tablero acometida - Tablero Principal	3x70/1x35	0,341	0,073	15
Tablero principal - Tablero 1	4x4	5,92	0,0991	2
	4x2,5	9,55	0,0995	1
Tablero principal - Tablero 2	4x4	5,92	0,0991	5,5
Tablero principal - Tablero 3	4x4	5,92	0,0991	6,6
	4x2,5	9,55	0,0995	1
Tablero principal - Tablero 4	4x4	5,92	0,0991	9,5
	4x2,5	9,55	0,0995	4
Tablero principal - Tablero 5	4x4	5,92	0,0991	12
	4x2,5	9,55	0,0995	3
Tablero principal - Tablero 6	4x4	5,92	0,0991	19,5
Tablero principal - Tablero 7	4x4	5,92	0,0991	19,5
	4x2,5	9,55	0,0995	6,5
Tablero principal - Tablero 8	4x10	2,29	0,086	24,5
	4x6	3,95	0,0901	2,5
Tablero principal - Tablero 9	4x10	2,29	0,086	30
	4x2,5	9,55	0,0995	2,5
Tablero principal - Tablero 10	4x6	3,95	0,0901	20
	4x4	5,92	0,0991	5,5

Tramo	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Resistencia [ $\Omega$ /km]	Reactancia [ $\Omega$ /km]	Longitud [m]
Tablero principal - Tablero 11	4x10	2,29	0,086	25
	4x4	5,92	0,0991	7
Tablero principal - Tablero 12	4x4	5,92	0,0991	27
	4x2,5	9,55	0,0995	2,5
Tablero principal - Tablero 13	4x4	5,92	0,0991	21
	4x2,5	9,55	0,0995	2,5
Tablero principal - Tablero 14	4x4	5,92	0,0991	11
	4x2,5	9,55	0,0995	2,5
Tablero principal - Tablero 15	4x4	5,92	0,0991	4
Tablero principal - Tablero 16	4x2,5	9,55	0,0995	6,5
Tablero principal - Tablero 17	4x6	3,95	0,0901	8
Tablero 17 - Tablero 18	3x1,5	15,9	0,108	4
Tablero 17 - Tablero 19	3x1,5	15,9	0,108	3
Tablero 17 - Tablero 20	3x1,5	15,9	0,108	5,5
Tablero 17 - Tablero 21	3x1,5	15,9	0,108	8
Tablero 17 - Tablero 22	3x1,5	15,9	0,108	9,5

Tabla 42. Conductores por tablero

Mediante los datos de resistencia y reactancia del fabricante se determinaron dichos valores para cada conductor teniendo en cuenta su sección y tipo.

#### 20.4.3.1 Cortocircuito en el tablero general

Para determinar la corriente máxima de cortocircuito del tipo tripolar, en el tablero general o principal, se debe primeramente definir los valores totales de resistencia y reactancia hasta el punto considerado, para así conocer la impedancia total de los conductores hasta dicho tablero.

La resistencia total hasta el tablero general del sector se puede determinar de la siguiente manera:

$$R_{TP} = R_r + R_t + R_{t/ac} + R_{ac/TP}$$

Donde:

$R_{TP}$ : Resistencia total al tablero principal

$R_r$ : Resistencia de la red (BT)

$R_t$ : Resistencia del transformador

$R_{t/ac}$ : Resistencia de los conductores entre el transformador y la acometida

$R_{ac/TP}$ : Resistencia de los conductores entre la acometida y el tablero principal

Por otra parte, la reactancia total hasta el tablero general se puede determinar de la siguiente manera:

$$X_{TP} = X_r + X_t + X_{t/ac} + X_{ac/TP}$$

Donde:

$X_{TP}$ : Resistencia total al tablero principal

$X_r$ : Resistencia de la red (BT)

$X_t$ : Resistencia del transformador

$X_{t/ac}$ : Resistencia de los conductores entre el transformador y la acometida

$X_{ac/TP}$ : Resistencia de los conductores entre la acometida y el tablero principal

Como ya se mencionó, no se dispone de la distancia exacta entre el transformador del distribuidor y el tablero de acometida. Para realizar el cálculo se ha estimado una distancia de 500[m] desde la acometida hasta el transformador del

distribuidor, con un conductor de la red de 95[mm<sup>2</sup>]. Por otro lado, se ha tomado una distancia de 15[m] desde la acometida hasta el tablero principal de la planta, el cual se alimenta con un conductor de 70[mm<sup>2</sup>] de sección.

Entonces:

$$R_{t/ac} = 0,372 [\Omega/km] * 0,5[km] = 0,186 [\Omega]$$

$$R_{ac/TP} = 0,341[\Omega/km] * 0,015[km] = 0,00512 [\Omega]$$

$$R_{TP} = 0,0000289[\Omega] + 0,0061[\Omega] + 0,186 [\Omega] + 0,00512 [\Omega]$$

$$R_{TP} = 0,197[\Omega]$$

$$X_{t/ac} = 0,0891 [\Omega/km] * 0,5[km] = 0,04455 [\Omega]$$

$$X_{ac/TP} = 0,073[\Omega/km] * 0,015[km] = 0,0011 [\Omega]$$

$$X_{TP} = 0,0002888[\Omega] + 0,0098[\Omega] + 0,04455 [\Omega] + 0,0011 [\Omega]$$

$$X_{TP} = 0,056[\Omega]$$

Impedancia total en el tablero principal:

$$Z_{TP} = \sqrt{R_{TP}^2 + X_{TP}^2} = \sqrt{0,197^2 + 0,056^2}$$

$$Z_{TP} = 0,205 [\Omega]$$

Con la impedancia calculada, se puede determinar la corriente máxima de cortocircuito, del tipo tripolar, con la siguiente ecuación:

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * Z_{TP}} = \frac{380 [V]}{\sqrt{3} * 0,205 [\Omega]} = 1071[A]$$

El resultado obtenido es el valor efectivo de la componente de corriente alterna en el momento de iniciarse el cortocircuito.

**20.4.3.2 Cortocircuito en tableros secundarios**

Mediante la determinación de la impedancia total en los conductores hasta los tableros seccionales, se obtiene la corriente máxima de cortocircuito del tipo tripolar.

$$I_{cc} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * Z_{Total}} \quad Z_{TP} = \sqrt{R_{Total}^2 + X_{Total}^2}$$

Los cálculos fueron realizados para aquellos tableros más desfavorables, siguiendo los procedimientos anteriores y utilizando las expresiones mencionadas.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos para cada uno:

<b>Nombre</b>	<b>Resistencia [Ω]</b>	<b>Reactancia [Ω]</b>	<b>Impedancia [Ω]</b>	<b>Corriente de Cortocircuito</b>
Tablero Principal	0.197	0.056	0.205	1071
Tablero 1	0.219	0.056	0.226	972
Tablero 2	0.230	0.056	0.237	927
Tablero 5	0.297	0.057	0.302	726
Tablero 6	0.313	0.058	0.318	690
Tablero 7	0.375	0.058	0.379	579
Tablero 8	0.263	0.058	0.270	814
Tablero 9	0.290	0.059	0.296	742
Tablero 10	0.309	0.058	0.314	698
Tablero 12	0.381	0.059	0.385	569

<b>Nombre</b>	<b>Resistencia [Ω]</b>	<b>Reactancia [Ω]</b>	<b>Impedancia [Ω]</b>	<b>Corriente de Cortocircuito</b>
Tablero 13	0.345	0.058	0.350	626
Tablero 15	0.221	0.056	0.228	963
Tablero 17	0.229	0.056	0.236	931
Tablero 19	0.226	0.056	0.233	943

Tabla 43. Corriente de cortocircuito en tableros

### 20.4.3.3 Cortocircuito en máquinas

Al igual que para los tableros, mediante la determinación de la impedancia total en los conductores hasta las máquinas se obtiene la corriente máxima de cortocircuito del tipo tripolar.

Los cálculos fueron realizados para las máquinas más desfavorables siguiendo los procedimientos anteriores y utilizando nuevamente las expresiones ya mencionadas.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos para cada uno:

<b>Máquina</b>	<b>Resistencia [Ω]</b>	<b>Reactancia [Ω]</b>	<b>Impedancia [Ω]</b>	<b>Corriente de Cortocircuito [A]</b>
Cabina de pintura	0.345	0.058	0.349	628
Plasma CNC	0.281	0.058	0.287	765
Agujereadora grande	0.341	0.058	0.346	635
Soldadora MAG	0.357	0.059	0.361	607

<b>Máquina</b>	<b>Resistencia [Ω]</b>	<b>Reactancia [Ω]</b>	<b>Impedancia [Ω]</b>	<b>Corriente de Cortocircuito [A]</b>
Cabina de pintura	0.345	0.058	0.349	628
Soldadora MMA	0.282	0.058	0.288	761
Roladora	0.405	0.059	0.409	536
Sensitiva	0.369	0.058	0.374	587
Compresor a tornillo	0.240	0.056	0.247	890

Tabla 44. Corriente de cortocircuito en máquinas

#### 20.4.3.4 Verificación de conductores

Finalmente se debe verificar que la sección adoptada para cada tablero y máquina, soporta las corrientes de cortocircuito calculadas, hasta el momento de la actuación de la protección.

Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$T = \left( \frac{S \cdot C}{I_{cc}} \right)^2$$

Donde:

T: duración del cortocircuito (s)

S: sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

C: coeficiente según el conductor, el aislante y de la temperatura

Para cables en cobre aislados en PVC a 160 [°C] C=115

I<sub>cc</sub>: corriente máxima de cortocircuito (A)

Reemplazando los resultados en la ecuación, se obtiene el tiempo máximo que el conductor soporta el cortocircuito. La protección seleccionada debe ser capaz de dispararse en ese tiempo.

A continuación se presentan las tablas de tableros y máquinas con las secciones de los conductores, las corrientes de cortocircuito y el tiempo de cortocircuito admisible. Con esto, luego podrá realizarse la selección de las protecciones teniendo en cuenta el tiempo de respuesta de cada una, entre otras consideraciones.

<b>Tablero</b>	<b>Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Corriente de cortocircuito máxima [A]</b>	<b>Tiempo de cortocircuito máximo admisible [s]</b>
Tablero Principal	70	1071	56.547
Tablero 1	2.5	972	0.087
Tablero 2	4	927	0.246
Tablero 5	2.5	726	0.157
Tablero 6	4	690	0.444
Tablero 7	2.5	579	0.247
Tablero 8	6	814	0.719
Tablero 9	2.5	742	0.150
Tablero 10	4	698	0.434
Tablero 12	2.5	569	0.255
Tablero 13	2.5	626	0.211
Tablero 15	4	963	0.228
Tablero 17	6	931	0.549



<b>Tablero</b>	<b>Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Corriente de cortocircuito máxima [A]</b>	<b>Tiempo de cortocircuito máximo admisible [s]</b>
Tablero 19	2.5	943	0.093

Tabla 45. Tiempo admisible de cortocircuito, tableros

<b>Máquina</b>	<b>Sección del conductor [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Corriente de cortocircuito máxima [A]</b>	<b>Tiempo de cortocircuito máximo admisible [s]</b>
Cabina de pintura	1.5	628	0.075
Plasma CNC	4.0	765	0.362
Agujereadora grande	1.5	635	0.074
Soldadora MAG	2.5	607	0.224
Soldadora MMA	2.5	761	0.143
Roladora	1.5	536	0.103
Sensitiva	1.5	587	0.086
Compresor a tornillo	4	890	0.267

Tabla 46. Tiempo admisible de cortocircuito, máquinas

Tanto para los tableros como para las máquinas, se observan tiempos admisibles de cortocircuito dentro de los rangos normales de funcionamiento de las protecciones, por lo que se puede proceder con la selección de las mismas.

## 20.4.4 Aparatos de protección y maniobra

En esta sección se seleccionan los dispositivos de conexión y protección de cada tablero definido anteriormente.

Para realizar la correcta selección se utilizan catálogos y herramientas de cálculo de diferentes fabricantes teniendo en cuenta las intensidades de corrientes nominal, de maniobra y de cortocircuito, tensiones de funcionamiento, cantidad de operaciones posibles, tiempos de respuesta, tipo de conexiones y demás características a considerar.

También se tiene en cuenta la selectividad de protecciones, para lo cual se hace uso de las tablas apropiadas brindadas por los fabricantes. Cabe destacar que un buen dimensionamiento selectivo aísla la falla y evita tener cortes generalizados.

### 20.4.4.1 Tablero de acometida

Para la protección general de este tablero se coloca un seccionador bajo carga con fusibles NH. Para su selección se recomienda tener en cuenta la corriente utilizada para el diseño y la corriente máxima que el conductor admite.

$$I_{diseño} = 154 [A]$$

$$I_{admisible} = 169/211 [A] \text{ caño enterrado/directamente enterrado}$$

Se adopta un seccionador de la marca “BAW” equipado con fusibles NH1 de la marca “ABB” con una corriente admisible de 200 [A]. De esta manera se puede seccionar el tramo de conductor desde el Tablero de Bajada hasta el Tablero General.

## Seccionador p/fusibles NH1/NT1. 3P. In=250A-400Vca-50Hz.

HR171



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Seccionador fusible bajo carga 3P. In=250A-400Vca-50Hz. P/fusibles NH1/NT1. Con tapa seccionable de accionamiento simple para el recambio de los fusibles con máxima seguridad contra contactos accidentales. Amplios visores permiten ver perfectamente los fusibles.

Figura 251. Seccionador HR 171, acometida



### Technical

Power Loss:	18.0 W
Fuse Size:	NH1
Fuse System:	DIN
Standards:	IEC 60269
Fuse Type:	gG
Rated Current ( $I_n$ ):	200 A
Rated Voltage ( $U_r$ ):	500 V

Figura 252. Fusible NH1 250A

### 20.4.4.2 Tablero principal

#### Seccionador y fusibles

De la misma manera que en el Tablero de Bajada, se coloca, en la entrada del Tablero principal, un seccionador bajo carga con fusibles NH de las mismas

características. De esta manera se puede seccionar el Tablero General y realizar tareas de mantenimiento, entre otras, sin tensión.

Se debe verificar la curva de disparo del fusible seleccionado. Este procedimiento se lleva a cabo mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito determinado anteriormente, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido.

*Tiempo máximo admisible:* 56,5 [s]

*Corriente nominal:* 200 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 1071 [A]

*Corriente de disparo:* 550 [A]

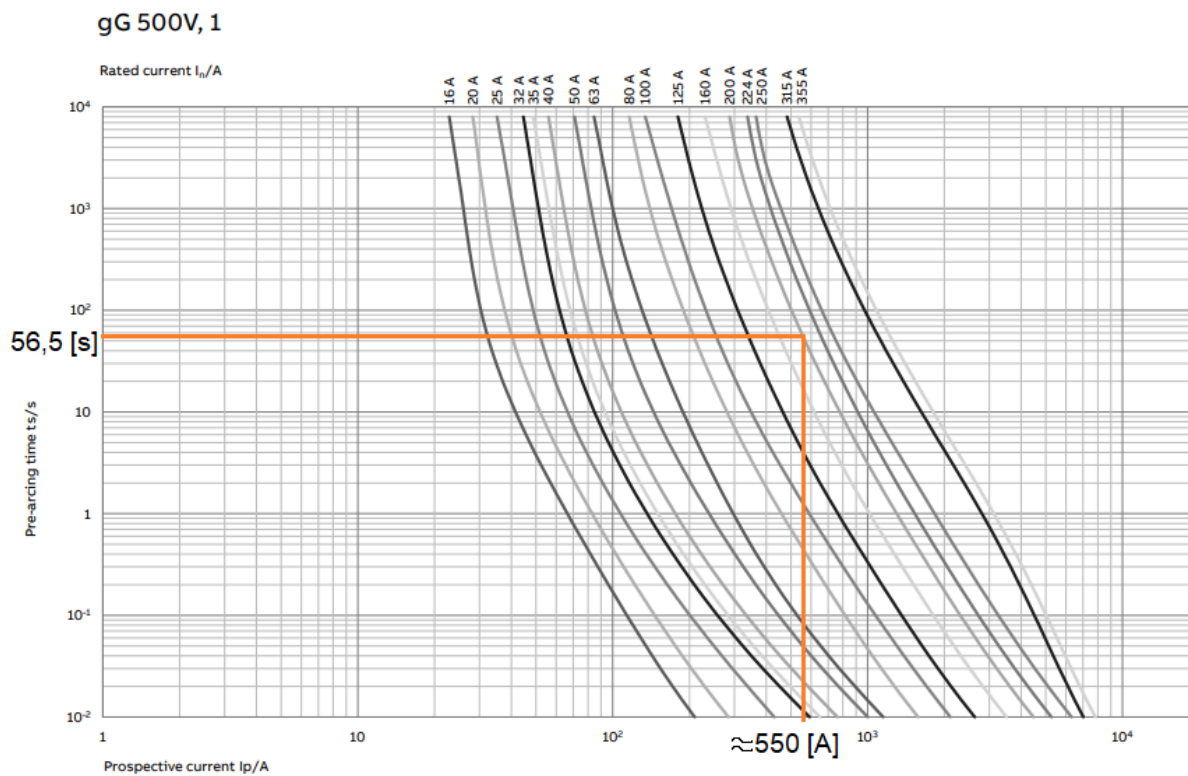


Figura 253. Curva de disparo fusible NH1

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

Para seleccionar las protecciones hacia cada tablero seccional, se debe tener en cuenta el consumo de los mismos.

Se muestra a continuación, una tabla resumen de las corrientes de diseño utilizadas para cada tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección:

<b>Tablero</b>	<b>Corriente nominal [A]</b>
Tableros 1,3,4 y 5	20
Tablero 2	25
Tableros 6 y 7	24
Tableros 8 y 9	45
Tableros 10 y 11	29
Tableros 12, 13 y 14	22
Tablero 15	17
Tablero 16	10
Tablero 17	38

Tabla 47. Consumos de los tableros seccionales

### Interruptores diferenciales (ID) y termomagnéticos (IT)

El interruptor diferencial es un equipo de protección que monitorea la fuga de corrientes en circuitos eléctricos, para la protección de personas y de la instalación contra contactos directos e indirectos.

El interruptor termomagnético es un dispositivo ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos, siendo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético (ley de Ampere) y el térmico (efecto Joule).

