

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE QUITO**  
**CAMPUS KENNEDY**  
**FACULTAD DE INGENIERIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO**  
**MECÁNICO**

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PLATAFORMA ELEVADORA**  
**PARA LA EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN FACHADAS DE**  
**EDIFICACIONES ELEVACIÓN MÁXIMA 10 m”**

**AUTORES:            Javier Barahona**

**José Montenegro**

**DIRECTOR:         Ing. Carlos Maldonado**

**QUITO, ENERO 2012**

## **CERTIFICACIÓN**

Yo, Ingeniero Carlos Maldonado, certifico que el presente trabajo previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, fue desarrollado y elaborado en su totalidad por los señores Luis Javier Barahona Reyes y José Santiago Montenegro Perugachi.

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Atentamente:

Ing. Carlos Maldonado Dávila

**DIRECTOR DE TESIS**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Luis Javier Barahona Reyes y José Santiago Montenegro Perugachi, declaramos bajo responsabilidad que el trabajo realizado es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado y que se lo ha realizado siguiendo los lineamientos y normas específicas para este tipo de equipos y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo a la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Luis Javier Barahona Reyes

---

José Santiago Montenegro Perugachi

## **DEDICATORIA**

- ❖ Este trabajo esta dedicado al esfuerzo diario de muchos trabajadores y sus respectivos patronos, quienes siempre deben mantener el cuidado y la prevención de riesgos al ejecutar los trabajos en altura.

**Javier Barahona**

- ❖ Dedico este trabajo a mi Padre quien con cada frase y ejemplo me formó, y me enseñó a crecer con esfuerzo y dedicación. A mi esposa e hijo por ser mi motivación.

**José Montenegro**

## **AGRADECIMIENTOS**

- ❖ Ante todo y en primer lugar quiero agradecer a la persona más importante, quien me apoyo incondicionalmente todo este periodo de mi vida y ha sido también la fuente de ánimo y fortaleza para continuar sin desmayo y culminar con éxito este peldaño, a mi querida esposa “Taty Venegas”. En segundo lugar agradezco a mi compañero con quien he desarrollado este trabajo y ha confiado en mí para ello. ¡Gracias Amigo!

**Javier Barahona**

- ❖ Agradezco a Dios por la fortaleza y lucidez, los cuales me ayudaron a cumplir mis objetivos, a mi padre “José María” y a mi amada esposa “Mayra Lucia”, por el infinito apoyo. ¡Gracias por todo!

**José Montenegro**

# INDICE GENERAL

<b><u>DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</u></b>	<b><u>I</u></b>
<b><u>JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA</u></b>	<b><u>II</u></b>
<b><u>OBJETIVOS</u></b>	<b><u>III</u></b>
<b><u>ALCANCE</u></b>	<b><u>IV</u></b>
<b><u>HIPÓTESIS</u></b>	<b><u>V</u></b>
<b><u>METODOLOGÍA</u></b>	<b><u>VI</u></b>
<b><u>INTRODUCCION</u></b>	<b><u>IX</u></b>
<b><u>CAPITULO 1</u></b>	<b><u>1</u></b>
1.1 <u>TRABAJO EN ALTURA</u>	<u>1</u>
1.2 <u>SISTEMAS DE SOLUCIÓN PARA LOS TRABAJO EN ALTURA</u>	<u>4</u>
1.2.1 <u>Sistemas Fijos</u>	<u>4</u>
1.2.2 <u>Sistemas Temporales</u>	<u>5</u>
1.3 <u>ASPECTOS A CONSIDERAR ANTES DE INICIAR UN TRABAJO EN ALTURA</u>	<u>6</u>
1.4 <u>CLASIFICACIÓN DEL TRABAJO EN ALTURA</u>	<u>7</u>
1.4.1 <u>Restricción de movimiento</u>	<u>7</u>
1.4.2 <u>Detención de caídas</u>	<u>8</u>
1.4.3 <u>Posicionamiento bajo tensión continua</u>	<u>9</u>
1.4.4 <u>Acceso por cuerdas</u>	<u>11</u>
1.5 <u>CAMPOS DE ACCIÓN DEL TRABAJO EN ALTURA</u>	<u>11</u>
1.6 <u>TIPOS DE SISTEMAS PARA TRABAJAR EN ALTURA</u>	<u>14</u>

<u>1.6.1 Andamios</u>	<u>14</u>
<u>1.6.2 Escaleras</u>	<u>15</u>
<u>1.6.3 Protección colectiva contra caídas</u>	<u>16</u>
<u>1.6.4 Arnés de seguridad</u>	<u>16</u>
<u>1.7 NORMAS DE SEGURIDAD</u>	<u>17</u>
<u>1.8 NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN ALTURA</u>	<u>18</u>
<u>1.9 NORMAS DE SEGURIDAD EN EL USO DE ANDAMIOS Y/O PLATAFORMAS</u>	<u>19</u>
<u>1.10 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y NORMAS DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES Y TRABAJOS EN ALTURAS</u>	<u>20</u>
<u>1.10.1 Sistemas de protección contra caídas</u>	<u>20</u>
<u>1.10.2 Elementos de protección personal</u>	<u>23</u>
<u>1.10.2.1 Casco</u>	<u>23</u>
<u>1.10.2.2 Arnés</u>	<u>25</u>
<u>1.10.2.3 Línea de posicionamiento</u>	<u>26</u>
<u>1.10.2.4 Salva caídas troll o arrestador</u>	<u>27</u>
<u>1.10.2.5 Conector doble con absorbedor de choque</u>	<u>28</u>
<u>1.10.3 Normativa aplicable</u>	<u>29</u>
<u>1.10.3.1 Regulaciones OSHA para la construcción (29 CFR PARTE 1926)</u>	<u>29</u>
<u>1.10.3.2 Regulaciones OSHA para la industria en general (29 CFR PARTE 1910)</u>	<u>30</u>
<u>1.10.3.3 Regulaciones OSHA adicionales específicas para ciertas industrias</u>	<u>31</u>
<u>1.10.3.4 Estándares ANSI</u>	<u>31</u>

<u>1.10.3.5 Estándares CSA (Canadá)</u>	<u>32</u>
<u>1.10.3.6 Estándares Británicos</u>	<u>33</u>
<u>1.10.3.7 Comunidad Europea (estándares CE)</u>	<u>33</u>
<u>1.10.3.8 Estándares de Australia y Nueva Zelanda</u>	<u>33</u>
<b><u>CAPITULO 2</u></b>	<b><u>35</u></b>
<u>2.1 PLATAFORMAS ELEVADORAS</u>	<u>35</u>
<u>2.1.1 Definición y clasificación</u>	<u>36</u>
<u>2.1.2 Por su sistema de elevación</u>	<u>37</u>
<u>2.1.2.1 Plataformas articuladas</u>	<u>37</u>
<u>2.1.2.2 Plataformas telescópicas</u>	<u>39</u>
<u>2.1.2.3 Plataformas tipo tijeras</u>	<u>42</u>
<u>2.1.2.4 Plataformas elevadoras de trabajo sobre mástil</u>	<u>44</u>
<u>2.1.3 Por su sistema de traslación</u>	<u>45</u>
<u>2.1.3.1 Plataformas autopropulsadas</u>	<u>45</u>
<u>2.1.3.2 Plataformas remolcables</u>	<u>46</u>
<u>2.1.3.3 Sobre camión</u>	<u>47</u>
<u>2.1.4 Partes de una plataforma elevadora</u>	<u>48</u>
<b><u>CAPITULO 3</u></b>	<b><u>50</u></b>
<u>3.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE PLATAFORMAS ELEVADORAS SEGÚN NORMA UNE-EN 1495 (Plataformas elevadoras, plataformas elevadoras sobre mástil)</u>	<u>50</u>
<u>3.1.1 Cargas</u>	<u>50</u>
<u>3.1.1.1 Cargas Permanentes</u>	<u>50</u>
<u>3.1.1.2 Cargas Nominales</u>	<u>51</u>



3.1.2 Fuerzas horizontales	51
3.1.2.1 Fuerzas manuales	51
3.1.2.2 Fuerzas debidas al uso de máquinas portátiles motorizadas	52
3.1.2.3 Fuerzas dinámicas	52
3.1.3 Cargas debidas al viento	52
3.1.4 Cargas y fuerzas producidas en el traslado	53
3.1.5 Cargas de montaje y desmontaje	53
3.1.6 Fuerzas amortiguadoras	53
3.1.7 Acción de los dispositivos de seguridad	53
3.1.8 Combinaciones de las cargas y factores de seguridad	54
3.2 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES PARA DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PLATAFORMA ELEVADORA PARA TRABAJOS EN FACHADAS DE EDIFICACIONES, OBJETO DE ESTUDIO.	55
3.3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES	57
3.3.1 Normativa	58
3.3.2 Materiales	58
3.4 DISEÑO DE ELEMENTOS DE LA PLATAFORMA ELEVADORA PARA TRABAJOS EN FACHADAS.	59
3.4.1 Plataforma base	59
3.4.2 Módulos de plataforma	59
3.4.3 Elección de la carga nominal	60
3.4.4 Elección de la velocidad nominal	60
3.4.4.1 Velocidad de elevación de la plataforma	60
3.5 CÁLCULO POR ESTABILIDAD	61

<u>3.5.1 Carga nominal</u>	<u>61</u>
<u>3.6 CONSIDERACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CARGA</u>	<u>63</u>
<u>3.7 FUERZAS PRODUCIDAS POR VIENTO</u>	<u>64</u>
<u>3.8 CARGAS DE MONTAJE Y DESMONTAJE</u>	<u>65</u>
<u>3.9 CÁLCULO DE REACCIONES</u>	<u>65</u>
<u>3.9.1 Asignación de restricciones</u>	<u>66</u>
<u>3.9.2 Asignación de cargas distribuidas</u>	<u>68</u>
<u>3.9.2.1 Carga distribuida nominal</u>	<u>70</u>
<u>3.9.2.2 Carga distribuida placa perforada</u>	<u>70</u>
<u>3.9.2.3 Carga de montaje y desmontaje</u>	<u>71</u>
<u>3.9.3 Fuerzas horizontales</u>	<u>71</u>
<u>3.9.3.1 Fuerzas producidas por la acción del viento</u>	<u>72</u>
<u>3.9.4 Cargas sobre los pasamanos</u>	<u>73</u>
<u>3.9.5 Casos de carga y combinaciones</u>	<u>74</u>
<u>3.9.6 Cálculo de reacciones</u>	<u>76</u>
<u>3.10 ESFUERZOS MÁXIMOS</u>	<u>79</u>
<u>3.10.1 Análisis de esfuerzos</u>	<u>79</u>
<u>3.11 ESPECIFICACIÓN DE PERFILES</u>	<u>86</u>
<u>3.12 CÁLCULO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN</u>	<u>87</u>
<u>3.13 CÁLCULO DE ELEMENTOS A TENSIÓN</u>	<u>89</u>
<u>3.14 ÍNDICES DE TRABAJO</u>	<u>90</u>
<u>3.15 CÁLCULO POR FLEXIÓN</u>	<u>91</u>
<u>3.16 CÁLCULO DEL MÁSTIL</u>	<u>93</u>

<u>3.16.1 Requisitos del AISC</u>	<u>94</u>
<u>3.16.2 Obtención de reacciones en la columna o mástil</u>	<u>95</u>
<u>3.16.3 Cargas sobre la columna o mástil</u>	<u>97</u>
<u>3.16.4 Selección del perfil estructural HSS para el mástil</u>	<u>99</u>
<u>3.16.5 Obtención de reacciones en el mástil</u>	<u>102</u>
<u>3.17 CÁLCULO DE LA BASE DE LA PLATAFORMA DE TRABAJO</u>	<u>104</u>
<u>3.17.1 Asignación de cargas</u>	<u>105</u>
<u>3.17.2 Verificación de perfiles</u>	<u>107</u>
<u>3.17.2.1 Elementos verticales</u>	<u>108</u>
<u>3.17.2.2 Elementos horizontales</u>	<u>109</u>
<u>3.17.2.2.1 Elemento estructural interior</u>	<u>109</u>
<u>3.17.2.2.2 Elemento estructural exterior</u>	<u>113</u>
<u>3.18 CÁLCULO DE ELEMENTOS UNIÓN Y FIJACIÓN DE SECCIONES</u>	<u>115</u>
<u>3.18.1 Clavijas de las juntas de unión</u>	<u>124</u>
<u>3.18.2 Ruedas</u>	<u>126</u>
<u>3.19. SUELO DE LA PLATAFORMA</u>	<u>127</u>
<u>3.20. PIÑÓN-CREMALLERA</u>	<u>129</u>
<u>3.20.1 Materiales</u>	<u>131</u>
<u>3.20.2 Determinación de los engranes</u>	<u>131</u>
<u>3.20.3 Diseño por flexión</u>	<u>133</u>
<u>3.21 SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR</u>	<u>137</u>
<u>3.22 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS</u>	<u>138</u>
<u>3.22.1 Rodamientos de una hilera de rodillos Cilíndricos</u>	<u>138</u>

3.23 CONEXIONES EMPERNADAS	142
3.23.1 Tornillos de alta resistencia	143
3.23.2 Cálculos	146
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>148</b>
4.1 MANUAL BÁSICO DE OPERACIÓN	148
4.1.1 Descripción de la máquina	148
4.1.1.1 Introducción	148
4.1.1.2 Información general	149
4.1.1.3 Descripción de los componentes	150
4.1.1.3.1 Base	151
4.1.1.3.2 Mástiles	151
4.1.1.3.3 Anclajes	152
4.1.1.3.4 Plataforma base	153
4.1.1.3.5 Módulos de la plataforma	154
4.1.1.4 Equipamiento eléctrico	155
4.1.1.5 Consideraciones de uso y mantenimiento básico.	156
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>159</b>
5.1 PRESUPUESTO	159
5.1.1 Motorreductor	159
5.1.2 Galvanizado	159
5.1.3 Mano de obra de maquinado	160
5.2 PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN PLATAFORMA ELEVADORA	160
5.2.1 Maquinado de piezas	161

5.2.2 Listado de pesos	161
5.2.3 Precio de fabricación	161
5.2.4 Precio del equipo	162
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>163</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>165</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>166</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>168</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escalera fija .....	5
Figura 2. Andamio .....	6
Figura 3. Principio de restricción de movimiento.....	8
Figura 4. Elementos de detención de caídas. ....	9
Figura 5. Distancia de detención.....	9
Figura 6. Posicionamiento bajo tensión continua. ....	10
Figura 7. Acceso por cuerdas. ....	11
Figura 8. Anclaje.....	20
Figura 9. Dispositivo de anclaje Marcelino. ....	22
Figura 10. Puntos de anclaje en color naranja.....	22
Figura 11. Casco. ....	23
Figura 12. Arnés.....	25
Figura 13. Línea de posicionamiento. ....	26
Figura 14. Arrestador. ....	27
Figura 15. Conector con absorbedor de choque.....	28
Figura 16. Protección contra caídas. ....	29
Figura 17. Plataforma articulada. ....	37
Figura 18. Movimiento de una plataforma articulada.....	39
Figura 19. Movimiento de una plataforma telescópica.....	40
Figura 20. Plataforma telescópica. ....	41
Figura 21. Plataforma tipo tijeras.....	42

Figura 22. Movimiento de una plataforma tipo tijeras.....	43
Figura 23. Plataforma sobre mástil doble. ....	44
Figura 24. Plataforma autopropulsada. ....	45
Figura 25. Plataforma remolcable .....	46
Figura 26. Plataforma sobre camión. ....	47
Figura 27. Partes de una plataforma elevadora móvil de personal. ....	48
Figura 28. Carga distribuida.....	62
Figura 29. Esquema de dimensiones en plataforma.....	63
Figura 30. Fuerzas perpendiculares.....	64
Figura 31. Pre diseño de la plataforma.....	65
Figura 32. Ubicación de restricciones (a) .....	66
Figura 33. Ubicación de restricciones (b) .....	67
Figura 34. Asignación de cargas distribuidas .....	68
Figura 35. Representación de la carga distribuida .....	70
Figura 36. Carga distribuida por el piso.....	70
Figura 37. Carga de montaje y desmontaje.....	71
Figura 38. Esquema lateral.....	73
Figura 39. Esquema de carga sobre los pasamanos .....	73
Figura 40. Combinación de carga 1 para la plataforma .....	74
Figura 41. Combinación de carga 2 incluida la carga sobre el pasamano .....	75
Figura 42. Reacciones de cargas por combinación 1 .....	77
Figura 43. Reacciones de cargas por combinación 2 .....	77
Figura 44. Designación de apoyos. ....	79

Figura 45. Análisis de esfuerzos .....	80
Figura 46. Diagrama de corte, tubo 50x3.....	81
Figura 47. Diagrama de corte, tubo 50x3.....	81
Figura 48. Diagrama de corte, tubo 40x3.....	82
Figura 49. Diagramas de corte, tubo 40x3 .....	83
Figura 50. Diagrama de corte, tubo 25x1.5.....	83
Figura 51. Diagrama de corte, tubo 25x1.5.....	84
Figura 52. Diagrama de corte, tubo 40x20x2.....	85
Figura 53. Diagrama de corte, tubo rectangular 40x20x2.....	85
Figura 54. Curva estándar de columnas .....	89
Figura 55. Reacciones en los apoyos de la plataforma .....	97
Figura 56. Cargas horizontales sobre el mástil .....	98
Figura 57. Reacciones vertical y horizontal sobre el mástil.....	99
Figura 58. Reacciones en el mástil.....	101
Figura 59. Reacciones en el mástil.....	102
Figura 60. Base .....	105
Figura 61. Lugar donde el efecto de las cargas será mejor absorbida.....	106
Figura 62. Reacciones en los apoyos .....	107
Figura 63. Diagrama de estructura, carga de columna.....	108
Figura 64. Simulación .....	110
Figura 65. Diagrama de corte.....	111
Figura 66. Resultados de simulación de la base.....	113
Figura 67. Elementos de fijación. ....	115



Figura 68. Unión de elementos .....	116
Figura 69. Fijación de uniones .....	116
Figura 70. Fuerza aplicada a la junta. ....	118
Figura 71. Reacciones y puntos críticos.....	119
Figura 72. Esfuerzos de Von Misses.....	119
Figura 73. Esfuerzos en anclajes .....	120
Figura 74. Esfuerzos de Von Misses.....	121
Figura 75. Esfuerzos en la unión.....	122
Figura 76. Esfuerzos de Von Misses.....	122
Figura 77. Esfuerzos en la unión.....	123
Figura 78. Esfuerzos de Von Misses.....	123
Figura 79. Pasadores para anclajes (a) .....	124
Figura 80. Pasadores para anclajes (b).....	125
Figura 81. Rueda guía (a).....	126
Figura 82. Rueda guía (b).....	127
Figura 83. Piso de la plataforma .....	128
Figura 84. Calculo de esfuerzos en piso de la plataforma.....	128
Figura 85. Reacciones en los apoyos de la placa. ....	129
Figura 86. Esquema piñón-cremallera .....	134
Figura 87. Diagrama de cuerpo libre piñón-cremallera .....	136
Figura 88. Ubicación de rodamientos guías .....	140
Figura 89. Detalle de rodamiento guía.....	141
Figura 90. Esquema de la cabeza de un perno hexagonal.....	144

Figura 91. Conexión roscada .....	146
Figura 92. Plataforma de trabajo .....	150
Figura 93. Base .....	151
Figura 94. Mástil .....	152
Figura 95. Plataforma base y anclajes .....	153
Figura 96. Detalle F.....	154
Figura 97. Módulos de la plataforma .....	155
Figura 98. Tablero de mandos.....	156

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de plataformas .....	37
Tabla 2. Combinaciones de carga que deben tomarse en consideración .....	55
Tabla 3. Velocidad y presión del viento.....	64
Tabla 4. Valores de carga distribuida en cada área de la plataforma de acuerdo a la carga nominal. ....	68
Tabla 5. Valores de carga distribuida considerando el peso del piso de la plataforma .....	69
Tabla 6. Reacciones en los apoyos, combinación 1 de carga.....	78
Tabla 7. Reacciones en los apoyos, combinación 2 de carga.....	78
Tabla 8. Carga axial máxima a compresión, tubo cuadrado 50x3 .....	80
Tabla 9. Carga axial máxima a tensión, tubo cuadrado 50x3 .....	81
Tabla 10. Carga axial máxima a compresión, tubo cuadrado 40x3 .....	82
Tabla 11. Carga axial máxima a tensión. ....	82
Tabla 12. Carga axial máxima a compresión, tubo 25x1.5 .....	83
Tabla 13. Carga axial máxima a tensión, tubo cuadrado 25x1.5 .....	84
Tabla 14. Máxima carga axial.....	84
Tabla 15. Máxima carga axial a tensión, tubo rectangular 40x20x2 .....	85
Tabla 16. Catálogo DIPAC, tubo estructural cuadrado.....	86
Tabla 17. Catálogo DIPAC, tubo estructural rectangular .....	86
Tabla 18. Especificaciones de los tubos seleccionados .....	88
Tabla 19. Calculo de cargas a compresión.....	88

Tabla 20. Cálculos de carga axial .....	90
Tabla 21.....	90
Tabla 22.....	91
Tabla 23. Calculo por flexión. ....	93
Tabla 24. Cumplimiento de la condición .....	93
Tabla 25. Longitudes efectivas de columnas .....	95
Tabla 26. Reacciones en apoyos de la plataforma de trabajo .....	96
Tabla 27. Reacciones en la base de la columna. ....	102
Tabla 28. Reacciones en las juntas de unión pasador .....	117
Tabla 29. Selección del pasador.....	125
Tabla 30. Acero inoxidable .....	126
Tabla 31. Fuente: e.s.p.i.t.KOOM Transmisiones de Precisión.....	130
Tabla 32. Catalogo de rodamientos WWB .....	142
Tabla 33. Características Generales .....	149

## **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los procesos necesarios para llevar a cabo los trabajos en altura en el área de la construcción de edificaciones, demandan de planificación y de la adopción de la normativa correspondiente que aporten a la disminución de riesgos potenciales, actualmente en nuestro medio no existe una máquina que esté dotada de características técnicas específicas, y que gracias a ellas garanticen la seguridad de los operarios al realizar estos trabajos, la máquina en mención lograría desplazar a los métodos comúnmente utilizados, métodos que en la mayoría de los casos son ineficientes.

Actualmente el tema de la construcción de edificaciones tanto de oficinas como de viviendas amerita la utilización de plataformas, andamios, escaleras, etc., que permiten a las personas que están trabajando en este ambiente poder acceder a lugares elevados, sin embargo, muchas de las veces estos elementos no prestan la seguridad necesaria e incluso no son utilizados adecuadamente, hay ocasiones en que se realizan adaptaciones riesgosas para poder llegar a un lugar elevado.

La máquina elevadora que se propone, debe cumplir con los objetivos deseados dentro de los parámetros y normas de trabajo seguro y confiable. Hay que aclarar que el objetivo es utilizar este dispositivo únicamente en el trabajo en fachadas, y de aquí parte la necesidad de adecuarla a las necesidades específicas para trabajos de este tipo.

Se podría asegurar que al poder adecuar un dispositivo que cumpla con el objetivo que se plantea, se lograría desplazar a los métodos comunes y garantizar de mejor manera la seguridad y salud de las personas que operen y trabajen con él.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Dentro del contexto del problema se requiere de un equipo de fácil transporte que sea adaptable a las condiciones del suelo, que tenga la posibilidad de maniobrar con altos niveles de confiabilidad, dotado de seguros contingentes, que garantice su integridad en los distintos procesos constructivos en edificaciones y viviendas, que signifique una alternativa para la disminución de incidentes y accidentes en el orden de lo laboral. La propuesta para solucionar los inconvenientes mencionados es la implementación de una plataforma elevadora que permita realizar operaciones de construcción y mantenimiento.

Para este caso la implementación de este tipo de plataforma es idónea, debido a su sistema que permite la elevación vertical utilizando un área limitada en la base, además que contará con la posibilidad de disminuir su superficie útil de acuerdo a la necesidad, ya que posee módulos de ensamblaje en sentido horizontal, característica que incrementa la versatilidad de la máquina.

## **OBJETIVOS**

**OBJETIVO GENERAL.-** Diseñar y simular una plataforma elevadora para la ejecución de trabajos en fachadas de edificaciones elevación máxima 10 m.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS.-**

- Analizar los distintos equipos utilizados para la ejecución de trabajos en altura dentro del campo de la construcción.
- Calcular la estructura sobre la cual operará el módulo de elevación y las diferentes partes que constituyen el conjunto del elevador.
- Realizar la simulación del funcionamiento de la sección mecánica del elevador.
- Realizar un presupuesto.

## ALCANCE

La máquina será capaz de elevarse en forma vertical, con una capacidad de carga de 950 kg, la altura máxima llegará hasta los 10 m, la plataforma contará con barandas de seguridad y con un área útil de 6.5 m<sup>2</sup>, también se incluirá la señalización necesaria en la máquina. La torre de elevación contará con anclajes conectados a la parte fija de la fachada.

La elaboración del proyecto contempla las siguientes especificaciones:

- Los cálculos se enfocarán en los siguientes elementos mecánicos.
  - Torre de elevación central por módulos altura máxima 12 m.
  - Base y sus respectivos estabilizadores.
  - Módulo de elevación.
  - Piñones diferenciales para el sistema (piñón cremallera).
  - Sistema de seguros para montaje de módulos en: plataforma y torre.
  - Sistema de frenado para emergencias.
- La selección del motorreductor apropiado, de acuerdo al procedimiento descrito en el manual de selección del fabricante Pujol.
- La simulación consta de las siguientes secuencias:
  - Presentación de cada elemento y su función en el conjunto.
  - Secuencia de ensamblaje.
  - Posibles configuraciones de ensamblaje según la necesidad.
- Elaboración de planos y manuales de uso.



## **HIPÓTESIS**

La implementación de un equipo elevador para la realización de trabajos en fachadas de edificaciones constituirá una alternativa que mejorará y tecnificará el desarrollo de esta actividad que cotidianamente está involucrada en todos los procesos de construcción y al mismo tiempo solucionará algunos problemas típicos que se producen por la falta de equipos especializados en este trabajo.

# METODOLOGÍA

Primordialmente debemos entender que la metodología es un instrumento que nos ayuda a enlazar el sujeto con el objeto de la investigación. Sin la metodología es muy difícil llegar a la lógica que nos guiará al conocimiento científico.

En este trabajo se enfocará el conjunto de procedimientos lógicos a través de los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba la hipótesis y los instrumentos del trabajo investigado, por lo que los métodos y técnicas a utilizarse son:

## Métodos de investigación

### Método científico

Debido a que se realizará un proceso de razonamientos que intentan no solamente describir los hechos sino también explicarlos y comprobarlos, sus etapas son:

- **Percepción de un problema:** aquí es donde nosotros como individuos encontramos el problema al cual se enfoca nuestro estudio.
- **Identificación y definición del problema:** es donde observamos para definir la dificultad del problema.
- **Formulación de hipótesis:** es decir buscaremos las posibilidades de solución para el problema mediante previos estudios de los hechos.
- **Experimentación:** en esta última etapa probaremos la hipótesis buscando hechos ya observados que prueben que dicha consecuencia sea verdadera para así hallar la solución más confiable.

- **Tesis:** en esta etapa llegaremos a la conclusión, si nuestra hipótesis es verdadera le seguirán ciertas consecuencias.

### **Método hipotético-deductivo**

La hipótesis propuesta se basa en las inferencias del conjunto de datos empíricos, de principios y leyes más generales. Lo que constituirá en la vía para arribar a conclusiones particulares a partir de la hipótesis y que después se puedan comprobar experimentalmente.

### **Método analítico**

Se distinguirán los elementos de la investigación y se procederá a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado, se utilizará este método a partir de la observación, experimentación y el análisis de algunos casos, se establecerán leyes y teorías.

Hay que tomar en cuenta que las operaciones a realizarse no son independientes una de la otra, el análisis de un objeto se realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo.

### **Técnicas de investigación**

#### **La Observación**

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo, ya que en dicho proceso se apoya para obtener el mayor número de datos. El tipo de observación que se utilizará será científica puesto que su intencionalidad es observar con el objetivo claro, definido y preciso, sabiendo para qué hacerlo, lo cual implica que se debe preparar cuidadosamente el proceso de la observación.

### **El Fichaje**

Esta técnica auxiliar se empleará en la investigación científica y con ella se registrarán los datos que se van obteniendo, las cuales serán debidamente ordenadas y constituirá un valioso auxiliar en esa tarea.

## INTRODUCCIÓN

Entre los campos de acción de un ingeniero industrial, mecánico, civil etc., se encuentra el garantizar las condiciones más seguras dentro de una organización para desarrollar las actividades propias de los empleados. En la actualidad se ha identificado el trabajo de altura como una actividad de alto riesgo que debe ser planeada y realizada de tal forma que se reduzcan los riesgos para los trabajadores. Cuando se identificó la caída de altura como una de las causas más comunes de muerte durante el trabajo se tomaron medidas para establecer condiciones mínimas de seguridad a fin de desarrollar estas tareas.

Las caídas desde lugares altos ocasionan frecuentemente heridas graves y muertes en el trabajo. Afortunadamente, los equipos de protección contra caídas pueden evitar estos accidentes, pero muchos trabajadores no hacen uso de dichos equipos. En algunos casos, el problema consiste en que los equipos son usados, pero incorrectamente.

Estas muertes sólo se pueden evitar si cada trabajador cumple con su parte, por ello, es su deber conectarse cada vez que existe el riesgo de sufrir una caída y es deber de un ingeniero el resguardar la integridad de cada uno de sus colaboradores.

# CAPITULO 1

## 1.1 TRABAJO EN ALTURA

No hay una definición exacta ni única de trabajo en altura, pero en términos generales se lo determina como todo aquel trabajo con riesgo de caída a distinto nivel donde una o más personas realizan cualquier tipo de actividades a un nivel cuya diferencia de cota sea aproximadamente igual o mayor a dos metros con respecto del plano horizontal inferior más próximo.

*Se considerará también trabajo en altura cualquier tipo de trabajo que se desarrolle bajo nivel cero, es decir: pozos, ingreso a tanques enterrados, excavaciones de profundidad mayor a 1,5 metros, y situaciones similares. En estos casos se comienzan a compartir conceptos de trabajo en espacios confinados.<sup>1</sup>*

También puede ser considerado como trabajo en altura, todo aquel trabajo que se desarrolle en un lugar donde, debajo de este existan equipos en movimiento, pisos abiertos, o algún otro tipo de riesgos; y que obliguen a tomar medidas de índole similar a los de los trabajos en alturas.

La altura se convierte en un riesgo laboral debido a las consecuencias que tiene para las personas y a que muchos trabajadores se exponen a esas consecuencias por cumplir con su trabajo.

Los trabajos en altura que desarrollan los operarios durante la ejecución de tareas en los proyectos y obras que se ejecutan a diferente nivel, son la causa principal de accidentes graves, especialmente aplicado para aquellos de duración generalmente corta.

En primer lugar, es necesario determinar el marco reglamentario que incluye la definición de la altura mínima a partir de la cual se considera que representa un

---

<sup>1</sup> Ing. Nestor Botta. *Seguridad en el Trabajo de Altura*. RED PROTEGER. Argentina. Septiembre 2004

riesgo ante un accidente humano y determinar las causas que provocan estos accidentes.

Bajo el nombre de trabajos en altura se designan a los trabajos que son ejecutados como ya se ha mencionado en alturas superiores a 2 metros en andamios, edificios, escaleras, estructuras, máquinas, plataformas, vehículos, etc., así como a los trabajos en aberturas de tierra, excavaciones, pozos, trabajos verticales, etc.

Las caídas de personas a distinto nivel dan lugar a lesiones que normalmente son graves, donde aproximadamente un 20 % de cuantos accidentes se producen son mortales.

Se debe diferenciar entre los llamados trabajos en altura por métodos convencionales, y las llamadas técnicas de trabajos verticales.

Mientras en lo que se refiere al primer grupo, es decir los llamados trabajos en altura por métodos convencionales, la legislación es clara y abundante, en lo que respecta a los trabajos verticales estos se encuentran en una situación donde no existe una normativa clara respecto a este tipo de trabajos.

En segundo lugar, considerar que la situación de riesgo no implica que se pueda o deba producir un daño, ya sea una lesión o solo destrozos materiales; sin embargo, detalles aparentemente carentes de importancia pueden transformarse en serios disgustos, es decir algún trabajo por realizar que no lleva mucho tiempo y que aparentemente es fácil de hacerlo puede convertirse en un grave problema por no dar importancia a los lineamientos de seguridad que se exige.

Todos los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos o dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad.

No obstante, como por la naturaleza del trabajo lo anterior no siempre es posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje, arnés anti caída u otros medios de protección individual equivalente. Además, los trabajos en altura se realizarán preferentemente acompañados,

obligatorio en zonas no urbanas, y en todo momento el operario que esté trabajando en altura debe encontrarse en el campo de visión de otro compañero.

En cuanto a los trabajos que pueden dar lugar a una caída en altura, son muchos, aunque de forma genérica los más habituales son los que se desarrollan en: aberturas, andamios, antenas, árboles, celosías, cestas elevadoras, cisternas, columnas, cubiertas, huecos de ascensores, depósitos, desniveles, equipos de elevación, escaleras, muros, paredes, pasarelas, pilares, planos inclinados, plataformas, pórticos, postes, pozos, rampas, tanques, tejados, torres, trabajos verticales, tuberías, voladizos, zanjas, etc.

En este ambiente y en relación con las circunstancias en que se realiza el trabajo, los principales riesgos a los cuales está expuesto el trabajador son: atrapamientos, caída de personas, caída de objetos, contacto con líneas eléctricas aéreas, desplazamiento intempestivo, desplome, golpes, impacto de vehículos, pérdida de estabilidad, etc.

Por último, como en cualquier tipo de accidente, pueden intervenir dos grandes causas:

- **Humanas:** están formadas por acciones peligrosas.
  - **Causas físicas:** agilidad, desequilibrio, edad, falta de reflejos, fortaleza, habilidad, mala condición física, mareos, vértigos, etc.
  - **Causas psicológicas:** descuido, falta de atención, inquietud, nerviosismo, etc.
  - **Formativas:** desconocimiento de los riesgos, incorrecta utilización de los medios y equipos de protección, malos métodos de trabajo, torpeza, etc.
- **Materiales:** constituyen las condiciones peligrosas.
  - **Equipos de protección:** carencia de los equipos, tanto individuales como colectivos, fallo en la construcción o en los equipos de protección.
  - **Influencia de los factores meteorológicos.**



- **Rotura de elementos de sustentación.**
- **Orden y limpieza.**

## **1.2 SISTEMAS DE SOLUCIÓN PARA LOS TRABAJO EN ALTURA**

Durante el desarrollo cotidiano de actividades al interior de las organizaciones muchos trabajadores se encuentran expuestos a caídas de distinto nivel, lo que implica que a diario en las empresas se realicen y hagan uso de los principios de trabajo en altura. Sin embargo al depender de la regularidad de la actividad y el número de empleados expuestos, las políticas de trabajo en altura cambian y se podrían clasificar en dos grupos; sistemas fijos y sistemas temporales.

### **1.2.1 Sistemas Fijos**

Cuando se desarrolla cotidianamente una labor con un gran grupo de trabajadores donde se realiza alguna actividad que los exponga al riesgo de caída de altura se deberían emplear sistemas fijos de prevención.

Este tipo de medidas consisten en el uso de pasarelas, barandas, túneles, escaleras (Figura 1) fijas que se convierten en parte de las instalaciones de las empresas y que tienen como único fin eliminar o disminuir el riesgo al que están expuestos los trabajadores.



**Figura 1. Escalera fija**

**Fuente:** [www.google.com](http://www.google.com)

Toda organización que realice este tipo de actividades en forma rutinaria debe contar con protocolos de trabajo para el desarrollo de esta labor.

### **1.2.2 Sistemas Temporales**

Si la actividad no se desarrolla con gran frecuencia se utilizan sistemas temporales que permiten desarrollar la actividad de forma segura.

Los ejemplos típicos son andamios, plataformas y escaleras móviles que son utilizados en situaciones no cotidianas y/o con un grupo pequeño de personas. (Figura 2).

Toda organización que realice este tipo de actividades de forma esporádica debe contar con permisos de trabajo.



**Figura 2. Andamio**

**Fuente:** [www.google.com](http://www.google.com)

### **1.3 ASPECTOS A CONSIDERAR ANTES DE INICIAR UN TRABAJO EN ALTURA**

- Estudiar el método de trabajo de acuerdo con los factores de riesgo.
- Planificar previamente las tareas incluyendo la evaluación de riesgos.
- Realizar el estudio para el empleo de las protecciones necesarias y suficientes para cada tipo de tarea.
- Que todos los trabajadores hayan recibido la formación e información necesaria para el adecuado desarrollo de sus tareas.
- Tener en cuenta que no todos los trabajos en altura se desarrollan en las mismas circunstancias.

En los trabajos en altura, es fundamental la elección de los equipos de trabajo, que garanticen condiciones de trabajo seguras:

- La prioridad de las medidas de protección colectiva frente a las individuales.
- La elección no puede subordinarse a criterios económicos.

- Solo podrán efectuarse cuando las condiciones meteorológicas no pongan en peligro la salud y seguridad de los trabajadores.
- Los andamios deben proyectarse, montarse y mantenerse convenientemente para evitar riesgos por desplome y desplazamiento.
- Las plataformas, pasarelas y escaleras deben construirse, dimensionarse, protegerse y utilizarse para evitar riesgos de caída de personas o de objetos.
- Los equipos de trabajo deberán disponer de los medios adecuados para garantizar que el acceso y permanencia en esos equipos no suponga un riesgo para su seguridad y salud.

## **1.4 CLASIFICACIÓN DEL TRABAJO EN ALTURA**

Por facilidad de estudio los trabajos en altura se clasificaran en cuatro grupos, cada grupo involucra un equipo de protección personal (EPP) específico y técnicas propias. Dispuestos en un orden de menor a mayor complejidad son los siguientes:

### **1.4.1 Restricción de movimiento**

El principio de restricción de movimiento es tal vez el más lógico de todos, su objetivo principal es mantener al trabajador lejos de un potencial riesgo, utilizando EPP adecuados se restringe el movimiento del trabajador y se mantiene en una zona segura. (Figura 3)

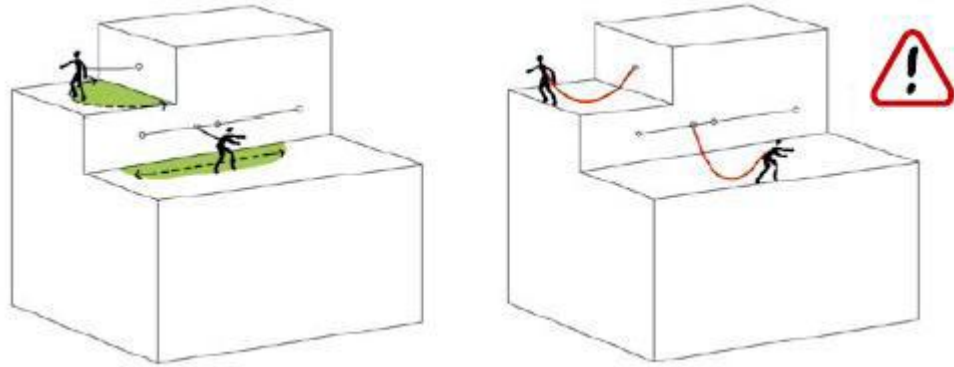


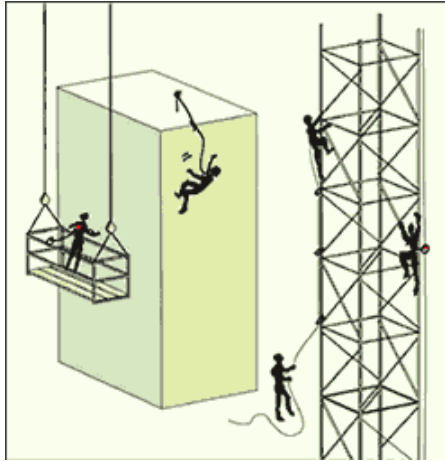
Figura 3. Principio de restricción de movimiento.

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

#### 1.4.2 Detención de caídas

Cuando debido a la naturaleza de la actividad no se puede alejar al trabajador de una potencial caída, se deben tomar todas las medidas adecuadas para que en caso de que esto suceda no implique ninguna lesión al trabajador o daño a ningún equipo. (Figura 4)

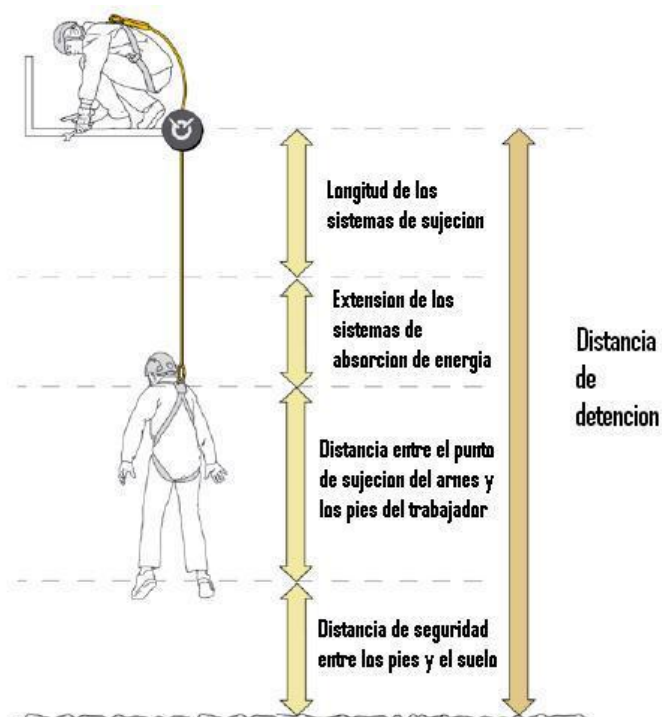
Un adecuado sistema anti caídas debe garantizar que la distancia recorrida por el trabajador durante su caída sea mínima; esta debe absorber la energía necesaria para que no se presente ningún tipo de lesión y al terminar el desplazamiento debe dejar al trabajador en una posición que no represente amenaza para su salud.



**Figura 4. Elementos de detención de caídas.**

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

Para desarrollar un adecuado sistema de detención de caída se deben contemplar todas las variables y longitudes que estarán presentes antes que el sistema logre detener al trabajador en una posición segura. (Figura 5)



**Figura 5. Distancia de detención.**

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

Se define como distancia de detención el desplazamiento vertical total requerido para detener una caída, incluyendo la longitud de los sistemas de sujeción, las distancias de activación de los sistemas y las deformaciones de cada elemento, más una pequeña distancia de seguridad.

### 1.4.3 Posicionamiento bajo tensión continua

El sistema de posicionamiento bajo tensión continua permite al trabajador ubicarse de forma segura en un lugar de difícil acceso o de posición incómoda (como un techo inclinado) y mantener sus manos libres para el trabajo. (Figura 6)

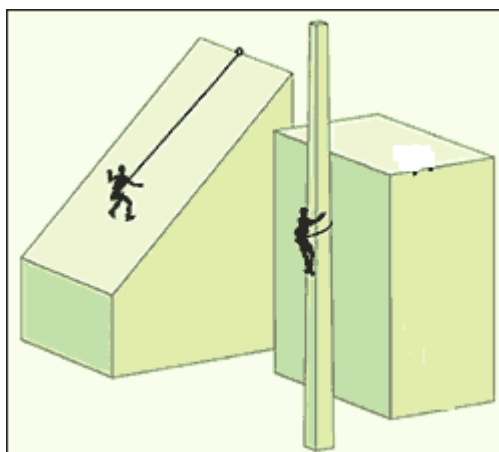


Figura 6. Posicionamiento bajo tensión continua.

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

Esta técnica transmite estabilidad al trabajador mediante el uso bajo tensión de sus EPP y también protege de una eventual caída; se recomienda emplearse en situaciones donde el trabajador deba usar sus dos manos para garantizar la calidad en su trabajo.

#### 1.4.4 Acceso por cuerdas

Esta técnica de acceso por cuerdas se utiliza cuando la estructura sobre la que se está desarrollando el trabajo no es apta para mantenerse a salvo o progresar para desarrollar la actividad.