En instalaciones industriales de gran envergadura no es habitual el uso del interruptor diferencial en el tablero principal (sí en seccionales), en este caso las dimensiones reducidas de la planta lo permiten. Esto se debe al hecho de que ante una fuga de corriente, si el sector en el que se produce la falla se encuentra muy lejano al tablero principal, el operario debería dirigirse hasta dicho tablero a restituir el interruptor, lo que es inconveniente.

La ventaja de instalar interruptores diferenciales en el tablero principal es la protección inclusive de los tramos de conductor desde este hacia el tablero seccional, aumentando la seguridad. Por otro lado, se logra una disminución de los costos de la instalación, reduciendo la cantidad de aparatos necesarios.

Para este proyecto, se opta por la utilización de los interruptores diferenciales sólo en el tablero principal, logrando la mejor relación costo/beneficio, y siempre apuntando hacia la máxima seguridad de la instalación y el personal. Con esto se reducirá notablemente el costo de inversión inicial de la instalación.

Esta configuración no quita la posibilidad de a futuro, incorporar e instalar interruptores diferenciales en cada tablero seccional teniendo en cuenta la correcta selectividad.

Se muestran a continuación la elección de los dispositivos de protección del tablero principal para cada sector:

1. Tableros 1/3/4/5 y Tableros 6/7: 1 ID común + 2 IT individuales
2. Tablero 2: ID + IT
3. Tableros 8 y 9: ID + IT
4. Tableros 10/11 y Tablero 12/13/14: ID + 2 IT individuales
5. Tablero 15: ID + IT
6. Tablero 16 y Tablero 17: ID + 2 IT individuales

Como se puede apreciar, en algunos casos se han agrupado estratégicamente varios tableros a la salida de un interruptor diferencial común, para luego independizarlos por medio de interruptores termomagnéticos. Esto si bien significa que ante una fuga de corriente saldrían todos estos tableros de servicio, se han agrupado de tal manera que no perjudique a los tableros considerados esenciales, como ser el de iluminación.

Esta configuración tiene por objetivo disminuir aún más la inversión inicial de la instalación, logrando un correcto nivel de seguridad y funcionalidad. Sin embargo, como ya se mencionó, la distribución adoptada de los conductores eléctricos, permite a futuro y según la necesidad, independizar completamente estos sectores agrupados.

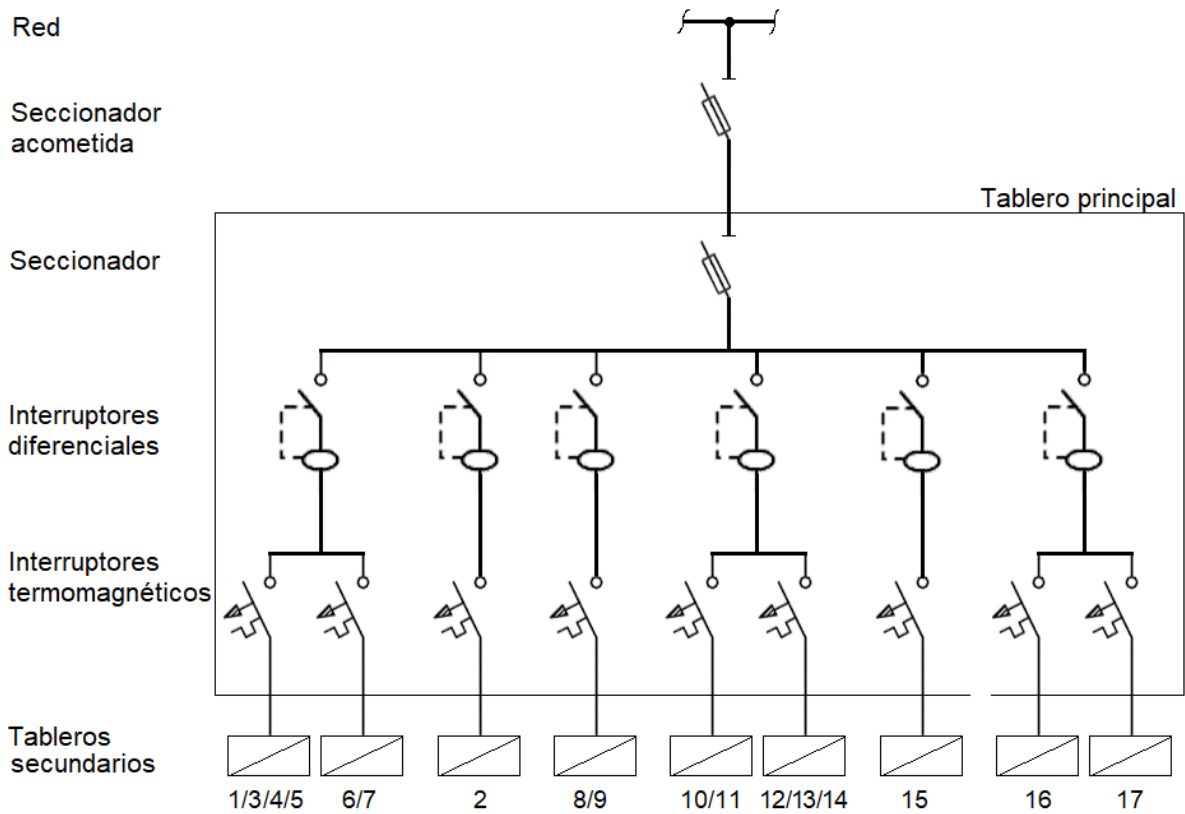


Figura 254. Esquema de tablero general

Para proceder con la selección de los interruptores diferenciales y termomagnéticos se utiliza el catálogo y guías de selección de la firma “BAW”, donde se dispone de la documentación técnica y curvas de disparo de cada equipo.

**BAW electric** **INTERRUPTORES DIFERENCIALES**

Series ID/IDE/IDS		Características Técnicas				
Norma de aplicación		IEC61008-2-2		IEC61008-2-1		
Serie		IDE2		ID2	ID4	IDS2 IDS4
Clase		AC		AC		AC
Polos		2		2	4	2 4
Corriente nominal (In)		25-40		25-40-63 A		63-80 A
Sensibilidad (IΔn)		30		10-30 mA		100-300 mA
Tiempos de disparo	IΔn	t<300 (Típico: <40)				t< 500
	2 x IΔn	t<150 (Típico: <35)				ms t≤ 200 ms
	5 x IΔn	t<40 (Típico: <20)				
Tensión nominal (Un) Vca		230	230	230/400	230	230/400
Tensión mínima de empleo (Ubmín) Vca		117	117	117/185	117	117/185
Alimentación		Arriba/Abajo				

Tabla 48. Características interruptores diferenciales BAW



**BAW electric** **INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS**

**Series K / P41N / J10** *Características Técnicas*

Modelo		K3 - K4	P41N	J10	
Capacidad de ruptura (230/400V)	I <sub>cn</sub>	A	3000 - 4500	4500	10000
	I <sub>cs</sub>		100% I <sub>cn</sub>	100% I <sub>cn</sub>	50% I <sub>cu</sub>
Norma de aplicación			IEC 60898-1	IEC 60898-1	IEC 60947-2
Rango de intensidad (I <sub>n</sub> )	A		6, 10, 16, 20 25, 32, 40, 50, 63A	6, 10, 16, 20, 25, 32, 40	80, 100, 125
Número de polos			1/2/3/4	IP+N	1/2/3/4
Tensión nominal CA (U <sub>e</sub> )	V		IP: 240/415V 2/3/4P: 415V	230	400
Frecuencia	Hz		50/60	50/60	50/60
Tensión de aislación (U <sub>i</sub> )	V		500	500	500
Clase de selectividad			3		
Tensión de impulso 1,2/50 μ s (U <sub>imp</sub> )	kV		4	4	4
Característica de disparo magnético			B - C - D	C	C - D

Tabla 49. Características interruptores termomagnéticos BAW

1) Tableros 1-3-4-5 / 6-7

Equipo	I <sub>n</sub> [A]
Interruptor diferencial	63
Interruptor termomagnético 1/3/4/5	25
Interruptor termomagnético 6/7	32

Tabla 50. Protecciones del TP para T1/3/4/5/6/7

## Interruptor diferencial 4P In=63A, I $\Delta$ n=30mA "AC" Inc=6kA.

ID463/030



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Con identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC61008-1.

Certificado Nro.: DC-E-E82-012.2 (C1)

Certificado expedido por: IRAM

Figura 255. ID TP - Tableros 1/3/4/5 y 6/7

## Interruptor termomagnético 4P. 25A Icn= 3kA. Curva C

K34C25



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.: DC-E-E82-013.3 (C1)

Certificado expedido por: IRAM

Figura 256. IT TP - Tableros 1/3/4/5

## Interruptor termomagnético 4P. 32A Icn= 3kA. Curva C

K34C32



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 257. IT TP - Tableros 6/7

Se deben verificar las curvas de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados. Este procedimiento se lleva a cabo mediante el tiempo máximo admisible de cortocircuito determinado anteriormente, con el fin de verificar que la corriente de disparo esté dentro del rango requerido.

Tableros 1/3/4/5

*Tiempo máximo admisible: 0,087 [s] (Tablero 1 más desfavorable)*

*Corriente nominal: 25 [A]*

*Corriente de cortocircuito: 972 [A]*

*Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 250 [A]$*

Tableros 6/7

*Tiempo máximo admisible: 0,247 [s] (Tablero 7 más desfavorable)*

*Corriente nominal: 32 [A]*

*Corriente de cortocircuito: 579 [A]*

*Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 320 [A]$*

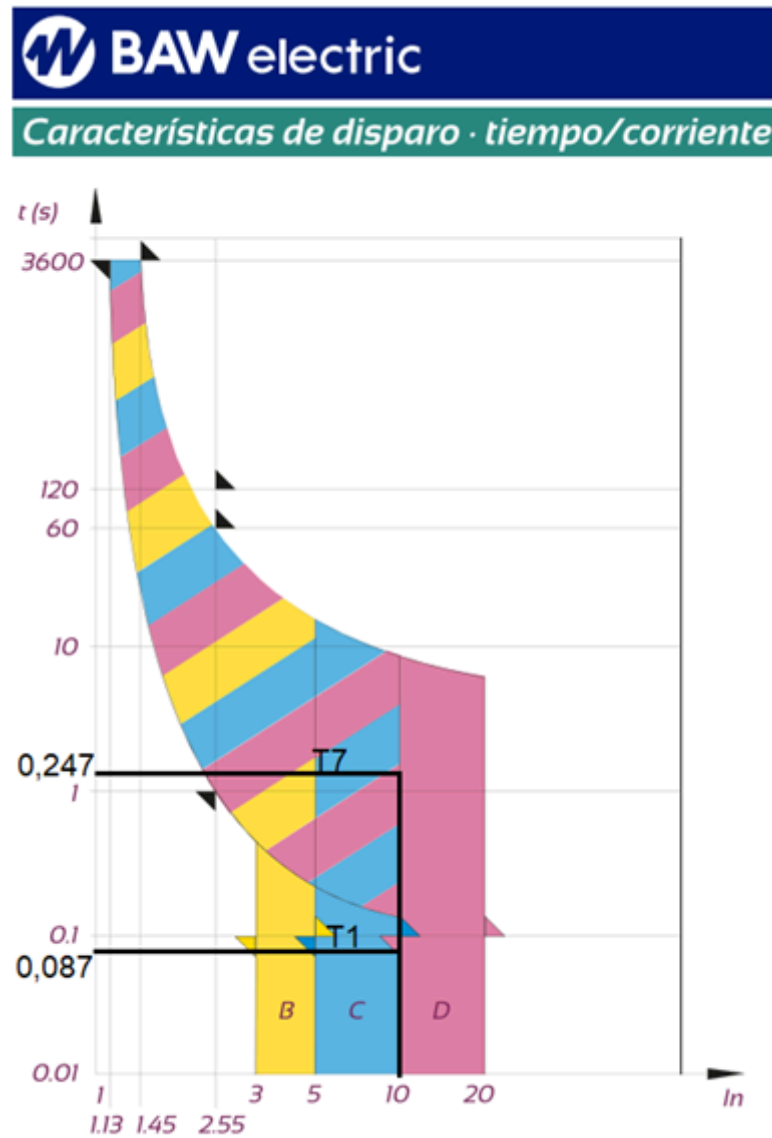


Figura 258. Curva de disparo IT TP - Tableros 1/3/4/5 y 6/7

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito en ambos casos, por lo que la selección es correcta.

2) Tablero 2

Equipo	$I_n$ [A]
Interruptor diferencial	40
Interruptor termomagnético	32

Tabla 51. Protecciones del TP para T2

Se ha optado por equipos de mayor corriente nominal ya que se debe instalar un motor y su corriente de arranque puede disparar la protección.

### Interruptor diferencial 4P In=40A, I $\Delta$ n=30mA "AC" Inc=6kA.

ID440/030



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Con identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC61008-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-012.2 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 259. ID TP - Tablero 2

### Interruptor termomagnético 4P. 32A Icn= 3kA. Curva C

K34C32



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 260. IT TP - Tablero 2

Se debe verificar la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado.

Tablero 2

*Tiempo máximo admisible: 0,246 [s]*

*Corriente nominal: 32 [A]*

Corriente de cortocircuito: 927 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 320$  [A]

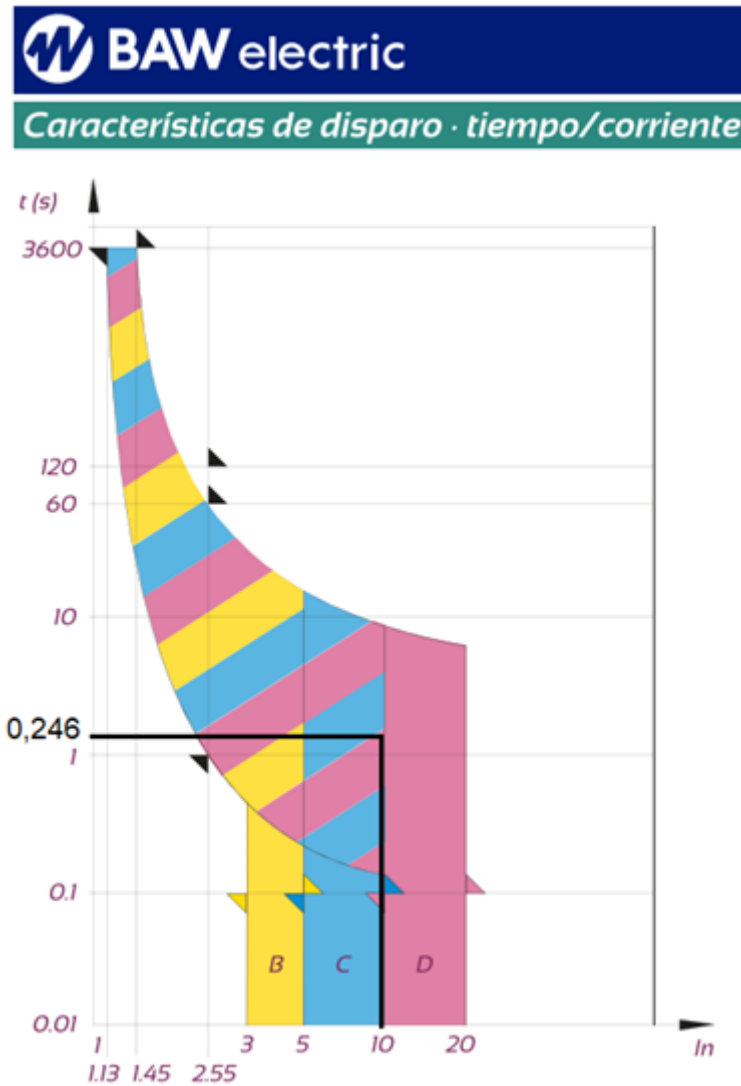


Figura 261. Curva de disparo IT TP - Tablero 2

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

3) Tableros 8/9

<i>Equipo</i>	<i>I<sub>n</sub> [A]</i>
Interruptor diferencial	63
Interruptor termomagnético	63

Tabla 52. Protecciones del TP para T8/9

### Interruptor diferencial 4P In=63A, IΔn=30mA "AC" Inc=6kA.

ID463/030



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Con identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC61008-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-012.2 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 262. ID TP - Tableros 8/9

### Interruptor termomagnético 4P. 63A Icn= 4,5kA. Curva C

K44C63



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 263. IT TP - Tableros 8/9

Se debe verificar la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado.

Tableros 8/9

Tiempo máximo admisible: 0,150 [s] (Tablero 9 más desfavorable)

Corriente nominal: 63 [A]

Corriente de cortocircuito: 742 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 630$  [A]

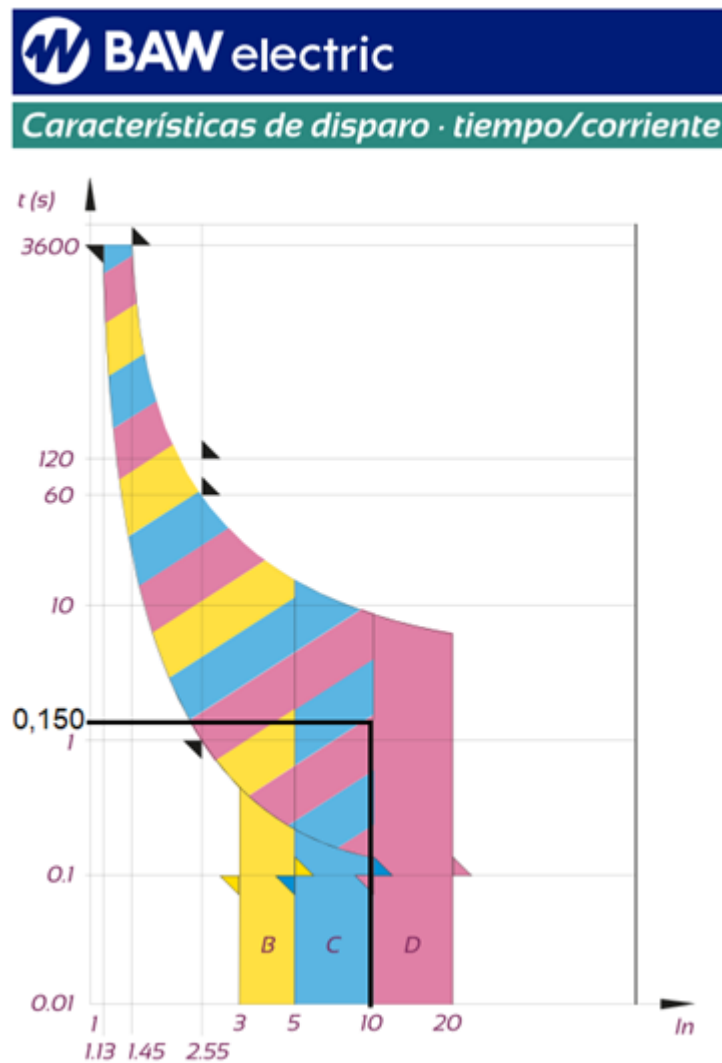


Figura 264. Curva de disparo IT TP - Tableros 8/9



La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

4) Tableros 10-11 / 12-13-14

<i>Equipo</i>	$I_n [A]$
Interruptor diferencial	63
Interruptor termomagnético 10/11	32
Interruptor termomagnético 12/13/14	25

Tabla 53. Protecciones del TP para T10/11 y 12/13/14

## Interruptor diferencial 4P $I_n=63A$ , $I_{\Delta n}=30mA$ "AC" $I_{nc}=6kA$ .

ID463/030



CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Con identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC61008-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-012.2 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 265. ID TP - Tableros 10/11 y 12/13/14

## Interruptor termomagnético 4P. 32A Icn= 3kA. Curva C

K34C32



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 266. IT TP - Tableros 10/11

## Interruptor termomagnético 4P. 25A Icn= 3kA. Curva C

K34C25



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 267. IT TP - Tablero 12/13/14

Se deben verificar las curvas de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Tableros 10/11

*Tiempo máximo admisible: 0,434[s] (Tablero 10 más desfavorable)*

*Corriente nominal: 32 [A]*

*Corriente de cortocircuito: 698 [A]*

*Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 320 [A]$*

Tableros 12/13/14

Tiempo máximo admisible: 0,211 [s] (Tablero 13 más desfavorable)

Corriente nominal: 25 [A]

Corriente de cortocircuito: 626 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 250$  [A]

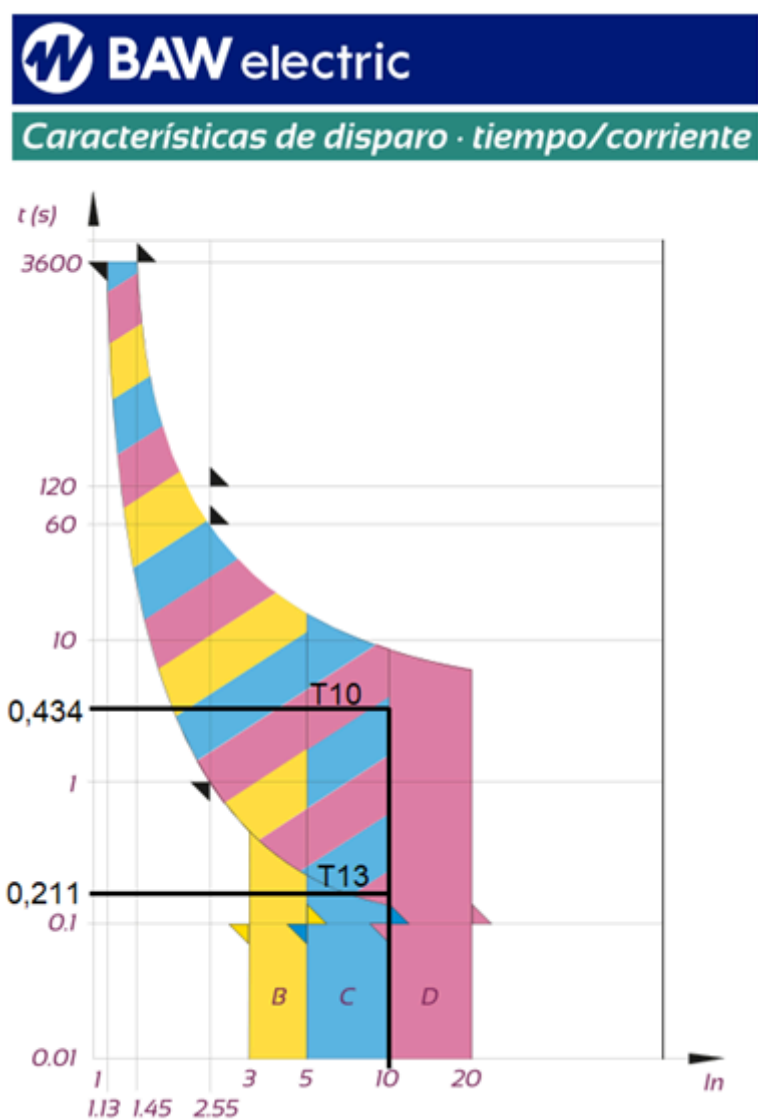


Figura 268. Curva de disparo IT TP - Tableros 10/11 y 12/13/14

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

5) Tablero 15

<i>Equipo</i>	$I_n$ [A]
Interruptor diferencial	40
Interruptor termomagnético	40

Tabla 54. Protecciones del TP para T15

**Interruptor diferencial 4P In=40A, IΔn=30mA "AC" Inc=6kA.**

ID440/030



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Con identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC61008-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-012.2 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 269. ID TP - Tablero 15

Se debe aclarar que en motores de potencias elevadas, las corrientes de fuga pueden efectuar el disparo del interruptor diferencial. Sin embargo en este caso, se ha consultado con el fabricante del equipo compresor de aire, y no indica la necesidad de utilizar un interruptor de menor sensibilidad. Por este motivo, se selecciona un interruptor de 30 [mA], el cual deberá ser reemplazado en caso de ser necesario.

## Interruptor termomagnético 4P. 40A Icn= 3kA. Curva C

K34C40



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 270. IT TP - Tablero 15

Se debe verificar la curva de disparo del interruptor termomagnético seleccionado.

Tablero 15

*Tiempo máximo admisible: 0,228 [s]*

*Corriente nominal: 40 [A]*

*Corriente de cortocircuito: 963 [A]*

*Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 400 [A]$*

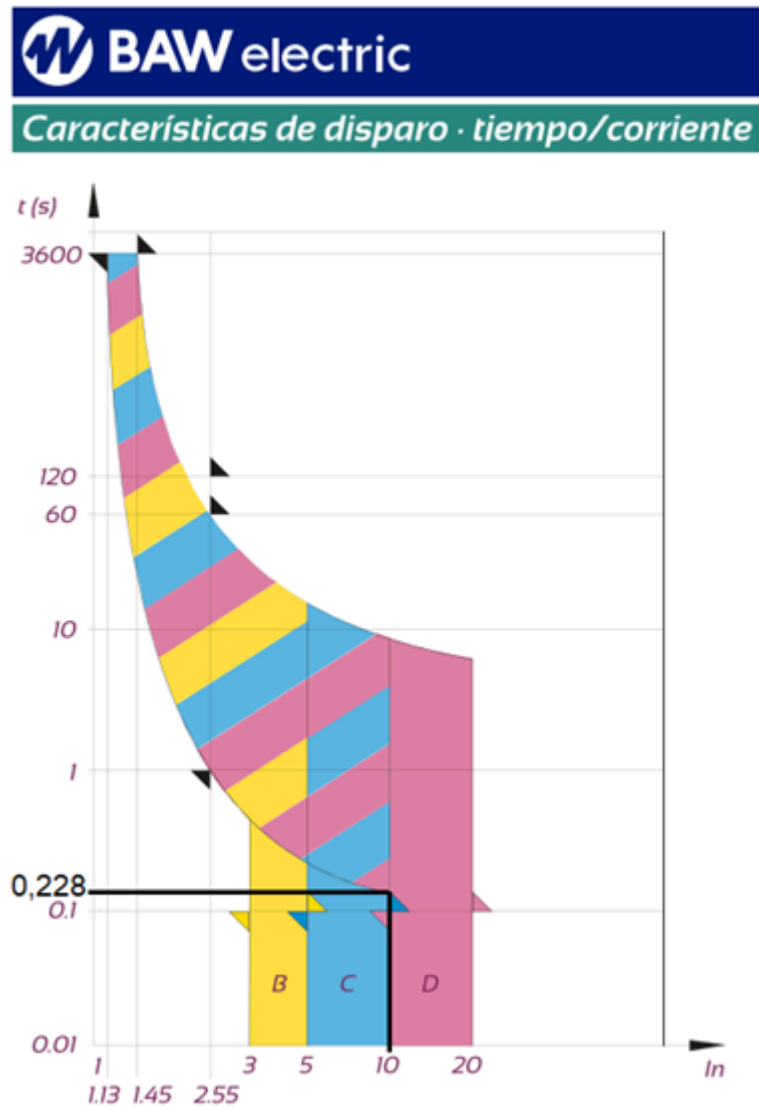


Figura 271. Curva de disparo IT TP - Tablero 15

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

6) Tableros 16 y 17

Equipo	$I_n$ [A]
Interruptor diferencial	63
Interruptor termomagnético 16	25

<i>Equipo</i>	<i>I<sub>n</sub> [A]</i>
Interrupor termomagnético 17	50

Tabla 55. Protecciones del TP para T16 y 17

## Interrupor diferencial 4P In=63A, I $\Delta$ n=30mA "AC" Inc=6kA.

ID463/030



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Con identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC61008-1.

Certificado Nro.: DC-E-E82-012.2 (C1)

Certificado expedido por: IRAM

Figura 272. ID TP - Tableros 16 y 17

## Interrupor termomagnético 4P. 25A Icn= 3kA. Curva C

K34C25



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interrupor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.: DC-E-E82-013.3 (C1)

Certificado expedido por: IRAM

Figura 273. IT TP - Tablero 16

## Interruptor termomagnético 4P. 50A Icn= 4,5kA. Curva C

K34C50



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 274. IT TP - Tablero 17

Se deben verificar las curvas de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

### Tablero 16

*Tiempo máximo admisible:* 0,113 [s]

*Corriente nominal:* 25 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 857 [A]

*Corriente de disparo:*  $10 \times I_n = 250$  [A]

### Tablero 17

*Tiempo máximo admisible:* 0,549 [s]

*Corriente nominal:* 50 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 931 [A]

*Corriente de disparo:*  $10 \times I_n = 500$  [A]



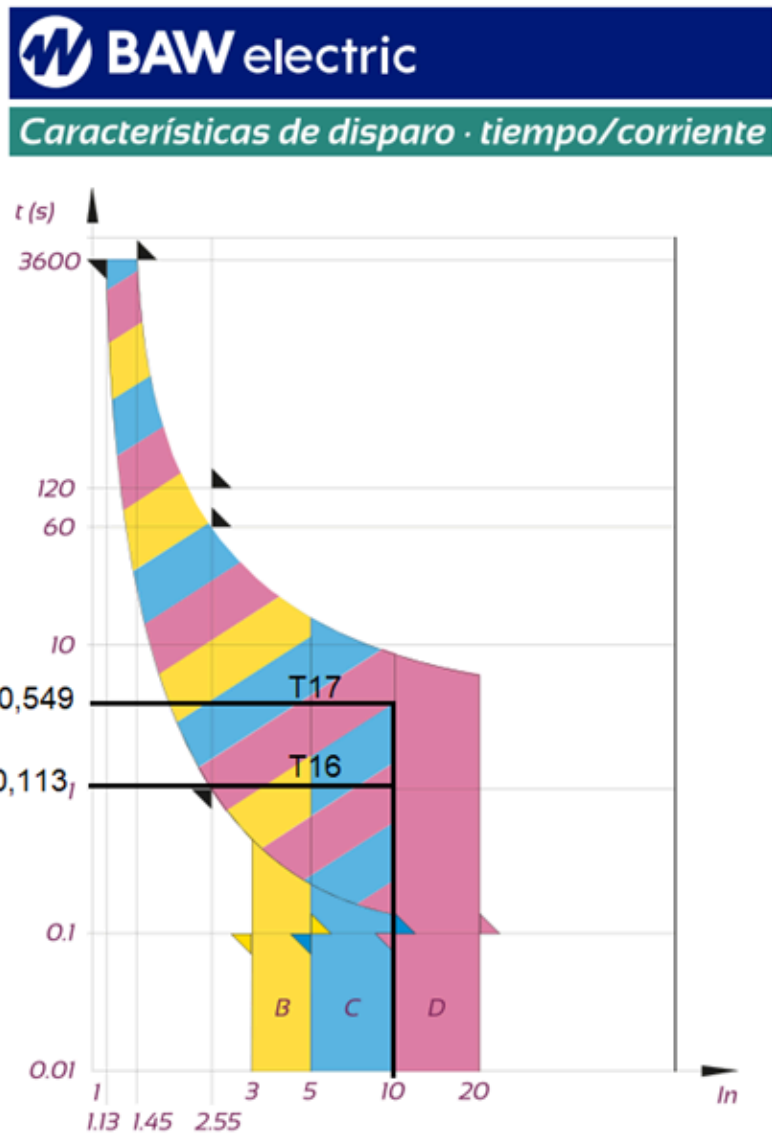


Figura 275. Curva de disparo IT TP - Tableros 16 y 17

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

Habiendo realizado todas las verificaciones correspondientes, se observa que en todos los casos, las protecciones del tablero general se disparan para valores de corrientes menores a las corrientes de cortocircuito, por lo que se culmina con la verificación del mismo.

### 20.4.4.3 Tablero 1 “Empaquetado”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 1</b>	<b>In protección [A]</b>
Uso general/tomacorrientes	20

Tabla 56. Consumos Tablero 1

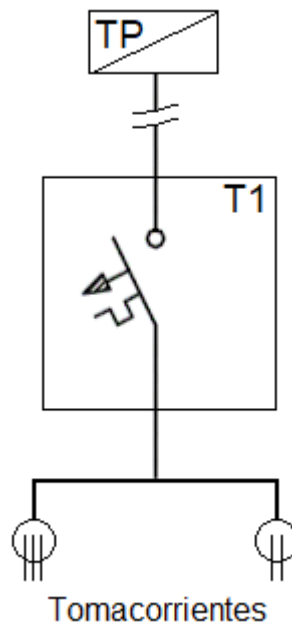


Figura 276. Esquema de tablero 1

## Interruptor termomagnético 4P. 20A Icn= 3kA. Curva C

K34C20



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 277. IT Tablero 1 - Tomacorrientes

Los conductores hacia cada tomacorrientes serán de 2,5[mm<sup>2</sup>], al igual que el conductor de entrada al tablero, por lo que no será necesario verificar nuevamente la protección.

### 20.4.4.4 Tablero 2 “Iluminación y montacargas”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 2</b>	<b>In protección [A]</b>
Iluminación (10 lámparas/ fase)	10
Futuro montacargas	N/A

Tabla 57. Consumos Tablero 2

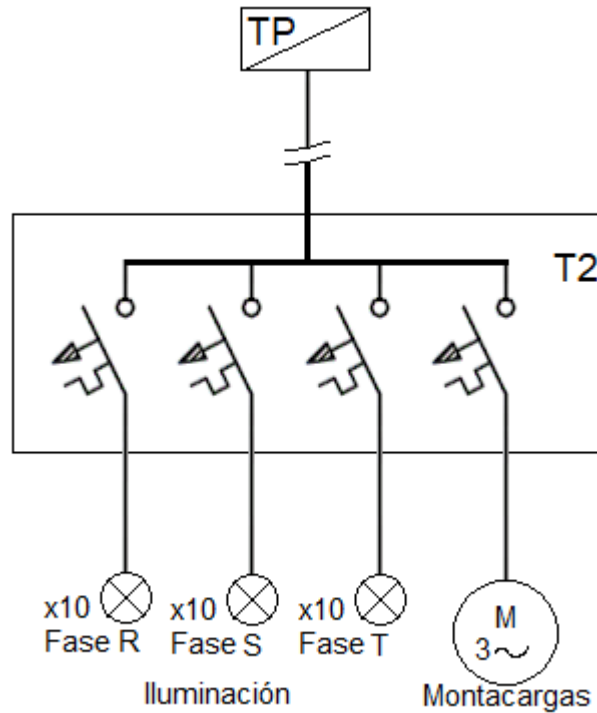


Figura 278. Esquema de tablero 2

Para la instalación de la iluminación se utilizarán 3 interruptores termomagnéticos de 2 polos, a fin de separar cada ramal de luminarias, por fase. Esto permite encender la iluminación según la conveniencia, y reemplazar lámparas sin necesidad de desconectar todo el tendido, entre otras ventajas.

### Interruptor termomagnético 2P. 10A Icn= 3kA. Curva C

K32C10



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 279. IT (x3) Tablero 2 - Luminarias

La protección correspondiente al montacargas no será seleccionada aún, ya que se deberá definir una vez se tenga la información técnica del mismo.

**20.4.4.5 Tablero 3 “Montaje final”**

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<i>Consumos Tablero 3</i>	<i>In protección [A]</i>
Uso general/tomacorrientes	20

Tabla 58. Consumos Tablero 3

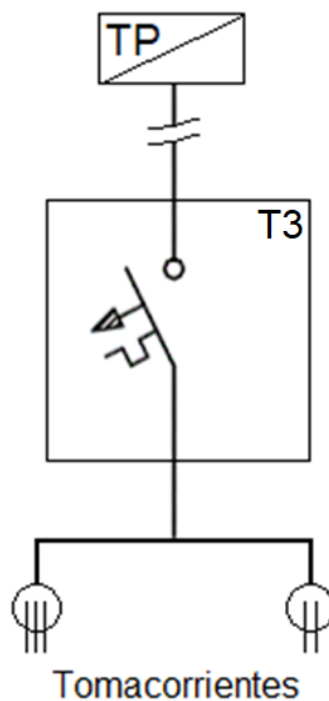


Figura 280. Esquema de tablero 3

## Interruptor termomagnético 4P. 20A Icn= 3kA. Curva C

K34C20



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 281. IT Tablero 3 - Tomacorrientes

Los conductores hacia cada tomacorrientes serán de 2,5[mm<sup>2</sup>], al igual que el conductor de entrada al tablero, por lo que no será necesario verificar nuevamente la protección.