Es necesario tomar en cuenta en este caso dos sistemas, uno de progresión y posicionamiento y otro de detención de caídas, cada uno de los sistemas debe ser independiente y solidario en caso de falla. (Figura 7)

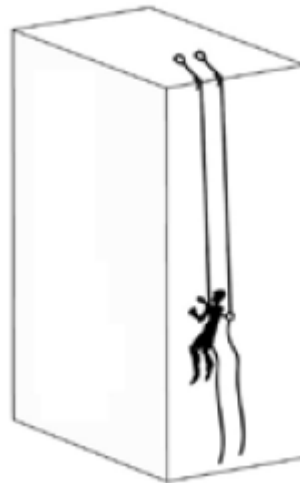


Figura 7. Acceso por cuerdas.

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

#### 1.5 CAMPOS DE ACCIÓN DEL TRABAJO EN ALTURA

Para muchos empresarios, ingenieros, arquitectos, etc., el trabajo en altura puede ser algo no muy significativo y sin mayor trascendencia para cualquiera de sus operarios. Sin embargo si el trabajo en altura fuera reconocido como la gran herramienta que es, se podrían resolver fácilmente problemas como los siguientes:



- ¿Cómo se podría inspeccionar las soldaduras debajo de un puente ubicado sobre una vía principal sin interrumpir el tráfico?
- ¿Cómo podría instalar una gran pancarta sobre la fachada de un edificio en pleno centro de la ciudad?
- ¿Cómo podría limpiar el domo superior de una construcción o la torre de una iglesia?
- ¿Cuál es la forma más económica y eficiente para inspeccionar la corrosión en las bases de una plataforma petrolera sobre el mar?
- ¿Cómo inspeccionar las emisiones de gas en una gran chimenea de una refinería?

Sin embargo puede ser que para muchas personas estos no sean sus problemas, así que tal vez otras preguntas pueden evidenciar el campo de acción del trabajo en alturas como por ejemplo:

- ¿Cómo cambiar una lámpara fundida en la recepción de su oficina?
- ¿Cómo cambiar las tejas dañadas y/o rotas y con goteras?
- ¿Cómo limpiar los canales de aguas lluvias llenas de lodos y de hojas secas?
- ¿Cómo limpiar los vidrios de la fachada de un edificio o vivienda?

La respuesta a estas preguntas tiene relación directa con los diferentes tipos de trabajo en altura y por donde lo miren un trabajo en altura bien realizado se caracteriza por ser una solución segura, rápida y económica, que no implica de grandes obras de ingeniería ni de gigantes inversiones o paradas de producción. La versatilidad de sus técnicas permite adaptarse a la infinidad de situaciones que se presentan a diario en estos campos de acción. Algunos de estos campos del trabajo en alturas son:

- Estabilización de taludes, frentes rocosos, etc.
- Evaluación y elaboración de informes técnicos.

- Instalación de toldos y elementos ornamentales.
- Instalación de aparatos de aire acondicionado y sistemas de refrigeración.
- Instalación de líneas de vida y sistemas de seguridad.
- Instalación de lonas y demás elementos publicitarios.
- Instalaciones de gas, plomería, electricidad, etc.
- Limpieza de muros cortina, fachadas, cristales, etc.
- Limpieza de sistemas de ventilación, chimeneas, etc.
- Mantenimientos de estructuras, instalaciones, torres, etc.
- Obras civiles, trabajos en puentes, presas, puertos, etc.
- Rehabilitación, mantenimiento y restauración de fachadas y patios de edificios.
- Rehabilitación, mantenimiento, reparación de monumentos y patrimonios históricos.
- Renovación y reparación de tejados.
- Reparación y protección de estructuras de hormigón.
- Sellados de juntas, impermeabilización, etc.
- Trabajos en espacios confinados (silos, pozos, instalaciones industriales, etc.)
- Trabajos en torres y estructuras de telecomunicaciones.
- Trabajos de poda de árboles y plantas.

## **1.6 TIPOS DE SISTEMAS PARA TRABAJAR EN ALTURA**

### **1.6.1 Andamios**

Un andamio es una construcción provisional, fija o móvil que sirve como auxiliar para la ejecución de diferentes tareas. Existen diferentes tipos de andamios como los metálicos, los de caballetes, etc. Para trabajar en ellos con seguridad debemos seguir una serie de recomendaciones generales:

- Deben ser instalados bajo la supervisión de personal especializado.
- Deben ser construidos con superficie, funcionalidad y resistencia acordes con la labor para la cual están destinados.
- Debe facilitarse a los trabajadores un número suficiente de andamios para todos los trabajos que deban efectuarse en altura.
- Los andamios construidos en zonas de tránsito vehicular o peatonal deben estar señalizados.
- Cuando deba trabajarse en lugares con eventuales riesgos eléctricos, se tomarán medidas adecuadas para minimizar los riesgos.
- Los tablones de madera no podrán tener un espesor menor a 2 pulgadas y deberán descartarse aquellos que presenten rajaduras, fisuras, nudos o anomalías que lo indiquen como inseguro.
- Los tablones metálicos deberán ser antideslizantes.

## 1.6.2 Escaleras

La primera recomendación general es que es necesario revisar su estado antes de utilizar cualquier escalera, asegurándonos que no tiene defectos. Pueden ser de distintos tipos: simples, extensibles o tipo tijera.

Recomendaciones sobre el uso de escaleras:

- Las escaleras no deben usarse en aplicaciones para las que no han sido diseñadas.
- No se emplearán escaleras metálicas en trabajos eléctricos.
- La base de la escalera debe apoyarse sobre una superficie sólida y bien nivelada.
- Cuando se emplee la escalera para subir a plataformas, andamios, techos, etc., ésta deberá sobrepasarlos como mínimo en un metro.
- Se subirá y bajará por la escalera de frente a ella, utilizando las dos manos y apoyándose a los peldaños y no a los largueros.
- No debe trabajarse en los últimos escalones, ni tratar de alcanzar puntos que obliguen a posturas muy forzadas que puedan hacer perder el equilibrio.
- Cuando se trabaje con escaleras de tijera, los dos lados deben estar completamente abiertos y nunca nos situaremos a horcajadas sobre ella.
- Las escaleras deben almacenarse cuidadosamente en lugares cubiertos y no deberán pintarse nunca para que podamos detectar fallos.

### **1.6.3 Protección colectiva contra caídas**

En principio, los trabajos en altura sólo se podrán realizar con la ayuda de equipos de protección colectiva: barandillas, plataformas, redes de seguridad, etc. Sin embargo, teniendo en cuenta la naturaleza del trabajo, esto no siempre es posible y deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse medios de protección personal como: cascos de seguridad, portaherramientas, calzado adecuado o arnés de seguridad.

### **1.6.4 Arnés de seguridad**

Es un dispositivo de presión del cuerpo destinado a parar las caídas. Es un equipo que permite puntos de anclaje, y reparte la presión de choque en casos de caídas o suspensión.

Recomendaciones generales para el uso del arnés:

- Ajustado correctamente en su totalidad.
- Verificar que las cintas por donde se pasan las piernas no estén retorcidas.
- Asignar el uso del arnés siempre que se pueda a un mismo operario, eliminando así distintos ajustes que pueden dañar el arnés.
- Seleccionar siempre un punto de anclaje rígido para evitar posibles desgarres o desprendimientos.
- Ante cualquier duda sobre su buen estado debe reemplazarlo.
- Nunca realizar modificaciones sobre el arnés, tanto en las costuras, cintas y bandas.

Los trabajos en alturas solo podrán efectuarse cuando se tengan los equipos y dispositivos adecuados de protección, en el momento que no se cuente con estos se

deberán tener equipos para la prevención de caída individuales, sin embargo no hay que olvidar que estos trabajos se deben realizar preferiblemente acompañados.

Todo empleador debe diseñar un perfil para sus trabajadores que estén expuestos a riesgo de caída al desarrollar sus tareas, teniendo en cuenta y especificando la formación, la experiencia y la condición física de los empleados necesaria para desarrollar de forma segura un trabajo en altura.

## **1.7 NORMAS DE SEGURIDAD**

Se entiende por Norma a una regla a la que se debe ajustar la puesta en marcha de una operación. También se puede definir como una guía de actuación por seguir o como un patrón de referencia.

Las normas de seguridad son las encargadas de prevenir directamente los riesgos que puedan provocar accidentes de trabajo, interpretando y adaptando a cada necesidad las disposiciones y medidas que contienen la reglamentación oficial; consideradas como directrices, órdenes, instrucciones y consignas, que instruyen al personal que trabaja en una empresa sobre los riesgos que pueden presentarse en el desarrollo de una actividad y la forma de prevenirlos mediante actuaciones seguras.

Las normas de seguridad se pueden considerar prácticamente como:

- **Normas de carácter general:** son las universalmente aceptadas.
- **Normas de carácter específico:** las que regulan una función, trabajo u operación específica.

Las ventajas de las normas se reducen, entre otras, a lo siguiente:

- Representan un elemento de sistematización de seguridad.
- Facilitan la comprensión y ejecución de las tareas de seguridad de forma clara y precisa.

- Permiten la dirección eficaz del sistema de seguridad.
- Impiden que existan vacíos acerca de la seguridad.
- Facilitan la rápida formación y concientización del personal.
- Permiten un manejo excelente de las instalaciones y equipos.
- Homogenizan medios y procedimientos, además de facilitar la comunicación y la seguridad.
- Aumentan el sentido de seguridad en el usuario.

## **1.8 NORMAS GENERALES DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN ALTURA**

- Los dispositivos que impiden las caídas deben colocarse y mantenerse en buen estado.
- Las plataformas de trabajo deben estar protegidas del vacío en los bordes, por una baranda que impida la caída de personas y materiales.
- Todas las aberturas en las plataformas de trabajo deben estar obstruidas.
- Las cajas de escaleras deben llevar barandillas para impedir la caída de personas.
- Los andamios, plataformas y entradas de materiales, deben estar provistos de barandas.
- Para todo trabajo especial, aunque tenga una corta duración, que implique trabajar a una altura mayor de 2,50 metros, debe utilizarse el arnés de seguridad.
- No circular nunca sin pasarela sobre tejados de materiales frágiles, por ejemplo vidrio, amianto, cemento, materiales plásticos.

## **1.9 NORMAS DE SEGURIDAD EN EL USO DE ANDAMIOS Y/O PLATAFORMAS**

- Los andamios deben montarse y desmontarse cuidadosamente.
- Deben ser arrimados a puntos sólidos de construcción.
- Durante el montaje y desmontaje vigilar que nadie se encuentre debajo del andamio.
- El andamio debe descansar sobre un suelo y sobre apoyos sólidos, como por ejemplo piezas de madera que presenten un asentamiento suficiente. Nunca debe reposar sobre ladrillos, cajas, etc.
- Las plataformas de los andamios deben ser robustas, estar unidas y libres de cualquier obstáculo.
- No cargar exageradamente las plataformas con materiales. Repartirlos en la plataforma de trabajo.
- Los andamios rodantes solo deben ser desplazados lentamente, prefiriendo el sentido longitudinal, sobre suelos despejados.
- Nadie debe encontrarse en el andamio durante los desplazamientos.
- Antes de cualquier desplazamiento asegurarse de que no pueda caer ningún objeto.
- Antes de subir a un andamio rodante bloquear las ruedas, y si es necesario colocar los estabilizadores.



## 1.10 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y NORMAS DE SEGURIDAD PARA INSTALACIONES Y TRABAJOS EN ALTURAS

El control desde un principio para trabajos en alturas con riesgo de caída, es la forma más inteligente de evitar el riesgo, lo mejor para el trabajo en alturas, es no hacerlo, es decir, evitar el riesgo mediante otras medias de control, a veces medianamente complejas posibilidades como que las luminarias descendan para hacer limpieza y reemplazo de lámparas, o en ocasiones obvias como por ejemplo tener previsto el acceso para todas las tareas de mantenimiento de edificaciones.

### 1.10.1 Sistemas de protección contra caídas

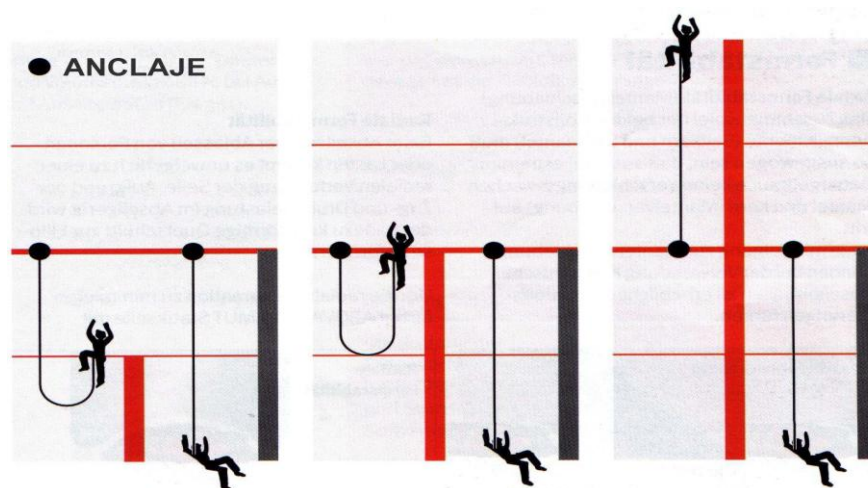


Figura 8. Anclaje.

Fuente: [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co)

Un sistema de protección contra caídas está compuesto por la siguiente cadena:

- Punto de anclaje.
- Línea de conexión.

- Arnés.

Para establecer un sistema de protección contra caídas, se necesitan de forma obligatoria estos tres eslabones técnicos, el punto más crítico es el punto de anclaje, que debe proporcionar 2500 kg para detener la caída. El punto de anclaje debe ubicarse por encima de la cabeza del trabajador y a una altura tal, que no permita que al desplegarse el sistema, el trabajador llegue al piso. Los sistemas con absorbedores de choque deben dejar muy en claro cuál es la altura mínima de caída libre en la que el sistema funciona correctamente.

La protección contra caídas no debe limitarse a los elementos de protección personal y a la capacitación de los trabajadores, que aunque indispensables, no son suficientes.

En las instalaciones se deben dejar previstos los puntos de anclaje para poder hacer uso de los sistemas de protección contra caídas como por ejemplo andamios colgantes, sillas, elementos de protección personal y demás métodos de trabajo seguro en alturas.

En el caso particular de algunas industrias como la de la construcción, en la fundición de las vigas y columnas se pueden dejar previstos puntos de anclaje llamados “Marcelino” que consisten en un elemento que se funde con las vigas, placas o columnas, asegurado a los hierros y que sirve como punto de anclaje para las siguientes operaciones de recibo de materiales en el piso, ventanería, cierres, acabados de fachadas, etc. La argolla debe quedar a aproximadamente 2,20 metros de altura para que el trabajador asegure su arnés mediante la línea de vida que limitará el movimiento o detendrá una caída, es un sistema muy económico y el único requisito es proporcionar los 2500 kg de resistencia y que las distancias máximas sean de tres metros entre anclajes y a un metro y medio del vacío. Las uniones no deben hacerse con nudos en las cuerdas, las uniones con nudos quedan sujetas a la memoria y pericia del obrero; los mosquetones, carabineros o ganchos deben ser de cierre automático y de doble seguro para garantizar la vida del trabajador.



**Figura 9. Dispositivo de anclaje Marcelino.**

Fuente: [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co)

En todo diseño de infraestructuras y diseños arquitectónicos, debe preverse la seguridad para los procesos de construcción y mantenimiento: ¿cómo se van a realizar de manera segura la pintura o el lavado de fachadas y vidrios, o el cambio de un vidrio roto, el cambio de una teja, el cambio de bombillas y limpieza de lámparas, etc.?. En materia de protección contra caídas en infraestructuras, si bien es cierto que todo está escrito y no hay que inventarse casi nada, más cierto es, que no todo está leído. Resulta injustificado que aún se maten trabajadores, existiendo soluciones probadas y económicas comparadas con los costos de una obra de infraestructura. En todas las cubiertas y en especial las de bodegas, debe contarse con una línea de vida horizontal en guaya de acero, a lo largo del caballete, o en la parte más alta de la cubierta, para proporcionar un punto de anclaje y el acceso a la cubierta debe llegar al cable para asegurarse inmediatamente termine el ascenso.

En el análisis de un trabajo en alturas, debe evaluarse la seguridad del diseño, de la construcción, los tres eslabones de la seguridad: anclaje, conector y arnés, la selección y formación del personal y los procedimientos de trabajo.



**Figura 10. Puntos de anclaje en color naranja.**

Fuente: [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co)

## 1.10.2 Elementos de protección personal

Todo equipo de protección personal contra caídas debe resistir como mínimo 2.500 Kg; o 5000 lb; o 2.2 Ton; ó 22 KN, con base en la norma CE EN 361 del Comité Europeo de Normalización.

Cuando han transcurrido 0.6 segundos de producirse la caída, el cuerpo del trabajador que cae, ha recorrido una distancia de 1.8 metros, se encuentra a una velocidad de 5.9 m/s (21.4 km/h) y ha generado una fuerza de 8000 Newton, que es la capacidad máxima del cuerpo humano. Si en ese momento no se ha detenido la caída, la vida del trabajador está seriamente comprometida.

Se hará mención de algunas normas internacionales, con la salvedad de que se citarán solo algunas especificaciones básicas y normas, a título ilustrativo, con la aclaración de que existen las equivalencias en diferentes organismos de normalización. A la hora de realizar cualquier compra que comprometa la salud de los trabajadores, el responsable de la seguridad y salud en el trabajo en las empresas, debe ceñirse al cumplimiento de normas específicas, para garantizar que el elemento satisface las necesidades de protección en caso de accidente.

### 1.10.2.1 Casco



Figura 11. Casco.

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

Para el trabajo en alturas, el casco protector debe responder a las necesidades del riesgo, debe ser un casco ligero, bien aireado y confortable, tipo 2 (es decir, que protege de golpes laterales). Su diseño debe proteger de manera completa la cabeza en su parte frontal, temporal y occipital.

Debe tener barbuquejo (cinta que se pasa por debajo de la barbilla) con mínimo cuatro puntos de anclaje al casco, para asegurar la estabilidad del casco en la cabeza y fijarlo de modo que en caso de una caída, éste permanezca sin moverse y así prestar su finalidad de proteger del impacto.

- PESO: No mayor a 295 g.
- De material dieléctrico tipo B.
- Barbuquejo de seguridad asegurado a 4 puntos del casco.
- Canales de ventilación, deseables.
- Sistema ajuste al diámetro de la cabeza tipo ratchet.
- NORMA: EN 12492 – EN 397, o ANSI Z88.1-1997, Tipo II, Clase E, OSHA 29 CFR 1910.135 y 29 CFR 1926.100(b) y CSA Z94.1-M1992 o equivalentes y complementarias.

Es recomendable que los cascos sean dieléctricos cuando exista la posibilidad de contacto con partes energizadas y en segunda medida que sean ventilados. Es deseable que las partes del caso (tafilete, ratchet, araña, barbuquejo) se puedan proporcionar como repuesto.

### 1.10.2.2 Arnés



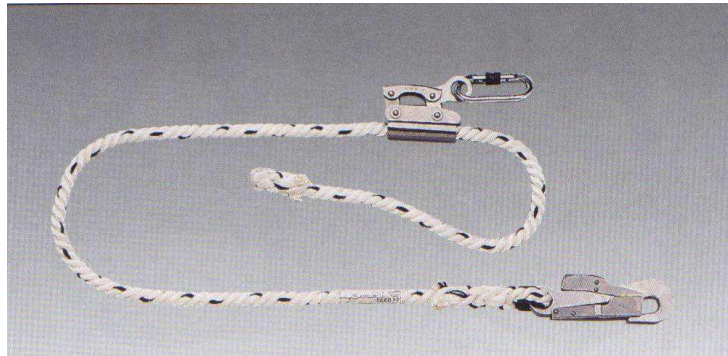
Figura 12. Arnés.

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

Equipo para detención de caídas que distribuya la fuerza en un área corporal, que comprenda piernas, tórax y caderas y que posicione al trabajador para su labor, ergonómico y confortable.

- MATERIAL: Poliamida, poliéster o nylon.
- PUNTOS DE ANCLAJE: Metálicos forjados y mínimo 4 distribuidos así: Uno (1) posterior uno (1) ventral (que no debe llegar a la cara del trabajador en caso de caída) y dos (2) laterales para posicionamiento.
- HERRAJES: Hebillas para ajuste y sujeción al cuerpo, que impidan los deslizamientos de las correas.
- COSTURAS: Hilos de poliamida, poliéster o nylon, de color diferente a las bandas para facilitar la inspección.
- RESISTENCIA: 2500 Kg.
- NORMA: CE EN 361, o ANSI Z359-1992, ANSI A10.14-1991, o CSA Z259.10-M90 u otras normas equivalentes y complementarias.

### 1.10.2.3 Línea de posicionamiento



**Figura 13. Línea de posicionamiento.**

**Fuente:** [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co)

La línea de posicionamiento permite al trabajador ubicarse frente a la zona de trabajo y mantener las manos libres, porque este elemento rodea la estructura y se fija al arnés en las argollas laterales de posicionamiento, proporcionando estabilidad. Consiste en una cuerda de una longitud aproximada de 2 metros; en uno de sus extremos tiene un mosquetón de seguridad y en el otro un freno manual con un mosquetón de seguridad, el freno se desplaza por la cuerda libremente en una sola dirección reduciendo la longitud de agarre, para que el trabajador disponga de las manos libres para realizar la labor de manera cómoda y segura. El extremo de la cuerda debe impedir que el freno manual se salga de la línea de posicionamiento. No sirve está diseñada para detener caídas, es solo para el posicionamiento.

- **MATERIAL:** Cuerdas de poliéster, nylon o poliamida con coraza protectora ante la abrasión, mosquetones y freno en acero o duraluminio.
- **RESISTENCIA:** 2500 Kg.
- **NORMA:** EN 358 o equivalente.

#### 1.10.2.4 Salva caídas troll o arrestador



**Figura 14. Arrestador.**

**Fuente:** [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co)

El troll es el elemento deslizante en un solo sentido, con doble traba de seguridad, que permite asegurarse a la línea de vida (guaya de acero de 3/8” o 9.5 mm) que recorre la ruta de ascenso y descenso y que se conecta al arnés del trabajador mediante mosquetón de seguridad para lo cual cuenta con un orificio para hacer el enlace mediante el mosquetón. Debe detener la caída del trabajador, mediante bloqueo automático sobre la línea de vida.

- NORMA: ANSI Z359.1-1998 OSHA 1926 o equivalente.
- MATERIAL: Acero al carbono o acero inoxidable.
- RESISTENCIA > a 5500 lbs.



### 1.10.2.5 Conector doble con absorbedor de choque



Figura 15. Conector con absorbedor de choque.

Fuente: [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co)

La línea de conexión doble con desacelerador debe constar de dos cintas de poliamida, en los extremos de cada cinta debe llevar mosquetones de seguridad de aproximadamente 60 milímetros de apertura, para ser anclados a las estructuras o en las partes de donde se vaya a asegurar. El tercer mosquetón de seguridad, va a ser fijado en el punto de anclaje del Arnés.

Debe contar con un sistema de desaceleración, o absorbedor de energía, puede ser una cinta cosida envuelta en una funda, que se abra cuando la fuerza generada por el impacto de la caída libre es muy fuerte; la cinta debe empezar a abrir en periodos de tiempo pausados para que la caída se regule y la fuerza sea absorbida por el sistema y no por el cuerpo del trabajador.

- MATERIAL DE LAS CINTAS: Poliéster, nylon o poliamida.
- TIPO MOSQUETONES: Supe rapidez, de acero.
- DESACELERADOR o ABSORBEDOR DE ENERGÍA: 1 m de Cinta poliamida, poliéster, nylon o poliamida.
- RESISTENCIA: 2500 Kg.

- NORMA A CUMPLIR: EN 354 – EN 355, o ANSI A10.14-1991, ANSI Z359.1-1992, o CSA Z259.1- 1976, CSA Z259.11-M92, o equivalente. Los Mosquetones ANSI-Z359.1-1992 y ANSI-A10.14-1991.

Todos los elementos deben estar acompañados de un catálogo ilustrativo con las especificaciones técnicas y normativa que cumple, los elementos de protección personal se deben marcar con un código que identifique cada uno para que ingrese al sistema de control de inspecciones, dentro del programa de revisiones periódicas.

La totalidad de los elementos se deben inspeccionar antes y después de cada uso.



**Figura 16. Protección contra caídas.**

Fuente: [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co)

### **1.10.3 Normativa aplicable**

#### **1.10.3.1 Regulaciones OSHA para la construcción (29 CFR PARTE 1926)**

La subparte E establece algunos requisitos para el equipo de protección personal:

- Cinturones, línea de vida y línea de vida con amortiguador de impacto 1926.104
- Redes 1926.105

La subparte L trata los andamios. 1926.450-454.

La subparte M trata la protección contra caídas en su totalidad, y explica cuándo y dónde se requieren los sistemas de protección contra caídas y para qué actividades de construcción son. También define los requisitos relacionados con los componentes de los sistemas. Ámbito, aplicación y definiciones 1926.500.

- Obligación de tener protección contra caídas 1926.501.
- Criterios y prácticas relacionados con los sistemas de protección contra caídas 1926.502.
- Requisitos de capacitación 1926.503.

La subparte R trata cuestiones relacionadas con la erección de estructuras de acero.

- Protección contra caídas (propuesta) 1926.750.

La subparte X trata las escaleras. 1926.1053.

### **1.10.3.2 Regulaciones OSHA para la industria en general (29 CFR PARTE 1910)**

La subparte D menciona algunos requisitos específicos asociados con la protección contra caídas en relación con las superficies de trabajo y para caminar.

- Escaleras fijas – Dispositivos para escaleras 1910.27 (d) (5)

- Requisitos para andamios – sillas volantes 1910.28 (j) (4)

La subparte **F** trata la protección contra caídas en relación con las plataformas motorizadas, canastillas elevadoras individuales y plataformas de trabajo montadas en vehículos.

- Plataformas motorizadas para mantenimiento de edificios 1910.66
- Sistemas personales de detención de caídas 1910.66

#### Apéndice C

La subparte **J** trata los controles del ambiente en general, en donde se refiere a espacios confinados.

- Espacios confinados para los que se requiere permiso 1910.146

La subparte **R** trata cuestiones relacionadas con industrias especiales.

- Telecomunicaciones 1910.268
- Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica 1910.269.

#### **1.10.3.3 Regulaciones OSHA adicionales específicas para ciertas industrias**

- Terminales marítimas 1917.
- Estiba 1918

#### **1.10.3.4 Estándares ANSI**

- Andamios A10.8.
- Res para personal y escombros para construcción y operaciones A10.11-1989.

- Operaciones de construcción y demolición A10.32-2004.
- Dispositivos para escaleras A14.3-1992.
- Espacio confinado Z117.1.
- Requisitos relacionados con caídas personales Sistemas de detención, subsistemas y componentes Z359.1-1992

#### **1.10.3.5 Estándares CSA (Canadá)**

- Cinturones y línea de vida con amortiguador de impacto Z259.1-95.
- Detenedores de caídas, línea de vidas verticales y rieles Z259.2.1-98.
- Dispositivos auto-retractiles para caídas personales sistemas de detención Z259.2.2-98
- Dispositivos de control de descenso Z259.2.3-99
- Cinturón y cintas para instaladores líneas Z259.3-M1978
- Arneses para cuerpo completo Z259.10-M90
- Amortiguador de impacto para sistemas personales de detención de caídas Z259.11-M92
- Componentes de conexión: Z259.12-01
- Escalamiento de postes de madera Z259.14-01

### **1.10.3.6 Estándares Británicos**

- Equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas BS EN 360:1993
- Detenedores de caídas auto-retractiles. Equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas BS EN 360:2002
- Detenedores de caídas auto-retractiles. Equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas BS EN 362:1993
- Conector a punto. Equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas BS EN 363:2002
- Sistemas de detención de caídas. Equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas BS EN 364:1993
- Métodos de pruebas Equipo de protección personal contra caídas de ciertas alturas. Requisitos generales para las instrucciones de uso y marcas indicadoras BS EN 365:1993

### **1.10.3.7 Comunidad Europea (estándares CE)**

- Directiva sobre equipo de protección personal 89/686/EEC

### **1.10.3.8 Estándares de Australia y Nueva Zelanda**

- Sistemas y dispositivos para detención de caídas en la industria Cinturones y arneses AS/NZS 1891.1-1995/Amdt 4-1999.

Todos los estándares y normas internacionales presentadas a breves rasgos son importantes a considerar en el momento de disponerse a realizar trabajos en altura en todo tipo de industria que realice esta actividad como parte de su labor cotidiana y también en industrias que la realicen esporádicamente, más aun si cuentan con un equipo de personas preparadas en estos temas.

Mediante el ACUERDO N° 011 del Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Publicas del Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos del Ecuador ha considerado que es indispensable y urgente que el estado ecuatoriano reglamente las actividades de la construcción y obras públicas en orden a reducir los riesgos de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que afectan a los trabajadores de esta importante rama de actividad económica. Es así que en base a nuestro estudio nos acogemos también a las normas del Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Publicas según el Capítulo 2; Construcción y Trabajos en Altura, artículos del 1 al 28.

## CAPITULO 2

### 2.1 PLATAFORMAS ELEVADORAS

Cuando se habla de plataforma, se refiere a un tablero dispuesto horizontalmente y que se encuentra elevado sobre el piso.

En la plataforma pueden colocarse tanto personas como objetos y su significado no es un único. Se tienen plataformas de lanzamiento, utilizadas en el despegue de una nave espacial; también están las plataformas como sinónimo de pasarelas en los desfiles de moda; en el ámbito de los videojuegos están aquellos que son conocidos como juegos de plataformas, que implican el traslado de un lugar a otro de forma permanente y superando obstáculos, como las plataformas mismas o incluso acantilados y montecillos. Por otra parte, plataforma también es un derivado del deporte de saltos o clavados en natación. Desde el punto de vista tecnológico, se emplea el término plataforma para designar un sistema utilizado en la creación de programas informáticos. Asimismo existen plataformas petrolíferas, justamente el lugar donde se lleva a cabo la extracción de petróleo.

En el caso de las plataformas elevadoras, éstas se conocen con la sigla **PEMP**, que significa *Plataforma Elevadora Móvil de Personal*. Guiándose por esto, se puede afirmar que se trata, precisamente, de una máquina móvil que tiene como función la de desplazar personas o cosas hasta un lugar determinado. Por lo general se trata de maquinarias extensas.

Entre las partes constitutivas de las plataformas se encuentran: la plataforma de trabajo, una bandeja rodeada de una baranda; el chasis, que es la base de la PEMP; sobre el chasis se acopla la estructura extensible, que facilita el movimiento de la plataforma de un lugar a otro. También hay otros componentes secundarios, como los estabilizadores y los medios de acción, que dan inicio a los movimientos facilitados por la estructura extensible.



En la prevención de los distintos riesgos asociados a la utilización de éstos equipos, se indican los factores de riesgo y las causas que los generan así como las medidas de prevención y protección más idóneas.

### **2.1.1 Definición y clasificación**

La plataforma elevadora móvil de personal (PEMP) es una máquina móvil destinada a desplazar personas hasta una posición de trabajo, con una única y definida posición de entrada y salida de la plataforma; está constituida como mínimo por una plataforma de trabajo con órganos de servicio, una estructura extensible y un chasis. Existen plataformas sobre camión articuladas y telescópicas, autopropulsadas de tijera, autopropulsadas articuladas o telescópicas y plataformas especiales remolcables entre otras.

En función de sus posibilidades de traslación, se dividen en tres tipos:

- **Tipo 1:** La traslación solo es posible si la PEMP se encuentra en posición de transporte.
- **Tipo 2:** La traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada solo puede ser mandada por un órgano situado en el chasis.
- **Tipo 3:** La traslación con la plataforma de trabajo en posición elevada puede ser mandada por un órgano situado en la plataforma de trabajo.

Las plataformas aéreas se pueden diferenciar por dos conceptos:

- Según sus características de trabajo en cuanto a la elevación.
- Según su sistema de traslación.

Ambos conceptos se combinan entre sí.

**Tabla 1. Tipos de plataformas**

TIPOS DE PLATAFORMA SEGÚN	
Sus características de trabajo	Su sistema de traslación
Tijeras	Autopropulsadas
Articuladas	Remolcables
Telescópicas	Sobre camión
Articuladas telescópicas	
Sobre mástil	

## 2.1.2 Por su sistema de elevación

### 2.1.2.1 Plataformas articuladas



**Figura 17. Plataforma articulada.**

**Fuente: Matilsa S.A.**

Articuladas viene del concepto "articulación". Una articulación la componen dos brazos.

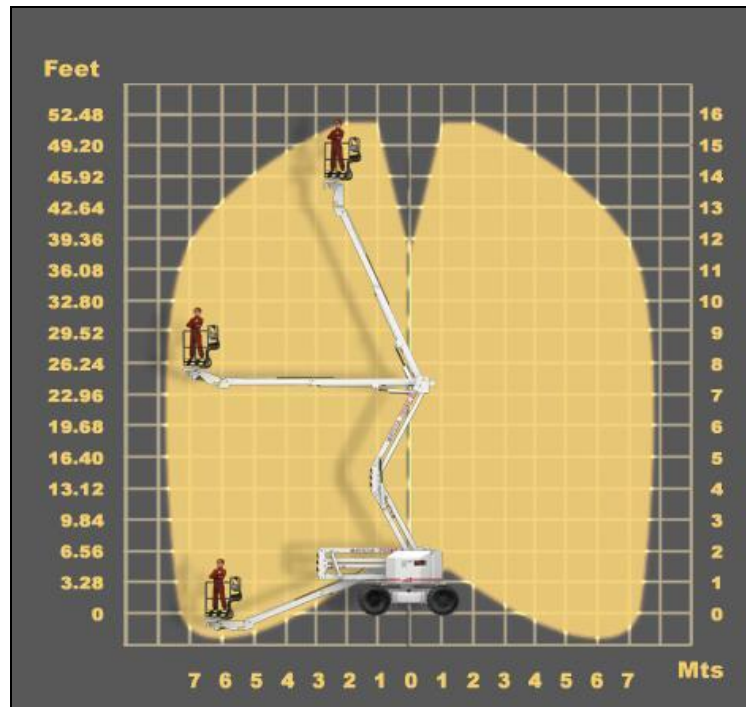
Existe un gran número de máquinas que tienen un pequeño brazo articulado cercano a la cesta de trabajo, a la cual se le denomina "Aguilón" o "Jib", que permite salvar últimos obstáculos en el área de trabajo; principalmente lo llevan las plataformas telescópicas lo que las hace más versátiles.

- **Características de trabajo**

Este tipo de elevación permite grandes desplazamientos laterales pudiendo salvar obstáculos que estén debajo del área de trabajo. Estas plataformas tienen la posibilidad de que el conjunto torre pueda girar 360° no continuos o continuos.

- **Principales trabajos que desempeña**

- Montadores de estructuras, ya que la situación del terreno cuando este grupo de personas entra a trabajar está con excavaciones y numerosos obstáculos.
- Todo grupo de trabajo que tenga que realizar cualquier tipo de mantenimiento en instalaciones no diáfanas.
- Rehabilitación de viviendas y naves.
- Trabajos en alta tensión.
- Mantenimiento de gasolineras, alumbrados públicos y privados, podas de parques y jardines.

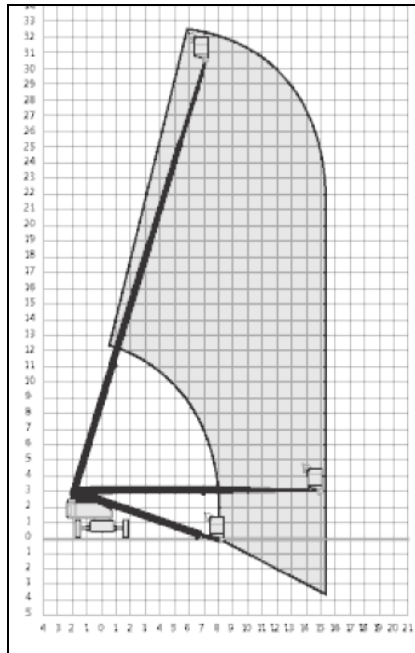


**Figura 18. Movimiento de una plataforma articulada.**

**Fuente: Matilsa S.A.**

### **2.1.2.2 Plataformas telescópicas**

El sistema de elevación de estas plataformas consiste en una serie de brazos que, accionados hidráulicamente por un émbolo, entran o salen unos dentro de otros. Estas plataformas suelen llevar un aguilón que las hacen más versátiles en el área de trabajo.



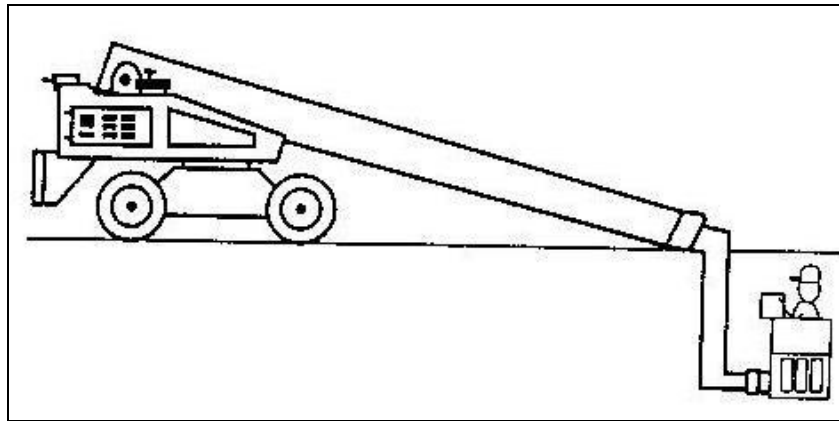
**Figura 19. Movimiento de una plataforma telescópica**

**Fuente: Matilsa S.A.**

- **Características de trabajo**

Este tipo de elevación permite desplazamientos laterales superiores a los articulados, pudiendo salvar obstáculos que estén debajo del área de trabajo.

Estas plataformas tienen la posibilidad de que el conjunto torre pueda girar 360° no continuos o continuos, esto nos permite trabajar longitudinalmente sin necesidad de variar la dirección de las ruedas.



**Figura 20. Plataforma telescópica.**

**Fuente: Matilsa S.A.**

Otra buena ventaja que posee este tipo de plataforma, es que permite que la cesta pueda situarse unos metros por debajo de la base de la máquina. Un ejemplo claro es el acceso al casco de un barco amarrado en el puerto, hay zonas que se encuentran por debajo del nivel de la base de la plataforma.

- **Principales trabajos que desempeña**

- Montadores de estructuras, ya que la situación del terreno cuando este grupo de trabajo entra a trabajar está con excavaciones y numerosos obstáculos.
- En estas naves no se puede encontrar obstáculos aéreos.
- Rehabilitación de viviendas sin obstáculos en el área de trabajo.
- Mantenimiento de gasolineras, alumbrados públicos y privados, parques y jardines para podas.
- Mantenimientos de los cascos en los barcos amarrados en el puerto.

### 2.1.2.3 Plataformas tipo tijeras

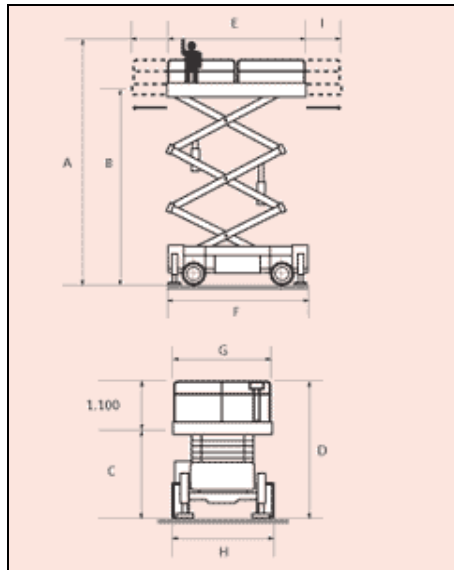
El sistema de elevación en estas plataformas consiste en un conjunto mecánico accionado por unos cilindros hidráulicos que permiten elevar una plataforma de una superficie de más o menos 6 m<sup>2</sup> y con una carga superior a las plataformas anteriormente mencionadas.



**Figura 21. Plataforma tipo tijeras.**

**Fuente: Matilsa S.A.**

Estas plataformas suben verticalmente y algunos modelos incorporan un suplemento de plataforma que se desliza frontalmente para poder salvar pequeños obstáculos de no más de 1,50 m aproximadamente. Pueden llevar diferentes mecanismos de elevación pero siempre desempeñan la misma función.



**Figura 22. Movimiento de una plataforma tipo tijeras.**

**Fuente: Matilsa S.A.**

- **Características de trabajo**

Este tipo de elevación permite acceder con material y más de dos personas al área de trabajo. Este sistema nos permite también realizar la traslación sin necesidad de bajar la plataforma. Esto dependerá de las características de la máquina.

Es una plataforma que se emplea para instalaciones de sistemas contraincendios, instalaciones eléctricas, etc., es decir, en todos los trabajos que, por sus condiciones, permitan que una plataforma se eleve verticalmente sin encontrar obstáculo y, que además, precisen de subir abundante material. Este tipo de plataforma puede disponer de estabilizadores hidráulicos, lo que permite que el usuario nivele la máquina y pueda subir.

- **Principales trabajos que desempeña**

- Trabajos para el montaje de instalaciones eléctricas, fontanería, mantenimiento, limpieza en naves diáfanas.
- Rehabilitación de viviendas sin obstáculos en el área de trabajo.



#### 2.1.2.4 Plataformas elevadoras de trabajo sobre mástil

Se instalan de forma temporal, movidas de manera manual o motorizada, diseñadas para utilizarse por una o más personas para realizar trabajos desde ellas. Las partes que se desplazan verticalmente (plataforma de trabajo) sobre un mástil el cual sirve como guía y soporte para este tipo de desplazamiento, se utilizan también, para trasladar a estas mismas personas, con su equipo y materiales hasta y desde un punto único de acceso.



**Figura 23. Plataforma sobre mástil doble.**

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

- **Características de trabajo**

Este tipo de elevación permite acceder con equipos de trabajo manual, mecánico o eléctrico y más de dos personas sobre la plataforma de trabajo. Este sistema no permite realizar la traslación sin desmontar la plataforma.

Es una plataforma que se emplea para instalaciones de recubrimientos de paredes en fachadas altas, ventanería, anclaje de elementos fijos sobre pared, etc., es decir, todo tipo de trabajo sobre fachadas de edificaciones, que por sus condiciones, permite que este tipo de plataformas se eleven verticalmente sin encontrar obstáculos. Este tipo de plataforma puede disponer de estabilizadores hidráulicos y/o mecánicos, lo que

permite que el usuario nivele la plataforma y pueda subir sin problemas de estabilización.

### **2.1.3 Por su sistema de traslación**

#### **2.1.3.1 Plataformas autopropulsadas**

Se denomina autopropulsada, la plataforma que permite realizar los desplazamientos de traslación con los brazos elevados y el usuario manipulándola desde la cesta.

Existen otras plataformas en el mercado que no permiten la traslación en posición elevada, estas máquinas se denominan plataformas motrices.

Tienen un peso menor y, por lo tanto, en máquinas de poco peso, dependiendo de la altura, necesitan estabilizadores para aumentar la base de la máquina.

Dependiendo de las características de cada máquina, permiten trabajar en un desnivel que siempre estará limitado por un inclinómetro. Esta máquina puede circular por la vía pública, siempre y cuando esté matriculada, para lo cual habrá necesitado cumplir los requisitos exigidos.



**Figura 24. Plataforma autopropulsada.**

**Fuente: Matilsa S.A.**

Estas plataformas pueden ir montadas sobre ruedas o sobre cadenas. Dependerá del terreno, influyendo también que la plataforma con ruedas pueda ser 4x4 (tracción a las cuatro ruedas) o con eje oscilante (sistema que permite dejar en contacto con el firme a las ruedas motrices, aumentando con esto la tracción).

### 2.1.3.2 Plataformas remolcables

Se denomina remolcada, la plataforma que por sus condiciones no puede realizar la traslación con los brazos elevados. Hay plataformas remolcables que se convierten en motrices para facilitar el traslado de la máquina por la obra, en este caso se sustituye el enganche del semirremolque por un sistema automotriz con dirección.

Además de la comparativa anterior debemos distinguirlas del resto por la condición de ser plataformas que se pueden remolcar con un vehículo.

Las plataformas remolcadas, son un conjunto de brazos que van montados sobre un semirremolque, el cual debe cumplir las condiciones y características que marca la ley. Por regla general, todo semirremolque que exceda de los 750 kilos, deberá ser matriculado para circular en la vía pública.