### 20.4.4.6 Tablero 4 “Horno de curado”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 4</b>	<b>In protección [A]</b>
Horno de curado	10

Tabla 59. Consumos Tablero 4

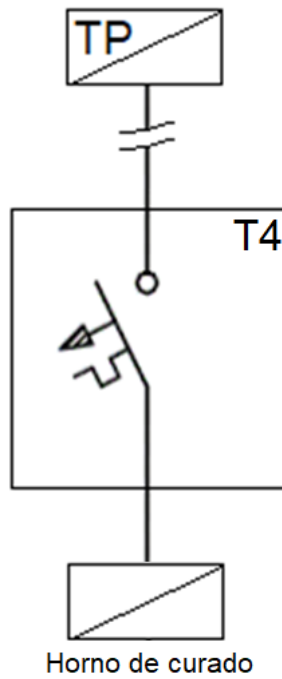


Figura 282. Esquema de tablero 4

## Interruptor termomagnético 4P. 10A Icn= 3kA. Curva C

K34C10



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:

DC-E-E82-013.3 (C1)

Certificado expedido por:

IRAM

Figura 283. IT Tablero 4 - Horno de curado

Los conductores hacia el tablero del horno de curado serán de 2,5[mm<sup>2</sup>], al igual que el conductor de entrada al tablero, por lo que no será necesario verificar nuevamente la protección.

**20.4.4.7 Tablero 5 “Cabina y equipo de pintura”**

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 5</b>	<b>In protección [A]</b>
Cabina de pintura	10
Equipo de aplicación de pintura	10

Tabla 60. Consumos Tablero 5

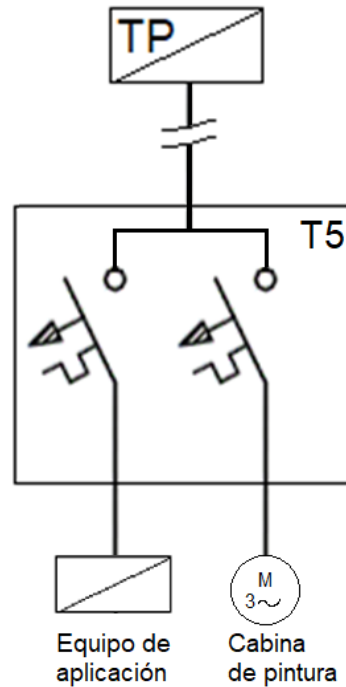


Figura 284. Esquema de tablero 5



## Interruptor termomagnético 4P. 10A I<sub>cn</sub>= 3kA. Curva C

K34C10



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 285. IT Tablero 5 - Cabina de pintura

## Interruptor termomagnético 4P. 10A I<sub>cn</sub>= 3kA. Curva C

K34C10



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 286. IT Tablero 5 - Equipo de aplicación

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Cabina de pintura

*Tiempo máximo admisible:* 0,075 [s]

*Corriente nominal:* 10 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 628 [A]

*Corriente de disparo:*  $10 \times I_n = 100$  [A]

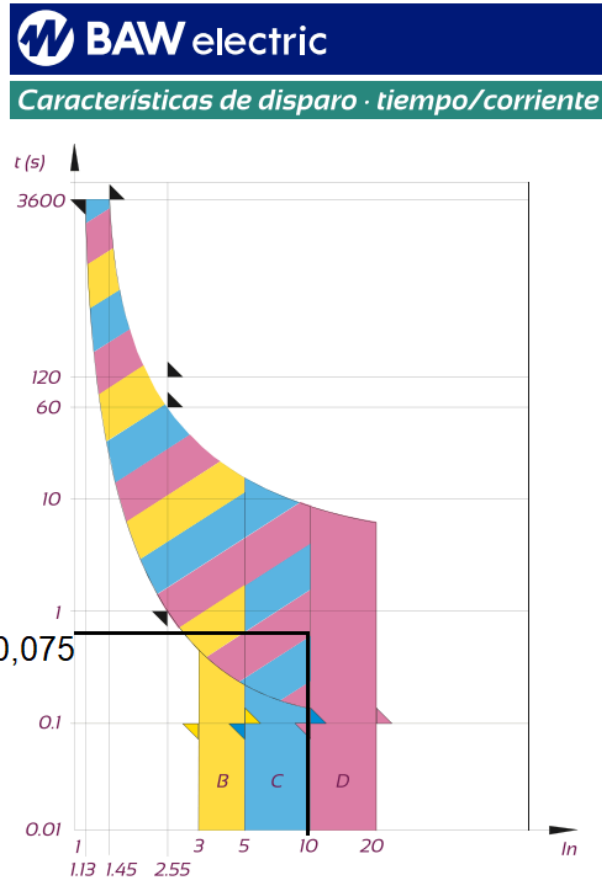


Figura 287. Curva de disparo IT T5 - Cabina de pintura

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

#### 20.4.4.8 Tablero 6 “Soldadura del chasis MAG”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 6</b>	<b><i>In</i> protección [A]</b>
Soldadora MAG	25

Tabla 61. Consumos Tablero 6

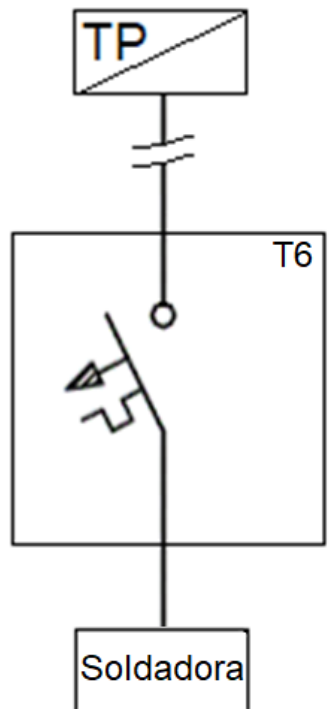


Figura 288. Esquema de tablero 6

## Interrupor termomagnético 4P. 25A Icn= 3kA. Curva C

K34C25



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interrupor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.: DC-E-E82-013.3 (C1)

Certificado expedido por: IRAM

Figura 289. IT Tablero 6 - Soldadora

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Soldadora MAG

Tiempo máximo admisible: 0,224 [s]

Corriente nominal: 25 [A]

Corriente de cortocircuito: 607 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 250$  [A]

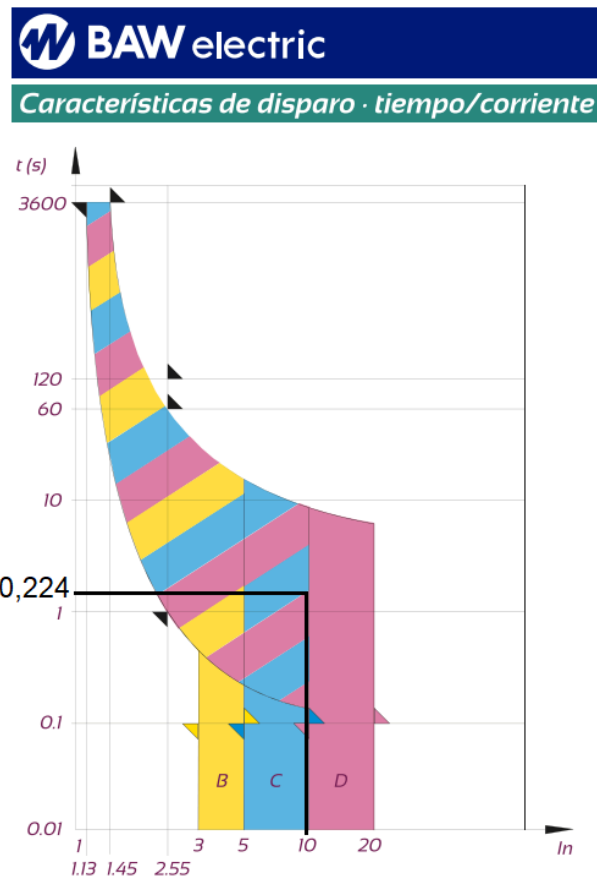


Figura 290. Curva de disparo IT T6 - Soldadora MAG

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

#### 20.4.4.9 Tablero 7 “Futuro mecanizado en torno”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 7</b>	<b>In protección [A]</b>
Futuro torno	N/A

Tabla 62. Consumos Tablero 7

Esta protección no será seleccionada aún, ya que se debe disponer de la información técnica o especificaciones del torno para seleccionarla.

#### 20.4.4.10 Tablero 8 “Plasma CNC”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 8</b>	<b>In protección [A]</b>
Plasma CNC	50

Tabla 63. Consumos Tablero 8

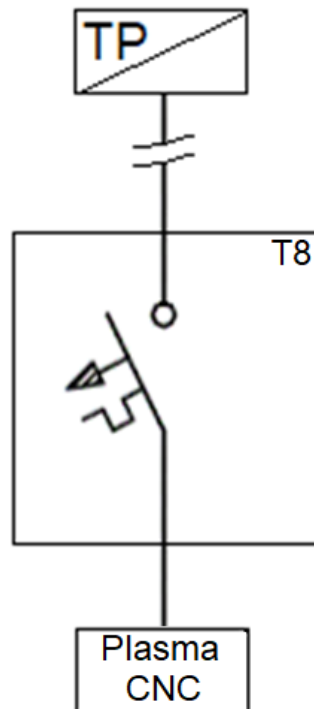


Figura 291. Esquema de tablero 8

## Interruptor termomagnético 4P. 50A Icn= 4,5kA. Curva C

K34C50



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:

DC-E-E82-013.3 (C1)

Certificado expedido por:

IRAM

Figura 292. IT Tablero 8 - Plasma CNC

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Plasma CNC

*Tiempo máximo admisible: 0,362 [s]*

Corriente nominal: 50 [A]

Corriente de cortocircuito: 765 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 500$  [A]

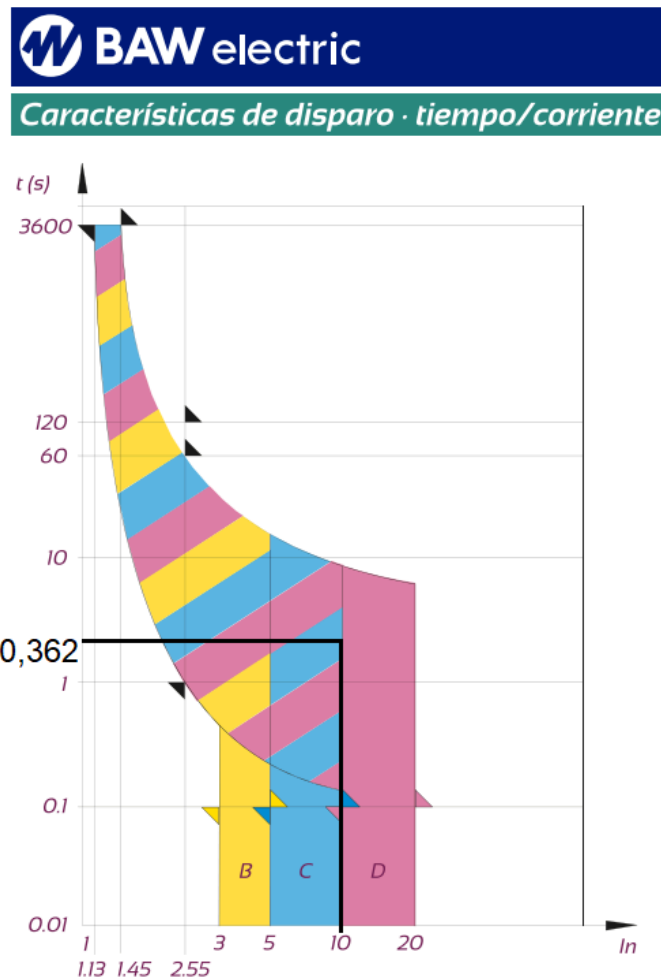


Figura 293. Curva de disparo IT T6 - Soldadora MAG

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

#### 20.4.4.11 Tablero 9 “Futuro router CNC”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 9</b>	<b>In protección [A]</b>
Futuro router CNC	N/A

Tabla 64. Consumos Tablero 9

Esta protección no será seleccionada aún, ya que se debe disponer de la información técnica o especificaciones del torno para seleccionarla.

#### 20.4.4.12 Tablero 10 “Agujereado y plegado”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 10</b>	<b>In protección [A]</b>
Agujereadora chica + Tomacorrientes	25
Agujereadora grande + Tomacorrientes	25



<b>Consumos Tablero 10</b>	<b><i>In</i> protección [A]</b>
Futura plegadora hidráulica	N/A

Tabla 65. Consumos Tablero 10

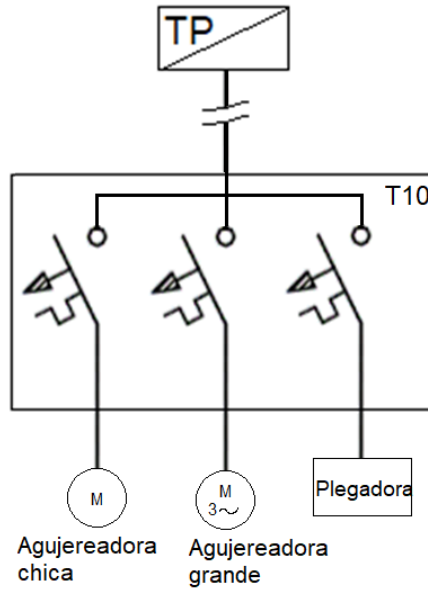


Figura 294. Esquema de tablero 10

## Interruptor termomagnético 4P. 25A Icn= 3kA. Curva C

K34C25



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:

DC-E82-013.3 (C1)

Certificado expedido por:

IRAM

Figura 295. IT Tablero 10 - Agujereadora chica

## Interruptor termomagnético 4P. 25A Icn= 3kA. Curva C

K34C25



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
-------------------	---------------------

Certificado expedido por:	IRAM
---------------------------	------

Figura 296. IT Tablero 10 - Agujereadora grande

La protección de la futura plegadora no será seleccionada aún, ya que se debe disponer de la información técnica o especificaciones para seleccionarla.

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Agujereadoras

*Tiempo máximo admisible:* 0,075 [s]

*Corriente nominal:* 25 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 635 [A]

*Corriente de disparo:*  $10 \times I_n = 250$  [A]

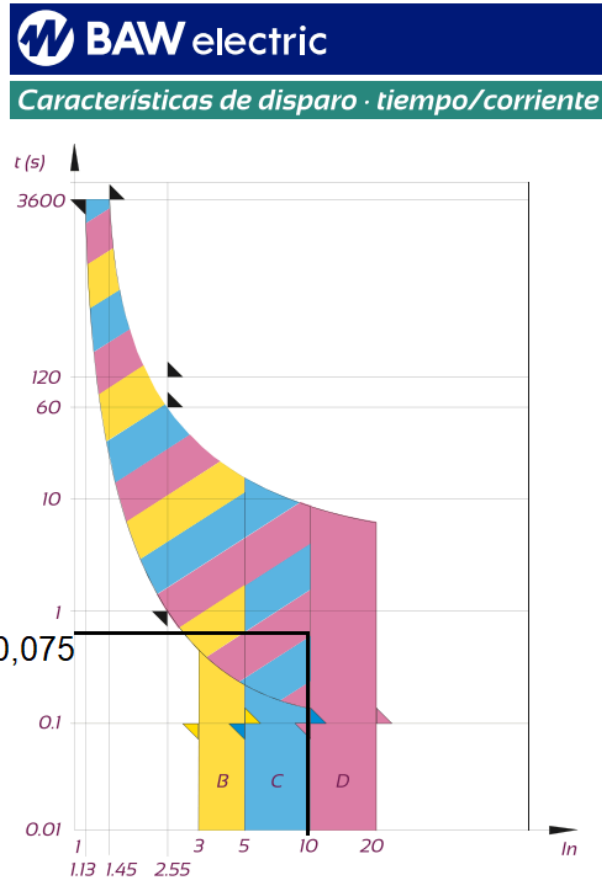


Figura 297. Curva de disparo IT T10 - Agujereadoras

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

**20.4.4.13 Tablero 11 “Soldadura del riel MMA”**

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 11</b>	<b><i>In</i> protección [A]</b>
Soldadora MMA	25

Tabla 66. Consumos Tablero 11

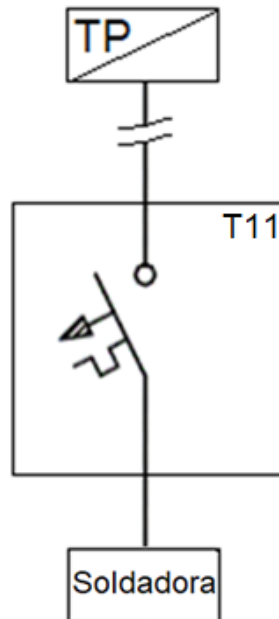


Figura 298. Esquema de tablero 11

## Interrupor termomagnético 4P. 25A Icn= 3kA. Curva C

K34C25



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interrupor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3(C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 299. IT Tablero 11 - Soldadora

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Soldadora MMA

Tiempo máximo admisible: 0,143[s]

Corriente nominal: 25 [A]

Corriente de cortocircuito: 761 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 250$  [A]

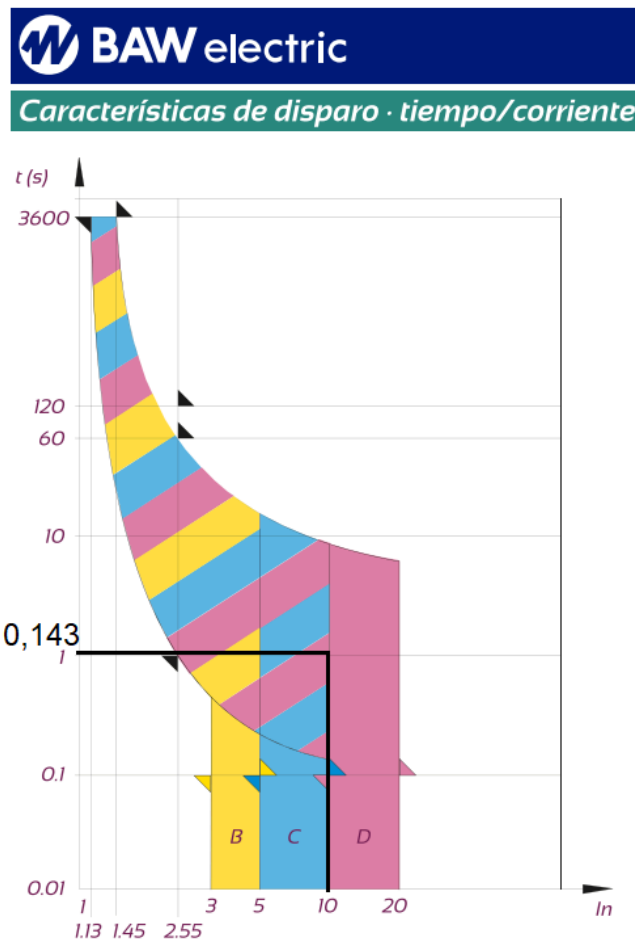


Figura 300. Curva de disparo IT T11 - Soldadora MMA

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

**20.4.4.14 Tablero 12 “Rolado de metales”**

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 12</b>	<b><i>In</i> protección [A]</b>
Roladora	16