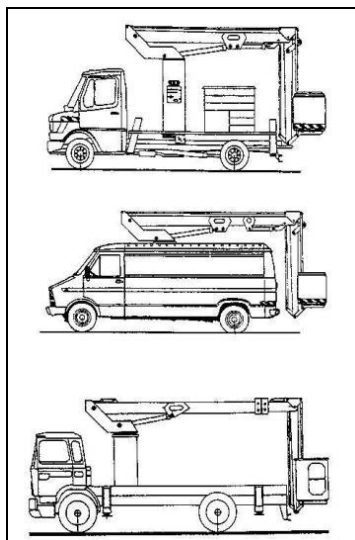
Estas plataformas se emplean principalmente para trabajar en la vía pública.



**Figura 25. Plataforma remolcable**

**Fuente: Matilsa S.A.**

### 2.1.3.3 Sobre camión



**Figura 26. Plataforma sobre camión.**

**Fuente: Matilsa S.A.**

Como muy bien dice el nombre, estas plataformas se montan sobre un camión. Dependiendo de la plataforma que se vaya a montar, se deberá escoger un camión que se adecúe a las características de la plataforma.

Se tendrá en cuenta que un camión que lleva montada una plataforma aérea, no permite una carga excesiva en la caja, ya que la carga máxima permitida la ocupa la plataforma. Ocurre igual con el espacio.

Este tipo de plataforma se emplea en trabajos donde el usuario está haciendo continuamente carretera. Su condición de ser un vehículo matriculable, le permite trabajar en la vía pública.

### 2.1.4 Partes de una plataforma elevadora

Las distintas partes que componen una plataforma elevadora móvil de personal se pueden ver en la figura y se describen a continuación:

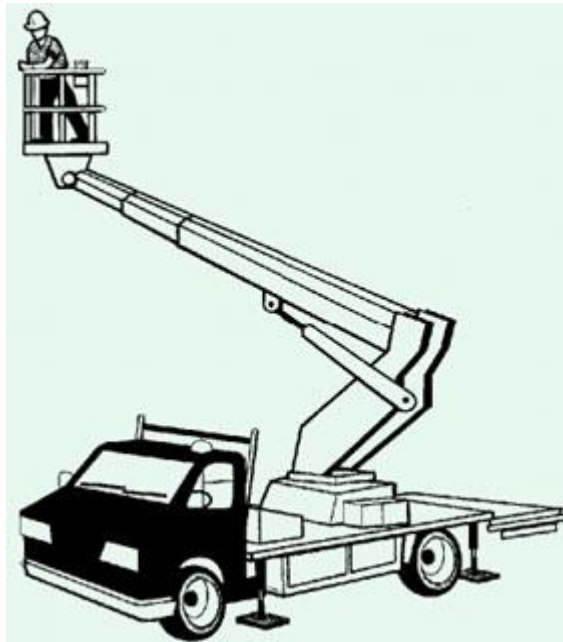


Figura 27. Partes de una plataforma elevadora móvil de personal.

Fuente: Ministerio de trabajo y asuntos sociales España

- **Plataforma de trabajo.-** Esta formada por una bandeja rodeada por una barandilla, o por una cesta.
- **Estructura extensible.-** Estructura unida al chasis sobre la que está instalada la plataforma de trabajo, permitiendo moverla hasta la situación deseada. Puede constar de uno o varios tramos, plumas o brazos, simples, telescópicos o articulados, estructura de tijera o cualquier combinación entre todos ellos, con o sin posibilidad de orientación con relación a la base.

La proyección vertical del centro de gravedad de la carga, durante la extensión de la estructura puede estar en el interior del polígono de

sustentación, o, según la constitución de la máquina, en el exterior de dicho polígono.

- **Chasis.-** Es la base de la PEMP. Puede ser autopropulsado, empujado o remolcado; puede estar situado sobre el suelo, ruedas, cadenas, orugas o bases especiales; montado sobre remolque, semirremolque, camión o furgón; y fijado con estabilizadores, ejes exteriores, gatos u otros sistemas que aseguren su estabilidad.

- **Elementos complementarios**

Estabilizadores: Son todos los dispositivos o sistemas concebidos para asegurar la estabilidad de las PEMP como pueden ser gatos, bloqueo de suspensión, ejes extensibles, etc.

Sistemas de accionamiento: Son los sistemas que sirven para accionar todos los movimientos de las estructuras extensibles. Pueden ser accionadas por cables, cadenas, tornillo o por piñón y cremallera.

Órganos de servicio: Incluye los paneles de mando normales, de seguridad y de emergencia.

## **CAPITULO 3**

### **3.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE PLATAFORMAS ELEVADORAS SEGÚN NORMA UNE-EN 1495 (Plataformas elevadoras, plataformas elevadoras sobre mástil)**

Para obtener criterios relevantes dentro de los parámetros de diseño debe tomarse en cuenta y ser muy responsable de:

- Los cálculos de estabilidad, dirigidos a la identificación de las diversas configuraciones de la plataforma de trabajo y las combinaciones de cargas y deformaciones que, juntas, crean las condiciones de inestabilidad.
- Los cálculos de resistencia, para evaluar las fuerzas individuales y las deformaciones. Deben considerarse todas las combinaciones de fuerzas incluyendo las que provocan los esfuerzos más desfavorables en los componentes.

Todas las cargas y eventualidades que pueden sobrevenir en cualquier configuración autorizada durante el montaje, la utilización durante el trabajo, la utilización fuera de servicio, el desmontaje y el traslado deben considerarse dentro de estos criterios.

#### **3.1.1 Cargas**

##### **3.1.1.1 Cargas Permanentes**

Las masas de los componentes de la plataforma, cuando no están en movimiento, se consideran como constituyentes de las cargas permanentes estáticas. Las masas de

los componentes de la plataforma cuando están en movimiento, se consideran como constituyentes de las cargas permanentes dinámicas.

### **3.1.1.2 Cargas Nominales**

La carga nominal, para los cálculos de diseño es:

$$m = (n * m_p) + T + (2 * m_e)$$

m = Carga nominal

m<sub>p</sub> = Masa de cada persona

m<sub>e</sub> = Masa del equipo del personal

T = Masa de los materiales y del equipo sobre la plataforma

n = Número de personas sobre la plataforma

El peso de las personas y el peso del equipo y de los materiales, deben actuar simultáneamente.

### **3.1.2 Fuerzas horizontales**

#### **3.1.2.1 Fuerzas manuales**

El valor mínimo para la fuerza manual está considerado de 200 N para cada una de las dos primeras personas sobre la plataforma y de 100 N para cada persona adicional autorizada sobre la plataforma de trabajo. La fuerza se supone que esta aplicada a 1.1 m de altura por encima del suelo de la plataforma de trabajo y que actúa siguiendo una dirección horizontal.



### **3.1.2.2 Fuerzas debidas al uso de máquinas portátiles motorizadas**

Se produce por la utilización de máquinas portátiles de trabajo, las cuales pueden ser; taladros, mangueras de agua, perforadores de percusión, martillos accionados eléctricamente, etc., que transmiten fuerzas de reacción horizontales sobre la plataforma de trabajo. Se considera que la fuerza está aplicada por lo menos a 1.1 m por encima del suelo de la plataforma de trabajo.

### **3.1.2.3 Fuerzas dinámicas**

Las fuerzas dinámicas deben tomarse en cuenta multiplicando todas las masas móviles por un coeficiente dinámico de 1.15<sup>2</sup>. Los movimientos incluyen el ascenso y descenso de la plataforma de trabajo, así como el traslado de la plataforma de trabajo en sus condiciones de traslado.

### **3.1.3 Cargas debidas al viento**

Todas las plataformas utilizadas en el exterior o expuestas de otra forma al viento deben, cuando están en servicio, considerarse como sometidas a unas presiones mínimas debidas al viento.

Las fuerzas debidas al viento se consideran que actúan horizontalmente en el centro de las superficies de las partes expuestas de la estructura de la plataforma.

---

<sup>2</sup> Norma Española UNE-EN 1495, esta es una norma europea concerniente a las reglas de seguridad aplicables a las plataformas de trabajo de desplazamiento vertical mediante mástil(es).

### **3.1.4 Cargas y fuerzas producidas en el traslado**

Se deben tener en cuenta las fuerzas de inercia más toda carga permitida definida por el cálculo sobre la plataforma de trabajo, cuando la plataforma está sometida a las condiciones de traslado.

### **3.1.5 Cargas de montaje y desmontaje**

Son las cargas para las que la plataforma ha sido diseñada durante las operaciones de montaje y desmontaje. Las cargas de montaje pueden ser superiores a la carga nominal.

### **3.1.6 Fuerzas amortiguadoras**

Las fuerzas debido al tope amortiguador deben calcularse teniendo en cuenta las características del mismo.

### **3.1.7 Acción de los dispositivos de seguridad**

Para determinar las fuerzas producidas por la acción de estos dispositivos, la suma total de las masas desplazadas se debe multiplicar por un factor de 23. Un factor más bajo, pero nunca inferior a 1.2, puede utilizarse si se puede verificar por ensayos en todas las condiciones de carga hasta 1.5 veces la carga nominal.

### **3.1.8 Combinaciones de las cargas y factores de seguridad**

Las condiciones de cargas a tener en cuenta deben ser las siguientes:

Caso A1: en servicio normal sin viento, estática.

Caso A2: en servicio normal sin viento, dinámica.

Caso B1: en servicio normal con viento, estática.

Caso B2: en servicio normal con viento, dinámica.

Caso B3: durante el montaje o desmontaje.

Caso B4: durante el traslado.

Caso C1: topando con el amortiguador durante el servicio normal.

Caso C2: en servicio durante la acción de los dispositivos de seguridad.

Caso C3: Fuera de servicio.

---

<sup>3</sup> Norma Española UNE-EN 1495, esta es una norma europea concerniente a las reglas de seguridad aplicables a las plataformas de trabajo de desplazamiento vertical mediante mástil(es).

**Tabla 2. Combinaciones de carga que deben tomarse en consideración**

Cargas	Combinación de carga								
	A1	A2	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
Cargas permanentes	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cargas nominales	X	X	X	X			X	X	
Fuerzas horizontales	X		X						
Fuerzas dinámicas		X		X	X	X			
Cargas debidas al viento			X	X	X	X			
Cargas y fuerzas en el traslado					X	X			
Cargas de montaje y desmontaje					X				
Fuerzas de amortiguación							X		
Acción de los dispositivos de seguridad								X	

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES PARA DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PLATAFORMA ELEVADORA PARA TRABAJOS EN FACHADAS DE EDIFICACIONES, OBJETO DE ESTUDIO.**

Se ha determinado que de acuerdo a la necesidad de realizar trabajos en sitios elevados y considerando que actualmente el tema de la construcción de edificaciones tanto de oficinas como de viviendas amerita la utilización de plataformas, andamios, escaleras, etc., que permiten a las personas poder acceder a lugares elevados.

La determinación de los componentes, está enfocada en una alternativa de diseño para una plataforma elevadora que de acuerdo a la clasificación por tipo de elevación corresponde a una plataforma elevadora sobre mástil, que en este caso se optará por

un sistema de piñón-cremallera el cual permitirá el desplazamiento de la plataforma propiamente dicha sobre un mástil dispuesto verticalmente y también incrementando el área de trabajo.

De acuerdo a las características requeridas y los parámetros de diseño considerados, los componentes necesarios son:

- **Base**

Consiste en un armazón principal, sobre el cual descansa el mástil. Esta base podrá ser capaz de adaptarse al terreno gracias a la implementación de niveladores sobre los cuales deberá soportarse la mayor parte del peso del mástil y a su vez de la plataforma. Debe contar con cuatro ruedas para facilitar el desplazamiento en obra. Los niveladores deberán estar dispuestos en los cuatro extremos de la base y también en el centro para una correcta estabilización y nivelación. Además cada nivelador debe disponer de una placa de apoyo para anclarlo al terreno.

- **Mástil**

Sera un elemento modular rígido con estructura de pilar en celosía con tubo estructural. Los módulos sucesivos se unen entre sí mediante tornillos y disponen de guías para la unión efectiva entre ellos.

Sobre este elemento se anclará la cremallera que sirve para accionar el movimiento vertical de la plataforma. La altura de cada módulo del mástil es de 1.5 m, los mástiles están preparados para acoplar un soporte a intervalos adecuados, que permita el amarre de la columna de mástiles a una estructura portante, como una fachada o una estructura metálica de resistencia adecuada.

El acabado de los mástiles será galvanizado para prevenir los efectos de la corrosión.

- **Anclajes**

Están formados por elementos estructurales (brazos de fijación) anclados en sus extremos al mástil. El dispositivo permite unir el mástil a un elemento fijo sobre la fachada de la edificación. Los brazos se anclarán en la pared o a un soporte que de la

resistencia suficiente a la tracción. El espaciamiento entre anclajes dependerá de la altura requerida de elevación.

- **Chasis**

Es una estructura tubular donde va alojado el grupo elevador. Este grupo elevador consiste en dos motoredutores con freno electromecánico incorporado. El grupo chasis permite acoplar los módulos de plataforma en ambos lados. Cada motorreductor dispone de dos coronas engranadas del piñón a la cremallera del mástil de forma que se desplaza verticalmente.

- **Plataforma**

Estará compuesta por cuatro módulos desmontables y un módulo fijo el cual será parte integrante del chasis, estos módulos estarán unidos o serán ensamblados al módulo principal mediante conexiones por pasadores de fácil manipulación, el ensamblaje es manual, una vez dispuesta la plataforma se adicionarán las barandas de seguridad perimetralmente para conformar la plataforma propiamente dicha.

### **3.3 DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES**

Se realizara el cálculo y diseño de una plataforma elevadora con piñón y cremallera para personal. El objetivo de la máquina es ser utilizada en la construcción de edificios nuevos y en la rehabilitación de edificios ya existentes. Para ello, se monta un mástil (que puede llegar a una altura de 12 m) que se ancla a una estructura exterior (estructura del edificio, fachada, etc.). El mástil incorpora solidaria a él una cremallera, en la cual engrana un piñón accionado por un motor que se encuentra en la plataforma base. Al encender el motor, el piñón gira sobre la cremallera, desplazando la plataforma a lo largo del mástil. Una vez concluida la obra, la plataforma se desmonta y se transporta a una obra nueva o se almacena hasta que vuelva a ser necesario.

Para el cálculo y el diseño de los elementos de la plataforma se ha utilizado un software (SAP 2000) de cálculo de estructuras en tres dimensiones para diseñar los elementos estructurales (base, módulos de la plataforma, mástil, chasis y anclajes), el mismo software de cálculo utiliza el método de los elementos finitos y se utilizara también para el diseño de piezas especiales (suelo de la plataforma), y el cálculo clásico de resistencia de materiales y elementos de máquinas para el resto de componentes (soldaduras, tornillos, engranajes, etc.).

El resultado es una plataforma elevadora de personal, más robusto que los sistemas elevadores convencionales (canastillas, andamios) más compacto que las grúas.

### **3.3.1 Normativa**

Al tratarse de una plataforma elevadora de personal, no existe ningún reglamento que sea de obligado cumplimiento. Sin embargo, existe una norma UNE, la UNE-EN 1495 “Plataformas elevadoras de trabajo sobre mástil”, que ha servido de guía a la hora de tomar ciertas decisiones de cálculo y diseño, aunque no se ha tomado como un formulario que rellenar, sino que se han justificado tales decisiones.

### **3.3.2 Materiales**

Debido a que la plataforma es una herramienta que a más de considerarse que tendrá cargas distribuidas, estará sometida a cargas puntuales, dinámicas y excéntricas por la misma exigencia del trabajo, que producirán esfuerzos y deformaciones críticas, se ha determinado que el mejor material que por sus propiedades de ofrecer un mejor comportamiento ante tales circunstancias como son de absorber energía (tenacidad) que es una de sus principales características, sin presentar mayor deformación será el acero estructural, específicamente el acero ASTM A 500 grado C cuyo  $S_y$  es de 50 Ksi, comúnmente utilizado en la construcción de puentes y que lo podemos adquirir

en el mercado local. La perfilería a utilizar serán las conformadas con el acero indicado y con un acabado galvanizado para evitar efectos de corrosión.

### **3.4 DISEÑO DE ELEMENTOS DE LA PLATAFORMA ELEVADORA PARA TRABAJOS EN FACHADAS.**

#### **3.4.1 Plataforma base**

En consideración a que este elemento será el elemento móvil principal y a este se adaptaran las partes y dispositivos para su desplazamiento (piñón, motorreductor), también servirá de acople para sus extensiones (demás módulos de la plataforma) y por último tendrá las guías respectivas para su desplazamiento sobre el mástil, las dimensiones netas serán:

Ancho: 900 mm.

Largo: 1000 mm.

Alto de la cercha: 400 mm.

#### **3.4.2 Módulos de plataforma**

Se menciona estos módulos debido a que la plataforma propiamente dicha estará conformada por estos elementos, los cuales al unirse entre sí y conjuntamente con la plataforma base dará como resultado un solo elemento, el cual transportara a los trabajadores y sus herramientas así como también los materiales y elementos de trabajo es decir se formara la plataforma de trabajo. La cantidad de módulos dispuestos a cada lado será de 2 unidades es decir toda la plataforma al armarse por completo dispondrá de 4 módulos laterales y 1 modulo central. Cada módulo lateral tendrá las siguientes dimensiones netas:



Ancho: 900 mm.

Largo: 1500 mm.

Alto de la cercha: 400 mm.

### **3.4.3 Elección de la carga nominal**

La plataforma deberá soportar el peso de los operarios, de sus herramientas y de material necesario para realizar los trabajos correspondientes, como pueden ser revestimientos, pintura, mampostería, labores de mantenimiento, es decir labores propias de trabajos en fachadas, por motivos de optimización, al ser necesario abastecer de material se utilizará una grúa de baja capacidad para evitar tener que bajar la plataforma cuando el material para los trabajos se termine, desde el punto de vista de capacidad se determina que la capacidad nominal de la plataforma será de 950 kg, considerando que en la plataforma por recomendación no deberán permanecer más de cuatro personas.

### **3.4.4 Elección de la velocidad nominal**

#### **3.4.4.1 Velocidad de elevación de la plataforma**

La plataforma será dirigida mediante un cuadro de control ubicado sobre la misma, y será determinada por la elección del motorreductor adecuado, resultado del cálculo de resistencia de las partes mecánicas como son sistema diferencial y piñón-cremallera, ésta velocidad no es crítica, aunque no debe ser excesiva. Por este motivo, se determina que el tiempo máximo para el total de la carrera será de dos minutos como máximo.

### 3.5 CÁLCULO POR ESTABILIDAD

#### 3.5.1 Carga nominal

La carga nominal, para los cálculos de diseño es:

$$m = (n \times m_p) + T + (2 \times m_e) \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

$m$  = carga nominal (kg)

$m_p$  = 80 kg masa de cada persona

$m_e$  = 40 kg masa del equipo del personal únicamente para las dos primeras personas.

$T$  = es la masa de materiales y del equipo sobre la plataforma

$n$  = es el número de personas sobre la plataforma

Los pesos de las personas, el peso de los equipos y materiales deben actuar simultáneamente.

De la ecuación 1 se puede encontrar el valor de  $T$  debido a que la capacidad máxima de la plataforma está establecida por el alcance del proyecto, por lo cual se realiza el siguiente cálculo.

También se determina que el número mínimo de personas que deben trabajar en la plataforma es de dos, y máximo de cuatro.

Para el caso de dos personas sobre la plataforma:

$$\begin{aligned} m &= 950 \text{ kg} = 9316.32 \text{ N} \\ 950 \text{ kg} &= (2 \times 80 \text{ kg}) + T + (2 \times 40 \text{ kg}) \\ T &= (950 \text{ kg}) - (160 \text{ kg}) - (80 \text{ kg}) \\ T &= 710 \text{ kg} = 6962.72 \text{ N} \end{aligned}$$

Para el caso de cuatro personas sobre la plataforma:

$$m = 950 \text{ kg} = 9316.32 \text{ N}$$

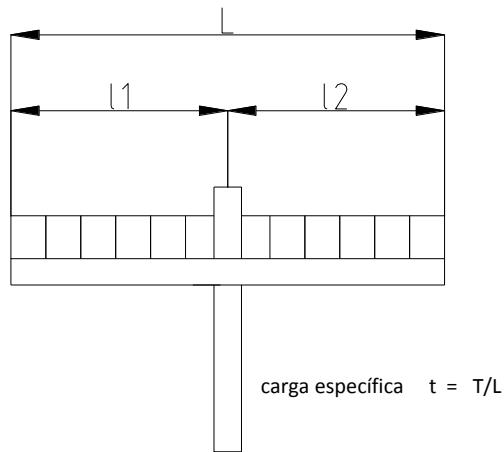
$$950 \text{ kg} = (4 \times 80 \text{ kg}) + T + (2 \times 40 \text{ kg})$$

$$T = (950 \text{ kg}) - (320 \text{ kg}) - (80 \text{ kg})$$

$$T = 550 \text{ kg} = 5393.66 \text{ N}$$

Para las plataformas de mástil único, el momento de flexión  $M$  sobre los mástiles y las plataformas debe calcularse según la fórmula:

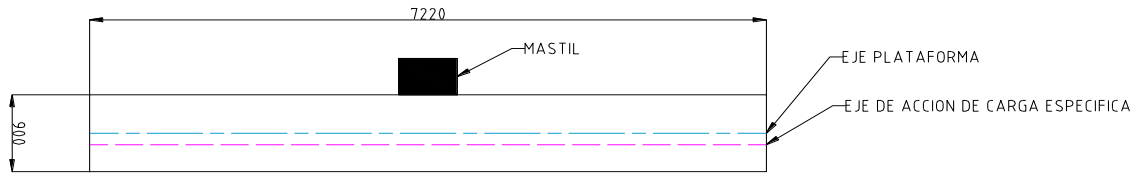
$$M_{\max} = \frac{t \times L_{\max}^2 \times 1.15}{2} \quad (\text{Ec. 2})$$



**Figura 28. Carga distribuida**

**Fuente: Autores**

### 3.6 CONSIDERACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CARGA



**Figura 29. Esquema de dimensiones en plataforma**

**Fuente: Autores**

Determinando que la cantidad de personas máximo sobre la plataforma, será de cuatro personas se puede decir:

$$T = 550 \text{ kg} \qquad t = \frac{T}{L} \qquad t = \frac{550 \text{ kg}}{7.22 \text{ m}}$$

$$t = 76.1773 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 747.044 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Aplicando Ec. 2

$$M_{\max} = \frac{747.044 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times \left( \frac{7.22 \text{ m}}{2} \right)^2 \times 1.15}{2}$$

$$M_{\max} = 5597.94 \text{ N} \cdot \text{m}$$

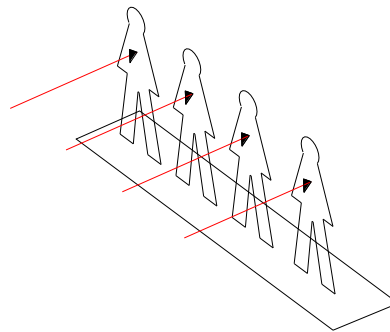
Se aplica el factor 1.15 en Ec. 2 para cubrir los casos de utilización en los que en lugar de una distribución uniforme de la carga, la misma carga se concentra en alguna parte sobre un tramo de plataforma, criterio que se encuentra en la norma UNE-EN-1945.

### 3.7 FUERZAS PRODUCIDAS POR VIENTO

**Tabla 3. Velocidad y presión del viento**

<b>Configuración</b>	<b>Velocidad del viento (m/s)</b>	<b>Presión del viento (N/m<sup>2</sup>)</b>
Plataforma auto estable o en curso de montaje y de desmontaje	12.7	100
Plataforma con anclajes	15.5	150

Las fuerzas actúan en el centro de las superficies expuestas al viento.



**Figura 30. Fuerzas perpendiculares**

**Fuente: Autores**

La superficie total de una persona es de  $0.7 \text{ m}^2$  (ancho promedio  $0.4 \text{ m}$  x altura  $1.75 \text{ m}$ ) con el centro de la superficie situado a  $1 \text{ m}$  por encima del suelo de la plataforma de trabajo.

De igual forma existen consideraciones que deben hacerse con respecto a la fuerza producida por la exposición al viento de los equipos y materiales, y actúa horizontalmente a una altura de  $1.0 \text{ m}$  por encima del suelo de la plataforma de trabajo.

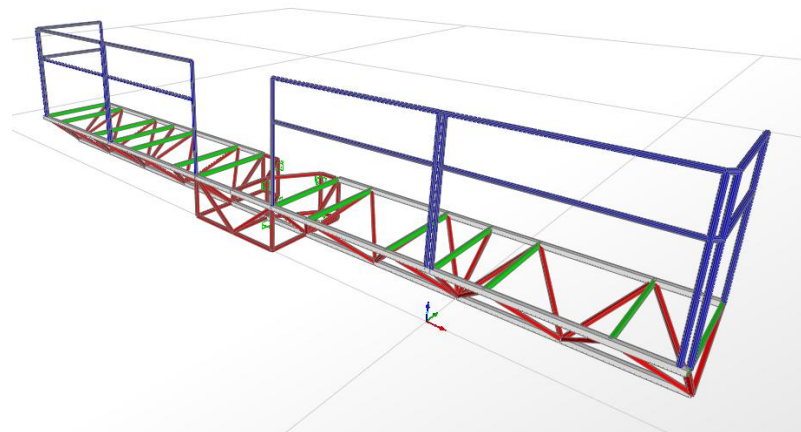
### 3.8 CARGAS DE MONTAJE Y DESMONTAJE

Son las cargas para las que la plataforma ha sido diseñada durante las operaciones de montaje y desmontaje. Las cargas de montaje pueden ser superiores a la carga nominal.

Para el efecto de montaje la plataforma contará con un aditamento, que con la ayuda de un tecele ayudará a elevar los módulos del mástil en el montaje.

### 3.9 CÁLCULO DE REACCIONES

Con la ayuda del programa SAP 2000 se ha realizado un pre diseño y su configuración se muestra en la siguiente figura:



**Figura 31. Pre diseño de la plataforma**

**Fuente: Autores**

En el modelo se ubican las cargas consideradas por la norma UNE-EN 1495, se tomará en cuenta una configuración de restricciones que nos ayudará a determinar las reacciones correspondientes para el cálculo de rodillos guía, de igual forma con estos

resultados podemos establecer la potencia necesaria para la selección del motorreductor.

### 3.9.1 Asignación de restricciones

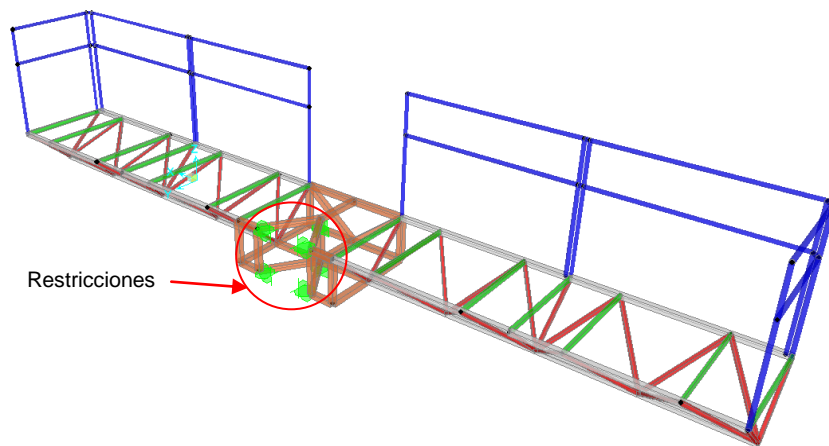
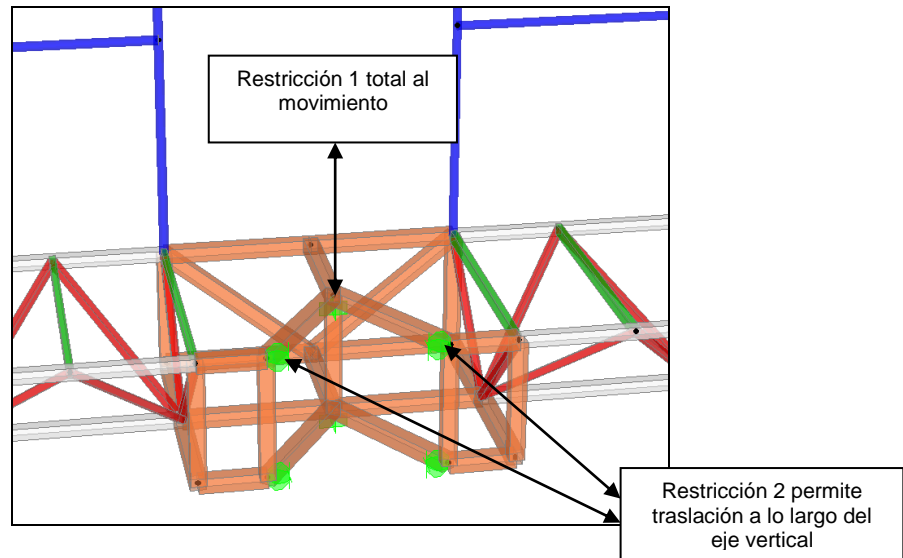


Figura 32. Ubicación de restricciones (a)

Fuente: Autores

Se puede apreciar que las restricciones están ubicadas en los puntos que servirán de apoyo o guía en el desplazamiento de la plataforma a lo largo del mástil. Los puntos de restricción se localizan básicamente en el módulo central de la plataforma, en este módulo se ubicará el motorreductor que proporcionara la fuerza motriz para generar el movimiento de la plataforma de trabajo, cabe destacar que las restricciones en la parte central del módulo principal son de dos tipos; restricción total al movimiento, y restricción al movimiento en un solo eje.



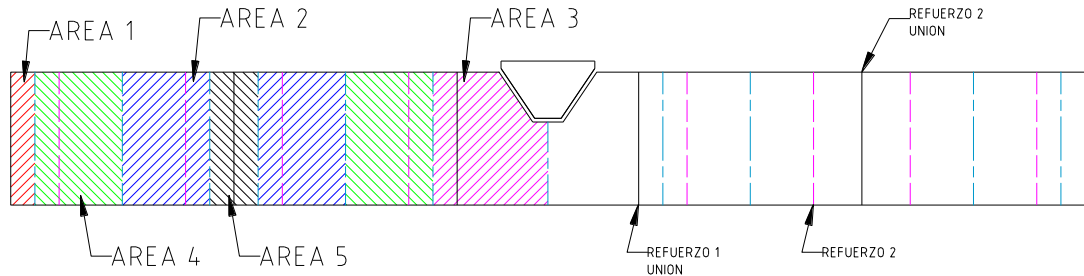
**Figura 33. Ubicación de restricciones (b)**

**Fuente: Autores**

Las restricciones delimitan la obtención de reacciones al considerar que existe movimiento para el caso en estudio la traslación se producirá a lo largo del eje z o vertical, esta consideración es llamada apoyo simple del cual se obtendrá una sola reacción, con la que se puede calcular los elementos guía de la plataforma, mientras que en la parte central se obtendrá resultados en los tres ejes debido a que existe una restricción total al movimiento o empostramiento lo cual para el caso en estudio permitirá encontrar cuales son las cargas, reacciones, y momentos que se requieren para la estabilidad de la plataforma.



### 3.9.2 Asignación de cargas distribuidas



**Figura 34. Asignación de cargas distribuidas**

**Fuente: Autores**

Se definirá las áreas en las cuales la carga nominal está incidiendo, a continuación los valores:

$$\text{ÁREA 1} = 0.14625 \text{ m}^2$$

$$\text{ÁREA 2} = \text{ÁREA 4} = 0.52875 \text{ m}^2$$

$$\text{ÁREA 3} = 0.62251 \text{ m}^2$$

$$\text{ÁREA 5} = 0.2925 \text{ m}^2$$

Las áreas 2 y 4 son iguales, las cargas distribuidas serán colocadas en el refuerzo 1 unión y refuerzo 2.

**Tabla 4. Valores de carga distribuida en cada área de la plataforma de acuerdo a la carga nominal.**

<b>ÁREA</b>	<b>PRESIÓN EN ÁREA TOTAL (N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>ÁREA DE INCIDENCIA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>CARGA PUNTUAL (N)</b>	<b>LONGITUD REFUERZO (m)</b>	<b>CARGA DISTRIBUIDA (N/m)</b>
ÁREA 1	1467.17	0,15	214.57	0,9	238.41
ÁREA 2	1467.17	0,53	775.706	0,9	861.9
ÁREA 3	1467.17	0,62	913.293	0,9	1014.8

ÁREA 4	1467.17	0,53	775.706	0,9	861.9
ÁREA 5	1467.17	0,29	429.139	0,9	476.82

También se considera el peso de la placa perforada antideslizante que será colocada en la plataforma de trabajo.

El peso de la placa perforada se la determina encontrando el volumen de la placa con el área y el espesor.

Volumen = área de la plataforma x 3 mm (espesor de la placa).

$$\text{Volumen} = 6.35 \text{ m}^2 \times 0.003 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 0.01905 \text{ m}^3$$

Peso placa perforada = Volumen de la placa x densidad del acero

$$\text{Peso placa perforada} = 0.01905 \text{ m}^3 \times 76982.2 \text{ N/m}^3$$

$$P = 1466.51 \text{ N}$$

**Tabla 5. Valores de carga distribuida considerando el peso del piso de la plataforma**

<i>ÁREA</i>	<i>PRESIÓN EN ÁREA TOTAL (N/m<sup>2</sup>)</i>	<i>ÁREA DE INCIDENCIA (m<sup>2</sup>)</i>	<i>CARGA PUNTUAL (N)</i>	<i>LONGITUD REFUERZO (m)</i>	<i>CARGA DISTRIBUIDA (N/m)</i>
ÁREA 1	230.947	0,15	33.7349	0,9	37.483
ÁREA 2	230.947	0,53	122.093	0,9	135.66
ÁREA 3	230.947	0,62	143.765	0,9	159.74
ÁREA 4	230.947	0,53	122.093	0,9	135.66
ÁREA 5	230.947	0,29	67.5678	0,9	75.075

### 3.9.2.1 Carga distribuida nominal

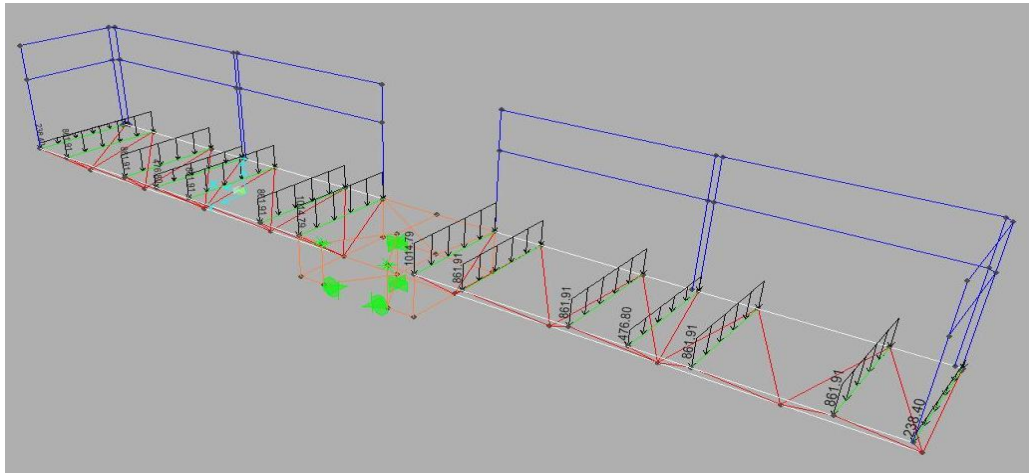


Figura 35. Representación de la carga distribuida

Fuente: Autores

La carga distribuida correspondiente a la carga nominal en los refuerzos de la plataforma se la puede apreciar en la figura 35.

### 3.9.2.2 Carga distribuida placa perforada

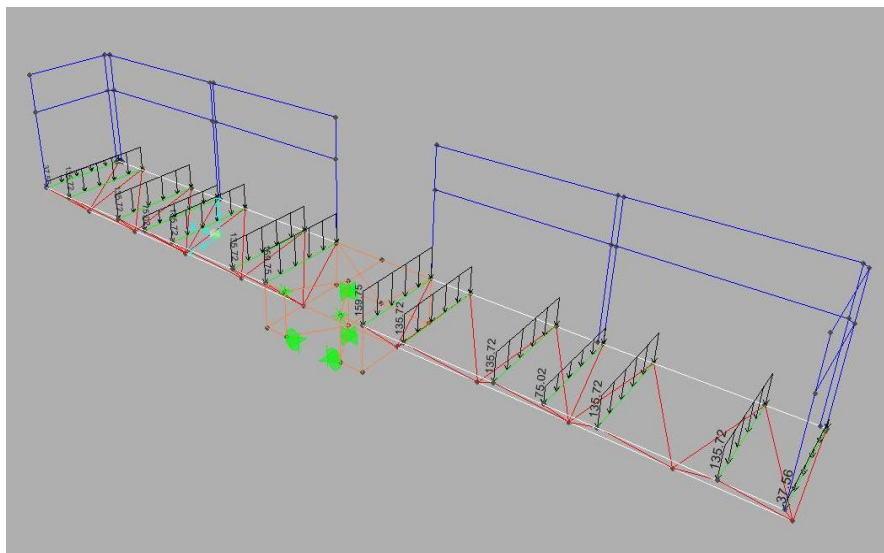
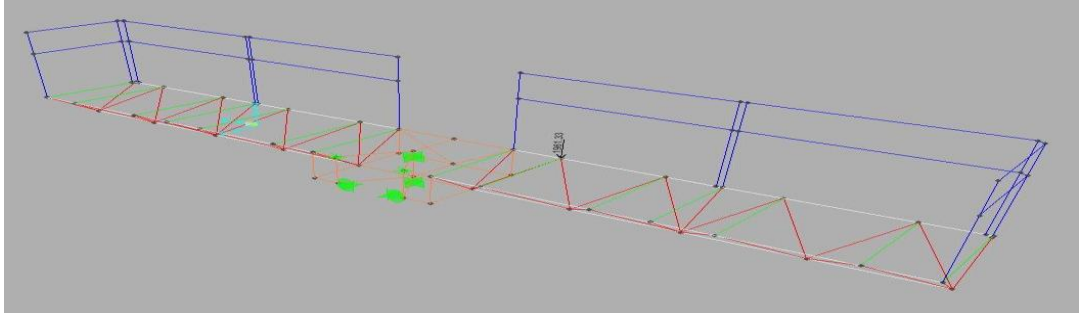


Figura 36. Carga distribuida por el piso

Fuente: Autores

En la figura se puede apreciar la carga distribuida correspondiente a la placa perforada.

### 3.9.2.3 Carga de montaje y desmontaje



**Figura 37. Carga de montaje y desmontaje**

**Fuente: Autores**

Se considera una carga puntual de 1961.33 N por efecto de la grúa, y la reacción que esta produce al elevar un módulo del mástil necesario en las labores de montaje. Criterio tomado de la Norma UNE-EN-1945.

### 3.9.3 Fuerzas horizontales

La norma UNE-EN 1495 menciona que el valor mínimo a considerar como fuerza manual producida por las personas que se encuentran en la plataforma es de 200 N, para las dos primeras personas y de 100 N, para las personas adicionales, para el proyecto se considera que la cantidad máxima de personas que pueden permanecer sobre la plataforma es de cuatro, por lo tanto los valores de fuerza horizontal son:

$$\text{Fuerza horizontal resultante} = 200 \text{ N} + 200 \text{ N} + 100 \text{ N} + 100 \text{ N} = 600 \text{ N}$$

Las fuerzas que deben ser aplicadas en el análisis deben producir los esfuerzos más desfavorables por este motivo se aplicará un momento resultante ocasionado por la acción de la fuerza horizontal resultante.

$$\text{Momento resultante} = 600 \text{ N} \times 1,1 \text{ m}$$

$$\text{Momento resultante} = 660 \text{ N.m}$$

### **3.9.3.1 Fuerzas producidas por la acción del viento**

Como se puede apreciar en la figura 30, las fuerzas producidas por la acción de viento sobre las personas que se encuentran sobre la plataforma, son cuatro y tienen los siguientes valores:

$$\text{Fuerza por viento} = 100 \text{ N/m}^2 \times 0,7 \text{ m}^2 = 70 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza total producida por el viento} = 70 \text{ N} \times 4 = 280 \text{ N}$$

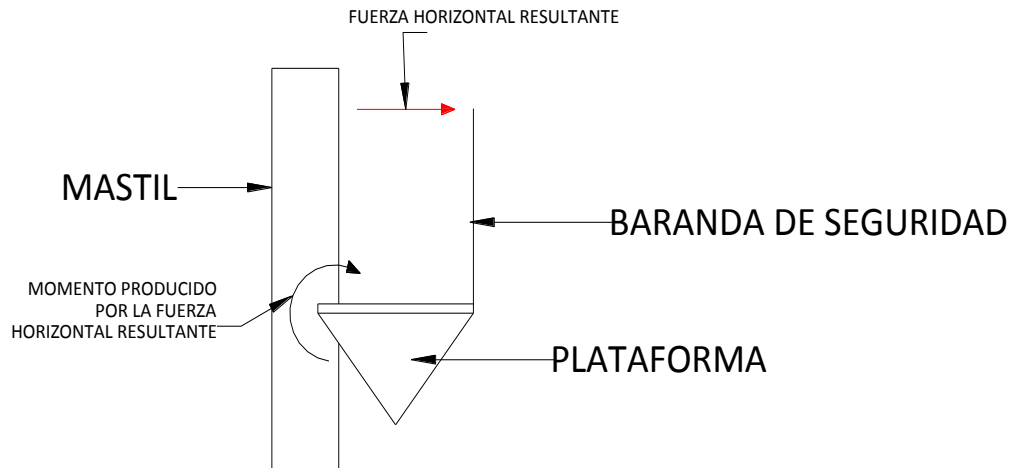
De igual forma esta fuerza está aplicada a la misma altura de la fuerza horizontal resultante por lo tanto el momento resultante es:

$$\text{Momento resultante} = 280 \text{ N} \times 1,1 \text{ m}$$

$$\text{Momento resultante} = 308 \text{ N.m}$$

$$\text{Momento resultante total} = (660 + 308) \text{ N.m}$$

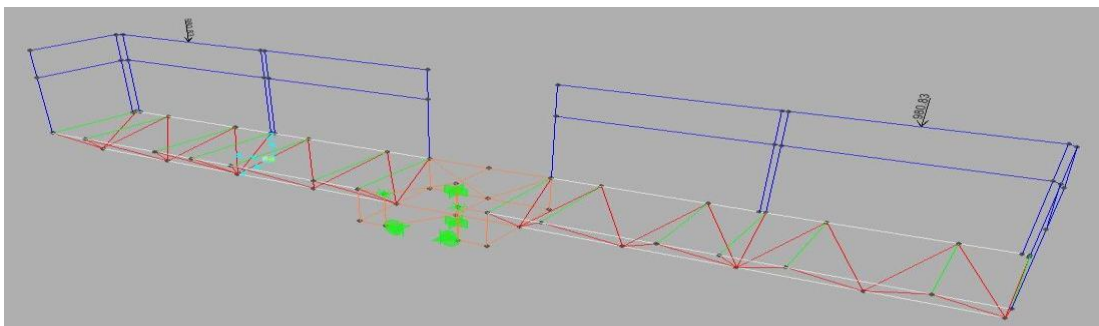
$$\text{Momento resultante total} = 968 \text{ N.m}$$



**Figura 38. Esquema lateral**

**Fuente: Autores**

### 3.9.4 Cargas sobre los pasamanos



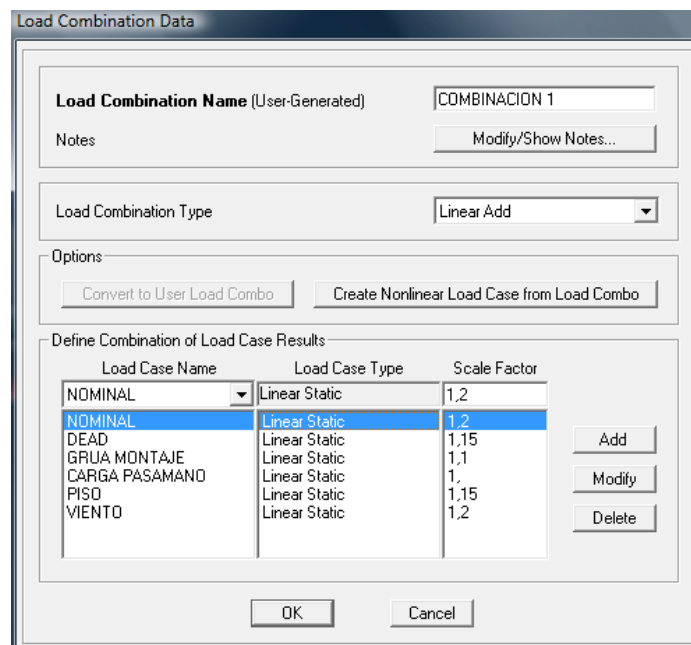
**Figura 39. Esquema de carga sobre los pasamanos**

**Fuente: Autores**

La norma exige que la asignación de cargas para el cálculo de pasamanos o barandillas de seguridad considere una carga vertical ubicada en la posición más desfavorable, el valor de esta carga es de 980.66 N, ésta carga de carácter accidental.

### 3.9.5 Casos de carga y combinaciones

Para correr el programa con el modelo de la plataforma se va a establecer dos estados de carga los cuales se detallan a continuación utilizando el formato que utiliza el programa SAP 2000.

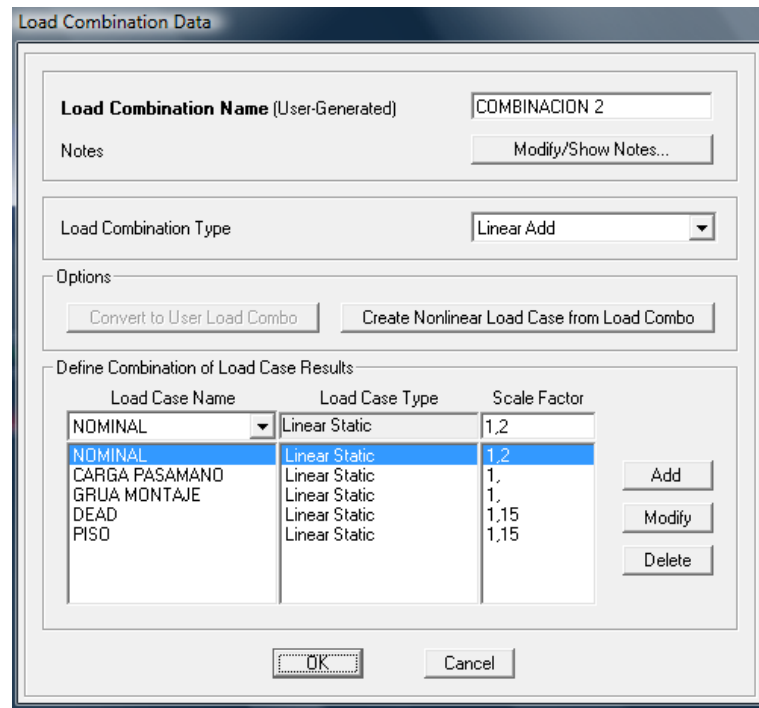


**Figura 40. Combinación de carga 1 para la plataforma**

**Fuente: Autores**

La figura 40 indica la combinación de carga para los efectos de encontrar las reacciones en los apoyos de la plataforma, el factor 1,15 aplicado a toda masa en movimiento como es el peso propio de la plataforma y también como la placa perforada antideslizante, el factor 1,2 esta aplicado a la carga nominal debido a que esta carga produce un momento de vuelco, las cargas producidas por el viento también se multiplican por el mismo factor, estos son criterios expuestos en la norma guía UNE-EN 1495.

Las fuerzas dinámicas deben tenerse en cuenta multiplicando todas las masas móviles por un coeficiente dinámico de 1,15<sup>4</sup>



**Figura 41. Combinación de carga 2 incluida la carga sobre el pasamano**

**Fuente: Autores**

La figura 41 corresponde a la combinación de carga 2 que incluye la carga sobre el pasamano, aquí no aparece la carga horizontal debida al efecto del viento, el criterio es mostrado en la norma la cual establece que una combinación de carga que incluya eventos accidentales sobre el pasamano y cargas excesivas de viento, tienen una probabilidad muy escasa de presentarse simultáneamente.

<sup>4</sup> COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN, UNE EN 1495 , Editada por AENOR, Madrid, España, 1998, pág. 21



### **3.9.6 Cálculo de reacciones**

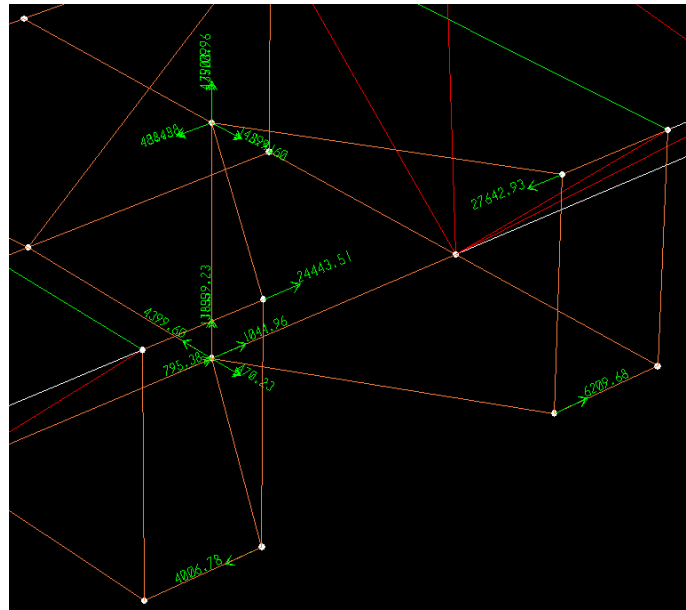
Asignadas las combinaciones de carga al modelo construido en el programa SAP 2000, se procede a realizar la simulación correspondiente para determinar las reacciones en los puntos donde la plataforma tiene contacto con el mástil y también determinar que combinación de carga es la más crítica para utilizar sus resultados en la verificación de esfuerzos.

Además que gracias a las prestaciones del programa de análisis estructural SAP 2000, muestra valores de cargas y momentos en cada uno de los elementos estructurales, considerando una combinación a la vez.

Con los valores de reacciones en los apoyos posteriormente se calcularán los elementos guías y también el sistema de elevación.

Luego de correr el programa se muestran las reacciones obtenidas, estas reacciones corresponden a fuerzas y momentos actuando sobre la línea de acción de los tres ejes.

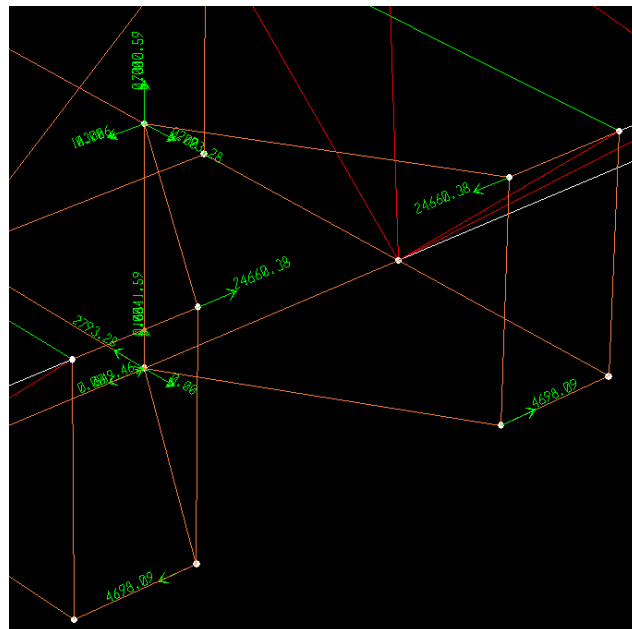
De los valores obtenidos se tomarán los mayores para los cálculos tanto de guías como el cálculo del sistema de elevación por cremallera, también se obtendrán las resultantes de la sumatoria de fuerzas aplicadas en los tres ejes de acción.



**Figura 42. Reacciones de cargas por combinación 1**

**Fuente: Autores**

Reacciones a partir de la combinación de carga N° 1, representada en la figura 42.



**Figura 43. Reacciones de cargas por combinación 2**

**Fuente: Autores**

Reacciones a partir de la combinación de carga N° 2, representada en la figura 43.

**Tabla 6. Reacciones en los apoyos, combinación 1 de carga.**

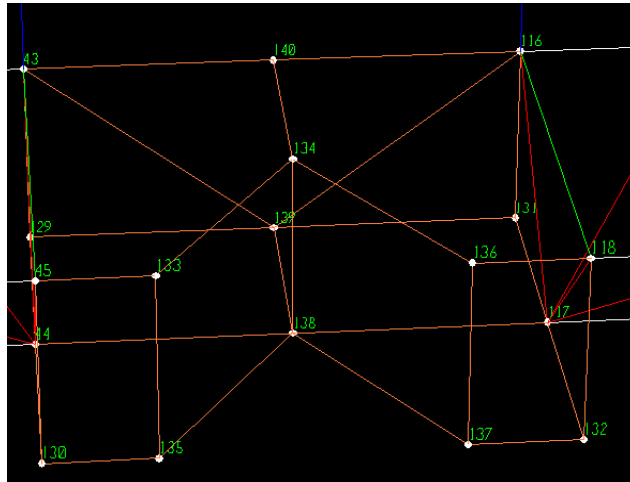
REACCIONES EN LOS APOYOS; COMBINACIÓN DE CARGAS 1							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
133	COMBINACION 1	0	0	-24443.51	0	0	0
134	COMBINACION 1	48.43	4399.6	7903.96	38.58	118.41	435.09
135	COMBINACION 1	0	0	4006.78	0	0	0
136	COMBINACION 1	0	0	-27642.93	0	0	0
137	COMBINACION 1	0	0	6209.68	0	0	0
138	COMBINACION 1	-1044.96	-4399.6	18539.23	-795.38	470.23	13.35
		-996.53	0	-15426.79	-756.8	588.64	448.44

**Tabla 7. Reacciones en los apoyos, combinación 2 de carga.**

REACCIONES EN APOYOS COMBINACIÓN DE CARGAS 2							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
133	COMBINACION 2	0	0	-24660.38	0	0	0
134	COMBINACION 2	1.419E-08	2793.28	7310.59	143.86	8.636E-10	2.716E-09
135	COMBINACION 2	0	0	4698.09	0	0	0
136	COMBINACION 2	0	0	-24660.38	0	0	0
137	COMBINACION 2	0	0	4698.09	0	0	0
138	COMBINACION 2	6.044E-09	-2793.28	16641.59	-549.46	2.612E-09	1.527E-09
		2.023E-08	0	-15972.4	-405.6	3.476E-09	4.243E-09

Como se puede apreciar en la tabla, el programa asigna un número a cada uno de los apoyos, y también designa a los ejes con los números 1, 2, 3, y los relaciona con los ejes x, y, z, respectivamente, la información mostrada son de gran utilidad al momento de evaluar cual combinación es la que produce la situación más desfavorable. Las fuerzas y momentos resultantes, cuyos valores se muestran en las tablas 6 y 7 respectivamente para cada una de las combinaciones son la compensación en los apoyos para mantener la condición de equilibrio total.

La figura muestra cómo están designados los apoyos con su respectiva numeración.



**Figura 44. Designación de apoyos.**

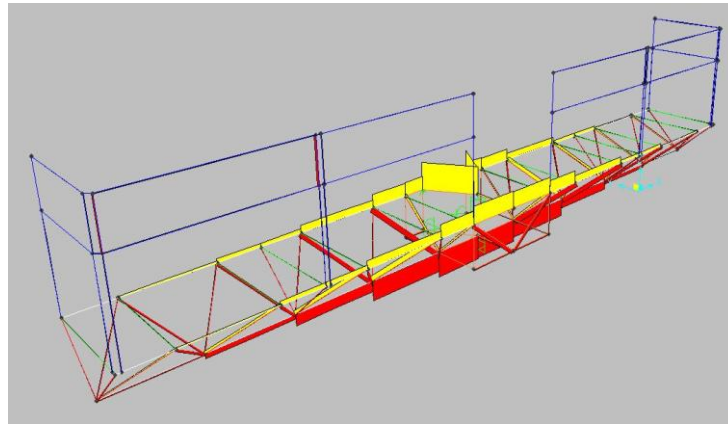
**Fuente: Autores**

### **3.10 ESFUERZOS MÁXIMOS**

La tabla 6 tiene como resultados los valores correspondientes a la combinación de carga 1, que resultan ser más críticos al compararlos con los resultados de la combinación 2.

#### **3.10.1 Análisis de esfuerzos**

Gracias a los resultados obtenidos por el programa SAP 2000, y el establecimiento de la combinación de carga más crítica se puede visualizar las cargas axiales que soportan cada uno de los elementos estructurales que conforman la plataforma de trabajo, la figura 45 muestra los esfuerzos axiales que soportan los elementos, cabe destacar que las barras en color amarillo representa esfuerzos axiales a tracción, y las barras en color rojo representan esfuerzos axiales a compresión, como la mayor parte de la plataforma trabaja en voladizo los esfuerzos axiales de compresión se presentan en la parte inferior de la plataforma.



**Figura 45. Análisis de esfuerzos**

**Fuente: Autores**

Independientemente de las características de los perfiles utilizados, el modelo tridimensional permite comprender el comportamiento de la estructura. Estos valores ayudan a establecer y verificar que perfil es el mejor para que soporte este tipo de trabajo.

También en este caso se tomará en cuenta el perfil que soportará el esfuerzo axial más elevado que servirá para la construcción de la estructura de la plataforma.

Se selecciona los valores más elevados de carga axial en los elementos sometidos a tracción o compresión como sigue:

**Tabla 8. Carga axial máxima a compresión, tubo cuadrado 50x3**

CARGA AXIAL MÁXIMA A COMPRESIÓN TUBO CUADRADO 50 X 3								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
204	0.5	COMBINACION 1	-40794.59	-4137.02	431.44	-87.79	116.45	-1385.89

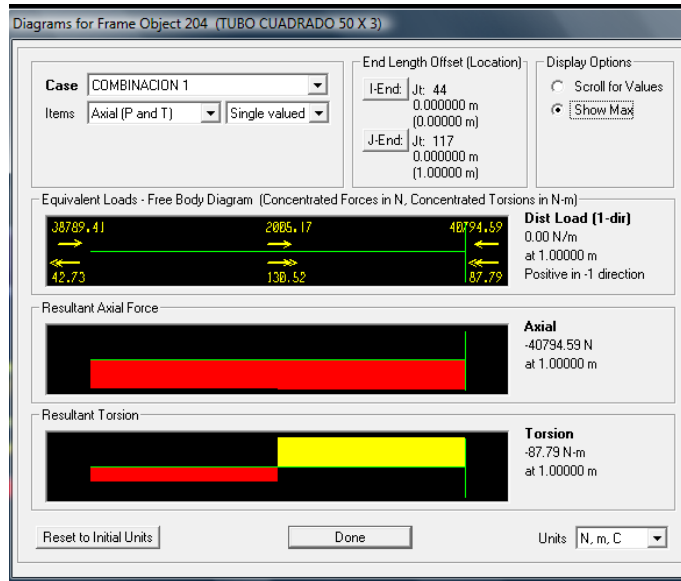


Figura 46. Diagrama de corte, tubo 50x3

Fuente: Autores

Tabla 9. Carga axial máxima a tensión, tubo cuadrado 50x3

CARGA AXIAL MÁXIMA A TENSIÓN TUBO CUADRADO 50 X 3								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
211	0	COMBINACION 1	27302.16	1451.01	-1245.29	132.76	-204.02	224.48

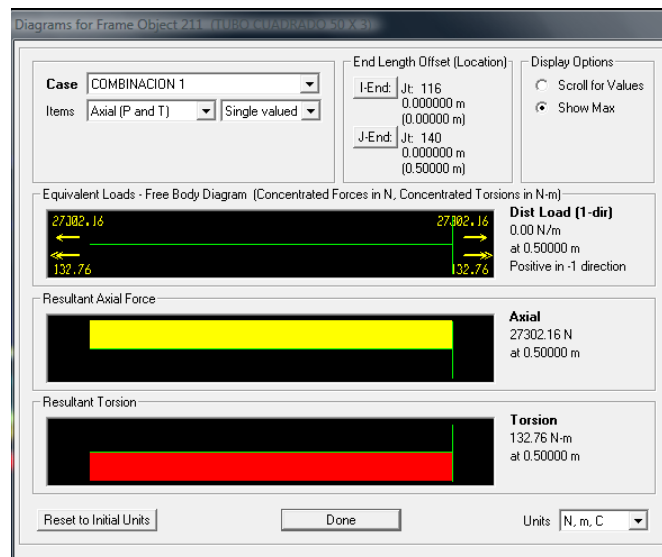
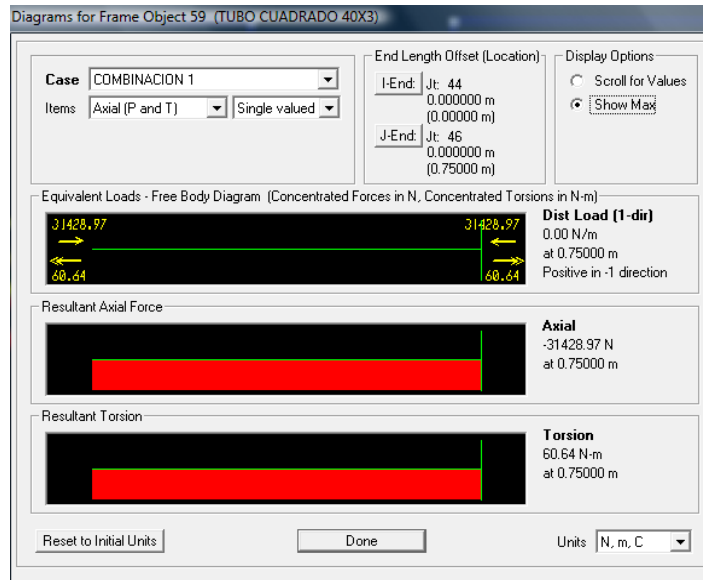


Figura 47. Diagrama de corte, tubo 50x3

Fuente: Autores

**Tabla 10. Carga axial máxima a compresión, tubo cuadrado 40x3**

CARGA AXIAL MÁXIMA A COMPRESIÓN TUBO CUADRADO 40 X 3								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
59	0	COMBINACION 1	-31428.97	239.21	15.08	60.64	19.63	144.89



**Figura 48. Diagrama de corte, tubo 40x3**

**Fuente: Autores**

**Tabla 11. Carga axial máxima a tensión.**

CARGA AXIAL MÁXIMA A TENSIÓN TUBO CUADRADO 40 X 3								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
162	0	COMBINACION 1	21116.66	-1619.13	-764.8	-51.34	-254.4	-528.85
162	0.375	COMBINACION 1	21116.66	-1563.38	-764.8	-51.34	32.4	67.87

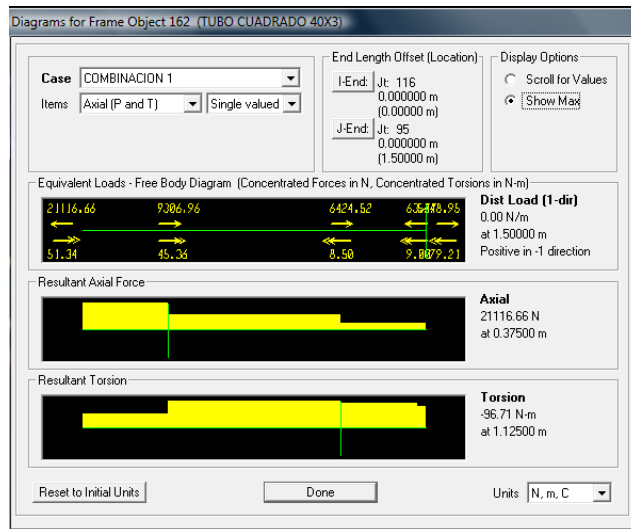


Figura 49. Diagramas de corte, tubo 40x3

Fuente: Autores

Tabla 12. Carga axial máxima a compresión, tubo 25x1.5

CARGA AXIAL MÁXIMA A COMPRESIÓN TUBO CUADRADO 25 X 1.5								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
171	0.70931	COMBINACION 1	-10039.79	-46.53	-70.77	7.03	34.07	8.72

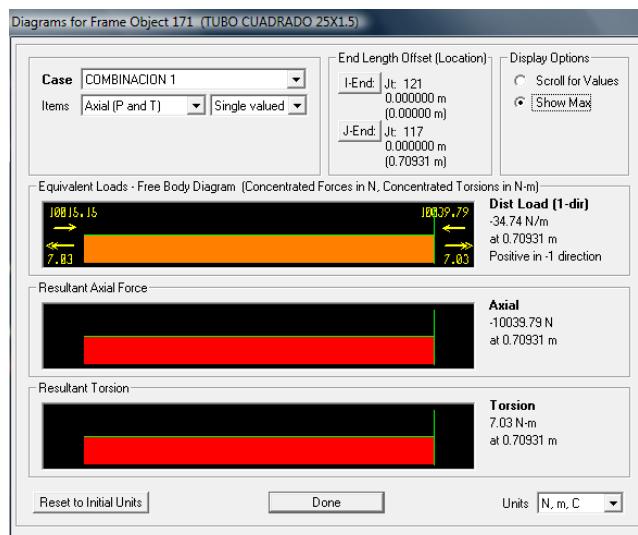


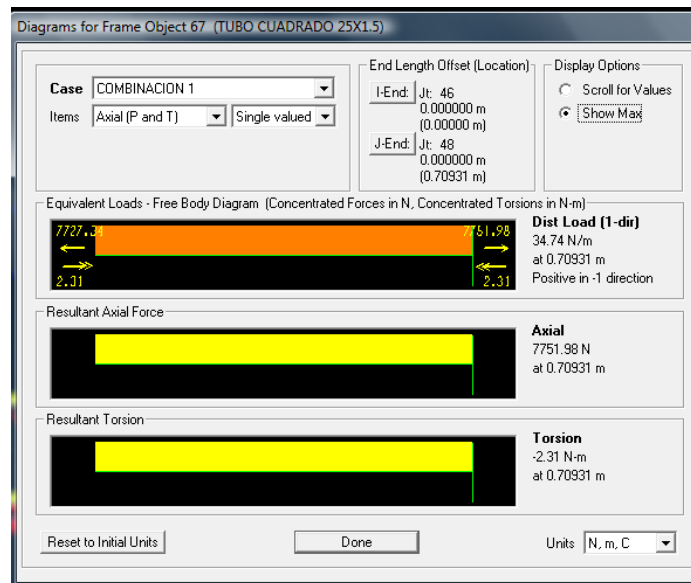
Figura 50. Diagrama de corte, tubo 25x1.5

Fuente: Autores



**Tabla 13. Carga axial máxima a tensión, tubo cuadrado 25x1.5**

CARGA AXIAL MÁXIMA A TENSIÓN TUBO CUADRADO 25 X 1.5								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
67	0	COMBINACION 1	7727.34	-28.37	2.23	-2.31	9.13	15.63
67	0.35466	COMBINACION 1	7739.66	-10.33	2.23	-2.31	8.34	22.49
67	0.70931	COMBINACION 1	7751.98	7.72	2.23	-2.31	7.55	22.95



**Figura 51. Diagrama de corte, tubo 25x1.5**

Fuente: Autores

**Tabla 14. Máxima carga axial**

MÁXIMA CARGA AXIAL A COMPRESIÓN TUBO RECTANGULAR 40 X 20 X2								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
15	0	COMBINACION 1	-716.9	-672.9	89.58	6.33	44.5	-104.72
15	0.45	COMBINACION 1	-716.9	-19.27	89.58	6.33	4.19	51.02
15	0.9	COMBINACION 1	-716.9	634.36	89.58	6.33	-36.13	-87.38

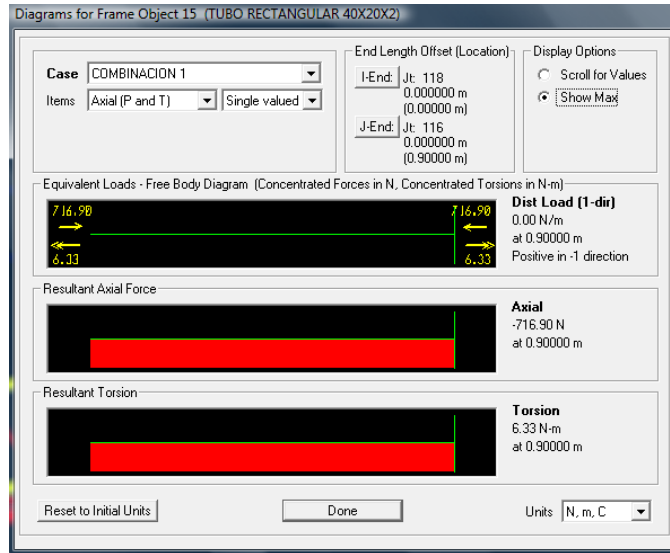


Figura 52. Diagrama de corte, tubo 40x20x2

Fuente: Autores

Tabla 15. Máxima carga axial a tensión, tubo rectangular 40x20x2

MÁXIMA CARGA AXIAL A TENSIÓN TUBO RECTANGULAR 40 X 20 X 2								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
17	0.9	COMBINACION 1	917.7	540.21	123.5	19.51	-55.27	-44.14

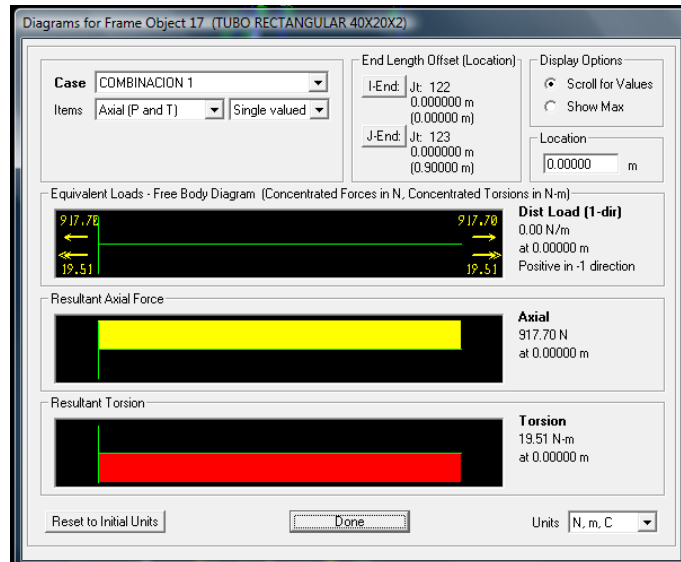


Figura 53. Diagrama de corte, tubo rectangular 40x20x2

Fuente: Autores

### 3.11 ESPECIFICACIÓN DE PERFILES

Tabla 16. Catálogo DIPAC, tubo estructural cuadrado

DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPEJOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,06	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84

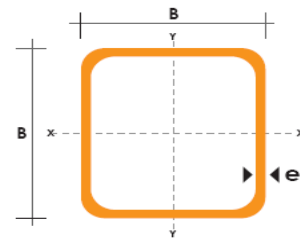


Tabla 17. Catálogo DIPAC, tubo estructural rectangular

DIMENSIONES				AREA	EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPEJOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15

Para el modelo utilizado en SAP 2000 se escogió perfil tubular en acero estructural cuyas características se encuentran en la tabla N° 15 y N° 16, el material de los perfiles es ASTM A-500 cuyo  $S_y = 50$  ksi.

### 3.12 CÁLCULO DE ELEMENTOS A COMPRESIÓN

Las condiciones de diseño por esbeltez que constan en la norma AISC, determinan parámetros muy estrictos para la aplicación de la condición de diseño de elementos estructurales por compresión, las cuales se muestran a continuación.

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{S_y}}$$

$C_c$  es propio para cada material ASTM A-500  $S_y=50$  ksi

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2.9 \times 10^7 \text{ psi}}{50 \text{ ksi}}}$$

$$C_c = 107$$

Como se puede apreciar en la figura 54, el límite de la zona en la cual se pueden aplicar las fórmulas tanto de esfuerzos admisibles a compresión como de fuerza crítica de falla corresponde a la zona 2, es decir se utilizará las siguientes ecuaciones para aplicar las condiciones que dictamina la Norma AISC.

$$f_a = \frac{P}{A} \qquad f_a \leq F_a$$

Siendo  $F_a$  el esfuerzo admisible a compresión.

$$F_a = \frac{\left[ 1 - \frac{\left( \frac{K \cdot l}{r} \right)^2}{2 \cdot C_c^2} \right] \cdot F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3 \left( \frac{K \cdot l}{r} \right)}{8 \cdot C_c} - \frac{\left( \frac{K \cdot l}{r} \right)^3}{8 \cdot C_c^3}}$$

$$\lambda = \frac{K \cdot L}{r_{\min}} \quad K = 1$$

Formulas tomadas de los criterios para diseño de elementos a compresión de la Norma AISC.

**Tabla 18. Especificaciones de los tubos seleccionados**

<i>TUBO ESTRUCTURAL</i>	<i>INERCIA (cm<sup>4</sup>)</i>	<i>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>RADIO MÍNIMO (cm)</i>	<i>LONGITUD (cm)</i>	<i>ESBELTEZ (l)</i>
25 x 1.5	1,21	1,05	1,07	71,00	66,14
40 x 3	10,2	4,44	1,52	150,00	98,97
50 x 3	21,2	5,61	1,94	100,00	51,44
40 x 20 x 2	4,04	2,14	1,37	90,00	65,50

**Verificación de la condición**  $f_a \leq F_a$

**Tabla 19. Calculo de cargas a compresión**

<i>TUBO ESTRUCTURAL</i>	<i>CARGA COMPRESIÓN (kgf)</i>	<i>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>f<sub>a</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>F<sub>a</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>CONDICIÓN f<sub>a</sub> ≤ F<sub>a</sub></i>
25 x 1.5	881,18	1,05	839,22	1521,59	<b>cumple</b>
40 x 3	3215,6	4,44	724,23	1050,65	<b>cumple</b>
50 x 3	4057,02	5,61	723,18	1696,14	<b>cumple</b>
40 x 20 x 2	23,53	2,14	11,00	1529,65	<b>cumple</b>

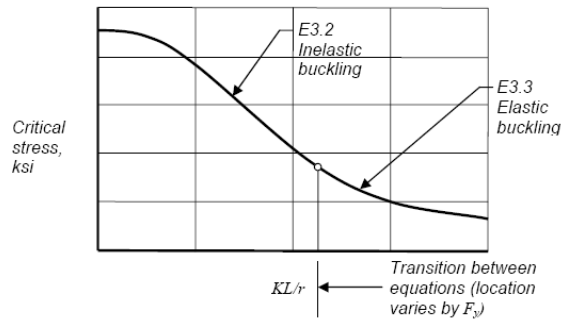


Figure E-1 Standard Column Curve

TRANSITION POINT LIMITING VALUES OF $KL/r$		
$F_y$ ksi (MPa)	Limiting $KL/r$	$0.44F_y$ ksi (MPa)
36 (248)	134	15.8 (109)
50 (345)	113	22.0 (152)
60 (414)	104	26.4 (182)
70 (483)	96	30.8 (212)

Figura 54. Curva estándar de columnas

Fuente: Manual AISC, capítulo E

### 3.13 CÁLCULO DE ELEMENTOS A TENSIÓN

Para el cálculo de los elementos a tensión los requisitos de diseño que utiliza la norma AISC utilizando el método de cálculo ASD o mejor conocido de esfuerzos admisibles son los siguientes:

$$f_t \leq F_t \quad F_t = \frac{S_y}{F_s} \quad F_s = 1.67$$

$F_s$  = es el factor de seguridad mínimo para el método de cálculo ASD.

$$\lambda \leq 900 \quad \text{Esbeltez es una propiedad de cada elemento}$$

$$\lambda = \frac{L}{r_{\min}} \quad r_{\min} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

A continuación el cálculo de esbeltez de los perfiles estructurales, condición fundamental para la aplicación del método ASD, de esfuerzos admisibles.

Las longitudes tomadas corresponden a elementos con cargas críticas.

## Verificación de condiciones $f_t \leq F_t$

**Tabla 20. Cálculos de carga axial**

<i>TUBO ESTRUCTURAL</i>	<i>CARGA AXIAL (kgf)</i>	<i>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</i>	<i>f<sub>t</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>F<sub>t</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>CONDICIÓN f<sub>t</sub> ≤ F<sub>t</sub></i>
25 x 1.5	773,93	1,05	737,08	2105,00	cumple
40 x 3	2126,73	4,44	478,99	2105,00	cumple
50 x 3	2605,67	5,61	464,47	2105,00	cumple
40 x 20 x 2	91,08	2,14	42,56	2105,00	cumple

Por lo tanto los perfiles escogidos en un principio cumplen con la condición de estabilidad por tensión y compresión.

### 3.14 ÍNDICES DE TRABAJO

Además de las verificaciones con la condición de estabilidad, se revisará los índices que también muestran otra condición característica de estabilidad según la norma AISC. A continuación los cálculos:

$$I_a = \frac{f_a}{F_a}$$

**Tabla 21.**

<i>f<sub>a</sub> (kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>F<sub>a</sub>(kgf/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>ÍNDICES I<sub>a</sub> ≤ 1,0</i>
839,22	1521,59	0,55
724,23	1050,65	0,69
723,18	1696,14	0,43
11,00	1529,65	0,01

$$I_t = \frac{f_t}{F_t}$$

**Tabla 22.**

<i>f<sub>t</sub></i> (kgf/cm <sup>2</sup> )	<i>F<sub>t</sub></i> (kgf/cm <sup>2</sup> )	ÍNDICES <i>I<sub>t</sub></i> ≤ 1,0
737,08	2105,00	0,35
478,99	2105,00	0,23
464,47	2105,00	0,22
42,56	2105,00	0,02

### 3.15 CÁLCULO POR FLEXIÓN

Flexión es un estado de carga que originan en el elemento esfuerzos variables, existen criterios a considerar con respecto a los apoyos son los siguientes:

$$F_b = 0.66 \times S_y$$

Apoyo lateral total aplicable en losas o elementos secundarios.

$$F_b = 0.6 \times S_y \quad l_c < L < l_u$$

$$F_b < 0.6 \times S_y \quad L > l_u$$

Considerada también como ecuaciones de diseño por esbeltez.

Donde *l<sub>c</sub>* es la longitud crítica entre apoyos, y *l<sub>u</sub>* es la longitud última entre apoyos.

La ecuación de la flexión real a continuación:

$$f_b = \frac{M_x}{S_x}$$



Para el análisis de esfuerzos se considera flexión más compresión en un solo plano, para lo cual se requieren las siguientes ecuaciones:

Esta fórmula muestra la combinación de los dos esfuerzos en un solo plano.

$$f = \frac{P}{A} + \frac{M \cdot C}{I_y}$$

Esta fórmula muestra la combinación de los dos esfuerzos en dos planos, elemento estructural sometido a carga excéntrica.

$$f = \frac{P}{A} + \frac{M_x \cdot y}{I_x} + \frac{M_y \cdot x}{I_y}$$

Las ecuaciones de interacción verifican la optimización del perfil seleccionado:

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fbx}{Fb} \leq 1.0$$

Esta ecuación muestra los elementos sometidos a carga axial y flexión.

$$\text{Dónde: } fa = \frac{P}{A} \qquad fbx = \frac{Mx}{Sx}$$

$$\text{Siendo: } Fa = 0.6Fy \qquad Fb = 0.66Fy$$

Ecuaciones tomadas del libro “Diseño de estructuras de acero” de Boris Bresler.

$fa$  = esfuerzo de compresión real

$Fa$  = esfuerzo admisible a compresión

$fbx$  = esfuerzo real a flexión en el plano x-x

$Fb$  = esfuerzo admisible a flexión

$Mx$  = Momento flector máximo en el plano x-x

$Sx$  = Módulo de sección propio del perfil utilizado

$P$  = carga axial

$A$  = área de la sección transversal propio del perfil

**Tabla 23. Calculo por flexión.**

<i>PERFIL ESTRUCTURAL</i>	<i>CARGA AXIAL COMPRESIÓN (N)</i>	<i>ÁREA DE SECCIÓN (m<sup>2</sup>)</i>	<i>fa (N/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Mx (N.m)</i>	<i>Sx (m<sup>3</sup>)</i>	<i>fbx (N/m<sup>2</sup>)</i>
25 x 1.5	8641.42	0.000105	82299238.1	26.58	0.0013	3187.05
40 x 3	31534.26	0.000444	71023108.1	54.034	0.0051	10596979.80
50 x 3	39785.76	0.000561	70919358.3	820.522	0.0083	98383932.85
40 x 20 x 2	230.75	0.000214	1078271.03	67.57	0.0022	30395.86

**Tabla 24. Cumplimiento de la condición**

<i>PERFIL ESTRUCTURAL</i>	<i>Fa (N/m<sup>2</sup>)</i>	<i>Fb (N/m<sup>2</sup>)</i>	<i>fa/Fa</i>	<i>fbx/Fb</i>	<i>fa/Fa + fb/Fb</i>	<i>≤ 1.0</i>
25 x 1.5	206842800	227527080	0.39788302	1.40073E-05	0.39789703	<i>cumple</i>
40 x 3	206842800	227527080	0.34336756	0.046574587	0.38994215	<i>cumple</i>
50 x 3	206842800	227527080	0.34286597	0.432405377	0.77527135	<i>cumple</i>
40 x 20 x 2	206842800	227527080	0.005213	0.000133592	0.00534659	<i>cumple</i>

### 3.16 CÁLCULO DEL MÁSTIL

El mástil está sometido a más del peso propio de la plataforma a las reacciones que se requiere para lograr mantener la plataforma estable.

El cálculo del mástil requiere transferir los momentos y reacciones obtenidos en las restricciones de la plataforma.

Como ya se mencionó la combinación de esfuerzos se acerca a la idealización del caso más extremo, consideración necesaria para la verificación de elementos estructurales.

Al hablar de esfuerzos combinados, nos referimos a miembros estructurales sometidos a carga por flexión, combinada con tensión o compresión. En general, el problema flexión pura, nunca o casi nunca se presenta en columnas, pues estos elementos siempre tendrán alguna excentricidad, que nos genera momentos. A los elementos estructurales sometidos a flexión y compresión se denominan elementos sometidos a flexocompresión.

### 3.16.1 Requisitos del AISC

Las especificaciones AISC señalan que los elementos estructurales sometidos a carga axial de compresión y flexión deben cumplir los siguientes requisitos bajo el criterio de diseño, para este propósito se nombran las siguientes expresiones.

- Se usará: 
$$\frac{fa}{Fa} + \frac{fbx}{Fb} \leq 1.0$$

Cuando el esfuerzo axial calculado sea menor que el 15% del esfuerzo axial permisible  $\frac{fa}{Fa} \leq 0.15$ , esto se debe a que los efectos de flexión prácticamente no se ven afectados por la fuerza axial.

- Cuando el esfuerzo axial calculado exceda el 15% del esfuerzo permisible se usará:

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{Cmx \cdot fbx}{\left(1 - \frac{fa}{F'ex}\right) \cdot Fbx} + \frac{Cmy \cdot fby}{\left(1 - \frac{fa}{F'ey}\right) \cdot Fby} \leq 1.0$$

$$\frac{fa}{0.6 \times Fy} + \frac{fbx}{Fbx} + \frac{fby}{Fby} \leq 1.0$$

$F'e$  = es el esfuerzo crítico de Euler dividido entre un factor de seguridad.

$$F'e = \frac{12 \times \pi^2 \times E}{23 \left( K \times \frac{Lb}{rb} \right)^2}$$

$K$  = Factor de longitud efectiva

$E$  = Módulo de elasticidad del acero estructural

$L_b$  = Longitud no arriostrada

$r_b$  = radio de giro

**Tabla 25. Longitudes efectivas de columnas**

<b>Tabla 1-2 LONGITUDES EFECTIVAS DE COLUMNAS</b>						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	(a) 	(b) 	(c) 	(d) 	(e) 	(f) 
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones son parecidas a las ideales	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0
Símbolos para las condiciones de Extremo	Rotación y traslación impedida Rotación libre y traslación impedida Rotación impedida y traslación libre Rotación y traslación libres					

Definidos los requisitos para la comprobación del perfil se determinará cuál de los perfiles AISC de tipo rectangular será el apropiado para trabajar con las cargas y momentos que la plataforma de trabajo, transmitirá a la columna o mástil.

El procedimiento para la selección del perfil rectangular HSS más apropiado es el siguiente:

- El criterio de partida con lo que respecta a la esbeltez, *para los miembros diseñados sobre las bases de compresión, la esbeltez no debe exceder de 200*<sup>5</sup>.
- Los valores de cargas y momentos serán obtenidos con la ayuda del Programa SAP 2000.
- El parámetro de diseño para selección de perfil a compresión es el radio de giro mínimo.
- Verificación del perfil seleccionado.

### 3.16.2 Obtención de reacciones en la columna o mástil

Para la obtención de las reacciones que actúan sobre la columna se debe estimar otro concepto como es el de asignar las restricciones correctas a fin de obtener valores que ayuden al cálculo de elementos que permitan el guiado seguro de la plataforma en el momento del funcionamiento. Para tener una idea clara se debe asegurar la estabilidad de la plataforma.

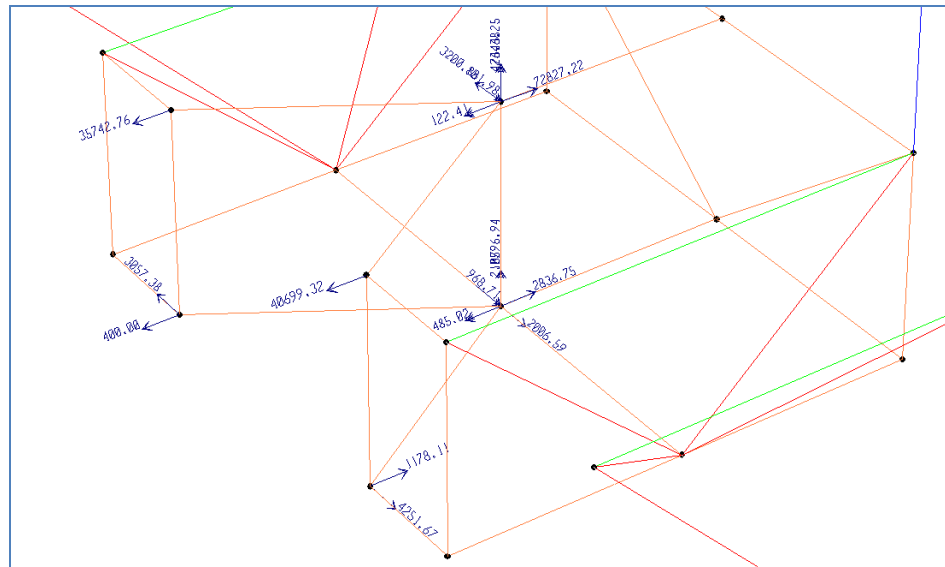
Las figuras muestran las reacciones necesarias para lograr la estabilidad de la plataforma al ser expuesta a las cargas que anteriormente se detallaron.

**Tabla 26. Reacciones en apoyos de la plataforma de trabajo**

REACCIONES EN APOYOS PLATAFORMA DE TRABAJO							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
133	COMBINACION 1	0	35742.76	0	0	0	0
134	COMBINACION 1	3200.88	-72827.22	7646.25	-101.98	122.41	423.38

<sup>5</sup> AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCCION, Manual AISC, 2007, Estados Unidos de América.

135	COMBINACION 1	0	400	3057.38	0	0	0
136	COMBINACION 1	0	40699.32	0	0	0	0
137	COMBINACION 1	0	-1178.11	4251.67	0	0	0
138	COMBINACION 1	-2006.59	-2836.75	18796.94	-968.71	485.02	2.05

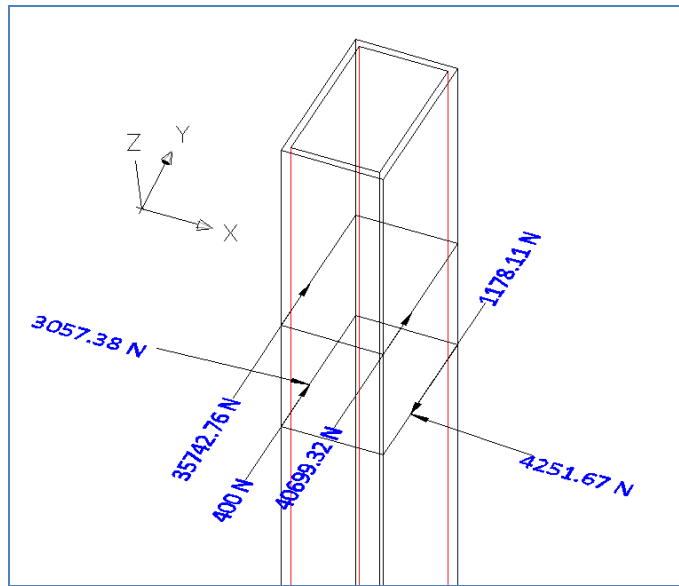


**Figura 55. Reacciones en los apoyos de la plataforma**

**Fuente: Autores**

### 3.16.3 Cargas sobre la columna o mástil

La aplicación de las cargas en la columna o mástil requieren encontrar las resultantes de las reacciones encontradas, de esta manera se puede llegar a tener un modelo claro y lograr aplicar las ecuaciones de forma más apropiada.