Tabla 67. Consumos Tablero 12

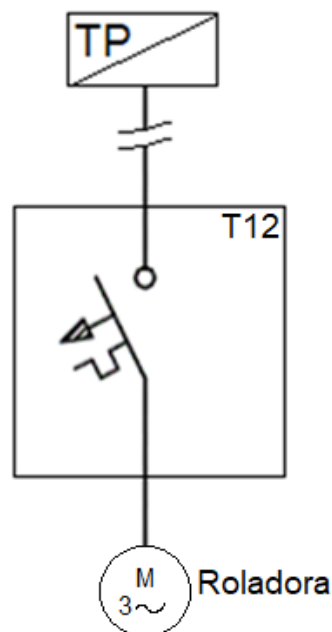


Figura 301. Esquema de tablero 12

## Interruptor termomagnético 4P. 16A Icn= 3kA. Curva C

K34C16



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 302. IT Tablero 12 - Roladora

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Roladora

*Tiempo máximo admisible:* 0,103 [s]

*Corriente nominal:* 16 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 536 [A]

*Corriente de disparo:*  $10 \times I_n = 160$  [A]

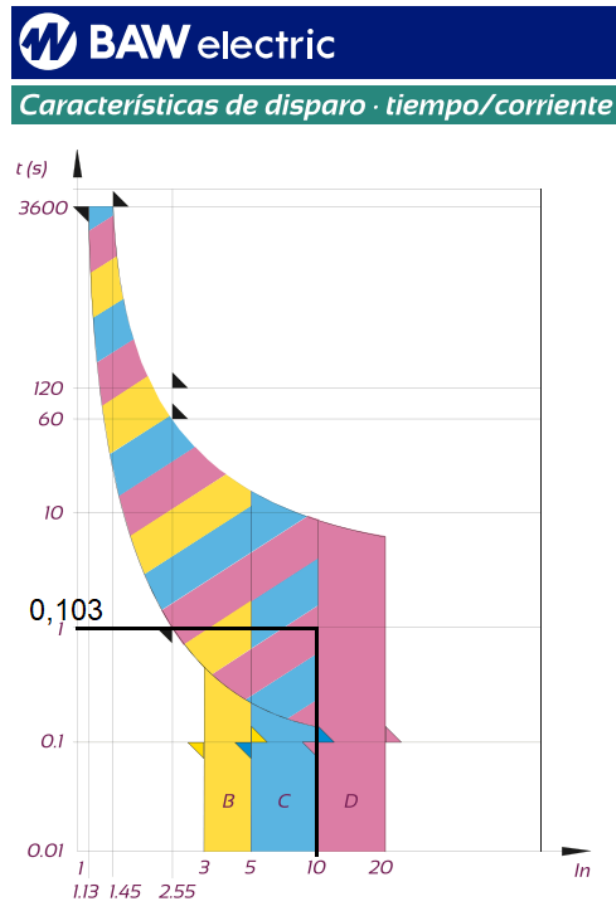


Figura 303. Curva de disparo IT T12 - Roladora

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

**20.4.4.15 Tablero 13 “Corte de metales”**

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:



<b>Consumos Tablero 13</b>	<b><i>In protección [A]</i></b>
Sensitiva	16
Sierra cinta	16

Tabla 68. Consumos Tablero 13

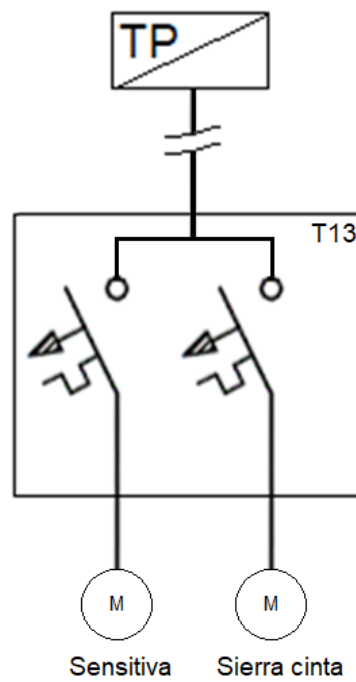


Figura 304. Esquema de tablero 13

## Interruptor termomagnético 4P. 16A Icn= 3kA. Curva C

K34C16



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
-------------------	---------------------

Certificado expedido por:	IRAM
---------------------------	------

Figura 305. IT Tablero 13 - Sensitiva

## Interruptor termomagnético 4P. 16A Icn= 3kA. Curva C

K34C16



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
-------------------	---------------------

Certificado expedido por:	IRAM
---------------------------	------

Figura 306. IT Tablero 13 - Sierra cinta

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Sierra cinta/ sensitiva

*Tiempo máximo admisible:* 0,086 [s]

*Corriente nominal:* 16 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 587 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 160 \text{ [A]}$

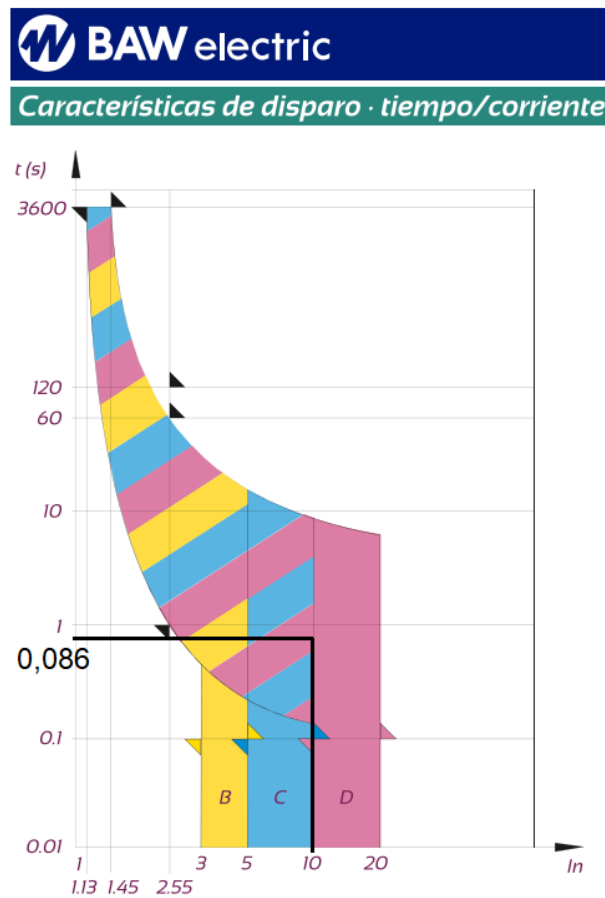


Figura 307. Curva de disparo IT T13 - Sensitiva/ sierra cinta

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

**20.4.4.16 Tablero 14 “Uso general”**

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 14</b>	<b>In protección [A]</b>
Uso general/tomacorrientes	20

Tabla 69. Consumos Tablero 14

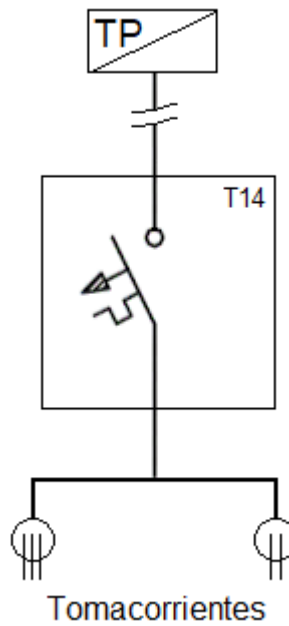


Figura 308. Esquema de tablero 14

## Interruptor termomagnético 4P. 20A Icn= 3kA. Curva C

K34C20



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:

DC-E-E82-013.3 (C1)

Certificado expedido por:

IRAM

Figura 309. IT Tablero 14 - Tomacorrientes

Los conductores hacia cada tomacorrientes serán de 2,5[mm<sup>2</sup>], al igual que el conductor de entrada al tablero, por lo que no será necesario verificar nuevamente la protección.

#### 20.4.4.17 Tablero 15 “Sistema de aire comprimido”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 15</b>	<b><i>In protección [A]</i></b>
Compresor a tornillo	32
Secador de aire	10

Tabla 70. Consumos Tablero 15

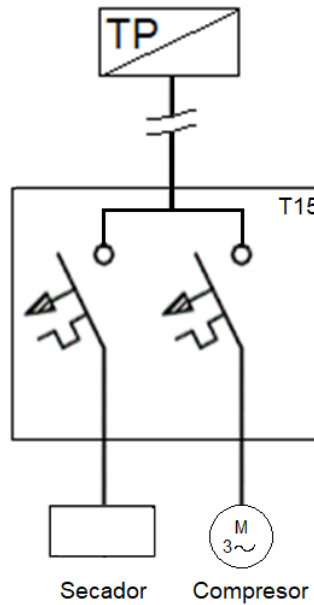


Figura 310. Esquema de tablero 15

### Interruptor termomagnético 4P. 32A Icn= 3kA. Curva C

K34C32



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 311. IT Tablero 15 - Compresor

### Interruptor termomagnético 2P. 10A Icn= 3kA. Curva C

K32C10



**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 312. IT Tablero 15 - Secador

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Compresor a tornillo

Tiempo máximo admisible: 0,267 [s]

Corriente nominal: 32 [A]

Corriente de cortocircuito: 890 [A]

Corriente de disparo:  $10 \times I_n = 320$  [A]

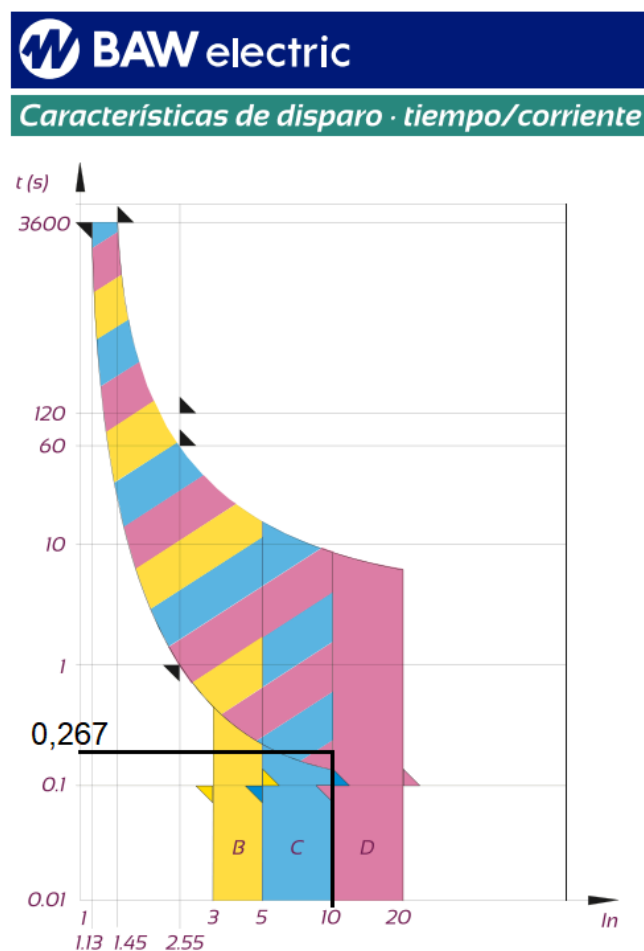


Figura 313. Curva de disparo IT T15 - Compresor

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

**20.4.4.18 Tablero 16 “Planta baja, oficina y sanitarios”**

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<i>Consumos Tablero 16</i>	<i>In protección [A]</i>
Uso general/tomacorrientes	20

Tabla 71. Consumos Tablero 16

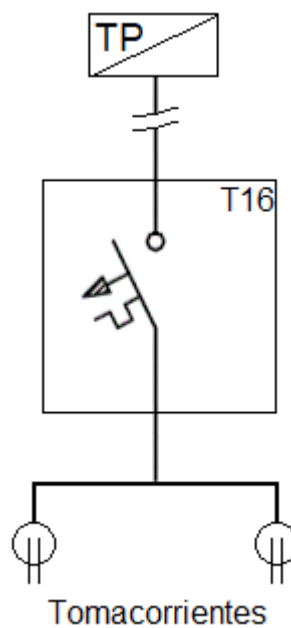


Figura 314. Esquema de tablero 16



## Interruptor termomagnético 2P. 20A Icn= 3kA. Curva C

K32C20



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
Certificado expedido por:	IRAM

Figura 315. IT Tablero 16 - Tomacorrientes

Los conductores hacia cada tomacorrientes serán de 2,5[mm<sup>2</sup>], al igual que el conductor de entrada al tablero, por lo que no será necesario verificar nuevamente la protección.

### 20.4.4.12 Tablero 17 “Planta alta”

Se muestra a continuación, el esquema de diseño y una tabla resumen de las corrientes correspondientes al tablero, las que serán tenidas en cuenta para la selección de los dispositivos de protección del mismo:

<b>Consumos Tablero 17</b>	<b><i>In</i> protección [A]</b>
T18 (Oficina)	20
T19 (Sala de reuniones)	20
T20 (Oficina)	20

<b>Consumos Tablero 17</b>	<b>In protección [A]</b>
T21 (Oficina)	20
T22 (Futura aplicación)	N/A

Tabla 72. Consumos Tablero 17

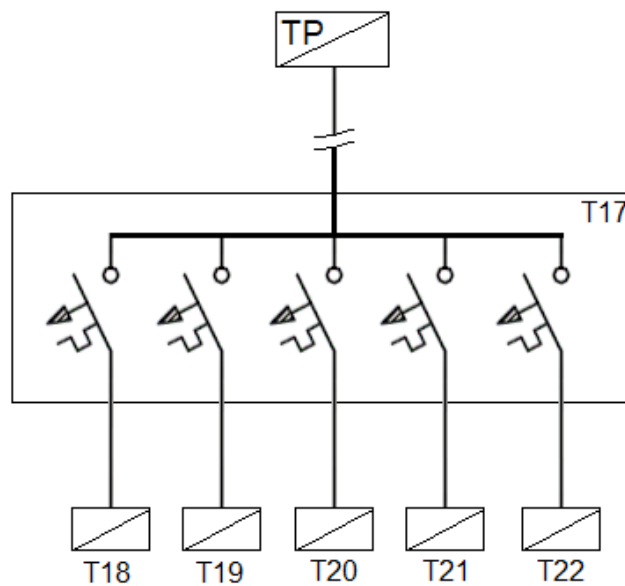


Figura 316. Esquema de tablero 17

Se utilizarán interruptores termomagnéticos bipolares de 20[A], mientras que para la futura aplicación (T22) no se seleccionará aún la protección.

## Interruptor termomagnético 2P. 20A $I_{cn}= 3kA$ . Curva C

K32C20



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
-------------------	---------------------

Certificado expedido por:	IRAM
---------------------------	------

Figura 317. IT (x4) Tablero 17 - Tableros 18/19/20/21

Se debe verificar la curva de disparo de los interruptores termomagnéticos seleccionados.

Tableros 18/19/20/21/22

*Tiempo máximo admisible:* 0,093 [s]

*Corriente nominal:* 20 [A]

*Corriente de cortocircuito:* 943 [A]

*Corriente de disparo:*  $10 \times I_n = 200$  [A]

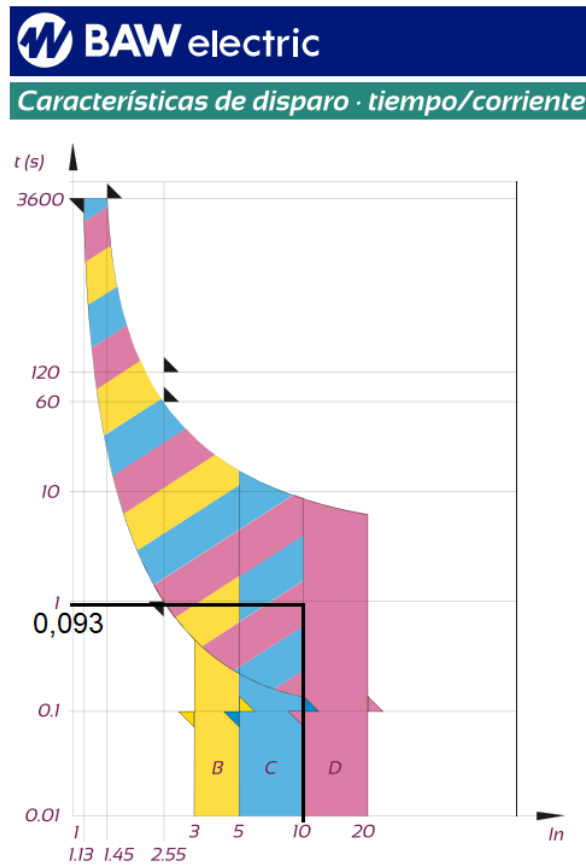


Figura 318. Curva de disparo IT T17 - T18/19/20/21/22

La corriente de disparo es menor a la de cortocircuito, por lo que la selección es correcta.

#### 20.4.4.12 Tableros 18,19,20 y 21 “Oficinas PA”

Cada uno de estos tableros corresponden a los sectores de planta alta, serán todos equipados con un interruptor termomagnético bipolar de 16 [A].

Para el tablero 22 no se definirá protección ya que es de futura aplicación.

## Interruptor termomagnético 2P. 16A Icn= 3kA. Curva C

K32C16



### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Interruptor automático termomagnético con señalización de estado de los contactos, identificador de circuito, jaula de conexionado de seguridad y clip de 2 posiciones. IEC 60898-1.