**Figura 56. Cargas horizontales sobre el mástil**

**Fuente: Autores**

La figura muestra las cargas aplicadas al mástil, estas corresponden a la carga que las guías deben soportar para realizar los cálculos respectivos.

Posteriormente se establecerá la ubicación de estas cargas haciendo referencia al criterio que menciona la norma, es que las cargas deben estar ubicadas a modo que produzcan los esfuerzos más críticos.

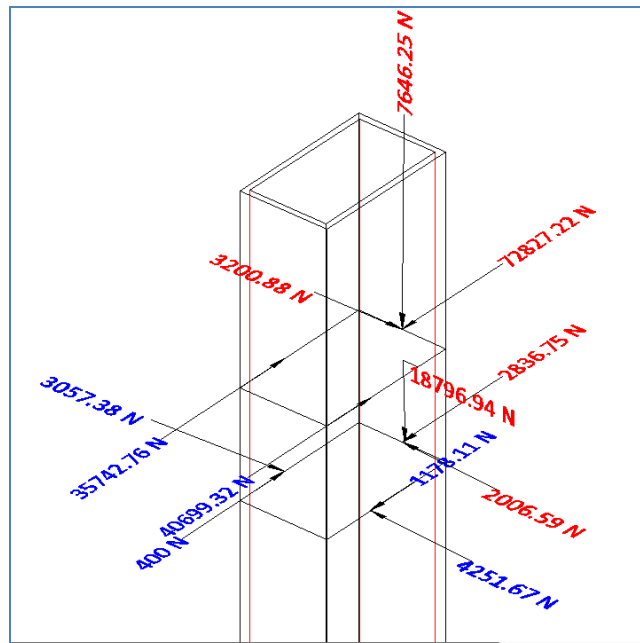


Figura 57. Reacciones vertical y horizontal sobre el mástil.

Fuente: Autores

La figura 57 indica las cargas aplicadas al sistema piñón cremallera, se muestran en color rojo los valores para diferenciarlos de las cargas aplicadas a las guías.

### 3.16.4 Selección del perfil estructural HSS para el mástil

Para iniciar con las iteraciones se realiza una primera estimación para determinar el primer perfil a ser considerado, utilizando el criterio de la esbeltez límite.

$$\lambda = \frac{L \times k}{r_{\min}} \quad \lambda = 200 \quad k = 2.1 \quad L = 3 \text{ m}$$

$$r_{\min} = \frac{2.1 \times 3 \text{ m}}{200} \quad r_{\min} = 0.0315 \text{ m}$$



La consideración de  $L=3\text{ m}$ , se la realiza debido a que esta es la distancia máxima sin anclaje que deberá soportar la columna o mástil, mientras se realicen los trabajos de montaje de la plataforma.

El parámetro de diseño es el radio de giro mínimo, en el catálogo de los perfiles AISC se buscará un perfil HSS que se acerque al valor en mención, se elige el siguiente:

HSS 10"x3"x5/16"

HSS 254x76.2x7.9375 [mm]

$S_x = 15.3\text{ in}^3 = 250722\text{ mm}^3$ $S_y = 7.3\text{ in}^3 = 119626\text{ mm}^3$ $r_y = 1.25\text{ in} = 31.75\text{ mm} = 0.03175\text{ m}$ $A = 7.01\text{ in}^2 = 0.004523\text{ m}^2$
---

De acuerdo a los datos del perfil se procederá a realizar la verificación:

$$F_a = \frac{12 \times \pi^2 \times E}{23 \times \left( K \times \frac{L}{r_y} \right)^2}$$

$F_a$  = Esfuerzo admisible a la compresión en la zona III.

$$F_a = \frac{12 \times \pi^2 \times E}{23 \times \left( K \times \frac{L}{r_y} \right)^2} \quad F_a = \frac{12 \times \pi^2 \times 2.0594 \times 10^6\text{ Pa}}{23 \times \left( 2.1 \times \frac{3\text{ m}}{0.03175\text{ m}} \right)^2}$$

$$F_a = 2.69339 \times 10^7\text{ Pa}$$

$f_{axial}$  = la resultante de la fuerza vertical

$$f_{axial} = 7646.25\text{ N} + 18796.94\text{ N}$$

$$f_{axial} = 26443.2\text{ N}$$

$$fa = \frac{26443.2 \text{ N}}{0.004523 \text{ m}^2} \qquad fa = 5.84638 * 10^6 \text{ Pa}$$

$fa$  = esfuerzo real a la compresión

$$\frac{fa}{Fa} \leq 1.0 \qquad \frac{5.84638 * 10^6 \text{ Pa}}{2.69339 * 10^7 \text{ Pa}} = 0.217 \leq 1.0 \qquad \text{OK.}$$

La verificación del perfil por el criterio de compresión resulta positivo, posteriormente se realizará mediante el criterio de esfuerzos combinados que es como ya se mencionó, la condición más real para el comportamiento de columnas o como en el caso de estudio del mástil.

Para verificar el perfil por el caso de combinación de esfuerzos se deberá encontrar las resultantes de las cargas aplicadas a la columna.

Al considerar a la columna como un cuerpo rígido se procede a determinar las resultantes en los ejes x, y.

Las resultantes de las fuerzas aplicadas son asignadas al modelo de simulación en el programa SAP 2000.

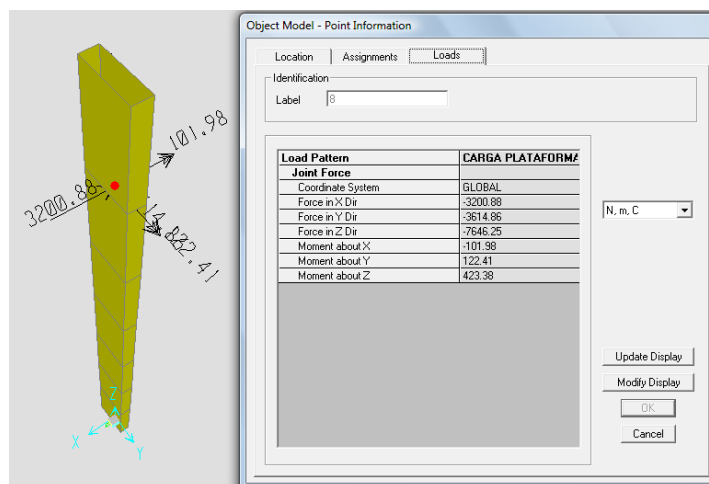
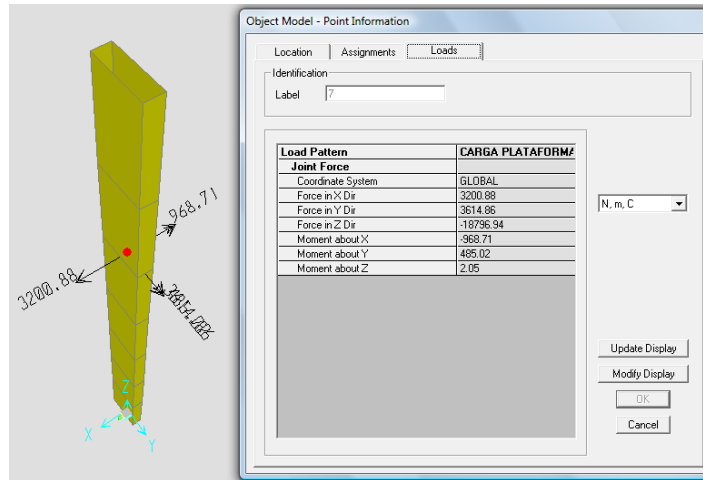


Figura 58. Reacciones en el mástil.

Fuente: Autores



**Figura 59. Reacciones en el mástil.**

**Fuente: Autores**

Como ya se explicó, las reacciones obtenidas en la plataforma son transferidas y aplicadas en la columna para encontrar la fuerza axial, y los momentos en la base para la aplicación de la ecuación de esfuerzos combinados. El caso que se asume y más crítico, la columna sin anclajes a la fachada.

### 3.16.5 Obtención de reacciones en el mástil

**Tabla 27. Reacciones en la base de la columna.**

REACCIONES EN LA BASE DE LA COLUMNA							
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
1	COMBINACIÓN COLUMNA	-4.366E-11	-1.637E-11	28531.88	-478.54	764.38	-425.43

Los resultados de la simulación muestran las reacciones, F3 es la fuerza axial, y los momentos al cual está sometida la columna.

HSS 10"x3"x5/16"

HSS 254x76.2x7.9375 [mm]

$$\begin{aligned} S_x &= 15.3 \text{ in}^3 = 250722 \text{ mm}^3 \\ S_y &= 7.3 \text{ in}^3 = 119626 \text{ mm}^3 \\ r_y &= 1.25 \text{ in} = 31.75 \text{ mm} = 0.03175 \text{ m} \\ A &= 7.01 \text{ in}^2 = 0.004523 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$f_{bx} = \frac{M_x}{S_x} \qquad f_{by} = \frac{M_y}{S_y}$$

$f_{bx}$  = esfuerzo real a flexión alrededor del eje x

$f_{by}$  = esfuerzo real a flexión alrededor del eje y

$M_x$  = Momento sobre el eje x

$M_y$  = Momento sobre el eje y

$S_x$  = Módulo de sección x

$S_y$  = Módulo de sección y

Las ecuaciones para la verificación del perfil, son consideradas de acuerdo al criterio que indica la norma AISC. Son los requerimientos para que un perfil del catálogo de la norma sea considerado como óptimo.

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} \cdot f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right) \cdot F_{bx}} + \frac{C_{my} \cdot f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right) \cdot F_{by}} \leq 1.0 \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\frac{f_a}{0.6 \times F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (\text{Ec.3})$$

$$1 \leq \frac{C_{mx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right)} = \text{factor de amplificación del momento con respecto al eje x}$$

$$1 \leq \frac{C_{my}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right)} = \text{factor de amplificación del momento con respecto al eje y}$$

$C_{mx} = C_{my} = 1$  Debido al tipo de apoyo que posee el mástil

### 3.16.5.1 Verificación

$$\frac{fa}{Fa} = 0.2342 \quad \frac{C_{mx}}{\left(1 - \frac{fa}{F'ex}\right)} = 1.03477 \quad \frac{C_{my}}{\left(1 - \frac{fa}{F'ex}\right)} = 1.30584$$

$$fbx = 1.9 * 10^6 Pa \quad fby = 6.39 * 10^6 Pa$$

$$Fbx = 0.6Fy \quad Fbx = 2.068 * 10^8 Pa$$

$$Fby = 0.75Fy \quad Fby = 2.58 * 10^8 Pa$$

$$0.2342 + (1.03477) \left( \frac{1.9 * 10^6 Pa}{2.068 * 10^8 Pa} \right) + (1.30584) \left( \frac{6.39 * 10^6 Pa}{2.58 * 10^8 Pa} \right) = 0.28 \leq 1.0 \quad (\text{Ec. 2})$$

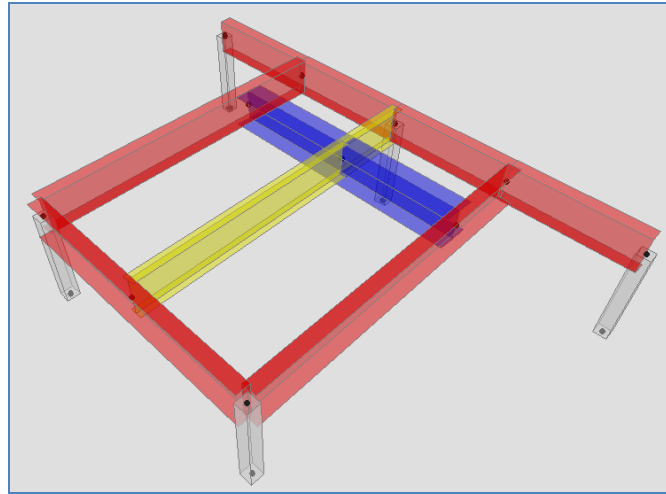
El resultado de la verificación, muestra que la columna es aceptada por el criterio de esfuerzos combinados de flexión y compresión.

### 3.17 CÁLCULO DE LA BASE DE LA PLATAFORMA DE TRABAJO

La base es el elemento que se apoya sobre el suelo y soporta todo el peso del montacargas, es decir, plataforma, carga nominal y mástil (figura 60).

Para calcular la base se requiere considerar que toda la carga tanto de la plataforma en trabajo, como la transmisión de esfuerzos a través del mástil hasta llegar a la base, se produzca en la condición más extrema que en este caso es la combinación de carga N° 1, simulación que fue desarrollada. Para realizar los cálculos se transferirá tanto las reacciones como los momentos de vuelco encontrados en la simulación de carga realizada con la ayuda de SAP 2000, estas reacciones y momentos deben ser

colocados en el sitio donde la disipación de carga en los apoyos de la base sea más eficiente.



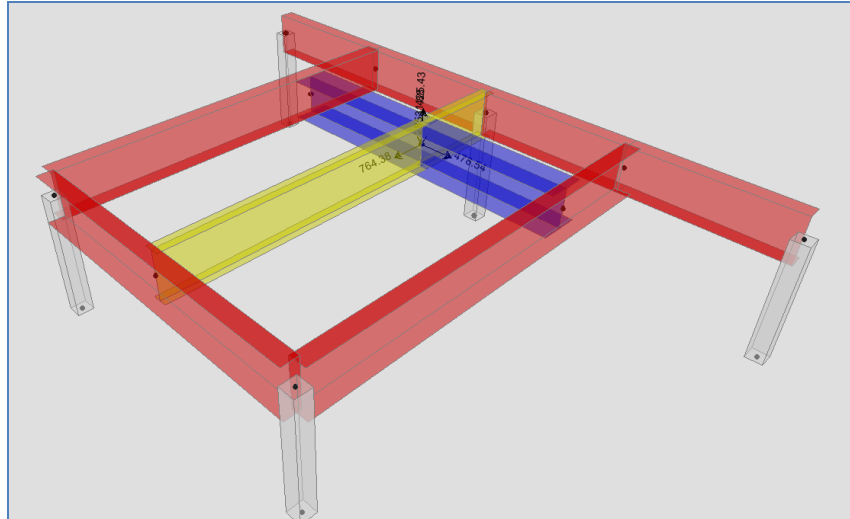
**Figura 60. Base**

**Fuente: Autores**

### **3.17.1 Asignación de cargas**

Los resultados de la simulación es la interacción entre las cargas asignadas y la configuración estimada para el arreglo de los elementos estructurales que se muestra en la figura 60.

La figura 61 indica el punto donde el efecto de las cargas será mejor absorbida, y por ende se logrará obtener un mejor comportamiento de la estructura.



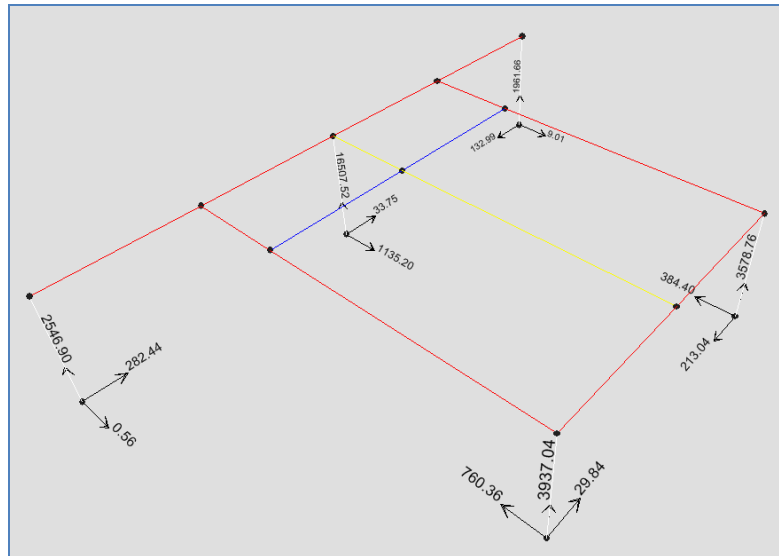
**Figura 61. Lugar donde el efecto de las cargas será mejor absorbida**

**Fuente: Autores**

Los primeros resultados que se van a mostrar son las reacciones en los apoyos de la base como se puede apreciar en la figura 62. Los apoyos de la base funcionan como apoyos tipo rótula, por este motivo dentro de los resultados no aparecen reacciones que involucren momentos.

La importancia en mostrar las reacciones de los apoyos de la base, es indicar que la condición de la capacidad aportante del suelo o piso en el cual será colocado la plataforma.

Debido a que la instalación de la plataforma de trabajo debe ser una labor interdisciplinaria ya que la capacidad aportante del suelo debe ser analizada mediante un estudio de suelo, en especial en lugares donde aún se están realizando movimiento de tierras, de esta manera se logrará prevenir el hundimiento de uno de los apoyos, durante la operación de la plataforma de trabajo.



**Figura 62. Reacciones en los apoyos**

**Fuente: Autores**

El criterio para la verificación de los perfiles utilizados en la configuración del modelo puesto a prueba en la simulación, es la consideración del comportamiento de vigas y su procedimiento comprende la verificación de deflexión admisible, y comprobados bajo criterios de flexión.

### 3.17.2 Verificación de perfiles

Los elementos dispuestos horizontalmente serán verificados como vigas, mientras que los elementos de verticales serán considerados como elementos sometidos a cargas de compresión.



### 3.17.2.1 Elementos verticales

De acuerdo a los diagramas obtenidos mediante el SAP 2000, para los elementos verticales sometidos a compresión, se muestran los valores máximos del perfil sometido a la más alta carga axial. Estos valores se los utilizará para determinar los esfuerzos de compresión.

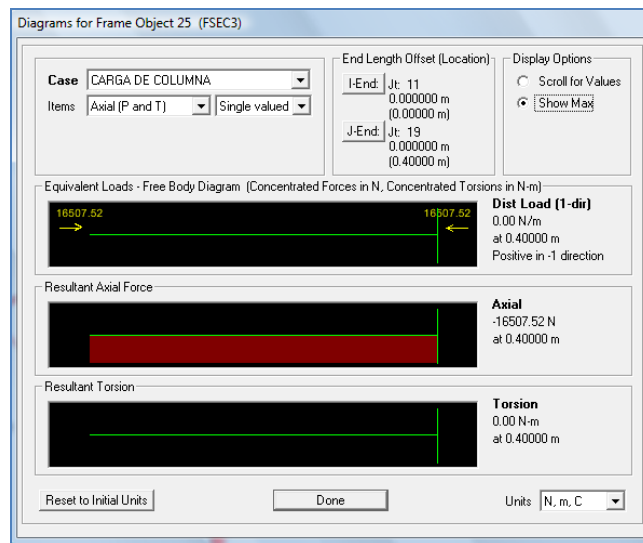


Figura 63. Diagrama de estructura, carga de columna

Fuente: Autores

Debido a la dimensión del elemento vertical se establecen las ecuaciones apropiadas para la verificación del perfil. El criterio para la evaluación del elemento es por resistencia.

$$fa = \frac{P}{A} \leq Fa = 0.6Sy$$

$Fa$  = esfuerzo permisible a compresión

$fa$  = esfuerzo real a compresión

$Sy$  = esfuerzo de fluencia del material ASTM A-500  $(3.48 \cdot 10^8 Pa)$

$$\frac{6507.52N}{A} = 0.6(3.48 * 10^8 Pa)$$

Con ésta ecuación se puede obtener el área del perfil cuadrado que se requiere.

$$A = 0.00008m^2$$

Del catálogo DIPAC de perfiles estructurales cuadrados se elige 30x1.2 [mm]. Cuya área es  $1.38 \text{ cm}^2 = 0.000138 \text{ m}^2$

$$\frac{16507.52N}{0.0000138m^2} = 1.1962 * 10^8 Pa \qquad 0.6(3.48 * 10^8 Pa) = 2.07 * 10^8 Pa$$

La condición de Resistencia para el elemento vertical se cumple.

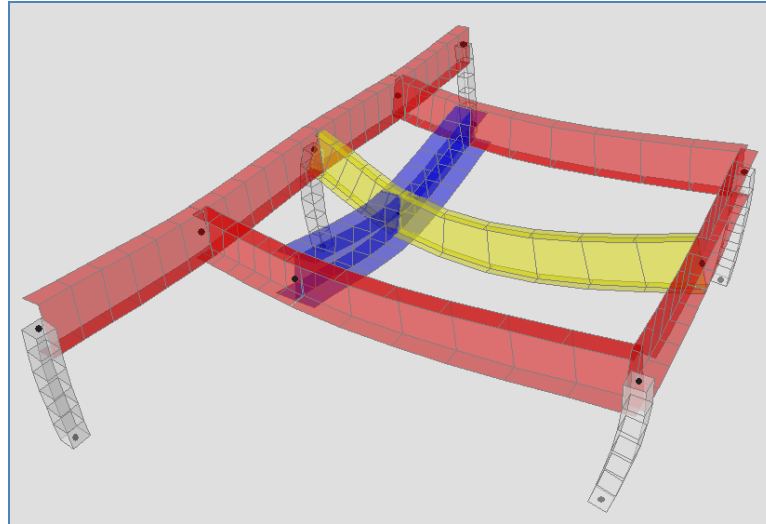
$$Ia = \frac{fa}{Fa} = 0.58 \leq 1 \qquad \text{SI CUMPLE}$$

$Ia$  = índice de trabajo a compresión cuyo valor debe ser menor o igual a 1.

### 3.17.2.2 Elementos horizontales

#### 3.17.2.2.1 Elemento estructural interior

Se establecen dos tipos de perfiles para los elementos horizontales unos que se disponen en la sección interior de la configuración de la base, otros que conforman el contorno de la base. Las deflexiones más elevadas se presentarán en los elementos que soportan directamente las cargas provenientes del mástil o columna. El diagrama de momentos en el plano correspondiente al eje z se muestra en la siguiente figura.



**Figura 64. Simulación**

**Fuente: Autores**

Para aplicar los criterios de diseño de vigas por flexión se necesita conocer que es una sección compacta, este tipo de secciones deben cumplir las siguientes condiciones:

- **Requerimientos generales**

El esfuerzo admisible a flexión tendrá que considerarse como sigue a continuación:

$$\Omega_b = 1.67$$

$\Omega_b$  = factor seguridad a flexión<sup>6</sup>

Los valores de deflexión admisible serán obtenidos de acuerdo a la disposición de las cargas en el perfil. La simulación en el SAP 2000, presenta los siguientes resultados para la evaluación del elemento estructural tipo viga interior en la base.

---

<sup>6</sup> AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION, Manual AISC, 13<sup>ava</sup> edición, impreso en los Estados Unidos de América, 2007, pág. 16.1-46

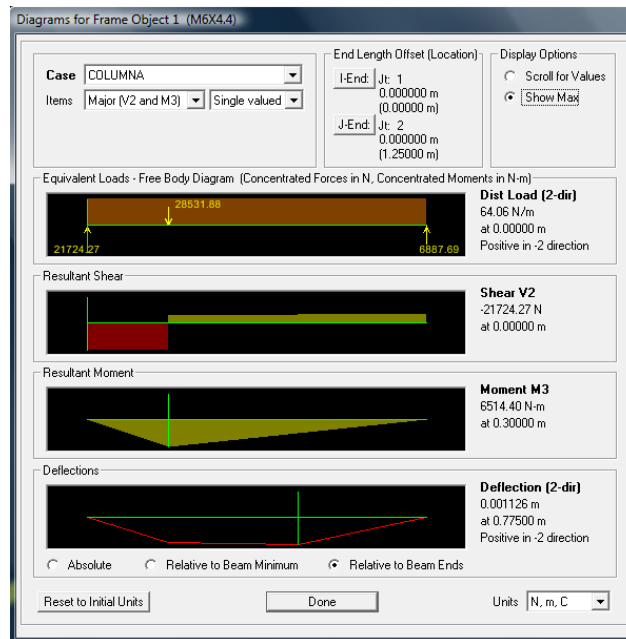


Figura 65. Diagrama de corte.

Fuente: Autores

$$\Delta_{\max} = \frac{P \times a}{3 \times E \times I} \times \frac{(l^2 - a^2)^3}{(3 \times l^2 - a^2)^2}$$

Ecuación tomada del manual AISC, Fuerzas cortantes, momentos, y deflexiones.

Tabla 3-23

$P$  = carga concentrada sobre la viga = 28531.88 N

$a$  = distancia tomada desde el extremo de la viga, ubicación de la carga

$l$  = longitud total de la viga

$E$  = módulo de elasticidad del material

$\Delta_{\max}$  = deflexión máxima

La figura 65 muestra el valor del momento máximo:

$$M_{\max} = 6514.40 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Se asume el valor de deflexión permisible

$$\Delta_{\max} = \frac{l}{360} = \frac{1.25 \text{ m}}{360} = 0.003472 \text{ m} = 3.472 \text{ mm}$$

$$I_x = \frac{P \times a}{3 \times E \times \Delta_{\max}} \times \frac{(l^2 - a^2)^3}{(3 \times l^2 - a^2)^2}$$

$$I_x = \frac{28531.88 - N \times 0.3m}{3 \times 2.0594 \times 10^{11} \text{ Pa} \times 0.003472m} \times \frac{((1.25m)^2 - (0.3m)^2)^3}{(3 \times (1.25m)^2 - (0.3m)^2)^2}$$

$$I_x = 6.02744 \times 10^{-7} \text{ m}^4 = 1.4481 \text{ in}^4$$

Se selecciona el siguiente perfil del Manual AISC:

S 3x5.7

$$I_x = 2.5 \text{ in}^4 = 1.04058 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$Z_x = 1.94 \text{ in}^3 = 31790.9 \text{ mm}^3$$

$$M_n = F_y \times Z_x$$

$M_n$  = esfuerzo de flexión nominal

$Z_x$  = módulo de sección plástico con respecto al eje x

$F_y$  = esfuerzo a la fluencia del material

$$\frac{M_n}{\Omega_b} > M_{\max}$$

Es la condición para la verificación de perfiles fue tomada de los criterios de diseño a flexión del Manual AISC.

$$\frac{M_n}{\Omega_b} = \frac{3.44738 \times 10^8 \text{ Pa} \times 31790.9 \text{ mm}^3}{1.67} = 6562.59 \text{ N} \cdot \text{m}$$

La condición de diseño a flexión es verificada mediante el siguiente criterio.

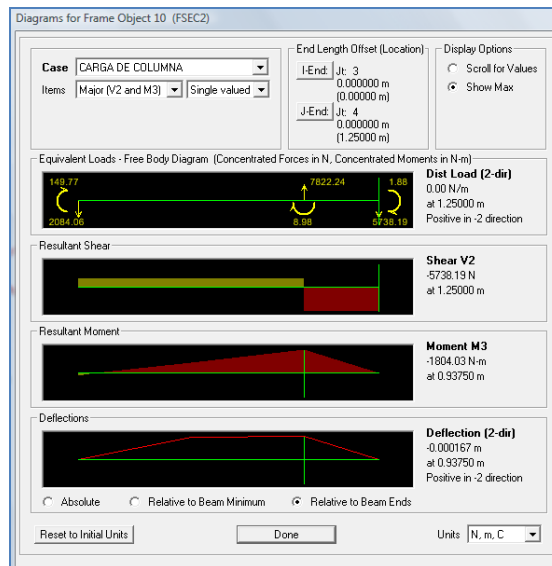
$$6562.59 \text{ N} \cdot \text{m} > 6514.40 \text{ N} \cdot \text{m}$$

**SI CUMPLE**

La inercia del perfil AISC en el eje x es mayor que la inercia requerida en el cálculo. Este es otro motivo para aceptar el perfil.

### 3.17.2.2.2 Elemento estructural exterior

La figura 66 muestra los resultados de la simulación para los elementos estructurales en la base dispuestos en el contorno.



**Figura 66. Resultados de simulación de la base**

**Fuente: Autores**

Para el diseño de los elementos estructurales del contorno se tomarán los siguientes criterios:

$$F_b = 0.66F_y$$

$$fb = \frac{Mx}{Sx}$$

$Mx$  = momento máximo en el eje x

$Sx$  = módulo de sección con respecto al eje x

$fb$  = esfuerzo real a flexión

$$Fb = 0.66 \times 3.44738 * 10^8 \text{ Pa} = fb$$

$$Sx = \frac{1804.03 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.66 \times 3.44738 * 10^8 \text{ Pa}} = 7928.86 \text{ mm}^3 = 0.483849 \text{ in}^3$$

Con el valor del módulo de sección seleccionamos un perfil C del catálogo de perfiles del Manual AISC.

C 3x3.5

$$Sx = 1.04 \text{ in}^3 = 17042.5 \text{ mm}^3$$

$$fb = \frac{1804.03 \text{ N} \cdot \text{m}}{17042.5 \text{ mm}^3} = 1.05855 * 10^8 \text{ Pa}$$

$$\frac{fa}{Fa} \leq 1.0$$

$$\frac{1.05855 * 10^8 \text{ Pa}}{2.27527 * 10^8 \text{ Pa}} = 0.4652 \leq 1.0$$

**SI CUMPLE**

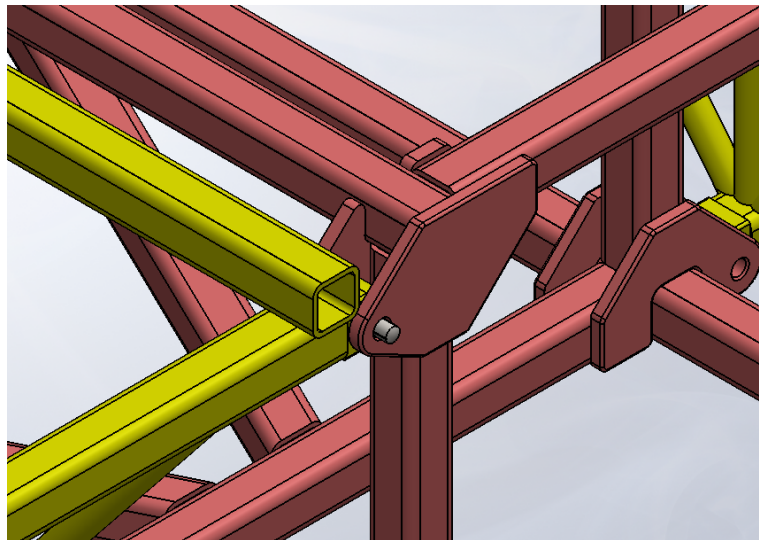
Al aplicar la ecuación de interacción especificada en el manual AISC, se puede verificar la validez de la selección del perfil.

### 3.18 CÁLCULO DE ELEMENTOS UNIÓN Y FIJACIÓN DE SECCIONES

El sistema utilizado para la fijación de las secciones de la plataforma de trabajo, es la de pasador a corte el pasador será ubicado en una disposición que es similar al funcionamiento de las orejas de izaje. Ver figura 67.

Con la ayuda del SAP 2000 se pueden obtener las reacciones en las uniones, de esta manera se encontrarán los valores requeridos para el diseño de los elementos que conforman la junta.

Para determinar las dimensiones de las orejas de los pasadores se procederá tomando en cuenta los siguientes criterios.

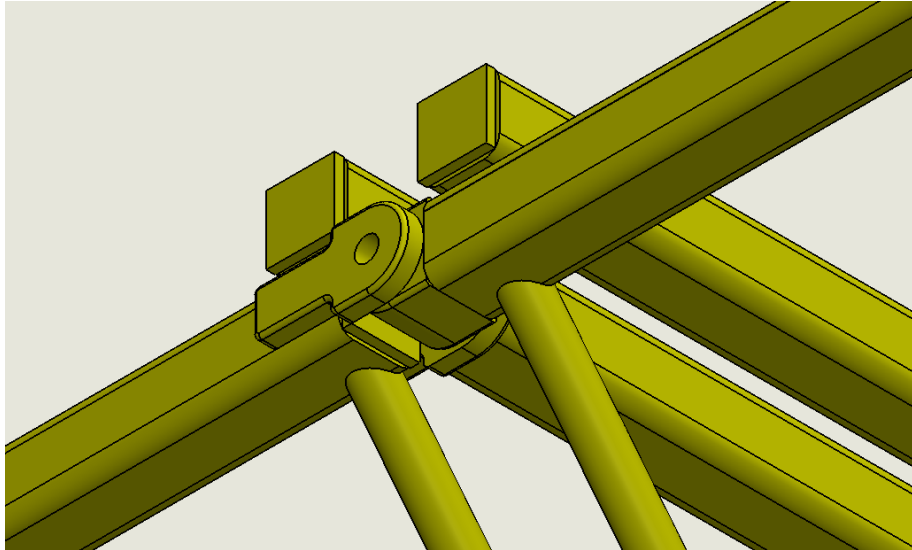


**Figura 67. Elementos de fijación.**

**Fuente: Autores**

Existen dos tipos de conexiones tipo oreja las juntas que se encuentran en el módulo central de elevación, los otros son los que mantienen unidas las secciones de la plataforma.

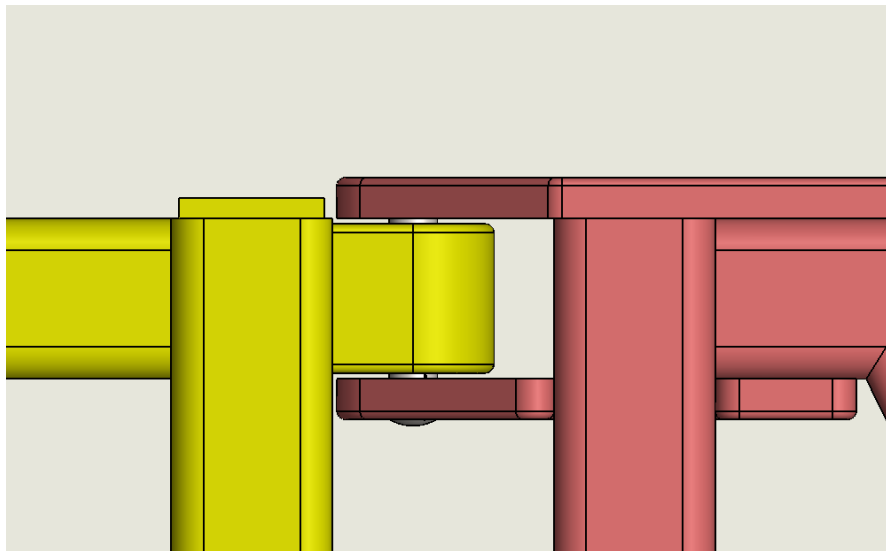




**Figura 68. Unión de elementos**

**Fuente: Autores**

El diseño de este tipo de juntas se las realiza utilizando los criterios de diseño por cortante.



**Figura 69. Fijación de uniones**

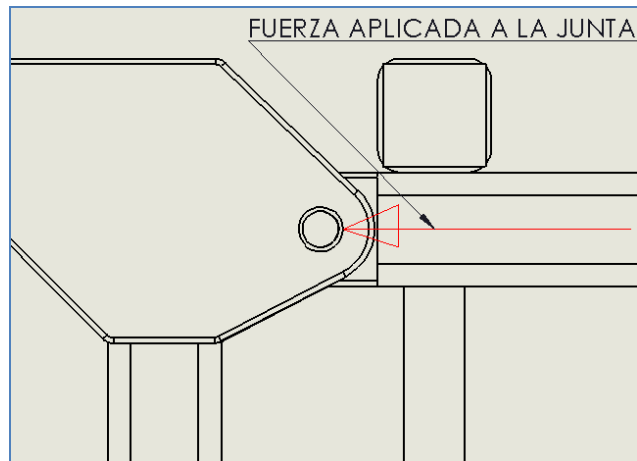
**Fuente: Autores**

Para el diseño se considera la junta que soporta el esfuerzo cortante más elevado como es el caso de la junta 117 y 44 para el módulo de elevación central. Para las juntas de las secciones de la plataforma son las juntas 97 y 3. Cabe destacar que estas juntas trabajan a compresión, mientras que las juntas superiores trabajan a tensión y son las siguientes: 1, 5, 99, 95, juntas de la plataforma y 43, 45, 116, 118, juntas del módulo central.

Los valores de fuerza cortante son las resultantes horizontales de acuerdo a los valores obtenidos en la simulación realizada en SAP 2000.

**Tabla 28. Reacciones en las juntas de unión pasador**

REACCIONES EN LAS JUNTAS DE UNIÓN PASADOR								
Frame	Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	N	N	N	N-m	N-m	N-m
4	1	COMBINACION 1	-5505.1	-9.34	24.16	-45.01	21.11	-34.14
60	3	COMBINACION 1	-16594.49	85.39	-63.45	75.03	-16.53	-27.36
58	5	COMBINACION 1	5690.04	-224.41	57.34	65.95	48.28	73.42
212	43	COMBINACION 1	26325.76	-479.87	-1513.71	-179.15	-272.93	113.16
204	44	COMBINACION 1	-38834.02	-17.39	-3289.2	38.34	-555.55	-1.42
193	45	COMBINACION 1	20704.45	-1366.42	-2103.32	143.92	-283.31	102.06
139	95	COMBINACION 1	19.12	659.71	-696.84	-34.16	-11.28	2.59
165	97	COMBINACION 1	16677.07	67.52	-73.03	85.57	18.12	24.25
163	99	COMBINACION 1	-5763.33	-193.8	32.9	73.03	-51.75	-75.93
204	117	COMBINACION 1	40849.78	296.32	-4221.63	82.13	661.73	71.87
211	116	COMBINACION 1	-27794.47	-1249.49	-1543.4	-145.36	240.9	-197.53
197	118	COMBINACION 1	-22032.54	-2859.29	-2891.57	225.99	413.32	-207.46



**Figura 70. Fuerza aplicada a la junta.**

**Fuente: Autores**

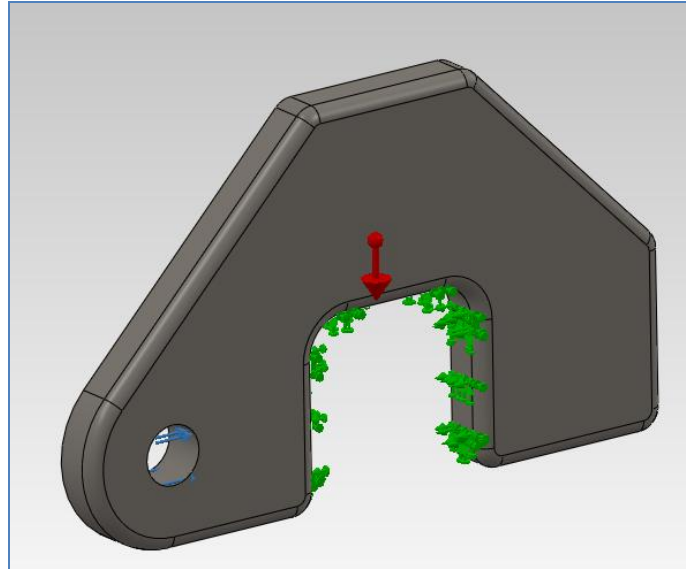
La fuerza aplicada a la junta como ya se menciona puede ser de tensión o compresión en el sentido del eje x expresada en la tabla 28, de resumen como fuerzas en el sentido del eje 1. Para efectos de cálculo se escoge los mayores.

Se realizará una simulación de comportamiento, para determinar los esfuerzos en los elementos que sujetan los pasadores. Para los elementos sometidos a fuerzas de compresión se obtienen los siguientes resultados y corresponden a las juntas del módulo de elevación central.

Para la simulación se considera 0.5 de la fuerza de compresión al elemento.

$$F_{compresion} = \frac{40849.78 \text{ N}}{2}$$

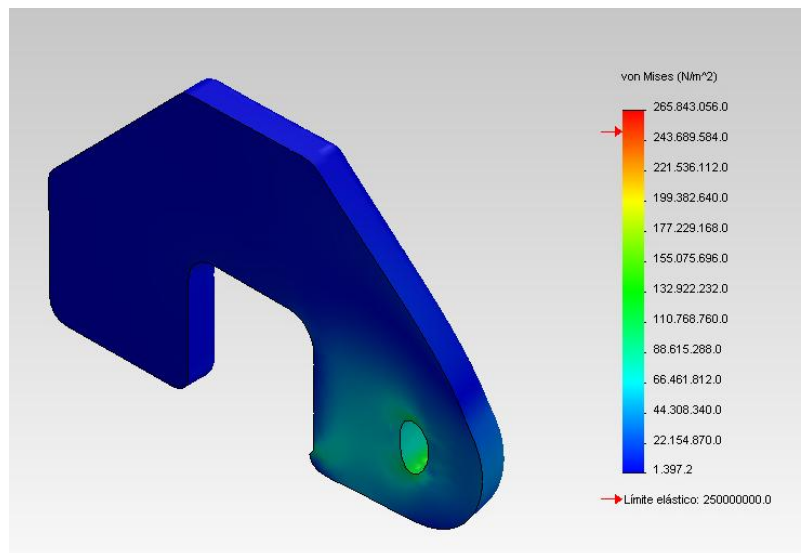
$$F_{compresion} = 20424.89 \text{ N}$$



**Figura 71. Reacciones y puntos críticos**

**Fuente: Autores**

En la siguiente figura se puede apreciar los esfuerzos de Von Mises para el elemento en estudio.



**Figura 72. Esfuerzos de Von Mises**

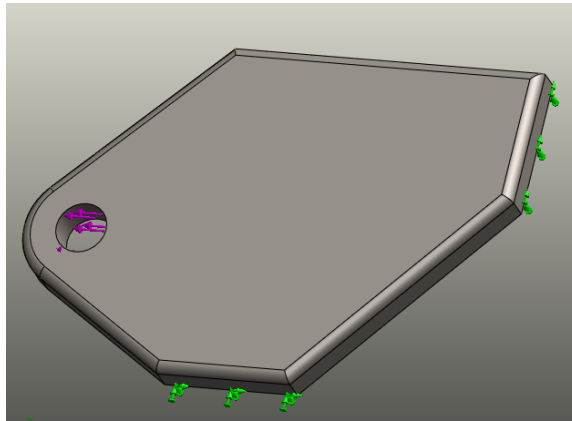
**Fuente: Autores**

Los esfuerzos están dentro de lo permisible para el elemento en cuestión bajo la carga de compresión asignada. El sujetador del pasador para el módulo de elevación queda demostrado, gracias a la utilización del programa se puede apreciar el comportamiento de los elementos.

Para los elementos sujetadores que soportan cargas de tensión se tendrá la siguiente disposición en el módulo central de elevación.

$$F_{tensión} = \frac{22032.54 \text{ N}}{2}$$

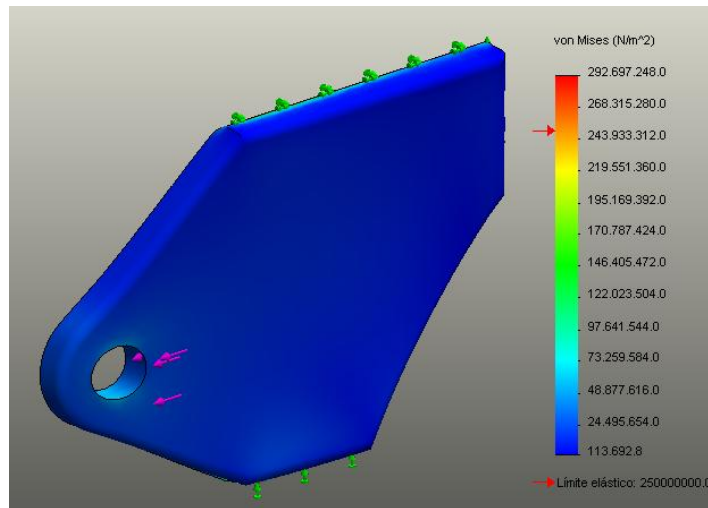
$$F_{tensión} = 11017,27 \text{ N}$$



**Figura 73. Esfuerzos en anclajes**

**Fuente: Autores**

En la siguiente figura se puede apreciar los esfuerzos de Von Misses para el elemento en estudio.