Certificado Nro.:	DC-E-E82-013.3 (C1)
-------------------	---------------------

Certificado expedido por:	IRAM
---------------------------	------

Figura 319. IT (x4) Tableros 18/19/20/21

### 20.4.5 Puesta a tierra

La finalidad principal de una puesta a tierra es limitar la tensión que con respecto a tierra, puedan presentar, en un momento dado, las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La conexión entre el conductor y la tierra se denomina “toma de tierra” y esta se realiza por medio de uno o varios electrodos denominados “jabalinas”. El fallo de esta instalación puede provocar que se desconecte el suministro por un interruptor termomagnético o un interruptor diferencial.

Ya que la planta no cuenta con equipos de potencias eléctricas considerables que requieren puesta a tierra local, como por ejemplo motores de gran potencia, los distintos equipos serán simplemente enlazados, por medio de conductores denominados “conductores de protección”, a una bornera ubicada en el tablero general.

Cada conductor de protección deberá poseer una sección acorde a la requerida por la reglamentación de la AEA 90364 (Asociación Electrotécnica Argentina).

La tabla "770.14.I" de la reglamentación, muestra las secciones nominales mínimas para los conductores de protección:

**Tabla 770.14.I - Sección nominal mínima de los conductores de protección y del cable de puesta a tierra**

Sección nominal de los cables de línea (fase) de la instalación "S" [ mm <sup>2</sup> ]	Sección nominal del correspondiente conductor de protección "S <sub>PE</sub> " [ mm <sup>2</sup> ] y del cable de puesta a tierra "S <sub>PAT</sub> " [ mm <sup>2</sup> ]
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S / 2

- 1 En ningún caso la sección del cable de puesta a tierra será menor que 4 mm<sup>2</sup>.
- 2 En ningún caso la sección del conductor de protección debe ser menor que 2,5 mm<sup>2</sup>.

Figura 320. Conductor de puesta a tierra, AEA

Teniendo en cuenta la reglamentación y las condiciones de la sección mínima permitida, se muestra a continuación la sección necesaria para cada tramo de la instalación:

Tramo	Conductor de fase [mm <sup>2</sup> ]	Sección [mm <sup>2</sup> ]
Tablero principal - Tablero 1	2,5	2,5
Tablero 1 - Tomacorrientes	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 2	4	4
Tablero 2 - Montacargas	N/A	N/A
Tablero principal - Tablero 3	2,5	2,5
Tablero 3 - Tomacorrientes	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 4	2,5	2,5
Tablero 4 - Horno de curado	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 5	2,5	2,5

<b>Tramo</b>	<b>Conductor de fase [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Sección [mm<sup>2</sup>]</b>
Tablero 5 - Cabina de pintura	1,5	2,5
Tablero 5 - Equipo de aplicación	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 6	4	4
Tablero 6 - Soldadora MAG	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 7	2,5	2,5
Tablero 7 - Futuro torno	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 8	6	6
Tablero 8 - Plasma CNC	4	4
Tablero principal - Tablero 9	2,5	2,5
Tablero 9 - Futuro router CNC	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 10	4	4
Tablero 10 - Agujereadora chica	1,5	2,5
Tablero 10 - Agujereadora grande	1,5	2,5
Tablero 10 - Futura plegadora	N/A	N/A
Tablero principal - Tablero 11	4	4
Tablero 11 - Soldadora MMA	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 12	2,5	2,5
Tablero 12 - Roladora	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 13	2,5	2,5
Tablero 13 - Sensitiva	2,5	2,5
Tablero 13 - Sierra cinta	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 14	2,5	2,5
Tablero 14 - Tomacorrientes	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 15	4	4
Tablero 15 - Compresor a tornillo	4	4
Tablero 15 - Secador de aire	2,5	2,5
Tablero principal - Tablero 16	2,5	2,5
Tablero 16 - Tomacorrientes	2,5	2,5

<b>Tramo</b>	<b>Conductor de fase [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Sección [mm<sup>2</sup>]</b>
Tablero principal - Tablero 17	6	6
Tablero 17 - Tablero 18	2,5	2,5
Tablero 18 - Tomacorrientes	2,5	2,5
Tablero 17 - Tablero 19	2,5	2,5
Tablero 19 - Tomacorrientes	2,5	2,5
Tablero 17 - Tablero 20	2,5	2,5
Tablero 20 - Tomacorrientes	2,5	2,5
Tablero 17 - Tablero 21	2,5	2,5
Tablero 21 - Tomacorrientes	2,5	2,5
Tablero 17 - Tablero 22	2,5	2,5
Tablero 22 - Tomacorrientes	2,5	2,5

Tabla 73. Conductores de puesta a tierra

Finalmente, desde el tablero general hacia la toma de tierra, se utilizará un conductor de 35[mm<sup>2</sup>], teniendo en cuenta que el conductor de línea es de 70[mm<sup>2</sup>].

La toma a tierra general se logra por medio de uno o más electrodos (en caso de ser necesario) equipotenciales ubicados aproximadamente a 2 metros del tablero principal con sus respectivas cajas de inspección.





Figura 321. Caja de inspección y jabalina

Para la selección de la jabalina a utilizar, se utiliza el catálogo de la firma “Genrod”. Estas jabalinas cumplen la totalidad de los requisitos exigidos por la norma IRAM 2309. Su núcleo es de acero trefilado al carbono SAE 1010 a 1020 revestido de cobre electrolítico con un 98% de pureza. La capa de cobre tiene un espesor rigurosamente controlado siendo, el espesor nominal del mismo, mayor a 254 micrones.

Se selecciona el modelo de jabalina JLJC1620, de dimensiones normalizadas, de 15,9 [mm] (5/8 de pulgada) de diámetro y 2000 [mm] de largo. Es necesario verificar que la resistencia de contacto con el terreno esté dentro de los valores aceptables, se debe realizar el cálculo correspondiente mediante la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2\pi * l} * \left( \text{Ln}\left(\frac{8 * l}{d}\right) - 1 \right)$$

Donde:

$R$ : Resistencia de contacto entre el electrodo y el terreno

$\rho$  : Resistividad del terreno

$l$  : Longitud del electrodo

$d$  : Diámetro del electrodo

Para realizar la verificación es necesario determinar la resistividad del suelo, preferentemente mediante mediciones del mismo, o por aproximación mediante tablas y tipo de suelo. Ya que para el presente desarrollo no se dispone de la ubicación exacta de la planta, no se procederá con el cálculo a fin de no incurrir en errores y posibles inconvenientes de seguridad.

Una vez definido el emplazamiento de la planta, se deberá proceder a verificar la correcta resistencia de contacto entre la jabalina seleccionada y el suelo, la cual según la reglamentación de AEA, debe ser menor a  $40[\Omega]$ .

#### **20.4.6 Factor de potencia**

La corrección o compensación del factor de potencia tiene beneficios técnicos y económicos muy altos, alguno de ellos son los siguientes:

- Eliminación de los cargos por bajo factor de potencia.
- Posibilidad de bonificación por buen factor de potencia.
- Menores pérdidas en el sistema por efecto Joule (calentamiento).
- Mejor regulación de tensión.
- Liberación de capacidad en el sistema.

El factor de potencia exigido actualmente, por la empresa de distribución (ENERSA), es igual o superior a 0,88. En el caso de que el factor de potencia fuese inferior a 0,88, la distribuidora del suministro eléctrico está facultada a aumentar los cargos según se indica a continuación:

<b>Cos <math>\phi</math> &lt; de 0,88 hasta 0,80:</b>	<b>5 %</b>
<b>Cos <math>\phi</math> &lt; de 0,80 hasta 0,75:</b>	<b>10 %</b>
<b>Cos <math>\phi</math> &lt; de 0,75:</b>	<b>20%</b>

Cuando el valor medio del factor de potencia fuese inferior a 0,60, la distribuidora del suministro eléctrico, previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico.

Para realizar la correcta compensación del factor de potencia y no incurrir en multas u obtener los beneficios antes mencionados, primero se determina el factor de potencia de la planta según la simultaneidad más desfavorable, determinada anteriormente en el inciso 20.4.2 (Cálculo de conductor del tablero principal), y luego se realiza la corrección con la utilización de bancos de capacitores.

#### **20.4.6.1 Factor de potencia sin corrección**

Para determinar el factor de potencia general se requiere conocer la potencia activa y reactiva total. Mediante los datos de placa de cada equipo, considerados en la simultaneidad, se obtiene la potencia activa en el eje y el factor de potencia a plena carga. La potencia reactiva se determina de la siguiente ecuación:

$$Q = P * \tan(\arccos(FP))$$

Debido a que las potencias a considerar son las de consumo y la potencia activa proporcionada por la placa de los motores no lo son (potencia activa en el eje), se debe afectar dicho valor por el rendimiento mecánico. Sin embargo, para pequeños motores, la potencia activa en el eje no difiere considerablemente de la potencia activa de consumo. Como en este caso se cuenta mayormente con motores de pequeñas potencias, se utilizará la potencia de placa como referencia.

<b>Equipo</b>	<b>Potencia Activa [kW]</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Potencia Reactiva [kVAr]</b>
Iluminación (oficinas + producción)	3,30	0,6	4,4
Horno de curado	0,88	0,8	0,7
Cabina de pintura	1,91	0,79	1,5
Equipo de aplicación de pintura	0,13	0,8	0,1
Soldadora	2,82	0,64	3,4
Plasma CNC	16,00	0,75	14,1
Agujereadora	1,50	0,8	1,1
Futura plegadora hidráulica	4,10	0,8	3,1
Roladora	2,20	0,8	1,6
Sierra cinta	0,55	0,8	0,4
Compresor a tornillo	7,44	0,8	5,6
Secador de aire	0,43	0,75	0,4
PC escritorio	0,15	0,65	0,2
Aire acondicionado Split	0,99	0,75	0,9
Aire acondicionado Split	0,99	0,75	0,9

Tabla 74. Cargas simultáneas, corrección del FP

Realizando la suma de todas las potencias activas por un lado y todas las potencias reactivas por el otro, se determina el factor de potencia general mediante la siguiente ecuación:

$$FP = \cos(\text{arc tg}(Q/P))$$

<b>Potencia Activa total [kW]</b>	<b>Factor de Potencia total</b>	<b>Potencia Reactiva total [kVAr]</b>
43,4	0,75	38,0

#### 20.4.6.2 Corrección del factor de potencia

Para la compensación del factor de potencia se debe imponer un determinado valor de referencia, en este caso se adoptó por un factor de potencia de 0,95.

Debido a que la potencia activa se mantiene constante, se calcula la potencia reactiva para el nuevo factor de potencia utilizando la ecuación mencionada anteriormente:

$$Q = P * \tan(\text{arc cos}(FP))$$

De esta manera se obtiene:

<b>Potencia Activa total [kW]</b>	<b>Factor de Potencia corregido</b>	<b>Potencia Reactiva corregida [kVAr]</b>
43,4	0,95	14,26

La potencia reactiva que debe aportar el banco de capacitores está dada por la diferencia entre la potencia reactiva total, según la simultaneidad más desfavorable, y la potencia reactiva total corregida.

$$Q_{\text{capacitores}} = Q_{\text{sin corregir}} - Q_{\text{corregida}}$$

$$Q_{\text{capacitores}} = 38,3 \text{ [KVAr]} - 14,26 \text{ [KVAr]}$$

$$Q_{\text{capacitores}} = 24 \text{ [KVAr]}$$

#### 20.4.6.3 Banco de capacitores

Para la compensación del factor de potencia se utilizará un banco de capacitores automático de la firma “ENEXAR S.R.L.”. Es necesaria la automatización ya que la característica y consumo eléctrico de la planta es realmente variable, por lo que se debe evitar dejar capacitores fijos que sobrecompensan y generan sobretensiones.

Los bancos de capacitores automáticos, poseen un regulador que conecta y desconecta la potencia necesaria, además de indicar los valores de tensión, corriente, y factor de potencia de la instalación.

Se muestran a continuación los modelos disponibles en el rango de potencia requerido:


	MODELO	KVAR	CONFIGURACION	<b>Regulador ZEZ SILKO PFR6</b> de 6 pasos con MULTIMEDIDOR , display LCD, mide V, I , FP, THDI%, Vmax, Vmin y varias alarmas.
	XT 7	7,5	2.5+5	<b>Contactores ZEZ SILKO</b> especiales para la maniobra de capacitores con precontactos y resistencias limitado- ras de las corrientes de inserción.
	XT10	10	2.5+2.5+5	<b>Capacitores ZEZ SILKO PREMIUM</b> impregnados en NITROGENO, de tensión nominal 440V, auto- regenerables, con dispositivo de desconexión por sobrepresión (DSP) y resistencias de descarga incluidas.
	XT12	12,5	2.5+5+5	<b>Seccionador general</b> portafusibles NH, marca PRONUTEC, industria alemana, equipado con fusibles NH
	XT15	15	5+10	
	XT17	17,5	2.5+5+10	
	XT20	20	5+5+10	
	XT25	25	5+10+10	
	XT30	30	10+10+10	
	XT35	35	5+10+20	
	XT40	40	10+10+20	
XT45	45	15+15+15		
XT50	50	10+20+20		
XT62	62,5	12.5+25+25		
XT70	70	10+20+20+20		

Figura 322. Modelos bancos de capacitores, ENEXAR

Equipo seleccionado: **XT25**

Banco Automático de Capacitores de 25 [kVAR] de 3 pasos (5 - 10 - 10)

El costo de este equipo no será incluido en el cómputo de materiales, ya que no será incorporado de manera inmediata a la instalación.

### 20.4.7 Cómputo de materiales

Accesorio	Tipo	Cant.	Precio unitario	Subtotal
Conductor	3x1,5 PVC 1 kV subterráneo sin armar	10	1330	13300
Conductor	3x2,5 tipo taller 500V	140	572	80080
Conductor	3x2,5 PVC 1 kV subterráneo sin armar	10	2061	20610

Accesorio	Tipo	Cant.	Precio unitario	Subtotal
Conductor	4x2,5 PVC 1 kV subterráneo sin armar	40	\$2.600	\$104.000
Conductor	4x4 PVC 1 kV subterráneo sin armar	84	\$3.200	\$268.800
Conductor	4x6 PVC 1 kV subterráneo sin armar	36	\$4.500	\$162.000
Conductor	4x10 PVC 1 kV subterráneo sin armar	32	\$7.800	\$249.600
Conductor	3x70/ 1x35 PVC 1 kV subterráneo sin armar	5	\$59.000	\$295.000
Conductor	3x1,5 PVC 1 kV subterráneo sin armar	10	\$1.330	\$13.300
Conductor	3x2,5 tipo taller 500V	140	\$572	\$80.080
Conductor	3x2,5 PVC 1 kV subterráneo sin armar	10	\$2.061	\$20.610
Conductor	4x2,5 PVC 1 kV subterráneo sin armar	40	\$2.600	\$104.000

Tabla 75. Cómputo de materiales, conductores

<b>Costo total conductores</b>	<b>\$1.193.390</b>
--------------------------------	--------------------

Accesorio	Tipo	Cant.	Precio unitario	Subtotal
Seccionador HR171	Bajo carga 250A p/fusible NH1	2	\$ 135.000	\$ 270.000



Accesorio	Tipo	Cant.	Precio unitario	Subtotal
Fusibles	NH1 250A 500V gG	6	\$ 13.300	\$ 79.800
Interruptor diferencial	Tetrapolar 63A 30mA	4	\$ 18.600	\$ 74.400
Interruptor diferencial	Tetrapolar 40A 30mA	2	\$ 17.000	\$ 34.000
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 63A C	1	\$ 5.730	\$ 5.730
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 50A C	2	\$ 5.730	\$ 11.460
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 40A C	1	\$ 5.730	\$ 5.730
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 32A C	4	\$ 6.300	\$ 25.200
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 25A C	7	\$ 6.300	\$ 44.100
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 20A C	3	\$ 6.300	\$ 18.900
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 16A C	3	\$ 6.300	\$ 18.900
Interruptor termomagnético	Tetrapolar 10A C	3	\$ 6.300	\$ 18.900
Interruptor termomagnético	Bipolar 20A C	5	\$ 4.800	\$ 24.000
Interruptor termomagnético	Bipolar 16A C	4	\$ 4.800	\$ 19.200
Interruptor termomagnético	Bipolar 10A C	4	\$ 4.400	\$ 17.600
Gabinete metálico	72 Módulos	1	\$ 158.000	\$ 158.000
Gabinete plástico	6 Módulos	16	\$ 5.125	\$ 82.000
Gabinete plástico	10 Módulos	4	\$ 11.700	\$ 46.800
Gabinete plástico	12 Módulos	2	\$ 13.800	\$ 27.600
Bandeja portacable	Perforada 100 mm	17	\$ 2.910	\$ 49.470

Accesorio	Tipo	Cant.	Precio unitario	Subtotal
Bandeja portacable	Perforada 50 mm	70	\$ 2.300	\$ 161.000
Ménsulas	Ménsulas de soporte para bandejas	60	\$ 1.200	\$ 72.000
Accesorios varios	Codos y uniones T	40	\$ 1.600	\$ 64.000
Tomacorrientes	20A	25	\$ 1.700	\$ 42.500
Tomacorrientes	10A	30	\$ 981	\$ 29.430
Llave de luz	1/2 puntos y toma	10	\$ 1.100	\$ 11.000

Tabla 76. Cómputo de materiales, protecciones y accesorios

<b>Costo total protecciones y accesorios</b>	<b>\$1.411.720</b>
--	--------------------

## 21 Análisis económico financiero

El análisis económico y financiero a desarrollar en este apartado, tiene por objetivo determinar, por un lado, los costos asociados a la actividad económica del proyecto; y por otro lado, estimar la capacidad de generación de fondos o rentabilidad de dicho proyecto.

Se dividirá este estudio en los siguientes aspectos:

- Mercado potencial y precio
- Inversión inicial
- Costos de funcionamiento

- Impuestos
- Financiamiento y puesta en marcha
- Flujo proyectado de ingreso y egresos
- Cálculo del Valor Actual Neto y de la Tasa Interna de Retorno

Debido a las grandes variaciones en la moneda corriente de Argentina a lo largo del año 2023, se expresan los valores en dólares de Estados Unidos, a fin de obtener un análisis económico de mayor perdurabilidad numérica.

## **21.1 Mercado potencial, precio y comercialización**

Ya se ha analizado previamente, en el estudio de mercado, la demanda estimada del producto, con lo cual se han proyectado factores como el espacio físico, la maquinaria, y el capital humano requerido.

Si bien previamente se ha estimado una capacidad productiva de 10 unidades mensuales, no se tomará dicho valor como volumen de ventas directamente, sino que se considerará un aumento progresivo de ventas.

Cantidad de ventas:

1° año: 50 [*Unidades*]

2° año: 60 [*Unidades*]

3° año: 70 [*Unidades*]

4° año: 85 [*Unidades*]

5° año: 100 [*Unidades*]

Estas ventas consideradas, se dividirán en cantidades mensuales iguales.

Resta pronosticar un precio estimado del producto. Si bien esto se puede llevar a cabo de diferentes maneras, en este caso se cuenta con los precios de referencia del mercado, y con la experiencia de ventas anteriores al presente proyecto. Por esto es posible establecer un precio de producto sin necesidad de recurrir a un análisis de mayor complejidad.

En el estudio de mercado realizado previamente, se obtuvieron los siguientes precios para salvaescaleras con curvas:

*Precio mínimo: \$USD 7088*

*Precio medio: \$USD 10687*

*Precio máximo: \$USD 12944*

Para pronosticar un precio definitivo, se tiene en cuenta que la empresa no posee actualmente una marca reconocida. Por otro lado, como se mencionó, la economía local presenta una gran depresión, por lo que un producto de menor costo genera mayor competitividad para con el resto de las ofertas actuales del mercado, las cuales por dichos de propios clientes de la empresa, son elevados para su capacidad.

Se ha optado por un precio de partida inferior al mínimo del mercado, de esta manera se aseguran ventas durante los inicios de actividad. Luego se incrementará progresivamente, hasta llegar a un precio definitivo.

Precios por año:

1 y 2° año: *usd\$ 4000*

3° año: *usd\$ 4500*

4° año: *usd\$ 4500*

5° año: *usd\$ 5000*

*Precio definitivo:* usd\$ 5000

Se debe tener en cuenta, que a estos precios, se debe adicionar el transporte y la instalación. Esto quedará a cargo de la red de instaladores.

Por último, se muestra el tipo de comercialización y distribución adoptada del producto:

Nivel	Medio de Comercialización y Oferta	Transporte e instalación
Local	Venta directa Redes sociales Mercados online	A cargo de la red de instaladores
Regional		
Nacional		

Tabla 77. Comercialización y distribución del producto

## 21.2 Inversión inicial

La inversión inicial está dada por la cantidad de dinero que es necesario invertir para poner en marcha el proyecto de negocio. En este cálculo no se tendrá en cuenta la inversión ya realizada en los equipos actualmente disponibles, sin embargo sí se tendrá en cuenta la depreciación de los mismos.

Los costos asociados a la mano de obra de ejecución de los servicios, se han estimado en función de los indicadores del medio de comunicación “Cifras”, donde se publican indicadores y costos de la construcción según su tipología.

Indicadores tenidos en cuenta:

Costo de M.O. electricidad: 70% de los materiales

Costo de M.O. iluminación: 60% de los materiales

Costo M.O. plomería: 100% materiales

Costo M.O. ventilación: 100% de los materiales

Se muestran en la siguiente tabla todos los costos de inversión calculados previamente en cada capítulo, así como los costos administrativos de los trámites necesarios para el inicio de la actividad económica:

Categoría	Elementos	Precio USD
Maquinaria	Plasma CNC	usd\$9,379
	Sierra cinta	usd\$3,230
	Soldadora MAG	usd\$1,828
	Agujereadora de pie	usd\$1,072
	Plegadora manual hidráulica	usd\$610
	Plegadora manual	usd\$496
	Roladora	usd\$9,239
	Dobladora de tubos	usd\$581
Equipos	Batea de pretratamiento	usd\$444
	Equipo de aplicación de pintura	usd\$2,561
	Cabina de recuperación y filtros	usd\$4,912
	Horno de curado	usd\$6,712
	Cilindro y garrafa	usd\$90
	Carro de transporte, horno	usd\$236
	Mesa de soldadura perforada	usd\$775
	Carro de transporte de placas	usd\$728
	Carros porta herramientas (2)	usd\$168
	Almacén cantilever	usd\$1,243
	Pórtico grúa	usd\$930
	Almacenes/estanterías (15)	usd\$1,105

Categoría	Elementos	Precio USD
	Sistema de compresión de aire	usd\$5,042
Servicios	Red neumática (materiales)	usd\$840
	Ventilación (materiales)	usd\$500
	Iluminación (materiales)	usd\$855
	Instalación eléctrica (materiales)	usd\$2,742
	Red neumática (M.O.)	usd\$840
	Ventilación (M.O.)	usd\$500
	Iluminación (M.O.)	usd\$513
	Instalación eléctrica (M.O.)	usd\$1,919
	Administrativos y otros	Alta de S.R.L.
Alta de empleados		usd\$90
Habilitación comercial		usd\$100

Tabla 78. Inversión inicial

Finalmente, se incrementará la sumatoria total en un 15%, debido a gastos varios no contemplados en el análisis.

<b>Inversión inicial</b>	<b>usd\$69.782</b>
--------------------------	--------------------

La inversión inicial necesaria es menor al tope de inversión propuesto en los alcances del proyecto, lo que confirma la factibilidad en este sentido.

## 21.3 Costos de funcionamiento

Los costos de funcionamiento u operativos, son los que están relacionados a la operatividad de la empresa. Según su naturaleza se pueden clasificar en fijos o variables.

Los costos operativos fijos son aquellos que no dependen del volumen de producción de la empresa, por ejemplo un alquiler. Los costos variables son aquellos directamente relacionados con el volumen producido, como por ejemplo la materia prima o los insumos.

### Costo fijo:

- Mano de obra
- Alquiler
- Contabilidad mensual
- Servicios varios y tasas
- Energía eléctrica, parte fija

### Costo variable:

- Materia prima
- Insumos
- Energía eléctrica, parte variable



### 21.3.1 Mano de obra

Para establecer el costo del personal, se realizan las categorizaciones salariales de las 6 personas que conformarán la empresa, según la escala de salarios básicos establecidos por el gremio metalúrgico.

A continuación, se presentan los costos relacionados a la remuneración del personal:

ID	Empleado	Categoría	Salario básico [usd]	Carga adicional impositiva	Costo final [usd]
T1	Ingeniero	Técnico de 6a	usd\$526.32	50%	usd\$789.47
T2	Técnico avanzado	Técnico de 4a	usd\$373.53	50%	usd\$560.30
T3	Técnico medio	Técnico de 2a	usd\$328.05	50%	usd\$492.07
T4	Técnico	Técnico de 1a	usd\$270.27	50%	usd\$405.41
T5	Secretaria	Adm. de 3a	usd\$312.36	50%	usd\$468.54
T6	Administrativo	Adm. de 3a	usd\$312.36	50%	usd\$468.54

Tabla 79. Costo del personal

<b>Costo total del personal</b>	<b>usd\$3,184</b>
---------------------------------	-------------------

### 21.3.2 Materia prima

El costo necesario de la materia prima para la fabricación de cada salvaescaleras se ha calculado previamente en el capítulo 14.

<b>Costo materia prima/unidad</b>	<b>usd\$ 1,810</b>
-----------------------------------	--------------------

### 21.3.3 Insumos

Se muestran a continuación, los principales insumos para la fabricación de cada salvaescaleras:

Insumo	Precio unitario \$	Precio unitario [usd]	Cantidad	Subtotal
Desengrasante	\$1,569	usd\$1.65	1.50	usd\$2.48
Estopa/trapo	\$1,080	usd\$1.14	2.00	usd\$2.27
Papel toalla	\$12	usd\$0.01	100.00	usd\$1.24
Bolsas de residuo	\$75	usd\$0.08	5.00	usd\$0.39
Disco de sensitiva	\$5,500	usd\$5.79	1.00	usd\$5.79
Hija de sierra cinta	\$13,500	usd\$14.21	0.25	usd\$3.55
Lubricante de corte	\$1,600	usd\$1.68	0.75	usd\$1.26
Electrodos rutilicos/ alambre	\$3,840	usd\$4.04	3.00	usd\$12.13
Disco de corte 115	\$400	usd\$0.42	10.00	usd\$4.21
Disco flap 115	\$1,700	usd\$1.79	3.00	usd\$5.37
Consumibles plasma	\$35,000	usd\$36.84	0.10	usd\$3.68
Fosfatizante 3 en 1	\$3,720	usd\$3.92	2.00	usd\$7.83
Pintura en polvo	\$12,900	usd\$13.58	2.70	usd\$36.66
Gas envasado	\$550	usd\$0.58	0.60	usd\$0.35
Cinta aisladora	\$1,600	usd\$1.68	1.00	usd\$1.68
Precinto	\$25	usd\$0.03	25.00	usd\$0.66
Terminales pala	\$40	usd\$0.04	20.00	usd\$0.84

Insumo	Precio unitario \$	Precio unitario [usd]	Cantidad	Subtotal
Cemento de contacto	\$7,200	usd\$7.58	0.25	usd\$1.89
Caja de madera	\$680	usd\$0.72	1.00	usd\$0.72
Combustible/ fletes	\$400	usd\$0.42	200.00	usd\$84.21
Tercerización de mecanizado	\$45,000	usd\$47.37	1.00	usd\$47.37
Insumos para el personal	\$25,000	usd\$26.32	1.00	usd\$26.32

Tabla 80. Insumos principales

Debido a que no se han contemplado todos los insumos necesarios, se incrementará la sumatoria en un 30% a fin de cubrir dichos costos.

<b>Costo total de insumos/unidad</b>	<b>usd\$223.01</b>
--------------------------------------	--------------------

### 21.3.4 Otros

Además de los costos de mano de obra, materia prima e insumos, se deben tener en cuenta otros costos tanto fijos como variables, los cuales se detallarán a continuación.

#### Alquiler de local

Ya que actualmente la empresa no dispone del espacio físico necesario para la actividad, se debe establecer el costo mensual de alquiler de un local de las dimensiones requeridas. Para ello, se han tenido en cuenta en el plano local las distintas alternativas, y se ha obtenido un costo promedio como referencia:

<b>Alquiler mensual</b>	<b>usd\$ 295</b>
-------------------------	------------------

Energía eléctrica

Para obtener el costo de la energía eléctrica requerida, se ha tenido en cuenta el tiempo de utilización de cada equipo, el cual ha sido previamente calculado en el apartado 19.2.3.1. De esta manera, se obtiene a partir de la potencia el consumo eléctrico del equipo.

Para precisar el cálculo, se dividirá el costo de la energía eléctrica en dos partes, una asociada al costo fijo mensual, y la otra parte, asociada al costo variable por unidad producida.

Equipo	Potencia [kW]	Tiempo de uso [h/unidad]	Costo kWh [\$]	Consumo [kWh]	Subtotal [\$]
Agujereadora	1.5	2.1	\$19	3.2	\$60
Cabina de pintura	1.9	3	\$19	5.7	\$108
Equipo de pintura	0.13	3	\$19	0.4	\$7
Plasma CNC	16	2	\$19	32.0	\$608
Roladora	2.2	1.0	\$19	2.2	\$42
Sierra cinta	0.55	3	\$19	1.7	\$31
Sensitiva	1.5	1	\$19	1.5	\$29
Soldadora	2.5	3	\$19	7.5	\$143
Amoladoras de mano	1	3	\$19	3.0	\$57

Tabla 81. Costo variable energía eléctrica

Equipo	Potencia [kW]	Tiempo de uso [h/mes]	Costo kWh [€]	Consumo [kWh]	Subtotal [€]
Iluminación	0.26	176	€19	45.8	€869
Compresor	7.44	88	€19	654.7	€12,440
Secador de aire	0.43	88	€19	37.8	€719
Aparatos eléctricos varios	0.75	720	€19	540.0	€10,260

Tabla 82. Costo fijo energía eléctrica

Se deben incorporar a la suma de los costos anteriores, el cargo impositivo (100%).

Finalmente se puede establecer el monto mensual estimado fijo y variable, se lo expresa en dólares:

<b>Costo mensual fijo energía eléctrica [us\$/mes]</b>	<b>usd\$55.87</b>
--	-------------------

<b>Costo mensual variable energía eléctrica [us\$/unidad]</b>	<b>usd\$2.28</b>
---	------------------

Asesorías externas

Este ítem tiene que ver con las contrataciones externas de la empresa, principalmente aquellas requeridas de manera mensual. Se tendrá en cuenta aquí, el

honorario de un profesional de ciencias económicas, quien se encargará de la contabilidad general mensual de la empresa.

Se utiliza la información de honorarios sugeridos del “Consejo Profesional de Ciencias Económicas de Entre Ríos”:

<b>Contabilidad mensual</b>	<b>usd\$ 150</b>
-----------------------------	------------------

#### Servicios varios y tasas

Se estimará en este caso, un monto asignado a servicios secundarios contratados por la empresa. Por ejemplo: internet, telefonía celular, agua de red, sistemas de seguridad, softwares pagos, publicidad, mantenimiento edilicio y de equipamiento, etc.

También se tienen en cuenta aquí, algunas de las tasas municipales correspondientes:

- TGI: Tasa General Inmobiliaria
- TSS: Tasa por Servicios Sanitarios
- Fondo Municipal de Promoción y Turismo

<b>Otros servicios mensuales</b>	<b>usd\$ 250</b>
----------------------------------	------------------

## 21.4 Impuestos

En este apartado, se contemplarán aquellos principales impuestos y tasas a tener en cuenta en la estructura financiera.

Impuestos nacionales:

- Impuesto al valor agregado (IVA) 21%
- Impuesto a las ganancias 35%

Impuestos provinciales:

- Impuesto a los ingresos brutos (IIBB) 2,5%

Impuestos municipales:

- Tasa por Inspección Sanitaria, Higiene, Profilaxis y Seguridad 1,2%

Cada uno de estos impuestos debe ser analizado de manera particular, ya que en algunos casos aplican sobre los ingresos o ventas, en otros sobre las ganancias netas, y en el caso del IVA, sobre la diferencia entre débitos y créditos fiscales. Si bien este último impuesto tradicionalmente es excluido en el análisis de proyectos de inversión, esto puede conllevar a errores en los resultados. En este estudio se tendrá en cuenta y se desglosará dicho impuesto.

## 21.5 Financiamiento y puesta en marcha

Para la puesta en marcha del proyecto, si bien existe la posibilidad de tomar préstamos bancarios, las tasas de interés actuales de los mismos se encuentran distorsionadas debido al tipo de cambio, los programas de subsidio y la alta inflación por la que atraviesa la economía. Debido a esto, las tasas de interés resultan negativas, lo que puede conllevar a resultados erróneos en caso de estimar valores de inflación incorrectos, ya que actualmente es extremadamente incierta.

Por lo anterior, es que se decide efectuar un análisis donde la inversión inicial sea aportada por un inversionista no bancario. Se tendrá en cuenta una tasa de interés en dólares de 12,5% anual. Una vez la situación económica del país sea de menor incertidumbre, se puede fijar una tasa de interés bancaria.

Además de la inversión calculada anteriormente, se tiene en cuenta, un capital de trabajo de dos meses de costos fijos, y un costo variable correspondiente a 5 salvaescaleras.

*Capital de trabajo: usd\$ 18.560*

Entonces:

*Financiamiento inversionistas : usd\$ 88.342*

Características del préstamo

*Plazo devolución: 48 meses*

*Plazo de gracia: 6 meses*

*Plazo total: 54 meses*

*Tasa nominal anual: 12,5%*

*Tasa efectiva anual: 13,2%*



*Tasa efectiva mensual: 1,04%*

Se debe tener en cuenta, que durante los 6 meses de gracia, se acumulan los intereses del préstamo, por lo que el saldo inicial al primer mes de abonar la cuota es mayor al monto del préstamo.

Por otro lado, se considerarán 2 meses para el acondicionamiento de la planta de producción. En este tiempo se considerarán los costos fijos, pero sin incluir la mano de obra, la cual comienza a correr a partir del tercer mes. Durante este tiempo, no se producirá, por lo cual no se generan ingresos por ventas.

## **21.6 Flujo proyectado de ingresos y egresos**

Una vez definidos los ingresos, los costos, el financiamiento, y los diferentes impuestos a deducir, se procede a establecer el flujo de caja del proyecto. Una correcta gestión y proyección del flujo de caja permite tomar decisiones de manera fundamentada y eficiente.

Se estableció un período de 10 años para realizar el flujo de caja, el cual se ha desglosado mensualmente por año. De esta manera, se tiene mayor información sobre el comportamiento de los ingresos y egresos de dinero.

Para simplificar la lectura de la tabla confeccionada, se muestran las columnas de mayor importancia, principalmente las que representan movimientos reales de dinero.