**Figura 74. Esfuerzos de Von Mises**

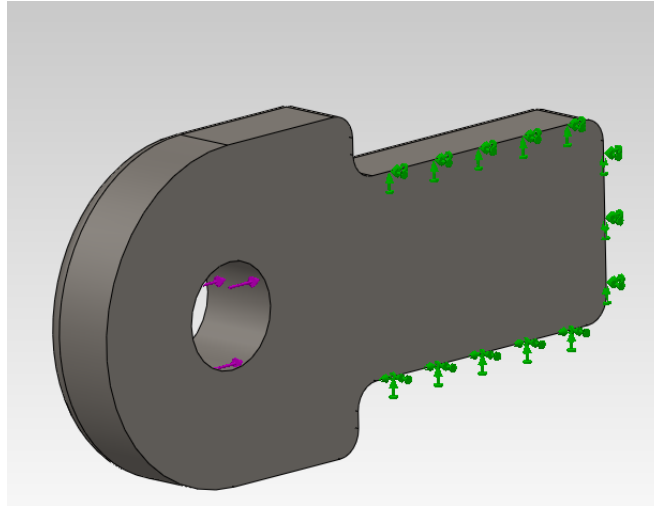
**Fuente: Autores**

Se puede apreciar que no existen puntos en los cuales se produzca una concentración de esfuerzos, por lo cual se aprueba el elemento para la sujeción de pasadores.

Para el cálculo de los sujetadores a compresión pertenecientes a las secciones de la plataforma de trabajo se asigna la siguiente carga y configuración.

$$F_{compresion} = \frac{16677.07 \text{ N}}{2}$$

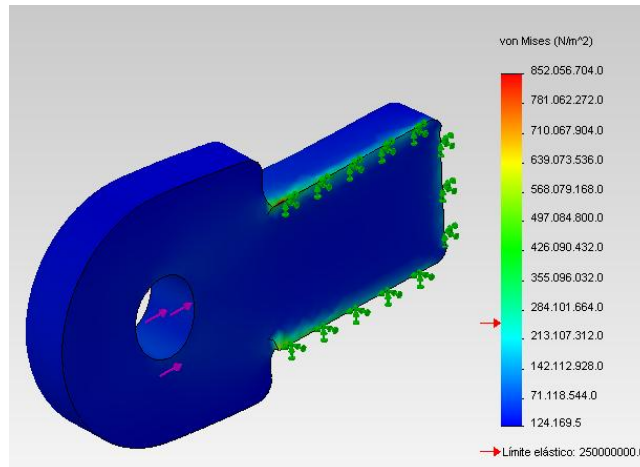
$$F_{compresion} = 8338.535 \text{ N}$$



**Figura 75. Esfuerzos en la unión**

**Fuente: Autores**

A continuación los resultados de la simulación con la carga asignada.



**Figura 76. Esfuerzos de Von Mises**

**Fuente: Autores**

Para los elementos sujetadores que soportan cargas de tensión se tendrá la siguiente disposición en el módulo central de elevación.

$$F_{tensión} = \frac{5763.33 \text{ N}}{2}$$

$$F_{tensión} = 2881.665 \text{ N}$$

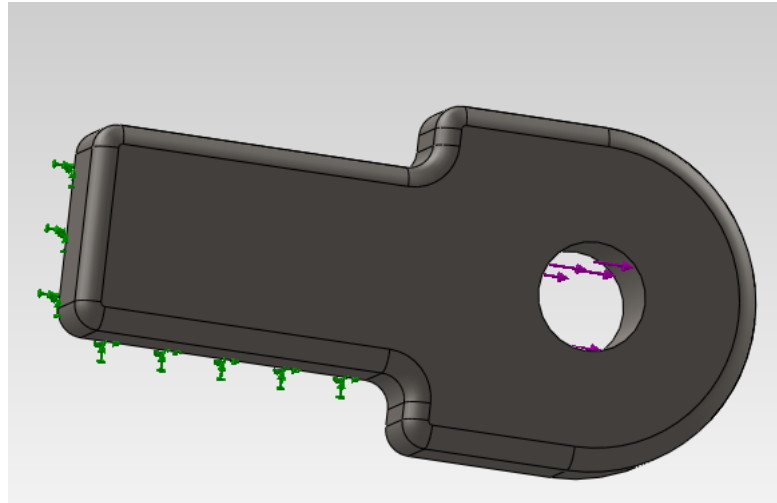


Figura 77. Esfuerzos en la unión.

Fuente: Autores

A continuación los resultados de la simulación con la carga asignada.

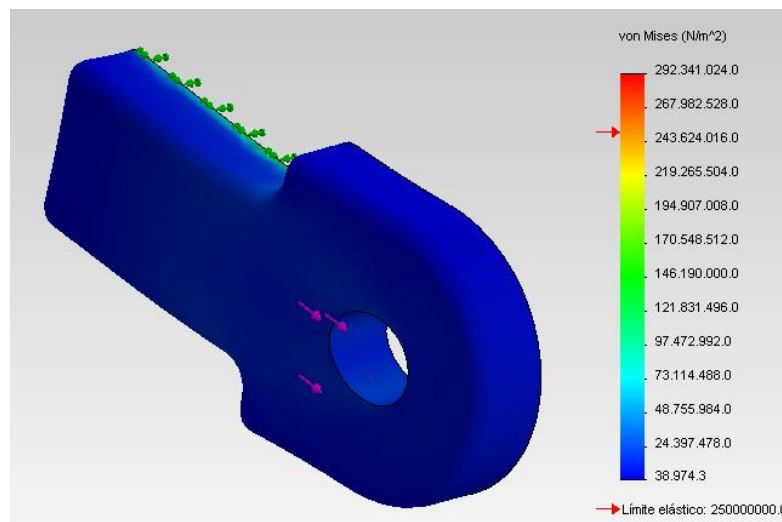


Figura 78. Esfuerzos de Von Mises

Fuente: Autores



Con las simulaciones se validan los diseños de los sujetadores de los pasadores para la realización de labores de ensamblaje al no encontrarse puntos de posible falla.

### 3.18.1 Clavijas de las juntas de unión

Con el fin de facilitar las labores de montaje y desmontaje de las secciones que conforman la plataforma de trabajo, se ha seleccionado pasador de liberación rápida del fabricante Jergens disponible en materiales anticorrosivos y han pasado ensayos de cizallamiento según normas.



**Figura 79. Pasadores para anclajes (a)**

**Fuente:** <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/pasador-62662.html>

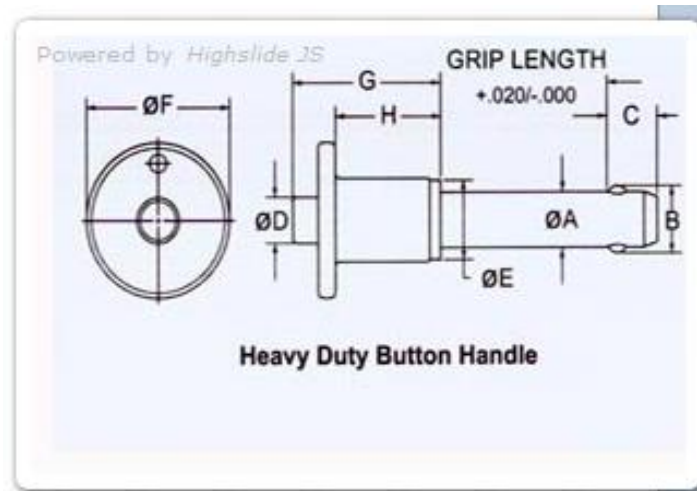


Figura 80. Pasadores para anclajes (b)

Fuente: [http://www.jergensinc.com/site/product\\_detail.aspx?group\\_no=1357](http://www.jergensinc.com/site/product_detail.aspx?group_no=1357)

Tabla 29. Selección del pasador

Heavy Duty Button Handle Specifications (Inch)									
Nom Pin Dia.	Ø Min A	Ø Max. A	+/- 0.005 B	+0.00/-0.04 C	D	E	F	G	H
3/16 (#10)	.1870	.1885	.220	.260	1/4	7/16	13/16	13/16	5/8
1/4	.2470	.2485	.289	.290	1/4	7/16	13/16	13/16	5/8
5/16	.3095	.3110	.375	.330	1/4	7/16	7/8	29/32	5/8
3/8	.3720	.3735	.440	.365	5/16	9/16	1 1/8	1 1/32	3/4
7/16	.4345	.4360	.509	.380	5/16	9/16	1 1/8	1 3/32	3/4
1/2	.4970	.4985	.594	.460	7/16	23/32	1 3/8	1 3/16	13/16
9/16	.5595	.5610	.666	.510	7/16	23/32	1 3/8	1 3/8	1
5/8	.6220	.6235	.750	.580	37/64	27/32	1 5/8	1 1/2	1 1/16
3/4	.7470	.7485	.887	.670	37/64	15/16	1 7/8	1 21/32	1 5/32
7/8	.8720	.8735	1.046	.760	3/4	1 1/8	2 3/16	1 31/32	1 1/2
1	.9970	.9985	1.219	.890	3/4	1 3/16	2 3/16	2 1/8	1 1/2

**Tabla 30. Acero inoxidable**

Pin Dia. / Grip Length	Stainless Steel (17-4 PH)											
	0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.5	3	4	5	6
3/16	806400	806401	806402	806403	806404	806405	806406	806408	806409	806411	806413	806415
1/4	806416	806417	806418	806419	806420	806421	806422	806424	806425	806427	806429	806431
5/16	806432	806433	806434	806435	806436	806437	806438	806440	806441	806443	806445	806447
3/8	806448	806449	806450	806451	806452	806453	806454	806456	806457	806459	806461	806463
7/16	806464	806465	806466	806467	806468	806469	806470	806472	806473	806475	806477	806479
1/2	806480	806481	806482	806483	806484	806485	806486	806488	806489	806491	806493	806495
9/16	806496	806497	806498	806499	806500	806501	806502	806504	806505	806507	806509	806511
5/8	806512	806513	806514	806515	806516	806517	806518	806520	806521	806523	806525	806527
3/4	806528	806529	806530	806531	806532	806533	806534	806536	806537	806539	806541	806543
7/8	806544	806545	806546	806547	806548	806549	806550	806552	806553	806555	806557	806559
1	806560	806561	806562	806563	806564	806565	806566	806568	806569	806571	806573	806575

Se selecciona el pasador con un diámetro de  $\frac{1}{2}$  “.

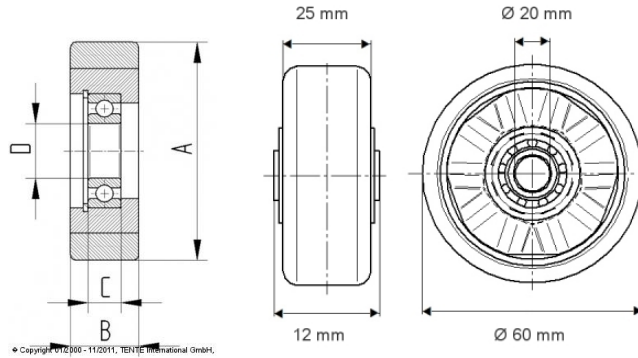
### 3.18.2 Ruedas

Las ruedas deben soportar las reacciones anteriores. La mayor de ellas es  $R_y = 18200$  N, que multiplicada por el coeficiente de seguridad 1,25 (caso de carga IVb) resulta 22750 N. Se escoge una rueda de la casa TENTE MOP100x50-Ø20, que soporta una carga de 28000 N, de diámetro 100 mm y banda de rodadura 50 mm (ver figura 82) [Catálogo Tente on-line, 2007].



**Figura 81. Rueda guía (a)**

Fuente: <http://es.tente.com/ES/cat400.html>



**Figura 82. Rueda guía (b)**

Fuente: [http://es.tente.com/ES/cat400/am983\\_ruedas.html](http://es.tente.com/ES/cat400/am983_ruedas.html)

### 3.19. SUELO DE LA PLATAFORMA

El suelo de la plataforma debe diseñarse para soportar sin deformarse, una carga estática de al menos 200 Kgf sobre la superficie menos favorable de  $(0.1 \times 0.1) \text{ m}^7$

$$200 \text{ kgf} = 1961.33 \text{ N}$$

$$0.1 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} = 0.01 \text{ m}^2$$

$$F_s = \frac{1961.33 \text{ N}}{0.01 \text{ m}^2} \qquad F_s = 196133 \text{ Pa}$$

Para permitir el desalojo de agua de la plataforma de trabajo se utilizará chapa perforada antideslizante con perforaciones de  $\text{Ø } 12.7 \text{ mm}$ .

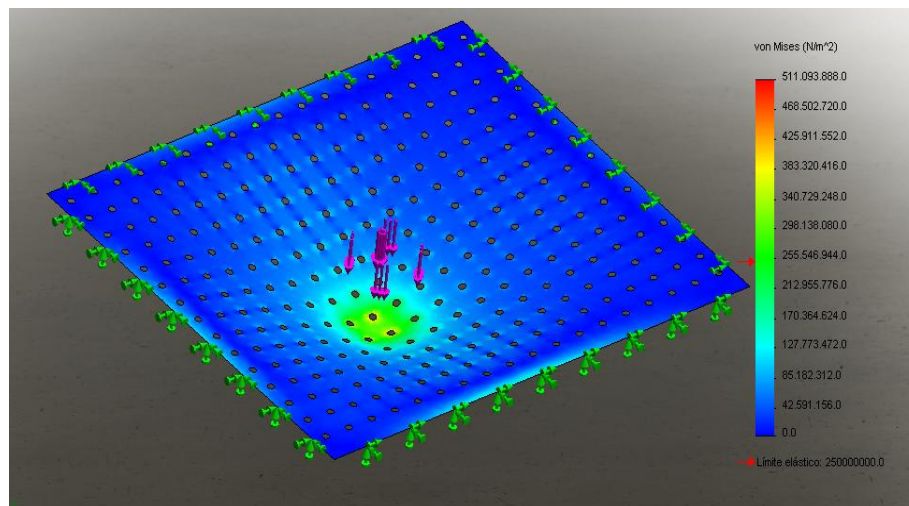
<sup>7</sup> COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN, UNE EN 1495 , Editada por AENOR, Madrid, España, 1998, pág. 28



**Figura 83. Piso de la plataforma**

**Fuente: Autores**

La figura 83 indica la longitud total de la placa abocardada antideslizante comprendida como un módulo para llevar a cabo las labores de montaje. Con el propósito de realizar la simulación con la carga que especifica la norma se tomará la sección de placa que está apoyada en el módulo de la plataforma. Por lo tanto la sección de plancha que se incluye en el análisis es de 790 mm x 900 mm, la carga como ya se explicó será ubicada en el punto más crítico de la zona no apoyada.

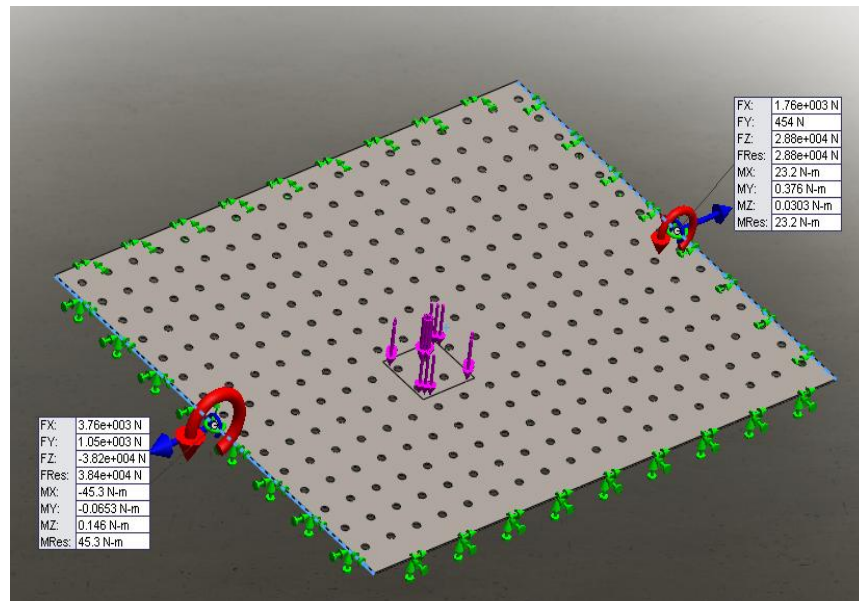


**Figura 84. Calculo de esfuerzos en piso de la plataforma.**

**Fuente: Autores**

La figura muestra los resultados de la aplicación de la carga en la chapa abocardada antideslizante, determinándose que los esfuerzos producidos están dentro de los permisibles.

Gracias a las herramientas de simulación de Solid Works se obtienen valores de reacción en los apoyos de la placa.



**Figura 85. Reacciones en los apoyos de la placa.**

**Fuente: Autores**

### **3.20. PIÑÓN-CREMALLERA**

De acuerdo a los lineamientos de la norma UNE-EN 1495 parte 5.4.1.1, se considera que la velocidad máxima nominal de ascenso o descenso de la plataforma no debe ser superior a 0.20 m/s. Es así que en principio, el primer paso a dar es calcular la carga tangencial sobre el diente del piñón-cremallera y considerar la velocidad lineal de desplazamiento. El valor de carga tangencial calculado anteriormente es de 28531.88 N. en sentido vertical que resulta ser la reacción del mástil sobre la plataforma y se considerara el mismo valor de velocidad sugerido por la norma en mención.

Con estos datos podemos ir a seleccionar directamente el módulo apropiado para la transmisión que se desea calcular pero es importante señalar que los datos de carga calculados son datos teóricos, válidos para mecanismos en condiciones ideales de funcionamiento como son por ejemplo ausencia de golpes (choques), de deformaciones estructurales (rigidez), una alineación perfecta piñón-cremallera sin errores de mecanización, etc.... Es así que el modulo del diente del piñón y cremallera, no debe ser inferior a 4 para los mecanismos de contra rodillo u otro dispositivo de control del engranaje que actúe directamente sobre la cremallera, sin que se interponga ningún perfil del mástil, tampoco podrá ser inferior a 6 cuando el contra rodillo u otro dispositivo de control del engranaje actúe sobre algún otro elemento del mástil que esta en contacto con la cremallera. Debido a estas condiciones y en las cuales los contra rodillos dispuestos por este proyecto son elementos guías se ha tomado como modulo un valor de 5 en los cuales prevemos una condición mixta entre la primera y segunda recomendación.

Por este motivo, se debe de aplicar al dato calculado de carga tangencial un coeficiente de seguridad que oscila entre 1,5 y 3 para lo cual y de forma orientativa se adjunta un cuadro de coeficientes en función del tiempo de utilización de la máquina y el tipo de carga con que funciona la misma.

A continuación mostramos una tabla orientativa para seleccionar el coeficiente de seguridad más adecuado para cada aplicación. Siendo en todo caso decisión propia la selección del mismo.

**Tabla 31. Fuente: e.s.p.i.t.KOOM Transmisiones de Precisión**

Tiempo de trabajo	Tipo de carga		
	Uniforme	Moderada	Pesada
Ocasional (1/2 hora)	1.5	1.8	2.3
Intermitente (3 horas)	1.8	2	2.5
8 – 10 horas	2	2.25	2.8
24 horas	2	2.5	3

De acuerdo a las consideraciones de carga y de tiempo de trabajo se ha optado por dar un coeficiente de seguridad de 2 que en función de la tabla mostrada se considera un tipo de carga moderada y un tiempo de trabajo intermitente

### **3.20.1 Materiales**

Debido al trabajo a ejercer el mecanismo piñón cremallera se ha considerado el acero especial bonificado BÖHLER V155 (equivalencia AISI 4340), aleado al cromo-níquel-molibdeno especialmente apto para altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes, como tracción, torsión y flexión. Gracias a su contenido de molibdeno es insensible a la fragilidad del revenido. Su estado de suministro permite en la mayoría de los casos su aplicación sin necesidad de un tratamiento térmico adicional, empleado especialmente para la fabricación de partes y piezas de mayores dimensiones como: aviones, maquinaria pesada, ejes para hélices, cigüeñales, barras de torsión, ejes de leva, ejes de bombas, pernos y tuercas de alta tensión, rodillos para transportadoras, vástagos y pines, brazos de dirección, ciertos engranajes sometidos a grandes esfuerzos y discos de embrague.

### **3.20.2 Determinación de los engranes**

Se determina una relación de transmisión de 1 a 1 debido a que se ha considerado que los engranes y el piñón tendrán las mismas dimensiones, debido a esto y de acuerdo a los espacios en el conjunto de la base móvil principal de la plataforma se asume un diámetro de paso de 100 mm, de acuerdo a la estructura que conforma el mástil también se asume un ancho de cara de 60 mm. Con estas consideraciones determinamos los demás elementos que conforman el engrane.

Con el análisis de distancia entre centros se procede a determinar el número de dientes del engrane.



$$C = \frac{d1 + d2}{2} = \frac{m(Z1 + Z2)}{2}$$

Donde:

C = Distancia entre centros

d1-d2 = Diámetros primitivos de los engranes respectivos

m = modulo del engrane

Z1-Z2 = Numero de dientes de cada engrane

Considerando una relación de transmisión 1:1, tenemos:

$$d1 = d2 = 100 \text{ mm} \quad \text{Entonces} \quad Z1 = Z2$$

De donde:

$$\frac{2d}{2} = \frac{m(2Z)}{2} \quad d = 5Z$$

El número de dientes del engrane es:

Z = 20 dientes.

El paso diametral

$$P = \frac{Z}{d}$$

$$P = \frac{20 \text{ dts}}{100 \text{ mm}} = 0.20 \text{ dts/mm} = 200 \text{ dts/m}$$

La velocidad angular del engrane respecto a la velocidad lineal de subida y bajada de la plataforma, es decir, la velocidad lineal de la cremallera se la determina debido a que por cada vuelta completa del piñón la cremallera se desplazará avanzando tantos dientes como tenga el piñón. Por tanto se desplazará una distancia igual a la longitud del piñón, es decir, la longitud del piñón es:

$$100 \text{ mm} \times \pi = 314.16 \text{ mm} = 0.31 \text{ m}$$

Entonces por cada 0.31 m la cremallera ha avanzado 20 dientes.

Si se realiza una regla de tres para determinar cuantos dientes avanza la cremallera por cada metro, tendremos:

$$\frac{1 \text{ m} \times 20 \text{ dts}}{0.31 \text{ m}} = 64.52 \text{ dts / m}$$

La cremallera avanza 64.52 dientes por cada metro.

La relación entre la velocidad de giro del piñón y la velocidad lineal de la cremallera será:

$$V = \omega \left( \frac{Z}{n} \right)$$

Donde:

V = Velocidad lineal de la cremallera

$\omega$  = velocidad angular del piñón

Z = Número de dientes del piñón

n = Número de dientes por cada metro de la cremallera

$$\omega = \frac{V \times n}{Z} \qquad \omega = \frac{12 \text{ m / min} \times 64.52 \text{ dts / m}}{20 \text{ dts}}$$

$$\omega = 38.20 \text{ rpm}$$

### 3.20.3 Diseño por flexión

Se dispondrán dos puntos de contacto entre los engranes y la cremallera, el piñón y los engranes como se indica en la siguiente figura y considerando un ángulo de presión de 20°, con motivo de aligerar el esfuerzo realizado por el diente del piñón y

dejando como carga en cada punto de 14265.94 N la cual representa la reacción del mástil sobre la plataforma distribuida en estos dos puntos.

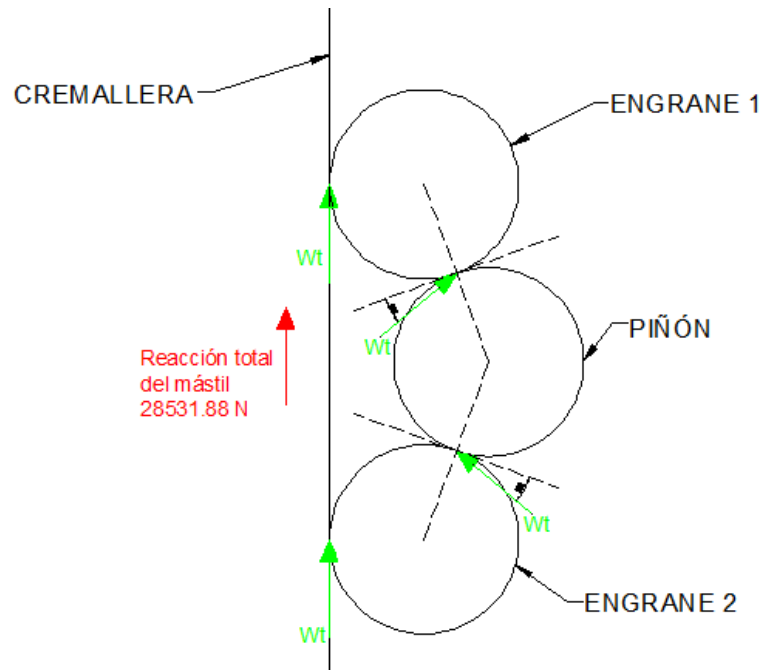


Figura 86. Esquema piñón-cremallera

Fuente: Autores

Considerando los parámetros de diseño debida a la flexión en dientes de engranes la primera es que el valor del esfuerzo a flexión debe ser menor que el valor del esfuerzo admisible.

$$\sigma < [\sigma]$$

De aquí nacen otros parámetros como el limite de fluencia del material ( $S_y$ ), el factor de forma de Lewis ( $Y$ ) y el factor de efectos dinámicos ( $k_v$ ) que en este caso se lo considerara para dientes fresados.

De acuerdo al manual de aceros especiales BHÖLER el límite de fluencia ( $S_y$ ) para el acero V155 (equivalencia AISI 4340) es de 800 MPa (ver anexo 2).

El valor del factor de forma de Lewis es de 0.322 valor correspondiente a un ángulo de presión de  $20^\circ$  y un engrane de 20 dientes (ver anexo 3).

El valor del factor de efectos dinámicos  $k_v$  se lo obtiene de la siguiente manera:

$$k_v = \frac{6.1}{6.1 + V} \text{ para dientes cortados o fresados}$$

donde

$V$  = Velocidad lineal de la cremallera

por consiguiente

$$k_v = \frac{6.1}{6.1 + 0.20} \quad k_v = 0.97$$

Se obtiene el valor de esfuerzo admisible gracias a la relación entre el esfuerzo de fluencia del material y el factor seguridad determinado

$$[\sigma] = \frac{S_y}{F_s}$$

Donde:

$S_y$  = Esfuerzo admisible = 800 MPa

$F_s$  = Factor de seguridad = 2

Por tanto

$$[\sigma] = \frac{800 \text{ MPa}}{2}$$

$$[\sigma] = 400 \text{ MPa}$$

Finalmente el valor del esfuerzo a flexión será:

$$\sigma = \frac{W_t}{F \times Y \times k_v \times m}$$

Donde:

$\sigma$  = esfuerzo a flexión

$W_t$  = carga tangencial = 14265.94 N

F = ancho de cara del diente = 60 mm

Y = factor de forma de Lewis = 0.322

$k_v$  = factor de efectos dinámicos = 0.97

m = modulo del engrane = 5 mm

Por tanto

$$\sigma = \frac{14265.94 \text{ N}}{60 \text{ mm} \times 0.322 \times 0.97 \times 5 \text{ mm}}$$

$$\sigma = 152.52 \text{ MPa}$$

$$\sigma < [\sigma] \quad 152.52 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa} \quad \text{SI CUMPLE.}$$

### 3.20.4 Análisis de fuerzas

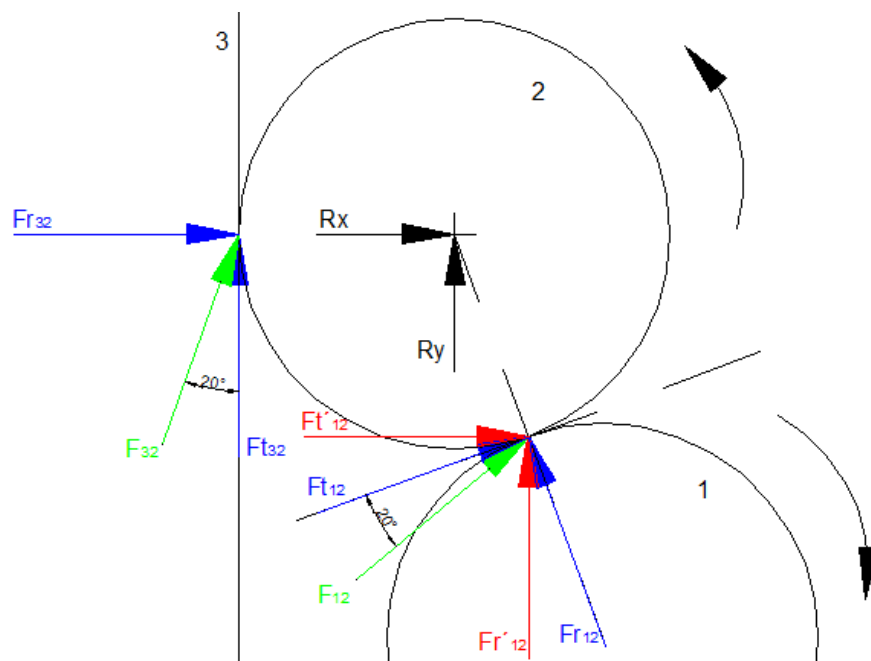


Figura 87. Diagrama de cuerpo libre piñón-cremallera

Fuente: Autores

$$Ft_{32} = Ft_{12} = Wt = 14265.94 \text{ N}$$

Determinamos el valor de la potencia de salida del motorreductor con ayuda de la siguiente ecuación:

$$H = \frac{Wt \times \pi \times d \times \omega}{60000}$$

Donde:

H = Potencia

Wt = carga tangencial

d = diámetro primitivo del engrane

$\omega$  = velocidad angular del engrane

Por lo tanto

$$H = \frac{14.27 \text{ KN} \times \pi \times 100 \text{ mm} \times 38.20 \text{ rpm}}{60000}$$

$$H = 2.85 \text{ KW} \quad \text{Potencia de salida del motorreductor.}$$

### 3.20.4.1 Reacciones en el engrane

$$\tan 20^\circ = \frac{Fr_{32}}{Ft_{32}}$$

$$\cos 20^\circ = \frac{Ft'_{12}}{Ft_{12}}$$

$$Fr_{32} = Ft_{32} \times \tan 20^\circ$$

$$Ft'_{12} = Ft_{12} \times \cos 20^\circ$$

$$Fr_{32} = 14265.94 \text{ N} \times \tan 20^\circ$$

$$Ft'_{12} = 14265.94 \text{ N} \times \cos 20^\circ$$

$$Fr_{32} = 5192.38 \text{ N}$$

$$Ft'_{12} = 13405.60 \text{ N}$$

$$\sin 20^\circ = \frac{Fr'_{12}}{Ft_{12}}$$

$$Fr'_{12} = Ft_{12} \times \sin 20^\circ$$

$$Fr'_{12} = 14265.94 \text{ N} \times \sin 20^\circ$$

$$Fr'_{12} = 4879.24 \text{ N}$$

$$\sum Fx = 0$$

$$Fr_{32} + Rx + Ft'_{12} = 0$$

$$Rx = -Ft'_{12} - Fr_{32}$$

$$Rx = -13405.60 - 5192.38$$

$$Rx = -18597.98 \text{ N}$$

$$\sum Fy = 0$$

$$Ft_{32} + Ry + Fr'_{12} = 0$$

$$Ry = -Fr'_{12} - Ft_{32}$$

$$Rx = -4879.24 - 14265.94$$

$$Rx = -19145.18 \text{ N}$$

### 3.21 SELECCIÓN DEL MOTOREDUCTOR

De acuerdo a la guía de motorreductores y reductores “Pujol”, y a la potencia de salida determinada de 2.85 KW, tomando en cuenta que la potencia calculada no esta determinada en el catálogo, el motorreductor seleccionado es el 100LZ con una potencia de salida de 3 KW (ver anexo 4).

Debido a que el motorreductor seleccionado contempla una velocidad de entrada de 1500 rpm, y el requerimiento de velocidad de salida determinado en el cálculo realizado es 38.20 rpm, la relación de reducción es:

$$\text{relación de reducción} = \frac{\text{Velocidad del eje de entrada}}{\text{Velocidad del eje de salida}}$$

$$\text{relación de reducción} = \frac{1500 \text{ rpm}}{38.20 \text{ rpm}}$$

$$\text{relación de reducción} = 39.27$$

### **3.22 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS**

Para la selección de los rodamientos utilizados en el proyecto, se determinará cual de estos soporta la carga más elevada y se lo verificará con los valores mostrados para las cargas críticas de aplastamiento, estática y dinámicamente.

Tanto para las verificaciones como para información general, se puede apreciar en el gráfico los valores críticos para los rodamientos.

#### **3.22.1 Rodamientos de una hilera de rodillos Cilíndricos**

Los rodamientos de rodillos cilíndricos son rodamientos desmontables, con lo que se facilita el montaje y el desmontaje, especialmente cuando por condiciones de carga se precisa ajuste de apriete en ambos aros. Los rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos WWB tienen una gran capacidad de carga radial y también pueden funcionar a grandes velocidades. Dependiendo de su diseño, los rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos, son ideales para usarlos como rodamientos libres cargados radicalmente. Otros diseños aceptan cantidades límites de carga axial en una o dos direcciones.

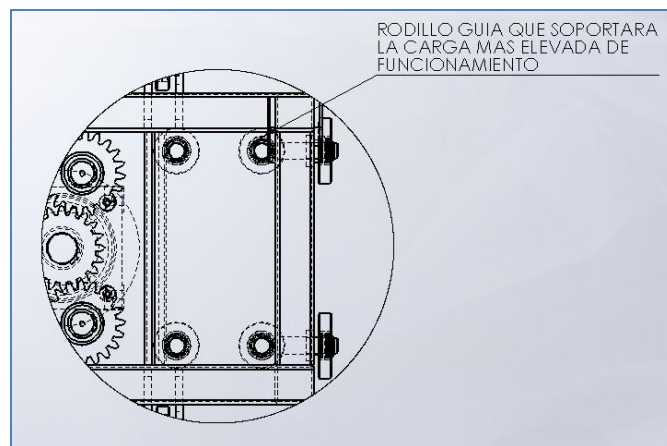
Los rodamientos del tipo NU tienen dos pestañas integradas en el aro exterior y el aro interior carece de pestañas. Los de tipo N tienen dos pestañas integradas en el aro



interior y el aro exterior no lleva pestañas. El diseño NJ tiene dos pestañas integradas en el aro exterior y una en el aro interior. Esto permite que estos rodamientos soporten cargas axiales en una dirección solamente.

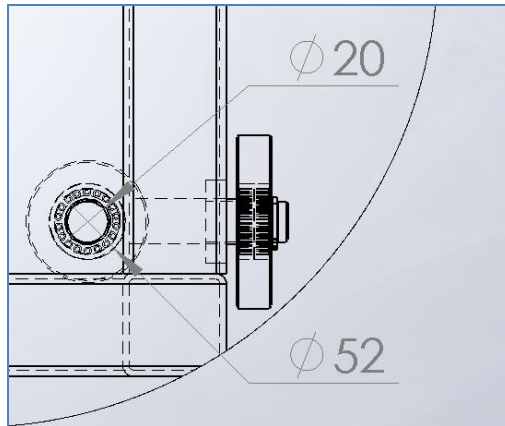
El diseño NUP tiene dos pestañas integradas en el aro exterior, una pestaña en el interior y otra suelta. Los rodamientos NUP permiten soportar cargas axiales en cada dirección.

La tabla que muestra los valores de las reacciones en los apoyos de la plataforma de trabajo, la carga más elevada a la cual será sometido los rodamientos de las de los rodillos guía es de 72827.22 N.



**Figura 88. Ubicación de rodamientos guías**

**Fuente: Autores**



**Figura 89. Detalle de rodamiento guía**

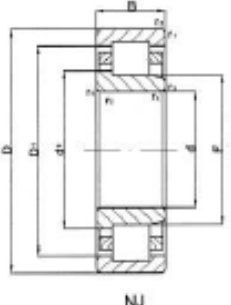
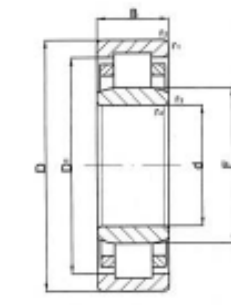
**Fuente: Autores**

La carga con la cual se desarrollará la selección es dividida entre dos por que la configuración de los rodillos guía permite que los dos rodillos dispuestos en forma diagonal trabajen simultáneamente.

$$Carga\ crítica = \frac{72.8\ KN}{2}$$

$$Carga\ crítica = 36.4\ KN$$

**Tabla 32. Catalogo de rodamientos WWB**

	Dimensiones principales Principal dimensions						Designación Designation	Capacidad de carga Basic load rating	
	d	D	B	$r_1, r_2$	$r_3, r_4$	S		dinam. $C_d$ (kN)	estát $C_w$ (kN)
				mm	mm				
	15	35	11	0,6	0,3	1	N 202 E	12,7	10,4
		35	11	0,6	0,3	1	NU 202 E	12,7	10,4
		35	11	0,6	0,3	-	NJ 202 E	12,7	10,4
	17	40	12	0,6	0,3	1,2	N 203 E	17,6	14,6
		40	12	0,6	0,3	1,2	NU 203 E	17,6	14,6
		40	12	0,6	0,3	-	NJ 203 E	17,6	14,6
		40	12	0,6	0,3	-	NUP 203 E	17,6	14,6
		40	16	0,6	0,3	1	NU 2203 E	24	22
		40	16	0,6	0,3	-	NJ 2203 E	24	22
		40	16	0,6	0,3	-	NUP 2203 E	24	22
	47	14	1,1	0,6	1,2	NU 303 E	25,5	21,2	
		47	14	1,1	0,6	-	NJ 303 E	25,5	21,2
		47	14	1,1	0,6	-	NUP 303 E	25,5	21,2
	20	47	14	1	0,6	1	N 204 E	27,5	24,5
		47	14	1	0,6	1	NU 204 E	27,5	24,5
		47	14	1	0,6	-	NJ 204 E	27,5	24,5
		47	14	1	0,6	-	NUP 204 E	27,5	24,5
		47	18	1	0,6	1,8	NU 2204 E	32,5	31
		47	18	1	0,6	-	NJ 2204 E	32,5	31
		47	18	1	0,6	-	NUP 2204 E	32,5	31
	52	15	1	0,6	1,1	N 304 E	31,5	27	
		52	15	1	0,6	1,1	NU 304 E	31,5	27
		52	15	1	0,6	-	NJ 304 E	31,5	27
		52	15	1,1	0,6	-	NUP 304 E	31,5	27
		52	21	1,1	0,6	2	NU 2304 E	41,5	39
		52	21	1,1	0,6	-	NJ 2304 E	41,5	39
		52	21	1,1	0,6	-	NUP 2304 E	41,5	39
	25	47	12	0,6	0,3	2,4	NU 1005	13,4	12
		52	15	1	0,6	1,3	N 205 E	29	27,5
		52	15	1	0,6	1,3	NU 205 E	29	27,5
	52	15	1	0,6	-	NJ 205 E	29	27,5	
	52	15	1	0,6	-	NUP 205 E	29	27,5	
	52	18	1	0,6	1,7	NU 2205 E	34,5	35	
	52	18	1	0,6	-	NJ 2205 E	34,5	35	
	62	18	1	0,6	-	NUP 2205 E	34,5	35	
	62	17	1,1	1,1	1,5	N 305 E	41,5	37,5	
	62	17	1,1	1,1	1,5	NU 305 E	41,5	37,5	
	62	17	1,1	1,1	-	NJ 305 E	41,5	37,5	

Se determina para selección que el mejor rodamiento sería el **UN 2304E**, de acuerdo a la tabla, debido a que la carga dinámica, es decir, en operación que puede soportar es de 41.5 KN.

### 3.23 CONEXIONES EMPERNADAS

Comúnmente en las conexiones empernadas se producen 3 tipos de efectos que a continuación se enumeran:

- Tracción pura en el metal base zona de los pernos.
- Corte puro en el material unión
- Empuje o desgarramiento en el área de contacto de los pernos.

Una de las consideraciones mas importantes en las conexiones empernadas es que la resistencia del material unión debe ser mayor a la resistencia del metal base.

Las fórmulas para el análisis de las conexiones empernadas son:

$f_t \leq F_t$       Esfuerzo a tensión

$f_\tau \leq F_\tau$       Esfuerzo a corte

$f_a \leq F_a$       Esfuerzo admisible a compresión

Para el propósito del análisis de las conexiones, se determinarán cuales son las conexiones en las que se producen esfuerzos mas elevados.

Los pernos utilizados en las conexiones empernadas destinados a servicios en la parte estructural, poseen determinada especificación esta denominación proporciona la suficiente información para determinar los esfuerzos que puede soportar el perno o pernos, utilizados en una conexión empernada.

### **3.23.1 Tornillos de alta resistencia**

Los tornillos de alta resistencia se designan por las letras TR, seguidas del diámetro de la caña y la longitud del vástago, separados por el signo x; seguirá el tipo de acero del que están contruidos. Las tuercas se designarán con las letras MR, el diámetro nominal y el tipo del acero.

Las características del acero utilizado para la fabricación de los tornillos y tuercas definidos como de alta resistencia están normalizadas.

Los tornillos de alta resistencia llevarán en la cabeza, marcadas en relieve, las letras TR, la designación del tipo de acero, y el nombre o signo de la marca registrada del fabricante.

Alternativamente, con la aparición de los Eurocódigos en los últimos años, la nomenclatura de Tornillos de Alta Resistencia sin pretensar ha pasado a ser Métrica más longitud más clase de resistencia, donde la clase se compone de dos números separados por un punto. El primero de ellos indica el valor nominal del límite de rotura por 100 ( $f_u$ ) en  $N/mm^2$ , y el segundo, el valor nominal del límite elástico ( $f_y$ ) en  $N/mm^2$ . Siendo éste valor el producto del límite de rotura por este segundo número dividido por 10.

Por ejemplo, M18x120 indica un tornillo de alta resistencia métrica 18, longitud nominal 120 mm, límite de rotura  $1000 N/mm^2$  y límite elástico  $900 N/mm^2$ . Y M8x60 indica un tornillo de métrica 8, longitud nominal 60 mm, límite de rotura  $800 N/mm^2$  y límite elástico  $640 N/mm^2$ .

Otros ejemplos de clases de resistencia normalizados son 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8, 10.9, 12.9



**Figura 90. Esquema de la cabeza de un perno hexagonal**

**Fuente:** [es.wikipedia.org/wiki/Tornillo](http://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo)

El valor que indica la denominación en la cabeza del perno, son los esfuerzos a tensión en el caso del gráfico, significa que el perno posee un límite elástico a tensión de 640 N/mm<sup>2</sup>

Para los aceros estructurales existe una correlación entre el valor del esfuerzo a tensión, y el valor del esfuerzo de corte enunciado a continuación.

$$S_{y_{corte}} = 0.6 * S_{y_{tension}}$$

Correlación para aceros estructurales

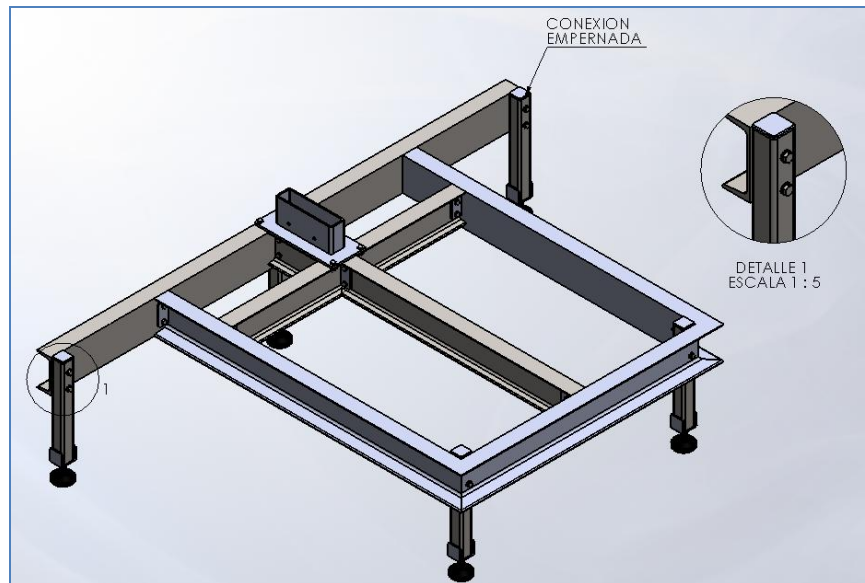
El análisis que se desarrollará a continuación corresponde a pernos ISO 4017, indistintamente al diámetro, esta denominación tiene vinculación con el material del cual está construido el perno, de esta manera se muestra el significado:

ISO 4017, tornillo hexagonal todo rosca acero 10.9.

Se ha determinado como la parte más crítica del ensamble del equipo, en las patas de la base de la plataforma de trabajo, debido a que en esta zona la unión emperrada produce esfuerzos de corte.

$$900 \text{ N/mm}^2 = 130.534 \text{ ksi}$$

Como el material base del perfil utilizado en la construcción de la base de plataforma de trabajo, se concluye con la primera condición para conexiones emperradas el cual menciona la necesidad de que el material de unión debe tener mayor resistencia al metal base, ya que el Acero ASTM 588 posee un  $S_y = 50 \text{ ksi}$



**Figura 91. Conexión roscada**

**Fuente: Autores**

La figura muestra el lugar donde se producirán los valores más altos de esfuerzos.

Anteriormente se determinó la carga a la cual será sometida la conexión emperrada su valor es: 3937.04 N. esta carga tiene una línea de acción en sentido vertical, y ésta producirá esfuerzos de corte, aclarando que es la carga mas crítica.

### **3.23.2 Cálculos**

La verificación se realizará para el perno ISO 4017 M10X30

d= diámetro del perno

Condición:

$$fv \leq Fv$$

$$\text{Area de corte perno} = 2 * \frac{\pi * d^2}{4} = 2 * \frac{\pi * 0.01^2}{4}$$

$$\text{Area de corte perno} = 0.000157 \text{ m}^2$$

$$fv = \frac{\text{carga vertical}}{\text{area}}$$

$$fv = \frac{3937.04}{0.000157}$$

$$fv = \frac{3937.04}{0.000157} = 26246933.33 \text{ Pa}$$

$$26246933.33 \text{ Pa} = 3637.07 \text{ psi}$$

$$Fv = 0.6 * S_{y \text{ material base}}$$

$$S_{y \text{ material base}} = 50 \text{ ksi}$$

$$Fv = 0.6 * 50 \text{ ksi} = 30 \text{ ksi}$$

$$Iv = \frac{fv}{Fv}$$

$$Iv = \frac{3.637}{30} = 0.12123$$

**SI CUMPLE.**

En la gran mayoría de conexiones emperradas el índice a corte total de la conexión es mayor que los dos restantes, es decir que el índice a tensión, y a su vez el índice de empuje, por lo cual queda verificado la validez de la selección del perno para la conexión.



## CAPÍTULO 4

### 4.1 MANUAL BÁSICO DE OPERACIÓN

#### 4.1.1 Descripción de la máquina

##### 4.1.1.1 Introducción

La lectura de este manual es obligatoria antes de proceder al montaje y uso para todos los usuarios de la máquina. Es conveniente leerlo atentamente para poder cumplir en detalle toda la normativa de seguridad.

Este manual acompaña a la plataforma elevadora y su objetivo es exponer las indicaciones para una correcta manipulación de la máquina durante su transporte, montaje y mantenimiento.

El fabricante se reserva el derecho a modificaciones para incorporar mejoras a la máquina, por lo que puede ocurrir que existan diferencias en algunos detalles expuestos en este manual. En cualquier caso el fabricante se compromete a la inmediata adaptación del manual en cada mejora.

#### **Responsabilidad**

El fabricante no se responsabiliza por los daños que pudiera generar un mal uso de la máquina provocados por el no cumplimiento de las indicaciones de este manual.

La utilización de la máquina deberá estar asignada solamente a personal entrenado y cualquier manipulación de algún componente de la maquina será hecho por personal técnico especializado y con conocimiento de la máquina.

#### 4.1.1.2 Información general

La plataforma elevadora esta basada en el principio de transmisión a través de motorreductor que acciona un mecanismo de piñón-cremallera. Sus componentes son modulares y fáciles de instalar. Permite trabajar en fachadas de forma cómoda y segura reduciendo de manera importante tiempos de montaje y trabajo respecto a los andamios tubulares. Las características más importantes de la máquina son:

**Tabla 33. Características Generales**

<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	
Altura máxima (m)	10
Longitud (4 módulos 1.50 m y 1 base central 1.0 m )	7
Ancho de la plataforma (m)	0.90
Carga máxima (Kg)	950
Altura de mástil (módulo) (m)	1.50
Velocidad de elevación (m/s)	0.20
Altura máxima sin anclaje (m)	3
<b>MOTORREDUCTOR</b>	<b>100LZ “PUJOL”</b>
Velocidad de salida (rpm)	38.20
Potencia (KW)	3
Relación de reducción	39.27
Nº de motores	1
Tensión (V)	440
Frecuencia (Hz)	50

### 4.1.1.3 Descripción de los componentes

#### PLATAFORMA

La configuración de la plataforma elevadora esta compuesta por una base con 4 estabilizadores, una única columna central sobre la que descansa el peso principal. A lo largo de la columna de mástil central y a través de un sistema piñón-cremallera se desplaza el chasis o grupo elevador, que soporta la estructura y se mueve accionado por un motorreductor.

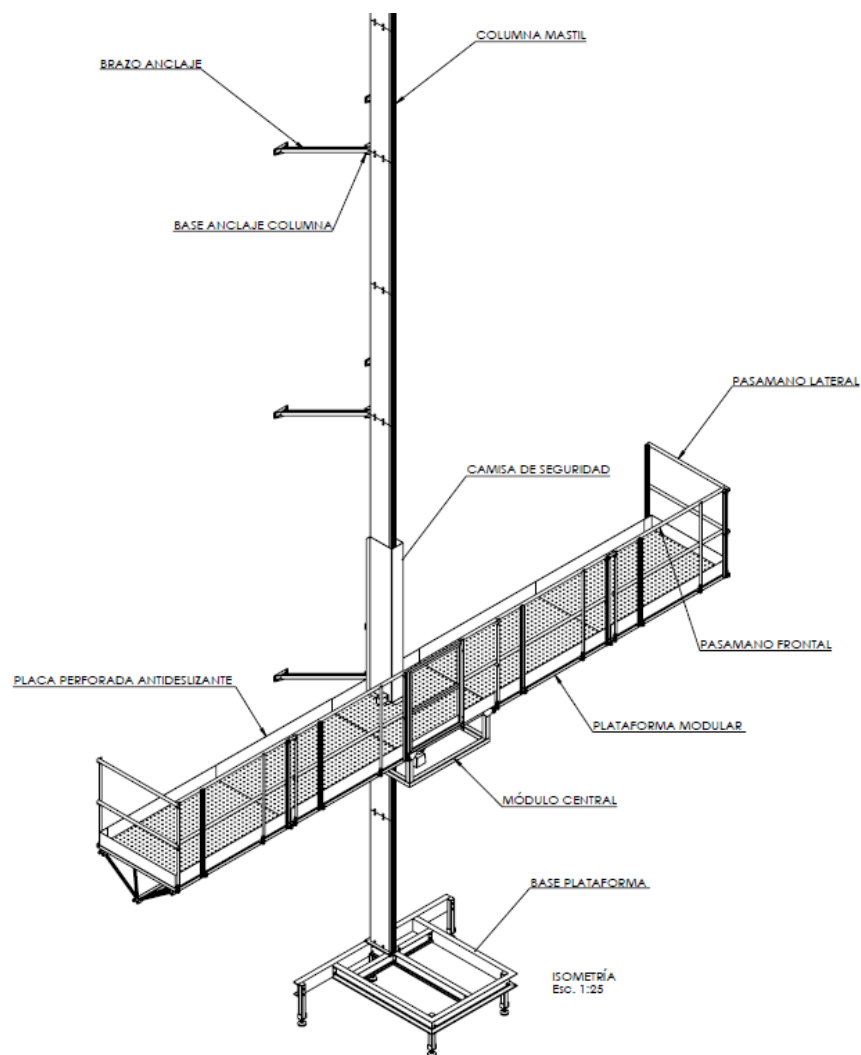


Figura 92. Plataforma de trabajo

Fuente: Autores

#### 4.1.1.3.1 Base

Consiste en un armazón principal sobre el que descansa el primer cuerpo del mástil. Se trata de una figura cuadrada fabricada en su mayor parte por tubo estructural y galvanizado, que se apoya en cuatro soportes estabilizadores y un quinto central sobre el que debe soportarse la mayor parte del peso del mástil. Los soportes están en los cuatro extremos para una correcta estabilización y nivelación de la máquina.

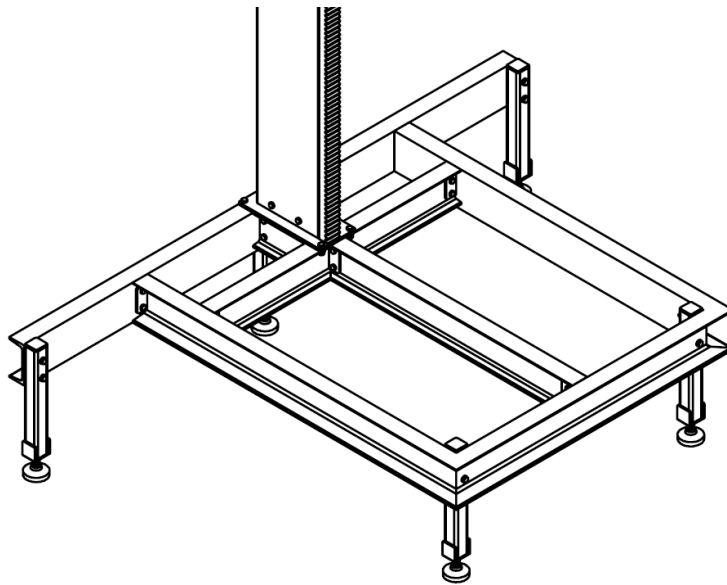


Figura 93. Base

Fuente: Autores

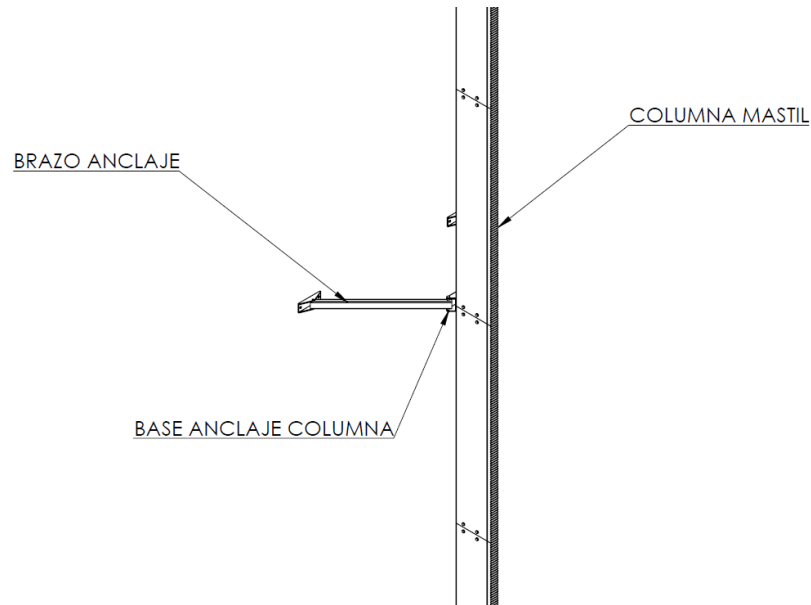
#### 4.1.1.3.2 Mástiles

Son elementos modulares de sección rectangular que han sido construidos mediante una estructura sólida con tubo estructural. Los módulos sucesivos se unen entre sí mediante tornillos y disponen de cejas de guía para la unión efectiva entre ellos.

Sobre uno de los tubos cuadrados va soldada la cremallera, que sirve para accionar el movimiento vertical de la máquina. Los mástiles están preparados para acoplarles un soporte, a intervalos adecuados, que permita el amarre de la columna de mástiles a

una estructura portante, como una fachada o una estructura metálica de resistencia adecuada.

El acabado galvanizado de los mástiles recubre toda su superficie, protegiéndolos así contra la corrosión.



**Figura 94. Mástil**

**Fuente: Autores**

#### **4.1.1.3.3 Anclajes**

Están formados por tubos cuadrados fijados en los extremos a las bridas de unión de los mástiles. Los tubos permiten unir la plataforma, por medio de abrazaderas y que terminan en una brida oscilante para poder adaptarse en diferentes posiciones a la fachada del edificio.

#### 4.1.1.3.4 Plataforma base

Es una estructura tubular donde va alojado el grupo elevador. Este grupo elevador consiste en un motorreductor con freno electromecánico incorporado. La plataforma base permite acoplar los módulos de la plataforma a ambos lados, siguiendo las indicaciones de montaje, y sirve como punto de acceso a la máquina. El motorreductor dispone de dos coronas engranadas del piñón a la cremallera del mástil. Por medio de unos rodillos con rodamientos se consigue un guiado suave y efectivo de la plataforma base. El grupo de elevación esta dotado de unos finales de carrera que controlan funciones principales del conjunto, tales como: subida, bajada y detección de mástiles extremos.

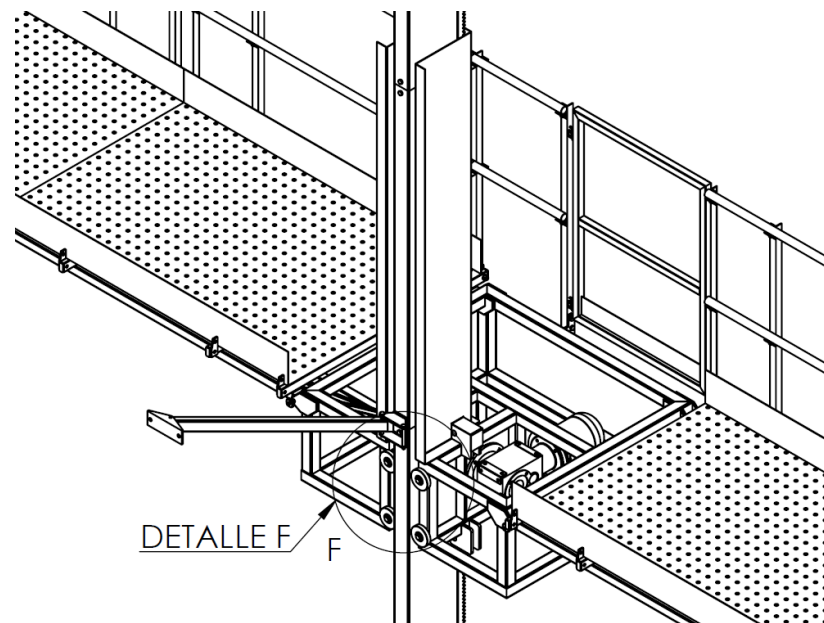
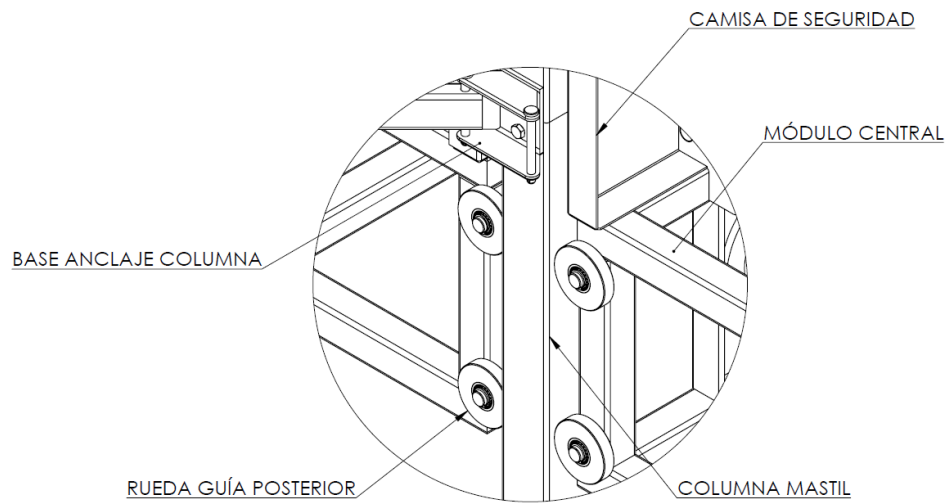


Figura 95. Plataforma base y anclajes

Fuente: Autores



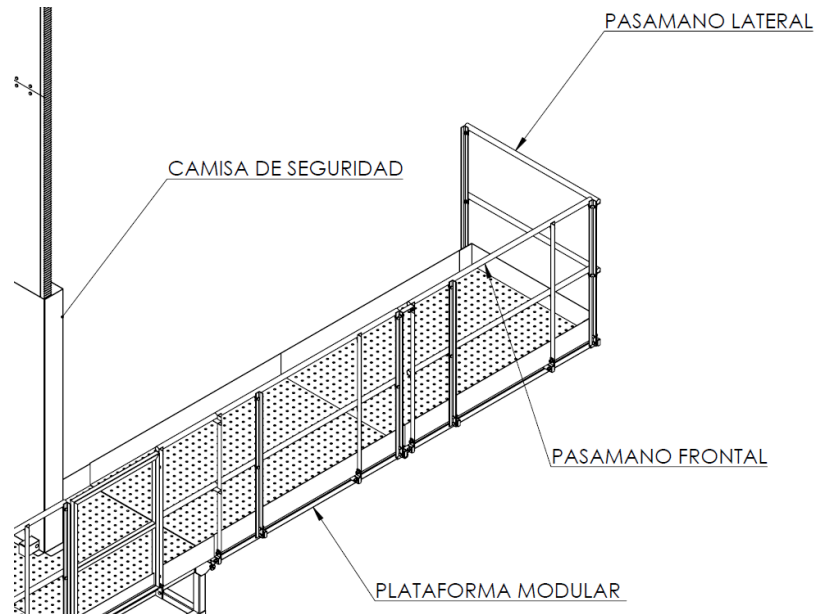
**Figura 96. Detalle F**

**Fuente: Autores**

#### **4.1.1.3.5 Módulos de la plataforma**

Al igual que el mástil estos son módulos de longitud de 1.50 m. Sus componentes principales son:

- Viga en celosía de sección triangular en tubo estructural.
- Piso metálico de chapa de acero abocardado, antideslizante y unido al bastidor de la plataforma, con facilidad para evacuación de agua.
- Baranda de seguridad.



**Figura 97. Módulos de la plataforma**

**Fuente: Autores.**

#### **4.1.1.4 Equipamiento eléctrico**

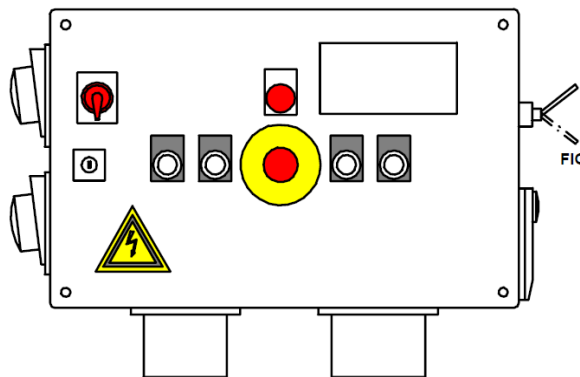
La plataforma debe tener dos sistemas de mando, un primario y un secundario. El primario debe estar sobre la plataforma y accesible para el operador. Los mandos secundarios deben estar diseñados para sustituir los primarios y deben estar situados para ser accesibles desde el suelo.

Los sistemas de mando deben estar perfectamente marcados de forma indeleble de fácil comprensión según códigos normalizados.

Todos los mandos direccionales deben activarse en la dirección de la función volviendo a la posición de paro o neutra automáticamente cuando se deje de actuar sobre ellos. Los mandos deben estar diseñados de forma que no puedan ser accionados de forma inadvertida o por personal no autorizado (por ejemplo un interruptor bloqueable).



El equipamiento eléctrico para la plataforma está diseñado para resistir las duras condiciones de trabajo que se dan en las obras. Los componentes son elementos debidamente ensayados y que cumplen las normativas nacionales e internacionales, consta de un interruptor de encendido, pulsadores de accionamiento de subida y de bajada, freno.



**Figura 98. Tablero de mandos**

**Fuente: Autores.**

El tablero de control será manejado por un solo operador sobre la plataforma y un solo operador por el suelo, que tengan todo el conocimiento respectivo del mismo, con el fin de evitar posibles accidentes por el mal uso o la utilización inadecuada.

#### **4.1.1.5 Consideraciones de uso y mantenimiento básico.**

- Cada día, antes de poner en servicio a la plataforma, se debe verificar los dispositivos operativos, el motor, el estado de todos los cables de alimentación tendidos, interruptores, barandas anclajes del mástil y paneles de información.
- Limpiar la plataforma de trabajo de cualquier suciedad, materiales de construcción, restos de obras, agua, etc....

- Antes de empezar cualquier trabajo, se debe verificar visualmente que los estabilizadores y cada zapata u otro apoyo al suelo, estén en buen estado.
- Evitaremos todo tipo de grasa, al acceso de la plataforma.
- El sistema de freno deberá funcionar perfectamente.
- Se deben verificar todos los sistemas de emergencia.
- Comprobar la posible existencia de conducciones eléctricas de alta tensión en la vertical del equipo. Hay que mantener una distancia mínima de seguridad, aislarlos o proceder al corte de la corriente mientras duren los trabajos en sus proximidades.
- Comprobar el estado y nivelación de la superficie de apoyo del equipo.
- Comprobar que el peso total situado sobre la plataforma no supera la carga máxima de utilización.
- Si se utilizan estabilizadores, se debe comprobar que se han desplegado de acuerdo con las normas dictadas por el fabricante y que no se puede actuar sobre ellos mientras la plataforma de trabajo no esté en posición de transporte o en los límites de posición.
- Comprobar el estado de las protecciones de la plataforma y de la puerta de acceso.
- Comprobar que los equipos de seguridad de los ocupantes de la plataforma están anclados adecuadamente.
- Delimitar la zona de trabajo para evitar que personas ajenas a los trabajos permanezcan o circulen por las proximidades.
- No sobrecargar la plataforma de trabajo.
- No utilizar la plataforma como grúa.
- Está prohibido añadir elementos que pudieran aumentar la carga debida al viento sobre la plataforma, por ejemplo paneles de anuncios, ya que podrían

quedar modificadas la carga máxima de utilización, carga estructural, carga debida al viento o fuerza manual, según el caso.

- Cuando se esté trabajando sobre la plataforma el o los operarios deberán mantener siempre los dos pies sobre la misma.
- Además deberán utilizar los cinturones de seguridad o arnés debidamente anclados.
- No se deben utilizar elementos auxiliares situados sobre la plataforma para ganar altura.
- Cualquier anomalía detectada por el operario que afecte a su seguridad o la del equipo debe ser comunicada inmediatamente y subsanada antes de continuar los trabajos.
- Está prohibido alterar, modificar o desconectar los sistemas de seguridad del equipo.
- No subir o bajar de la plataforma si está elevada utilizando los dispositivos de elevación o cualquier otro sistema de acceso.
- No utilizar plataformas en el interior de recintos cerrados, salvo que estén bien ventilados.
- La plataforma debe ser mantenida de acuerdo con las instrucciones de cada fabricante. Tanto las revisiones como los plazos para ser realizadas deben ser hechas por personal especializado.

## **CAPÍTULO 5**

### **5.1 PRESUPUESTO**

#### **5.1.1 Motorreductor**

En el mercado nacional existen varias empresas que se dedican a importar equipo y maquinaria de uso industrial en este caso el motorreductor seleccionado se lo puede conseguir en los siguientes establecimientos distribuidores:

- IVAN BOHMAN C.A.
- TECNOTRANSMISIONES C.A.
- INGELCOM Cía. Ltda.

El precio del motorreductor varía con la marca del fabricante, haciendo referencia al catálogo de selección utilizado en el proyecto se determina que el precio del motorreductor es de \$ 1.200,00 más impuestos y el proveedor designado para la compra de este elemento es IVAN BOHMAN C.A.

#### **5.1.2 Galvanizado**

Para el presupuesto además de los costos de fabricación y montaje, también se tomarán en cuenta los valores y costos inmersos en el proceso de galvanizado para todo el prefabricado. Como el equipo es fabricado por módulos todas sus partes son

sometidas al proceso de galvanizado de acuerdo a normas, para esto se a solicitado que la empresa SEDEMI cotice los costos de galvanizado en caliente del equipo.

Los costos de galvanizado en caliente presupuestado es de \$ 1.500,00 más impuestos.

### **5.1.3 Mano de obra de maquinado**

El proceso de maquinado determina el rubro de fabricación de los elementos principales de la plataforma como son piñones y cremallera. Debido al cálculo del sistema piñón cremallera que fue desarrollado en el proyecto, se requiere una cremallera única y tres engranajes del mismo diámetro, tomando en cuenta que la hora hombre de fabricación es de \$ 10,95, se estima que el maquinado será concluido para cada módulo de cremallera de 1500 mm de longitud y cada engranaje en un tiempo de 4 horas, se requieren 8 módulos y tres engranajes, total son 32 horas y de acuerdo a este análisis el costo total de fabricación de la cremallera y los engranes es de \$ 350,40 más impuestos, valor adjudicado a la mano de obra.

## **5.2 PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN PLATAFORMA ELEVADORA**

Para determinar el precio de fabricación de la plataforma de trabajo se establece como base de referencia el precio por kilogramo del acero cuya especificación cumple los parámetros de diseño y aceptación para las condiciones de trabajo a la cual estará sometido el equipo.

### 5.2.1 Maquinado de piezas

De igual forma se establece para las piezas maquinadas el precio promedio de manufactura del operario, convenientemente el precio será determinado por hora de maquinado, y utilización de la o las maquinas herramientas requeridas.

### 5.2.2 Listado de pesos:

• Peso en Kg base plataforma de trabajo:	137.22
• Peso en Kg columna mástil plataforma de trabajo	727.42
• Peso en Kg plataforma de trabajo	500
• Peso en Kg placa perforada antideslizante	117.6
• Peso en Kg camisa protectora plataforma	28.64
• Peso en Kg placa perforada módulo central	19.30
• Peso en Kg de pasamanos y sistema de anclaje	101.81
• <b>Peso total plataforma</b>	<b>1631.99 kg</b>

### 5.2.3 Precio de fabricación

Con el propósito de determinar el precio de la fabricación del equipo de elevación, se solicitó elaborar la cotización respectiva a la Compañía Beite B&T Cía. Ltda; Compañía que desarrolla y ejecuta proyectos mecánicos con certificación internacional ASME y se adjunta como anexo (ver anexo 5).

En definitiva el costo para la fabricación del equipo “Plataforma elevadora para trabajos en altura” es de \$ 2,85 por kilogramo de acero construido, dentro de la cotización realizada se incluye suministro de material, mano de obra, y control de calidad, con el cual se garantiza el control de la fabricación del equipo, pruebas de funcionamiento y entrega de certificados de calidad.

Indicados todos estos parámetros de fabricación el costo total final es de \$ 4.658,00.

#### **5.2.4 Precio del Equipo**

Tomando en cuenta los valores indicados, el costo total de una plataforma elevadora de personal para trabajos en fachadas de edificaciones con una elevación máxima de 10 m, es de \$ 8.261,23 más impuestos, valor que incluye todos los elementos requeridos y puesta en marcha del equipo.

## CONCLUSIONES

- Se ha realizado un análisis de los diferentes tipos de equipos y maquinarias para trabajo en altura, de los cuales se puede afirmar que cada uno tiene su respectiva función y en este caso el trabajo en fachadas con el dispositivo propuesto en este trabajo, cumple con la función requerida.
- Se ha realizado los cálculos respectivos para determinar si el funcionamiento de la plataforma elevadora propuesta es posible y se ha determinado que cumple con los requisitos necesarios para poder ser implementada.
- En la simulación realizada, todos los elementos estructurales y mecánicos actúan de forma ideal en el proceso de trabajo de elevación y descenso de la plataforma elevadora para trabajos en fachadas.
- En lo que se refiere al costo de producción de este dispositivo, indica que su valor es considerable, pero en referencia al trabajo que desarrollara el mecanismo la inversión se justificara a corto plazo.
- Se conoce que todos los implementos de seguridad propuestos existen en el mercado y son de fácil acceso para la mayoría de personas que realizan trabajos en alturas.
- Al analizar las normas de seguridad, se observa que no solo implican sistemas de seguridad para trabajar en altura, también advierte a la persona que esta debajo el riesgo que puede correr si no se encuentra con su equipo de protección y respetando los espacios de trabajo de la plataforma.
- El criterio de diseño de plataformas, indica varios tipos de cargas y fuerzas importantes a considerar para el diseño del equipo en mención y la posible combinación que puede existir entre ellos.
- Para el cálculo y el diseño de los elementos de la plataforma se ha utilizado un software (SAP 2000) de cálculo de estructuras en tres dimensiones para diseñar los elementos estructurales (base, módulos de la plataforma, mástil,



chasis y anclajes), el mismo software de cálculo utiliza el método de los elementos finitos y se utilizara también para el diseño de piezas especiales (suelo de la plataforma), y el cálculo clásico de resistencia de materiales y elementos de máquinas para el resto de componentes (tornillos, engranajes, etc.).

- Con el cálculo de reacciones realizadas en la base principal de la plataforma se pudo realizar el dimensionamiento de los engranes y cremallera así como también la potencia necesaria para la elección del motorreductor adecuado.

## RECOMENDACIONES

- Es importante considerar que la altura máxima de elevación sin requerimiento de anclaje a la fachada es de máximo 3 m.
- Se recomienda al usuario la preparación previa con gente especializada en el manejo de la máquina para así evitar posibles lesiones y riesgos de accidentes.
- Se recomienda la atención necesaria al manual básico de operación para tener un conocimiento básico de la máquina en mención.
- El no necesitar anclaje a la fachada hasta los 3 m de altura no implica que el operador se encuentre sin los implementos de seguridad personal como son: arnés, casco, guantes, etc.
- Al finalizar el trabajo, se debe aparcar la máquina convenientemente.
- Cerrar todos los contactos y verificar la inmovilización, bloqueando las ruedas si es necesario.
- Limpiar la plataforma de grasa, aceites, etc., depositados sobre la misma durante el trabajo. Tener precaución con el agua para que no afecten a cables o partes eléctricas del equipo.
- Dejar un indicador de fuera de servicio y retirar las llaves de contacto depositándolas en el lugar habilitado para ello.
- No se deben hacer modificaciones de cualquier tipo en todo el conjunto de la plataforma de trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

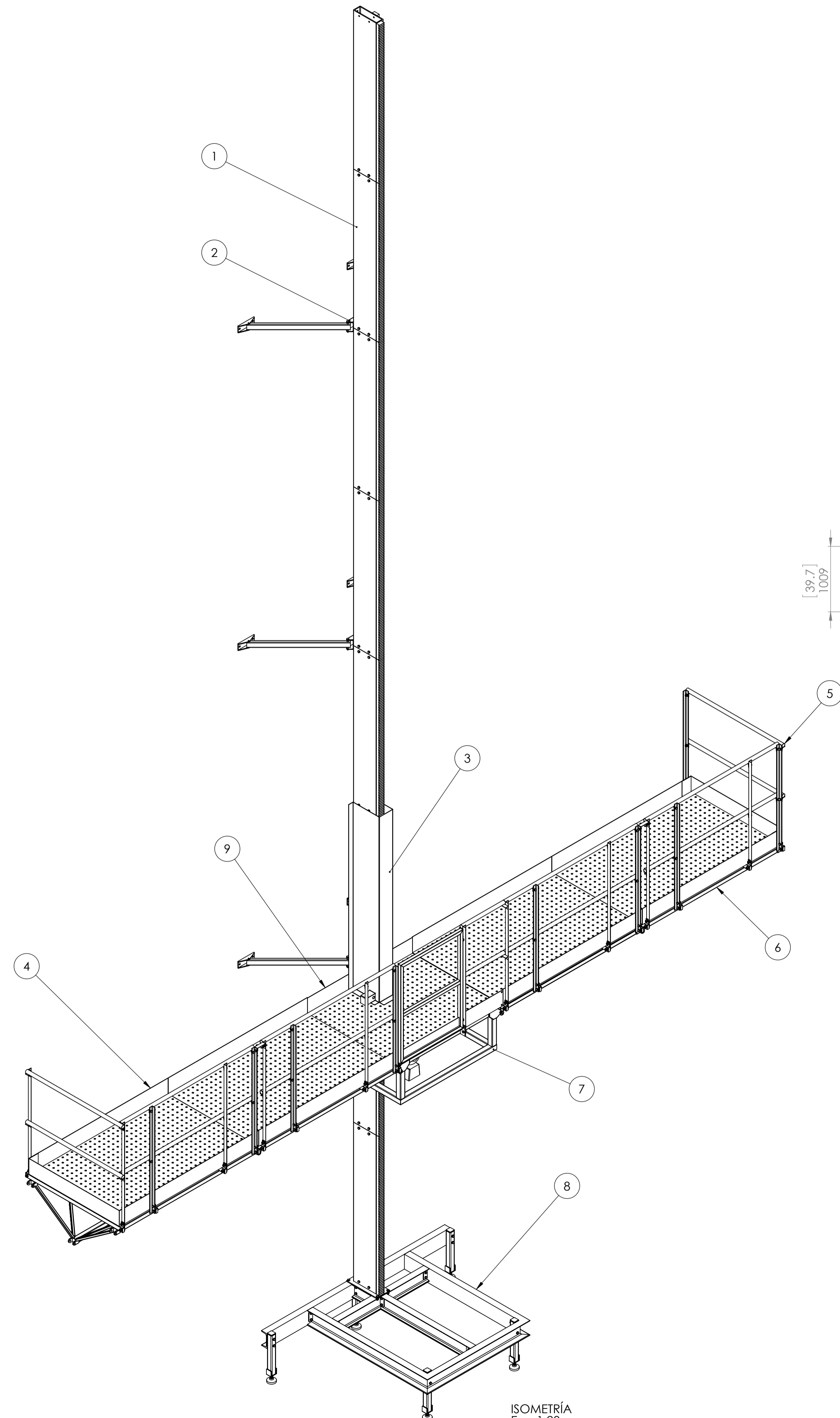
- BEER, Ferdinand y JOHNSTON, Russell, *Mecánica de Materiales*, 3ra Edición, McGRAW-HILL, México, 2003.
- HIBBELER, R.C., *Mecánica de Materiales*, 3ra Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., México, 1997.
- LAIBLE, Jeffrey, *Análisis Estructural*, McGRAW-HILL, México, 1993.
- LARBURU, Nicolás, *Máquinas Prontuario*, Paraninfo, Madrid, 1989.
- NASH, William, *Resistencia de Materiales*, 2da Edición, McGRAW-HILL, México, 1991.
- SHIGLEY, Joseph Edward, *Diseño en Ingeniería Mecánica*, 5ta Edición, McGRAW-HILL, España, 1990.
- “Plataformas elevadoras, plataformas de trabajo sobre mástil”, NORMA ESPAÑOLA UNE-EN 1495, Editorial Aenor, España, 1998.
- “Manual de Aceros Especiales”, BÖHLER, Aceros Böhler del Ecuador S.A., Quito, 2007.
- “Steel Construction”, MANUAL AISC, 13th Edición, American Institute of Steel Construction, United States of America, 2007.
- BOTTA, Néstor, *Seguridad en el trabajo en altura*, Internet, [www.redproteger.com.ar](http://www.redproteger.com.ar), Acceso: 22 de febrero de 2011.
- “Consideraciones de seguridad en el uso de escaleras y andamios para trabajos en alturas”, Internet, [www.construsur.com.ar](http://www.construsur.com.ar), Acceso: 09 de febrero de 2011.
- “Consideraciones de seguridad en el uso de escaleras y andamios para trabajos en alturas”, Internet, [www.construsur.com.ar](http://www.construsur.com.ar), Acceso: 08 de marzo de 2011.

- “Plataformas elevadoras sobre mástil”, Internet, [www.electroelsa.com](http://www.electroelsa.com), Acceso: 12 de abril de 2011.
- “Plataformas elevadoras sobre mástil”, Internet, [www.maquinza.com](http://www.maquinza.com), Acceso: 26 de abril de 2011.
- MANCERA, Juan, “*Elementos de protección personal y normas de seguridad para instalaciones y trabajos en alturas*”, Internet, [www.manceras.com.co](http://www.manceras.com.co), Acceso: 29 de mayo de 2011.
- “Mantenimiento de plataformas elevadoras”, Internet, [www.insht.es](http://www.insht.es), Acceso: 22 de julio de 2011.
- “Seguridad y manejo de plataformas elevadoras”, Internet, [www.matilsaformcion.es](http://www.matilsaformcion.es), Acceso: 22 de julio de 2011.
- “Mecanismo piñón-cremallera”, Internet, [concurso.cnice.mec.es](http://concurso.cnice.mec.es), Acceso: 17 de octubre de 2011.
- “Catalogo de acero DIPAC”, Internet, [www.dipacmanta.com](http://www.dipacmanta.com), Acceso: 17 de noviembre de 2011.
- “Aceros especiales”, Internet, [www2.ing.puc.cl](http://www2.ing.puc.cl), Acceso: 12 de diciembre de 2011.

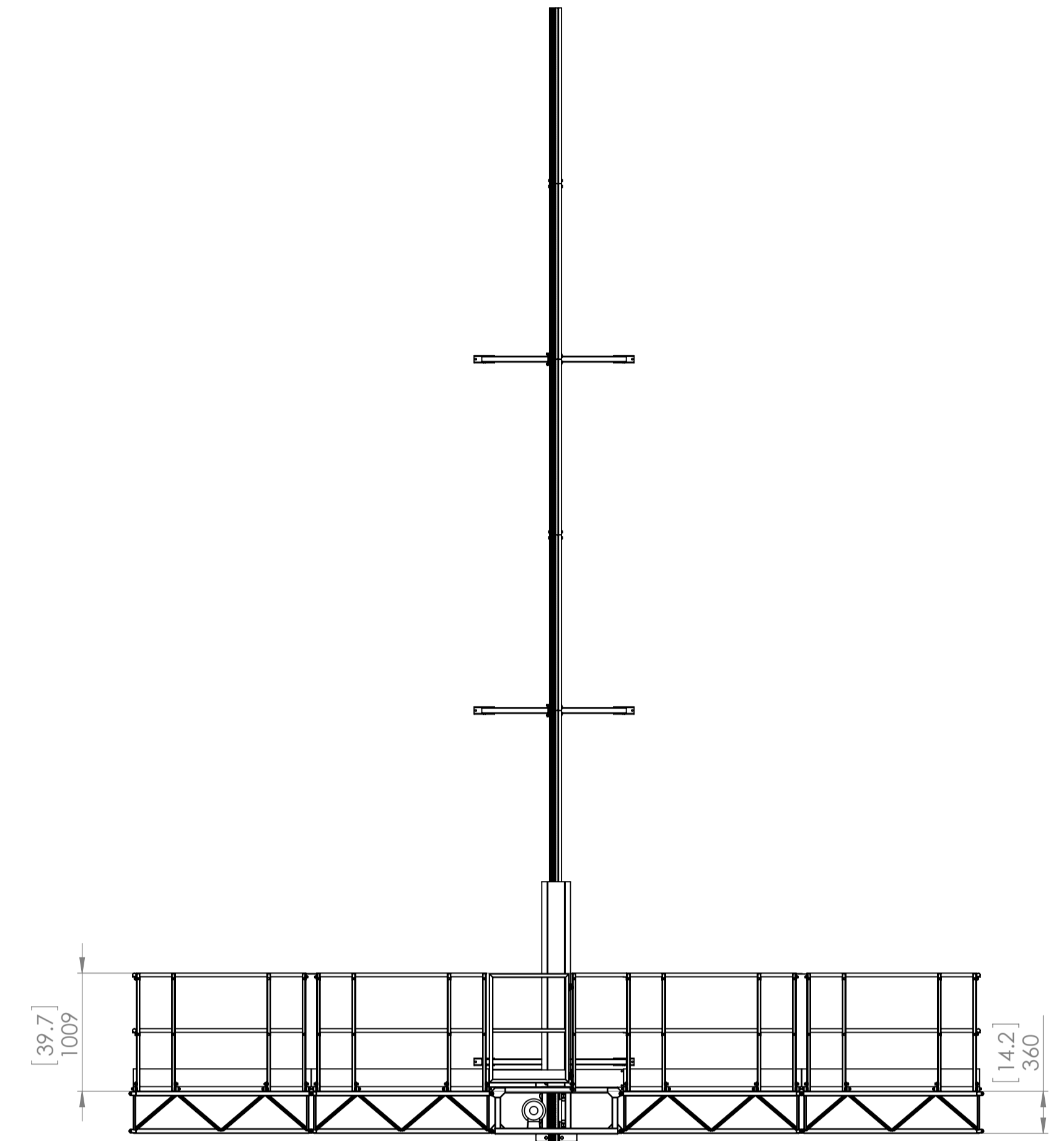
## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