Periodo		Ingreso por ventas	Préstamo		Costos de funcionamiento		Deprec. Maq. y Equipos	Impuestos		Utilidad neta	Impuesto a las Ganancias	Resultado luego de Impuestos	Flujos de caja netos	Flujo de caja neto anual
Año	Mes		Interés (Serv. financ.)	Amort.	Costo fijo	Costo variable		IIBB + I.Munp.	Al fisco (IVA)					
0	0	0	\$919					0	0	0	0		-\$88,345	-\$88,345
1	1	0	\$928		\$751	0		0	0	-\$751	0	-\$751	-\$751	\$22,506
	2	0	\$938		\$751	0	\$0	0	0	-\$751	0	-\$751	-\$751	
	3	\$20,000	\$948		\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$3,002	\$1,051	\$1,951	\$3,582	
	4	\$20,000	\$958		\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$2,992	\$1,047	\$1,945	\$3,585	
	5	\$20,000	\$968		\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$2,982	\$1,044	\$1,938	\$3,589	
	6	\$20,000	\$978		\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$2,972	\$1,040	\$1,932	\$3,592	
	7	\$20,000	\$988	\$1,536	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	8	\$20,000	\$972	\$1,552	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	9	\$20,000	\$956	\$1,568	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	10	\$20,000	\$939	\$1,584	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	11	\$20,000	\$923	\$1,601	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	12	\$20,000	\$906	\$1,617	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
2	1	\$20,000	\$889	\$1,634	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	\$18,573
	2	\$20,000	\$872	\$1,651	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	3	\$20,000	\$855	\$1,668	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	4	\$20,000	\$838	\$1,686	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	5	\$20,000	\$820	\$1,703	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	6	\$20,000	\$803	\$1,721	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	0	\$1,426	\$499	\$927	\$1,610	
	7	\$20,000	\$785	\$1,739	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	\$123	\$1,303	\$456	\$847	\$1,530	
	8	\$20,000	\$767	\$1,757	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	\$203	\$1,222	\$428	\$795	\$1,478	
	9	\$20,000	\$748	\$1,775	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	\$204	\$1,222	\$428	\$794	\$1,477	
	10	\$20,000	\$730	\$1,794	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	\$205	\$1,221	\$427	\$794	\$1,477	
	11	\$20,000	\$711	\$1,812	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	\$206	\$1,220	\$427	\$793	\$1,476	
	12	\$20,000	\$692	\$1,831	\$3,935	\$10,692	\$683	\$740	\$206	\$1,219	\$427	\$792	\$1,476	

Tabla 83. Flujo de caja períodos 1 y 2

Periodo		Ingreso por ventas	Préstamo		Costos de funcionamiento		Deprec. Maq. y Equipos	Impuestos		Utilidad neta	Impuesto a las Ganancias	Resultado luego de Impuestos	Flujos de caja netos	Flujo de caja neto anual
Año	Mes		Interés (Serv. financ.)	Amort.	Costo fijo	Costo variable		IIBB + I.Munp.	Al fisco (IVA)					
3	1	\$26,250	\$673	\$1,850	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$404	\$5,258	\$1,840	\$3,418	\$4,101	\$49,173
	2	\$26,250	\$654	\$1,869	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$405	\$5,257	\$1,840	\$3,417	\$4,100	
	3	\$26,250	\$635	\$1,889	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$406	\$5,256	\$1,840	\$3,417	\$4,100	
	4	\$26,250	\$615	\$1,909	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$407	\$5,255	\$1,839	\$3,416	\$4,099	
	5	\$26,250	\$595	\$1,928	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$408	\$5,255	\$1,839	\$3,415	\$4,099	
	6	\$26,250	\$575	\$1,948	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$409	\$5,254	\$1,839	\$3,415	\$4,098	
	7	\$26,250	\$555	\$1,969	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$409	\$5,253	\$1,838	\$3,414	\$4,098	
	8	\$26,250	\$534	\$1,989	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$410	\$5,252	\$1,838	\$3,414	\$4,097	
	9	\$26,250	\$514	\$2,010	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$411	\$5,251	\$1,838	\$3,413	\$4,096	
	10	\$26,250	\$493	\$2,031	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$412	\$5,250	\$1,838	\$3,413	\$4,096	
	11	\$26,250	\$472	\$2,052	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$413	\$5,249	\$1,837	\$3,412	\$4,095	
	12	\$26,250	\$450	\$2,073	\$3,935	\$12,474	\$683	\$971	\$414	\$5,248	\$1,837	\$3,411	\$4,095	
4	1	\$31,875	\$429	\$2,095	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$545	\$7,861	\$2,751	\$5,110	\$5,793	\$69,470
	2	\$31,875	\$407	\$2,117	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$546	\$7,860	\$2,751	\$5,109	\$5,792	
	3	\$31,875	\$385	\$2,139	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$547	\$7,859	\$2,751	\$5,108	\$5,791	
	4	\$31,875	\$363	\$2,161	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$548	\$7,858	\$2,750	\$5,108	\$5,791	
	5	\$31,875	\$340	\$2,183	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$549	\$7,857	\$2,750	\$5,107	\$5,790	
	6	\$31,875	\$318	\$2,206	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$550	\$7,856	\$2,750	\$5,106	\$5,790	
	7	\$31,875	\$295	\$2,229	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$551	\$7,855	\$2,749	\$5,106	\$5,789	
	8	\$31,875	\$271	\$2,252	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$552	\$7,854	\$2,749	\$5,105	\$5,788	
	9	\$31,875	\$248	\$2,276	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$553	\$7,853	\$2,749	\$5,104	\$5,788	
	10	\$31,875	\$224	\$2,299	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$554	\$7,852	\$2,748	\$5,104	\$5,787	
	11	\$31,875	\$200	\$2,323	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$555	\$7,851	\$2,748	\$5,103	\$5,786	
	12	\$31,875	\$176	\$2,347	\$3,935	\$15,148	\$683	\$1,179	\$556	\$7,850	\$2,747	\$5,102	\$5,785	

Tabla 84. Flujo de caja períodos 3 y 4

Periodo		Ingreso por ventas	Préstamo		Costos de funcionamiento		Deprec. Maq. y Equipos	Impuestos		Utilidad neta	Impuesto a las Ganancias	Resultado luego de Impuestos	Flujos de caja netos	Flujo de caja neto anual
Año	Mes		Interés (Serv. financ.)	Amort.	Costo fijo	Costo variable		IIBB + I.Munp.	Al fisco (IVA)					
5	1	\$41,667	\$152	\$2,372	\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$871	\$14,291	\$5,002	\$9,289	\$9,972	\$129,473
	2	\$41,667	\$127	\$2,396	\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$872	\$14,290	\$5,001	\$9,288	\$9,972	
	3	\$41,667	\$102	\$2,421	\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$874	\$14,289	\$5,001	\$9,288	\$9,971	
	4	\$41,667	\$77	\$2,447	\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$875	\$14,288	\$5,001	\$9,287	\$9,970	
	5	\$41,667	\$52	\$2,472	\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$876	\$14,287	\$5,000	\$9,286	\$9,969	
	6	\$41,667	\$26	\$2,498	\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$877	\$14,285	\$5,000	\$9,286	\$9,969	
	7	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	8	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	9	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	10	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	11	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	12	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
6	1	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	\$139,300
	2	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	3	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	4	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	5	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	6	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	7	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	8	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	9	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	10	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	11	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	12	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	

Tabla 85. Flujo de caja períodos 5 y 6

Periodo		Ingreso por ventas	Préstamo		Costos de funcionamiento		Deprec. Maq. y Equipos	Impuestos		Utilidad neta	Impuesto a las Ganancias	Resultado luego de Impuestos	Flujos de caja netos	Flujo de caja neto anual
Año	Mes		Interés (Serv. financ.)	Amort.	Costo fijo	Costo variable		IIBB + I.Munp.	Al fisco (IVA)					
7	1	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	\$139,300
	2	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	3	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	4	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	5	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	6	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	7	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	8	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	9	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	10	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	11	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	12	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
8	1	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	\$139,300
	2	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	3	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	4	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	5	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	6	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	7	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	8	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	9	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	10	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	11	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	12	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	

Tabla 86. Flujo de caja períodos 7 y 8

Periodo		Ingreso por ventas	Préstamo		Costos de funcionamiento		Deprec. Maq. y Equipos	Impuestos		Utilidad neta	Impuesto a las Ganancias	Resultado luego de Impuestos	Flujos de caja netos	Flujo de caja neto anual
Año	Mes		Interés (Serv. financ.)	Amort.	Costo fijo	Costo variable		II BB + I. Munp.	AI fisco (IVA)					
9	1	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	\$139,300
	2	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	3	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	4	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	5	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	6	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	7	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	8	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	9	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	10	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	11	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	12	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
10	1	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	\$139,300
	2	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	3	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	4	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	5	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	6	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	7	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	8	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	9	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	10	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	11	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	
	12	\$41,667			\$3,935	\$17,821	\$683	\$1,542	\$878	\$16,808	\$5,883	\$10,925	\$11,608	

Tabla 87. Flujo de caja períodos 9 y 10

## 21.6 VAN y TIR

El valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) son indicadores o herramientas financieras que evalúan la rentabilidad de los proyectos de inversión de una empresa, por lo que es de gran importancia su determinación.

El indicador financiero VAN (valor actual neto) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión.

Existen tres posibles resultados:

- Si el VAN es igual a cero se determina que el proyecto no dará ganancias ni pérdidas, es decir, es indiferente.

- Si el VAN es menor a cero se considera que el proyecto no es viable.

- Si el VAN es mayor a cero se asume que el proyecto será rentable.

La tasa interna de retorno es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para quien lleve a cabo un proyecto.

Existen tres posibles resultados:

- Si la TIR es igual a la tasa de interés de referencia, el proyecto en principio debe ser rechazado, ya que el riesgo de invertir financieramente es menor.

- Si la TIR es menor a la tasa de interés adoptada se determina que el proyecto debe ser rechazado.

- Si la TIR es mayor a la tasa de interés adoptada el proyecto será viable y puede ser aprobado.

Se tomará una tasa de interés de referencia de 17,5% anual. Se han tenido en cuenta diferentes valoraciones bancarias, extra bancarias y asesoramientos de profesionales para determinar esta tasa, ya que los plazos fijos en dólares actualmente se encuentran distorsionados por los diferentes tipos de cambio y las restricciones a dicha moneda.

Con la tasa de referencia se debe determinar la tasa de descuento ( $d$ ) con la cual se calculará el valor actual neto:

$$d = \frac{i}{1+i} = \frac{0,175}{1+0,175} = 15\%$$

Finalmente se obtienen los indicadores a partir de los flujos anuales de caja. Se debe mencionar, que debido a la situación económica cambiante del país, se ha tomado un período de sólo 5 años para estos indicadores.

<b>VAN</b>	<b>TIR</b>
<b>USD\$ 258.962</b>	<b>38,7%</b>

Tabla 88. VAN y TIR

Como se puede observar, se ha obtenido un valor positivo y muy superior a cero para el valor actual neto, esto indica resultados y utilidades netas favorables en el período calculado.

Por otro lado, el valor de la tasa interna de retorno ha resultado muy superior a la tasa de referencia adoptada, esto indica que la rentabilidad del proyecto de inversión justifica la ejecución del mismo por sobre una inversión de tipo financiera.

Finalmente, se muestra en un gráfico la evolución del valor neto actual con respecto al tiempo en meses:

### VAN - Tiempo [meses]

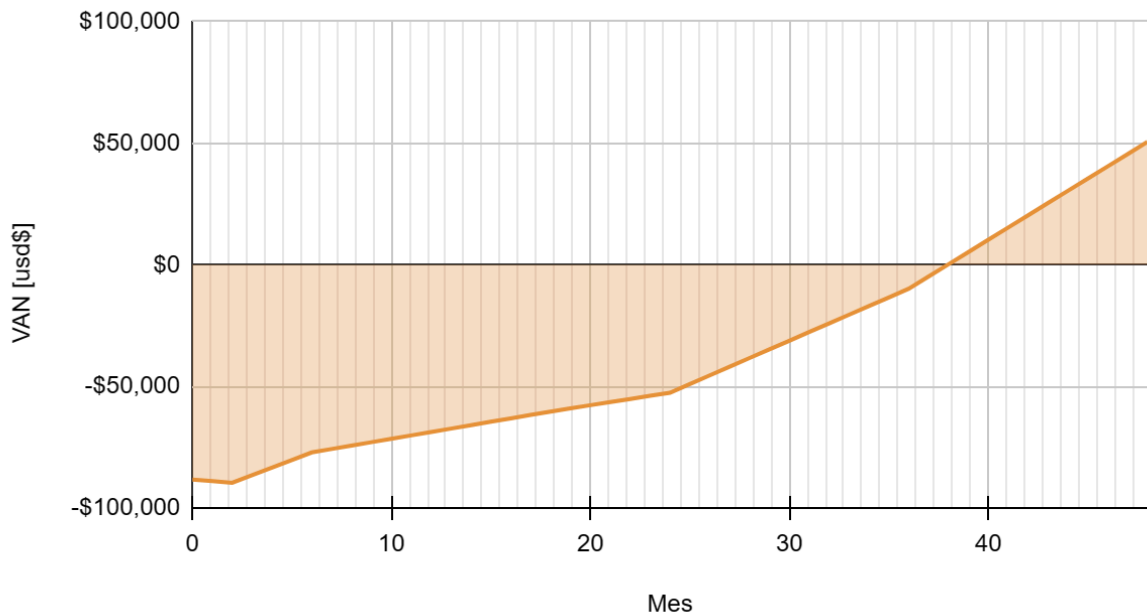


Figura 323. VAN - Tiempo

Como puede observarse en el gráfico, a partir del mes 38 de iniciadas las actividades, se comienzan a generar rendimientos positivos de la inversión. Esto quiere decir que hasta el mes 38, los ingresos serán los necesarios para recuperar la inversión inicial.

Los resultados obtenidos son satisfactorios, el proyecto desarrollado es viable.

## CONCLUSIÓN

Como se indicó inicialmente, el objetivo general del proyecto era diseñar un salvaescaleras y delinear su proceso de fabricación, teniendo en cuenta diferentes aspectos bajo los cuales se deseaba lograr el objetivo.

La realización y culminación de dicho proyecto resulta de gran satisfacción, ya que se ha cumplido con el objetivo general; aún más, se superaron las expectativas propuestas en los diferentes aspectos.

La futura puesta en funcionamiento de este desarrollo, significará un gran aporte en la calidad de vida de la sociedad, teniendo en cuenta que pretende solucionar una necesidad real y una demanda insatisfecha actualmente. En ese sentido, esto también significa aportar en la economía regional.



# BIBLIOGRAFÍA

## Libros:

- Faires, V. M. (1970). Diseño de elementos de máquinas. (4a edición). Barcelona. Montaner y Simon, S. A.
- Muther, Richard. Distribución en planta. (2a edición). Barcelona. Editorial Hispano Europea

## Normas:

- Norma AEA 90364. (2006). Parte 7. Sección 771. Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles
- Norma ISO 9386. (2000). Parte 2. Plataformas elevadoras motorizadas para personas con movilidad reducida
- Normas APA. (2019). Manual de publicación .(7a edición).
- Decreto 351/79

## Apuntes e informes:

- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Cálculo de iluminación [Archivo PDF]
- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Cálculo de conductores [Archivo PDF]
- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Cálculo de cortocircuito [Archivo PDF]
- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Aparatos de protección [Archivo PDF]

- Cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas, UTN FRP. Compensación del factor de potencia [Archivo PDF]
- “Dosier estadístico de las personas de edad”, INDEC
- “Encuesta Nacional sobre Calidad de Vida de Adultos Mayores 2012”, INDEC
- “Estudio Nacional sobre el Perfil de las Personas con Discapacidad”, INDEC
- *“Manual práctico de ventilación”*. Salvador Escoda. (2da edición). S & P.

### Sitios Web:

- INDEC. Informes estadísticos. <https://www.indec.gob.ar>
- ISO. <https://www.iso.org>
- GRUPO BAW. Equipos de soldadura. <http://www.baw.com.ar>
- INTER CUT. Pantografos plasma. <https://www.intercutpantografos.com>
- ESAB Argentina. <https://esab.com.ar>
- Maquinarias Perman. <https://www.maquinariasperman.com/>
- Máquinas e insumos. <https://maquinaseinsumossrl.com.ar/>
- Morano Máquinas. <https://www.moranomyh.com.ar/>
- Polimex termofusiones. <https://www.polimex.com.ar>
- Neumática Neumacon. <https://www.neumacon.com.ar/>
- Electricolor. <http://www.electricolor.com.ar>

### Otros:

- [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.indec.gob.ar%2Fftp%2Fcuadros%2Fpoblacion%2Fdiscapacidad\\_2018\\_cap7.xls&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.indec.gob.ar%2Fftp%2Fcuadros%2Fpoblacion%2Fdiscapacidad_2018_cap7.xls&wdOrigin=BROWSELINK)
- [https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2022-11/situacion\\_personas\\_mayores\\_23-11-2022.pdf](https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2022-11/situacion_personas_mayores_23-11-2022.pdf)

- <https://swaterjet.com/es/waterjet-vs-laser-vs-plasma-cutting-which-is-better>
- [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-775833448-router-pantografo-cnc-profesional-1300-x-1800-mm-\\_JM#position=3&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=96cfb780-0067-49dd-b0de-8ef1a01079c1](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-775833448-router-pantografo-cnc-profesional-1300-x-1800-mm-_JM#position=3&search_layout=stack&type=item&tracking_id=96cfb780-0067-49dd-b0de-8ef1a01079c1)
- <https://cutmac.com.ar/product-category/sierras/>
- <https://pinturaenpolvo.org/recomendaciones-para-aplicadores-pintura-polvo>
- <https://www.frlp.utn.edu.ar/materias/oindustrial/apunte2.pdf>
- <http://www.intersindical.com/materias/page/contenido/01convenios/textoscompletos/METALURGICOS%20RAMA%20GENERAL.htm>

#### **Catálogos e informes técnicos:**

- LAVANDERA. Sistemas y automatismos
- REMSSI. Motores eléctricos de corriente continua
- TECNOLIVEUSA. Componentes electrónicos
- METALÚRGICA PASGAL. Perfiles y tubos de acero
- SKF. Rodamientos
- TISA. Transmisiones industriales
- PLACACENTRO. Maderas
- BAW. Protecciones eléctricas
- GENROD. Instalaciones de puesta a tierra
- NEUMACON. Sistemas de aire comprimido
- SERMATEL. Conductores eléctricos

# ANEXOS

## ANEXO A: Documentos

1. Consumo eléctrico de la planta
2. Cálculos eléctricos de la planta
3. Costo insumos de fabricación
4. Inversión inicial
5. Costos, análisis económico financiero, VAN y TIR, Flujo de caja

## ANEXO B: Planos

1. Dimensiones generales del salvaescaleras
2. Componentes
3. Motor - reductor - brida
4. Acople rígido
5. Engranaje
6. Árbol de transmisión
7. Chavetas
8. Salida del reductor
9. Soportes 1
10. Soportes 2
11. Cobertura frontal
12. Cobertura posterior
13. Cobertura derecha

14. Cobertura izquierda
15. Tapa de baterías
16. Soporte del guiador inferior
17. Rodillos - rueda guiadora
18. Soporte "TE" - Rodillos
19. Plegado guiador superior
20. Refuerzo del plegado
21. Tubos 60x20
22. Amortiguador - soporte
23. Asiento
24. Maderas asiento
25. Madera reposapiés
26. Instalación eléctrica del salvaescaleras
27. Planta de producción
28. Instalación eléctrica de la planta
29. Sistema de aire comprimido