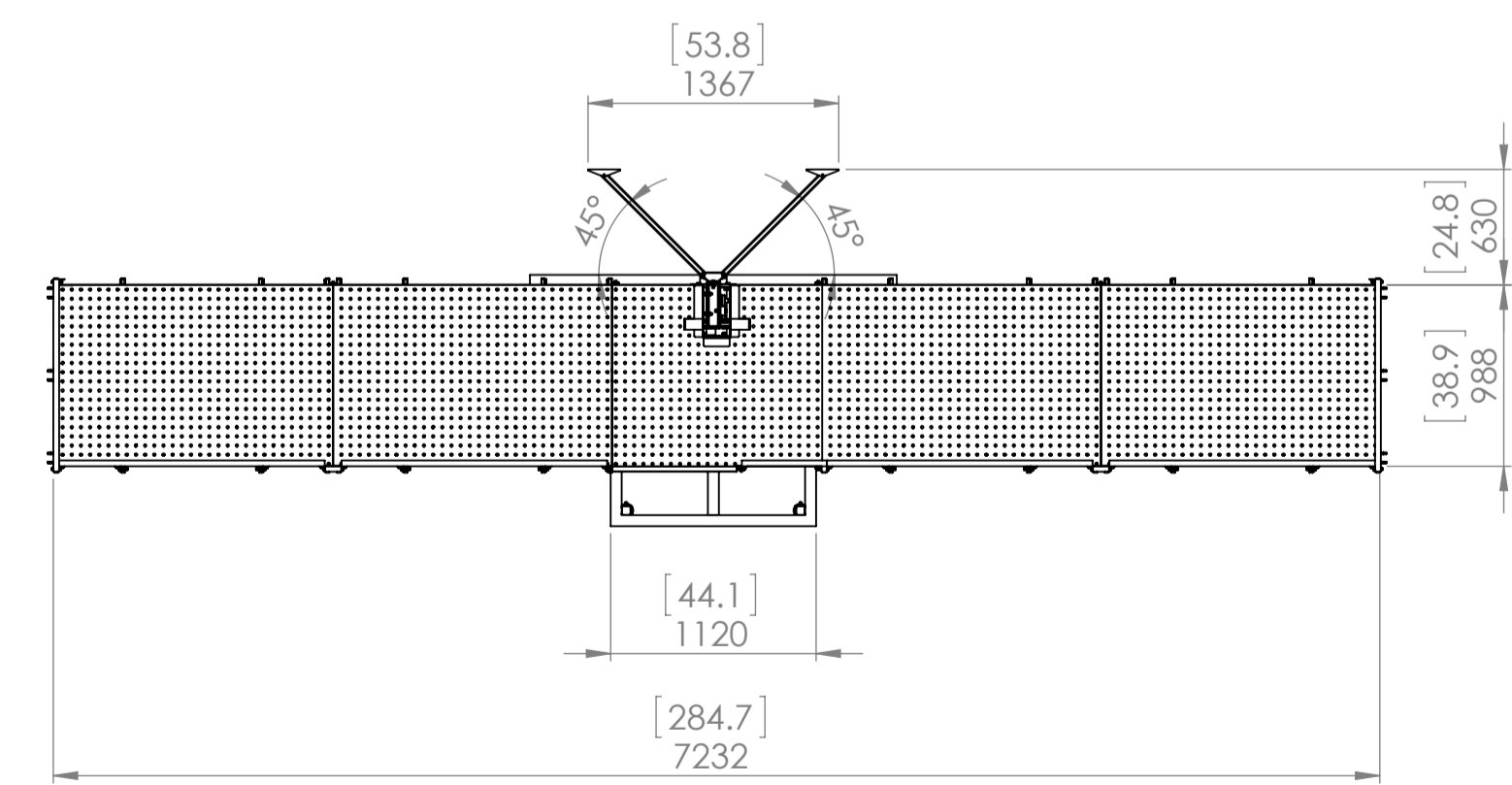
### **PLANOS**



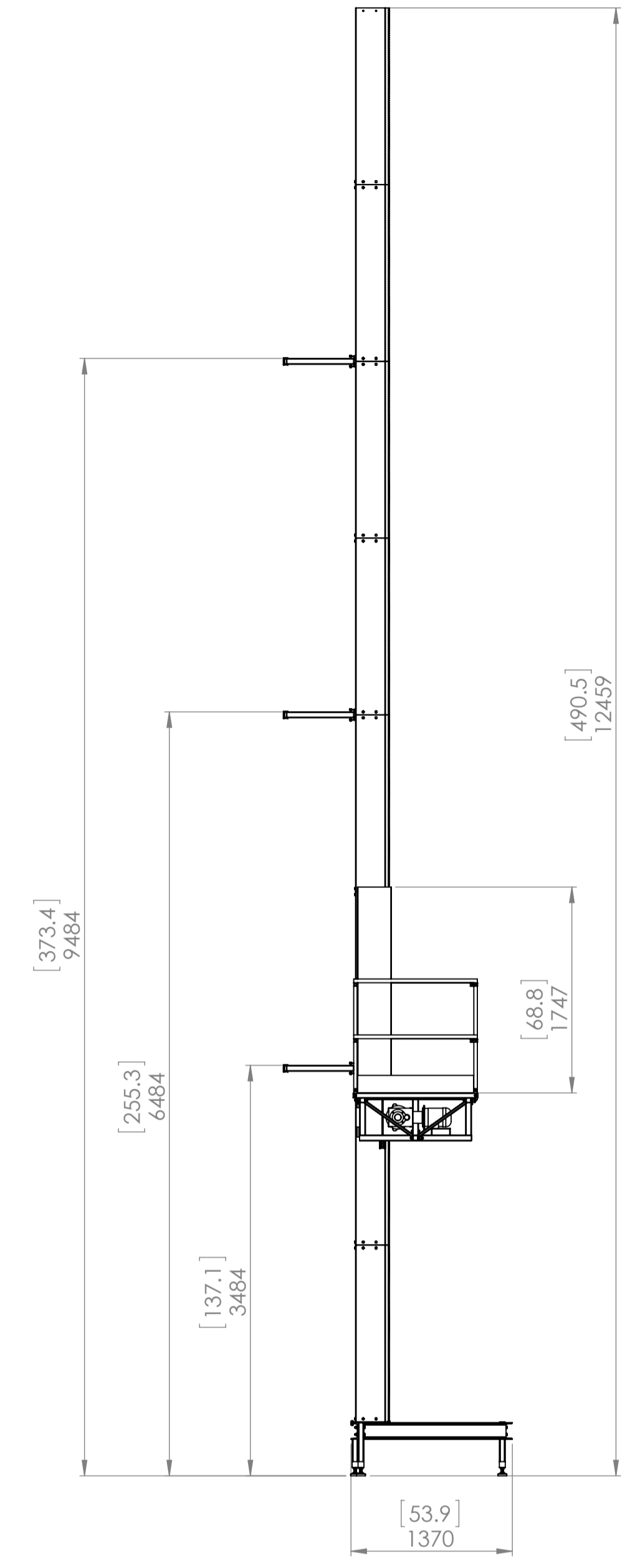
ISOMETRÍA  
Esc. 1:20



VISTA FRONTAL  
Esc. 1:40

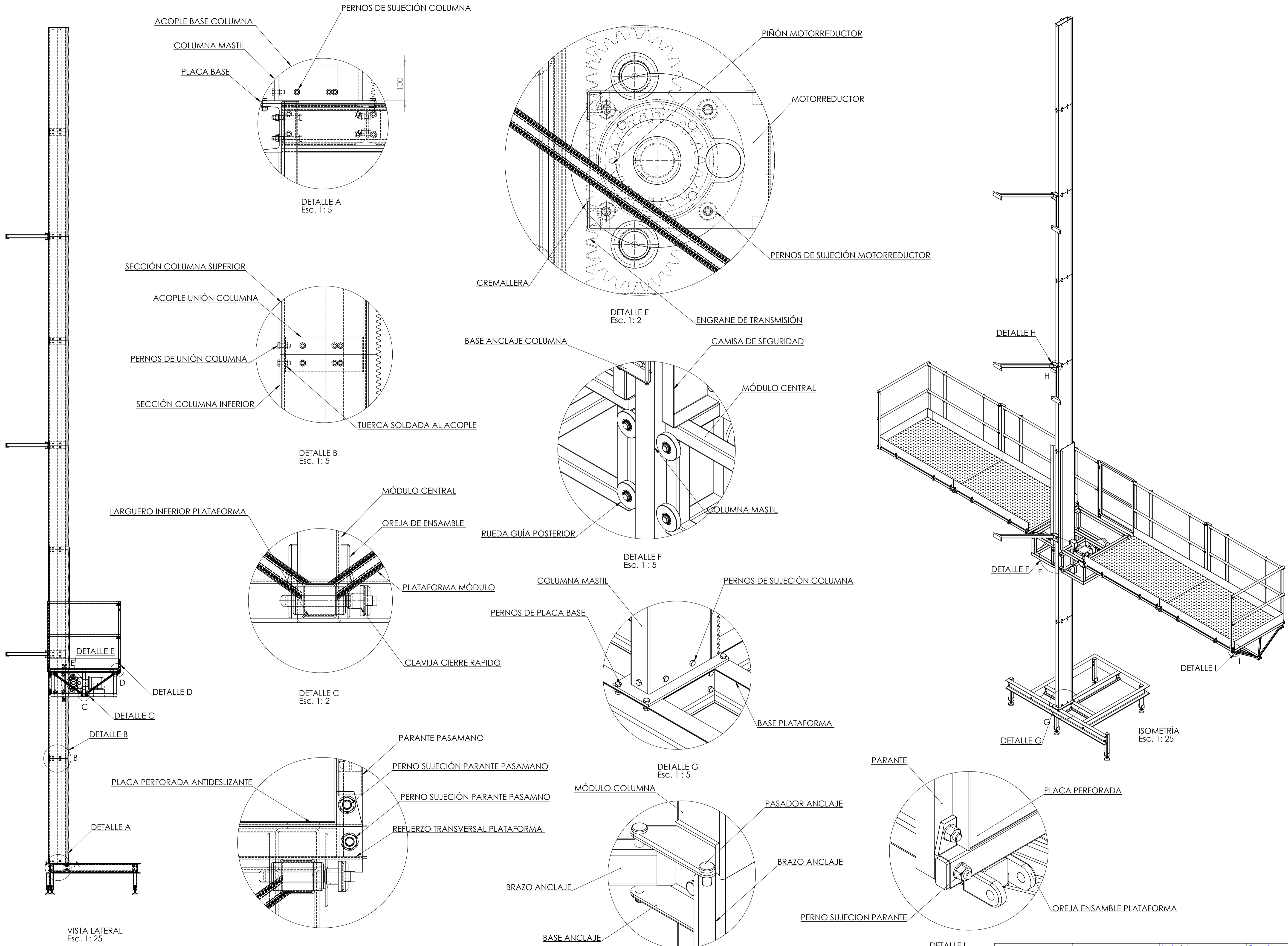


VISTA SUPERIOR  
Esc. 1:40



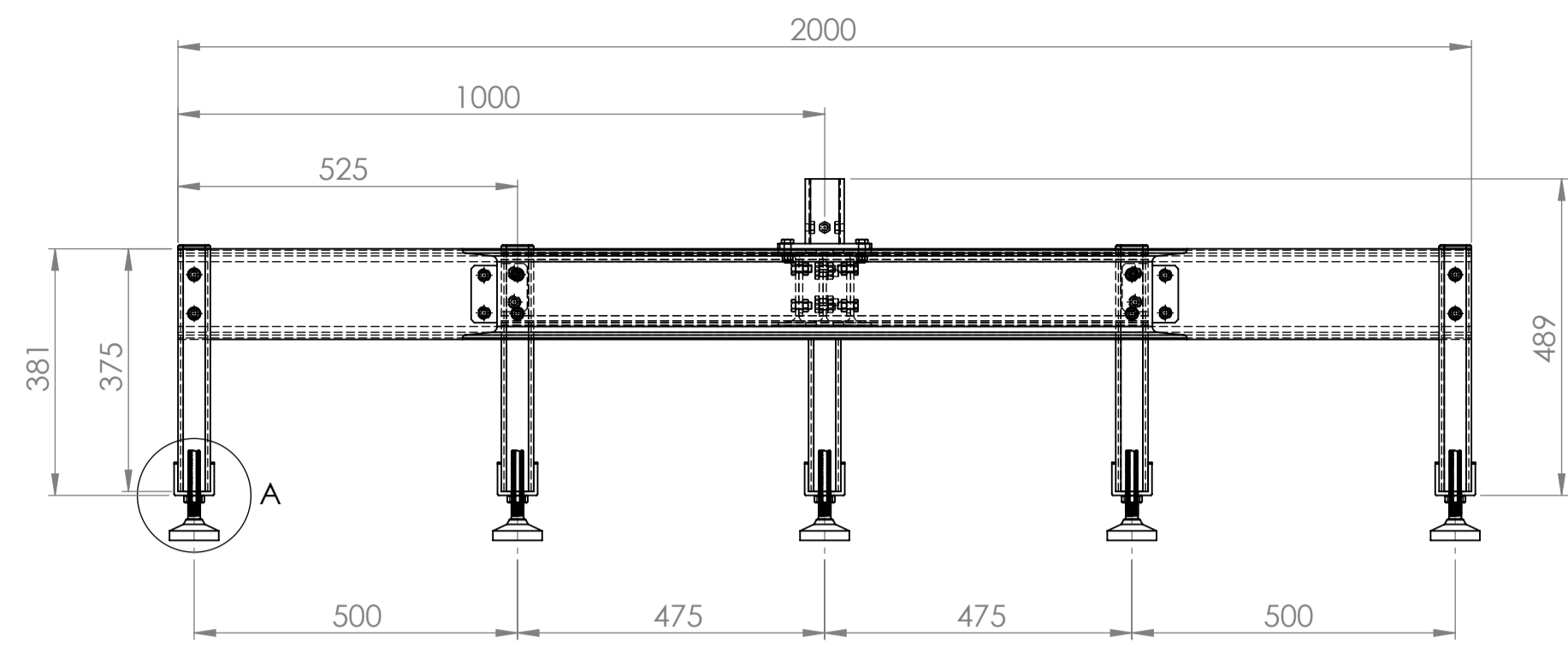
VISTA LATERAL  
Esc. 1:40

Ref.	Denominación:	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
9	Placa perforada 2	1	10.6059.01.00.04	F3	ASTM A-653		Galvanizado
8	Base Plataforma	1	10.6059.01.01.00	H3	ASTM A-588		Galvanizado
7	Módulo Central	1	10.6059.01.02.00	G3	ASTM A-500		Galvanizado
6	Plataforma	1	10.6059.01.03.00	E5	ASTM A-500		Galvanizado
5	Pasamano	4		E5	ASTM A-513		Galvanizado
4	Placa perforada 1	4	10.6059.01.00.03	C2	ASTM A-653		Galvanizado
3	Camisa de seguridad	1	10.6059.01.00.01	F3	ASTM A-653		Galvanizado
2	Sistema anclaje	3	10.6059.01.00.05	B.3	VARIOS		Galvanizado
1	Módulo columna	8	10.6059.01.00.02	B.3	ASTM A-588		Galvanizado
Ref. Denominación: Cnt. Norma Localiz. Material Dim. brutas Observaciones CARRERA DE INGENIERIA MECANICA Escala: INDICADAS Código: 11.6059.01.00.00 Tol. Gral.: ± 1							<b>UPS</b> Diseñó: Barahona/Montenegro Dibujó: Barahona/Montenegro Revisó: Ing. Maldonado Carlos 21-12-2011 21-12-2011 21-12-2011

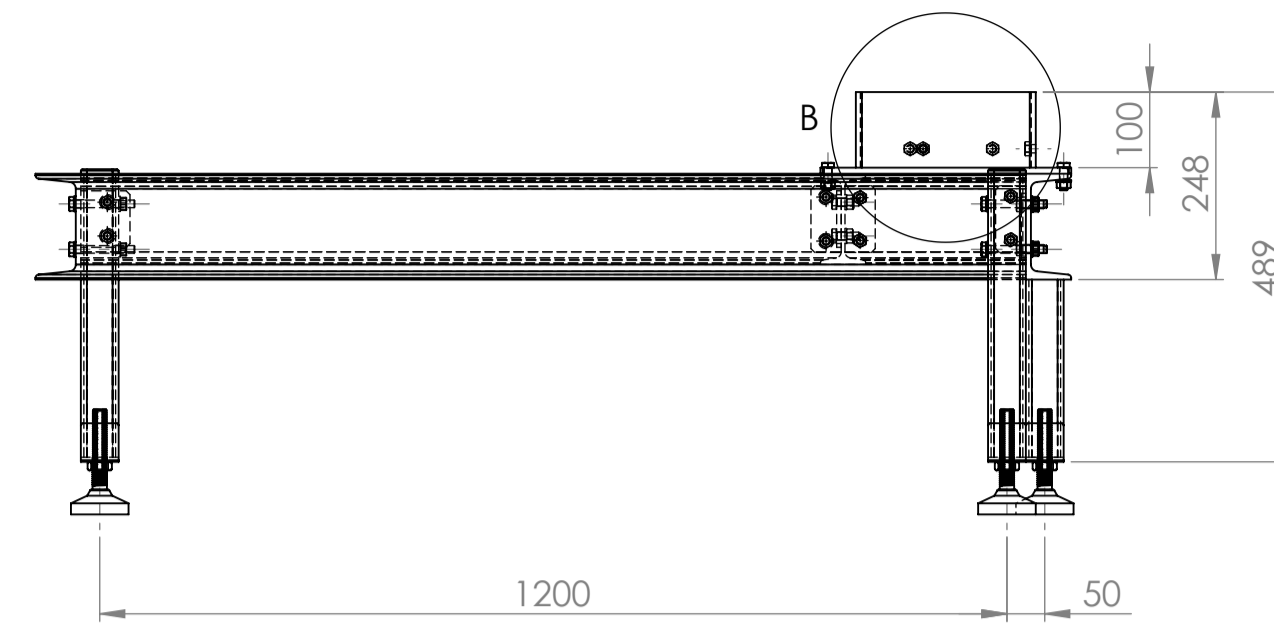


Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	NA	Diseñó:	Barahona/Montenegro	20-12-2011	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		Dibujó:	Barahona/Montenegro	20-12-2011	
DETALLE ENSAMBLE PLATAFORMA		Revisó:	Ing. Maldonado Carlos	20-12-2011	
Escala:	INDICADAS	Código:	10.6059.02.00.00	Tol. Gral.:	± 1

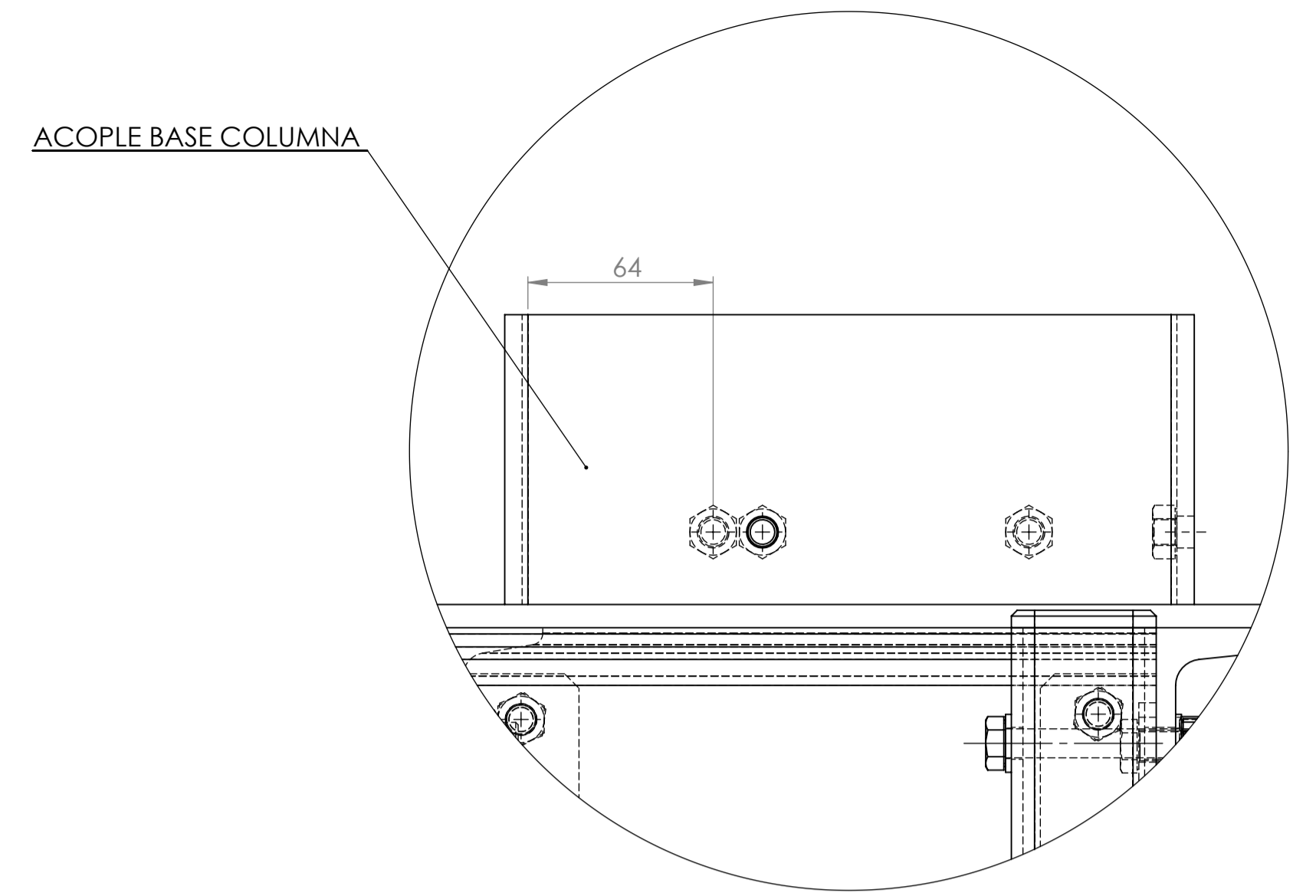




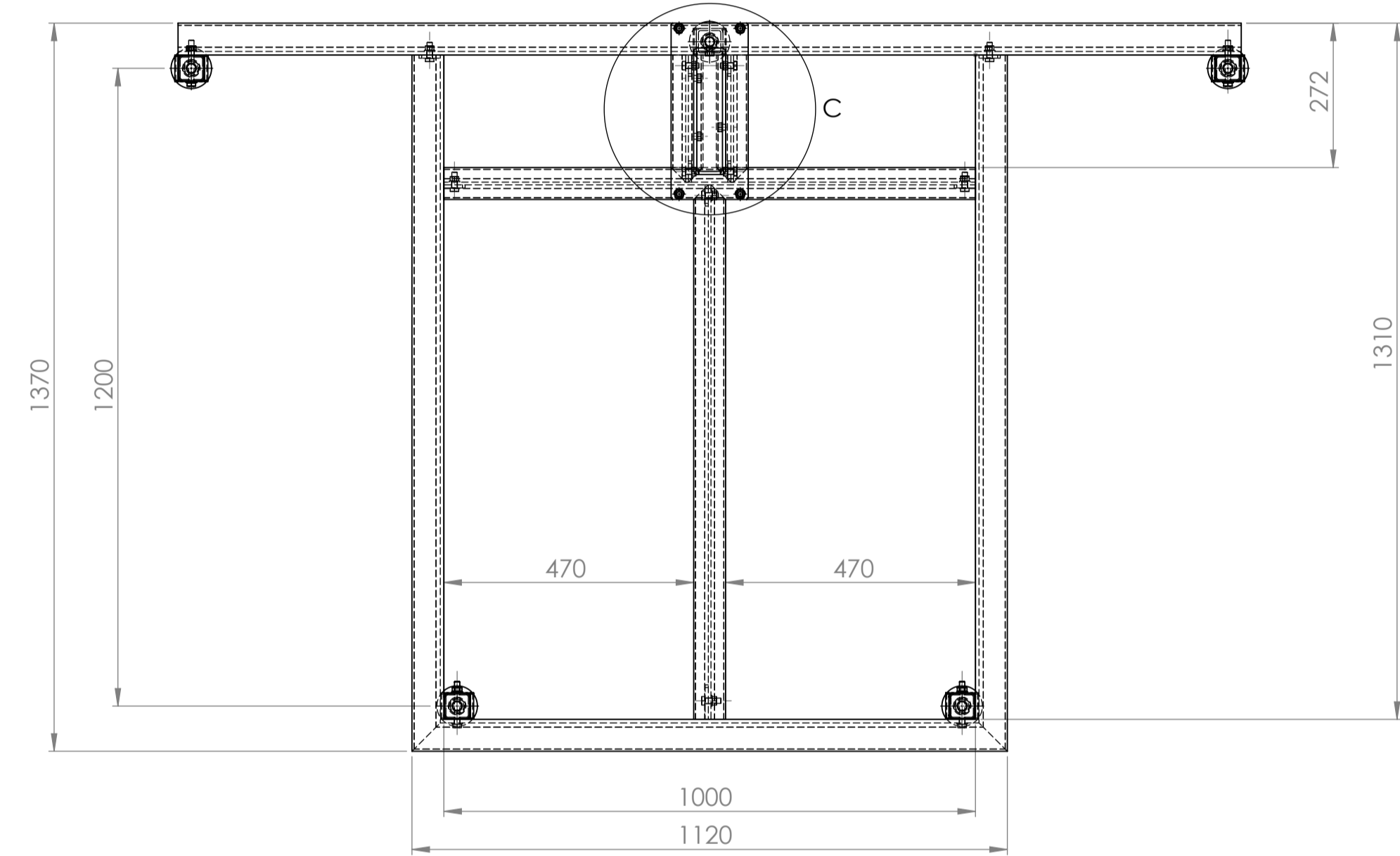
VISTA FRONTAL  
Esc: 1:10



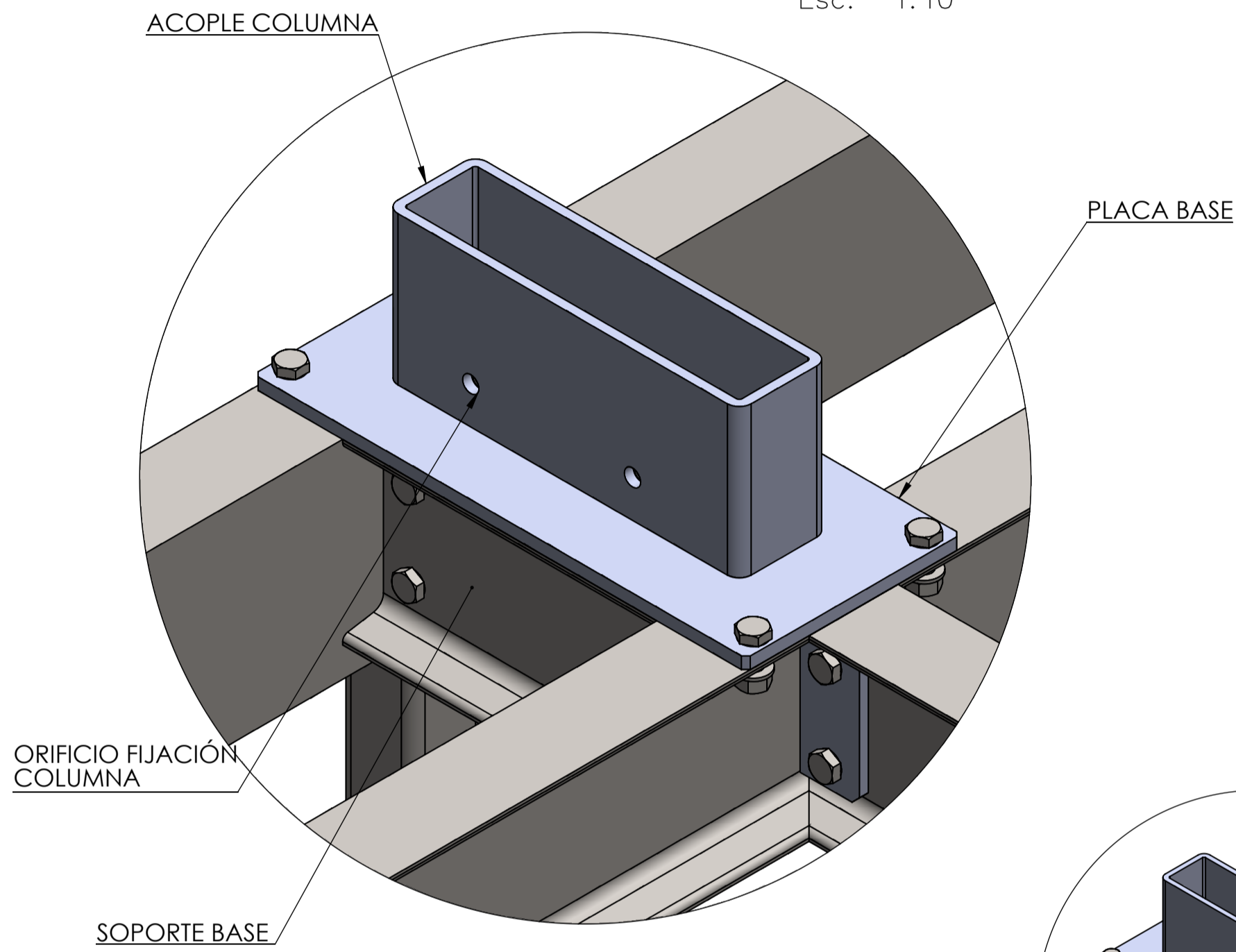
VISTA LATERAL  
Esc: 1:10



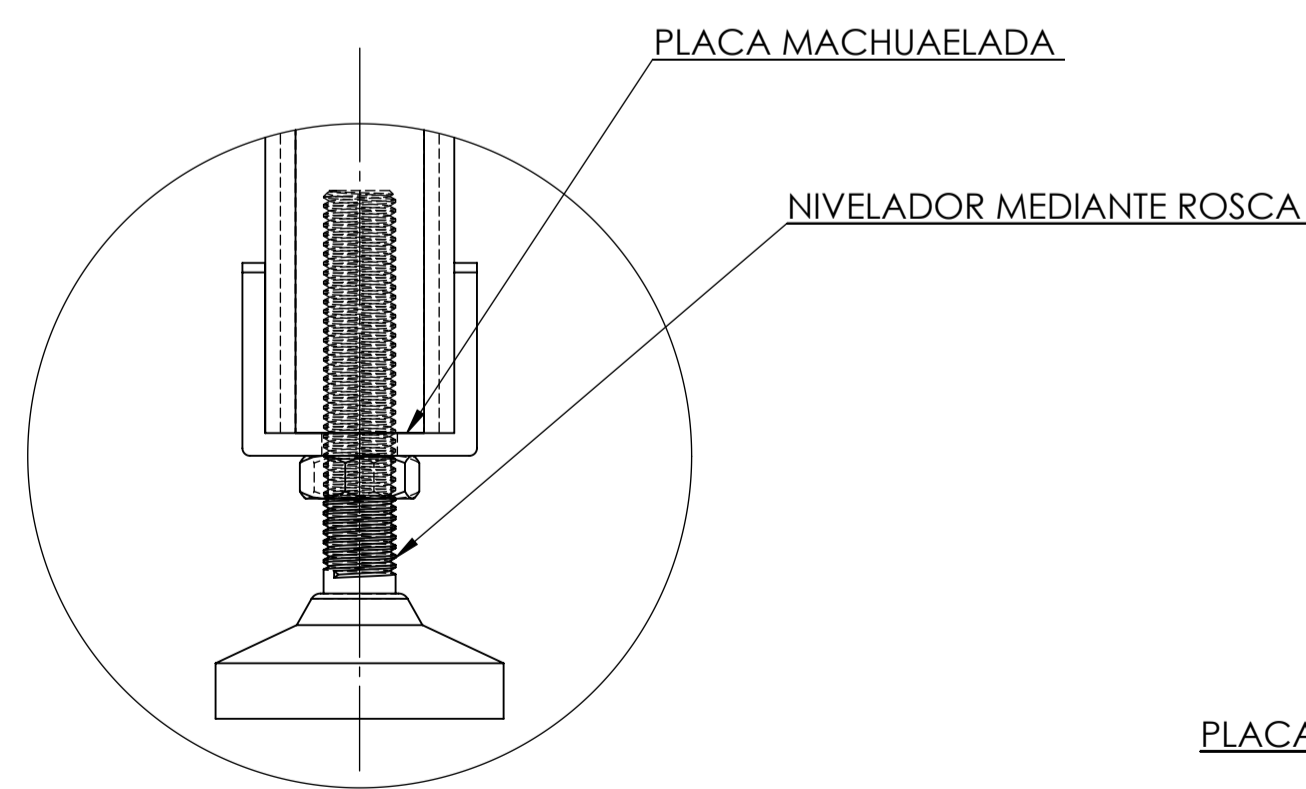
DETALLE B  
ESCALA 1:2



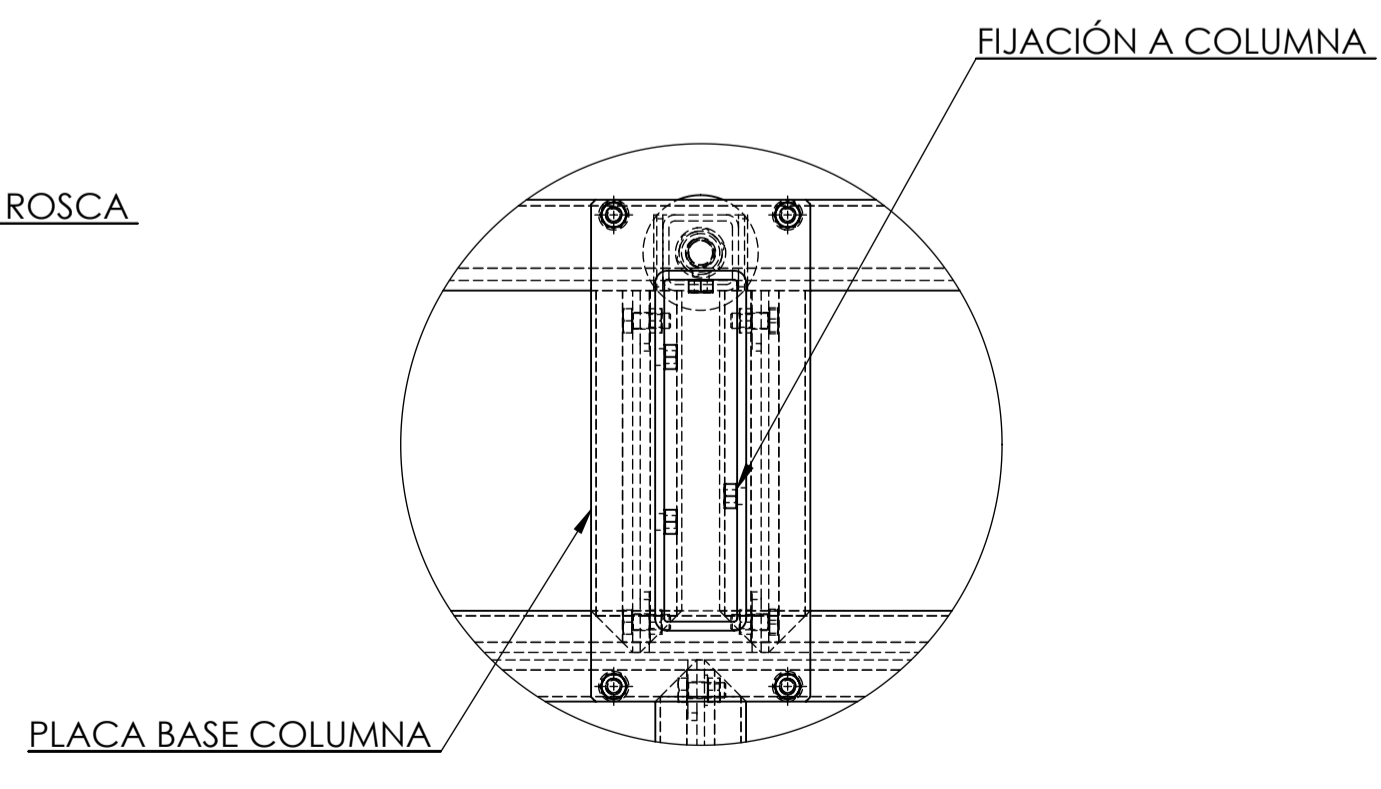
VISTA SUPERIOR  
Esc: 1:10



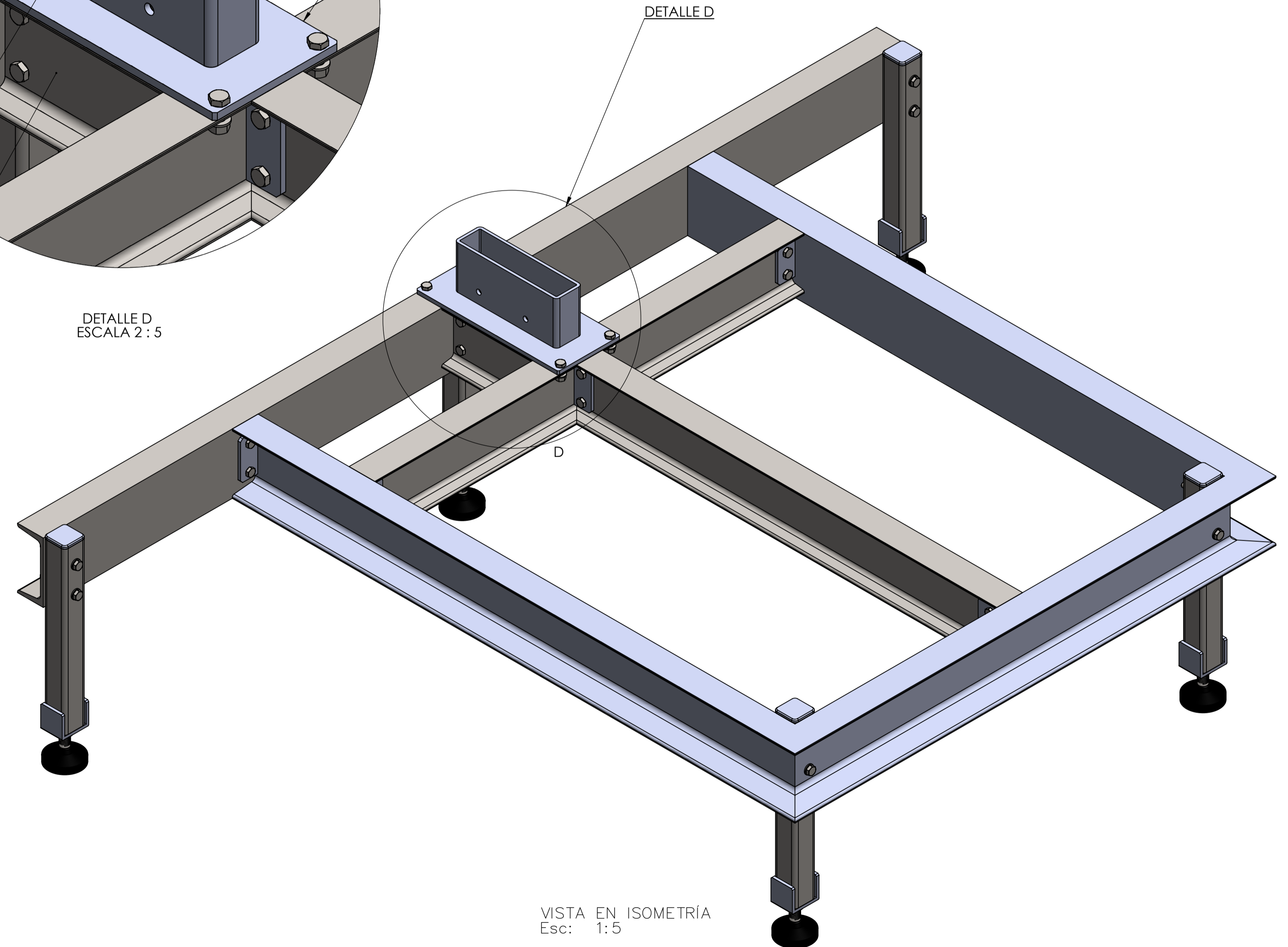
DETALLE D  
ESCALA 2:5



DETALLE A  
ESCALA 1:2

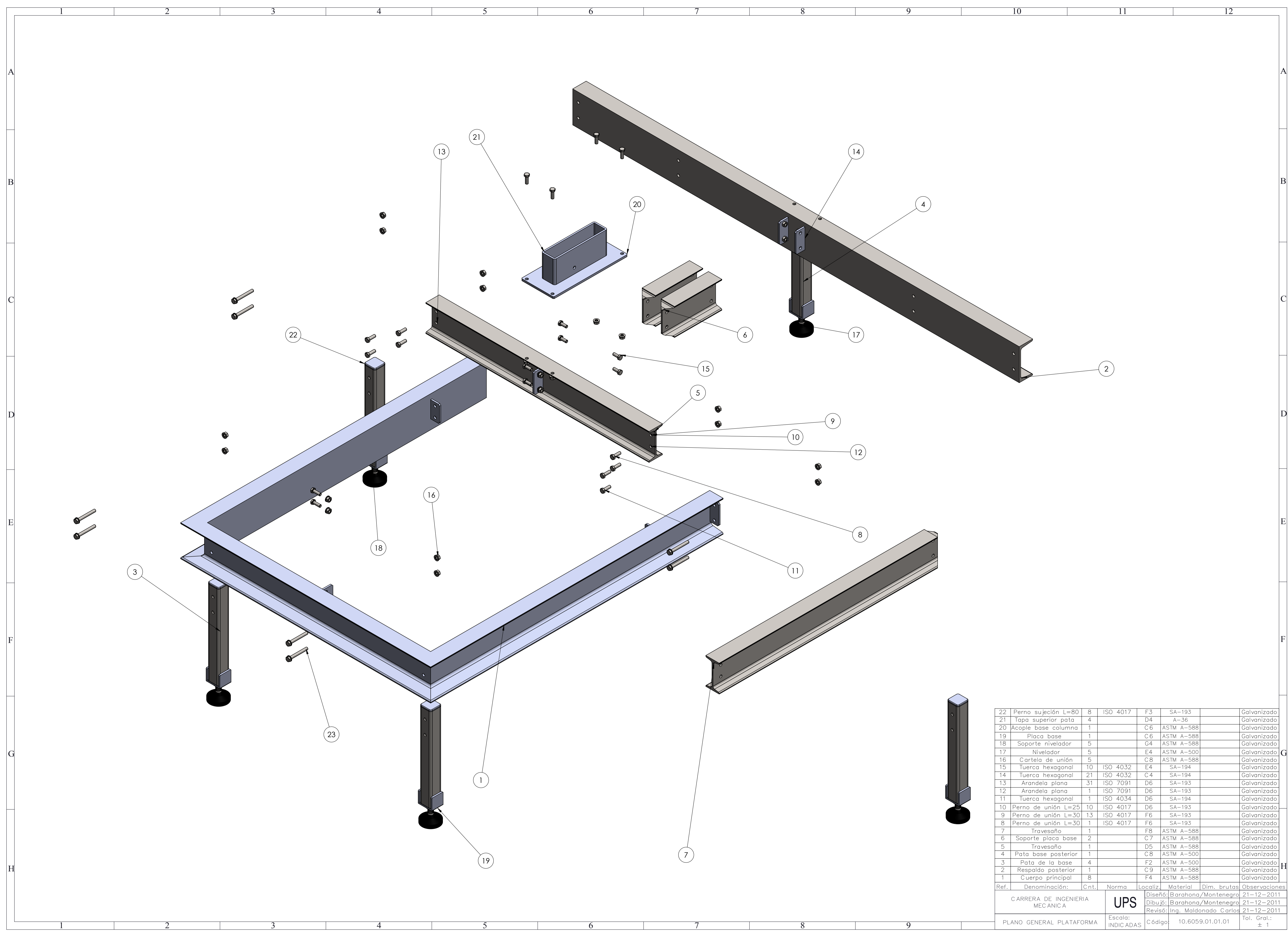


DETALLE C  
ESCALA 1:5



VISTA EN ISOMETRÍA  
Esc: 1:5

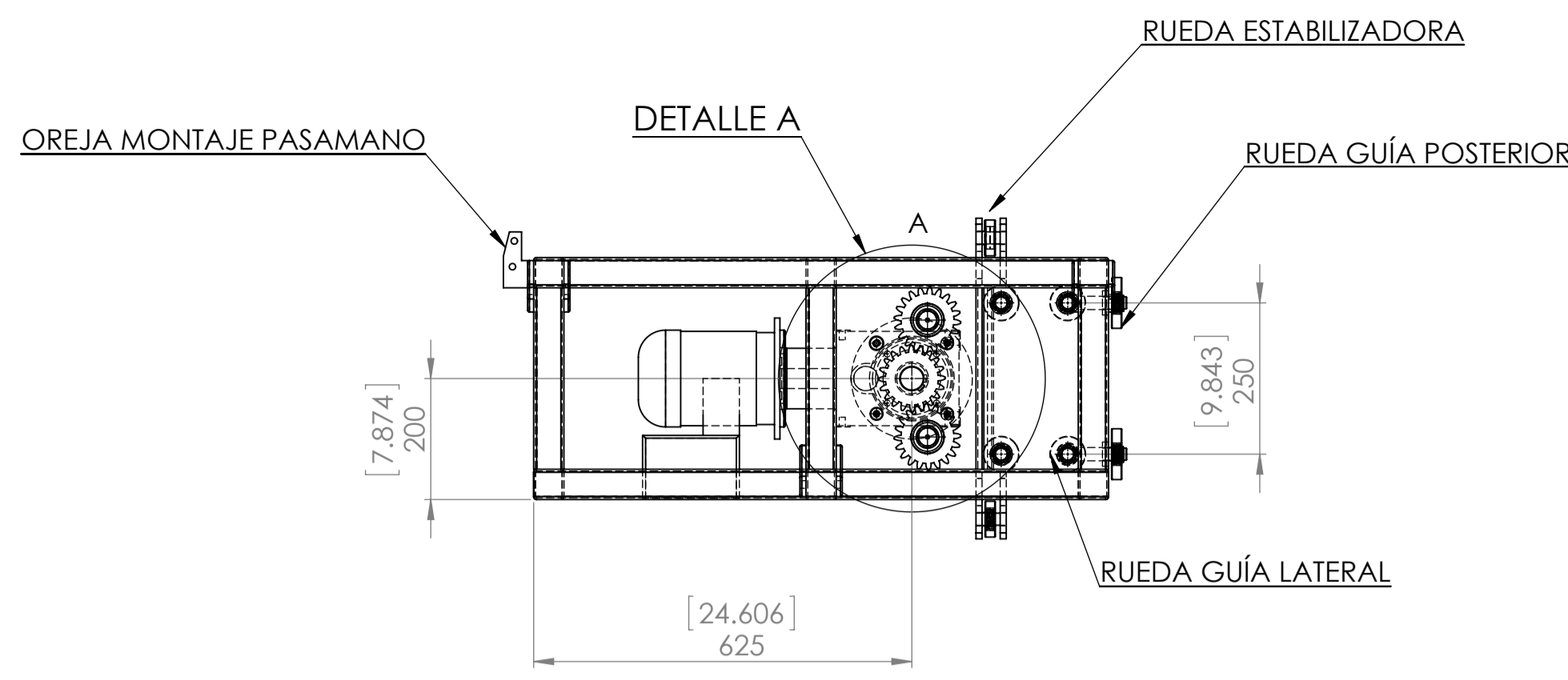
Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutos:	NA
Recubrimiento:	Galvanizado				
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		Diseño: Barahona/Montenegro		20-12-2011	
		Dibujó: Barahona/Montenegro		20-12-2011	
		Revisó: Ing. Maldonado Carlos		20-12-2011	
BASE PLATAFORMA DE TRABAJO	Escala: INDICADAS	Código:	10.6059.01.01.00	Tol. Gral.:	± 1



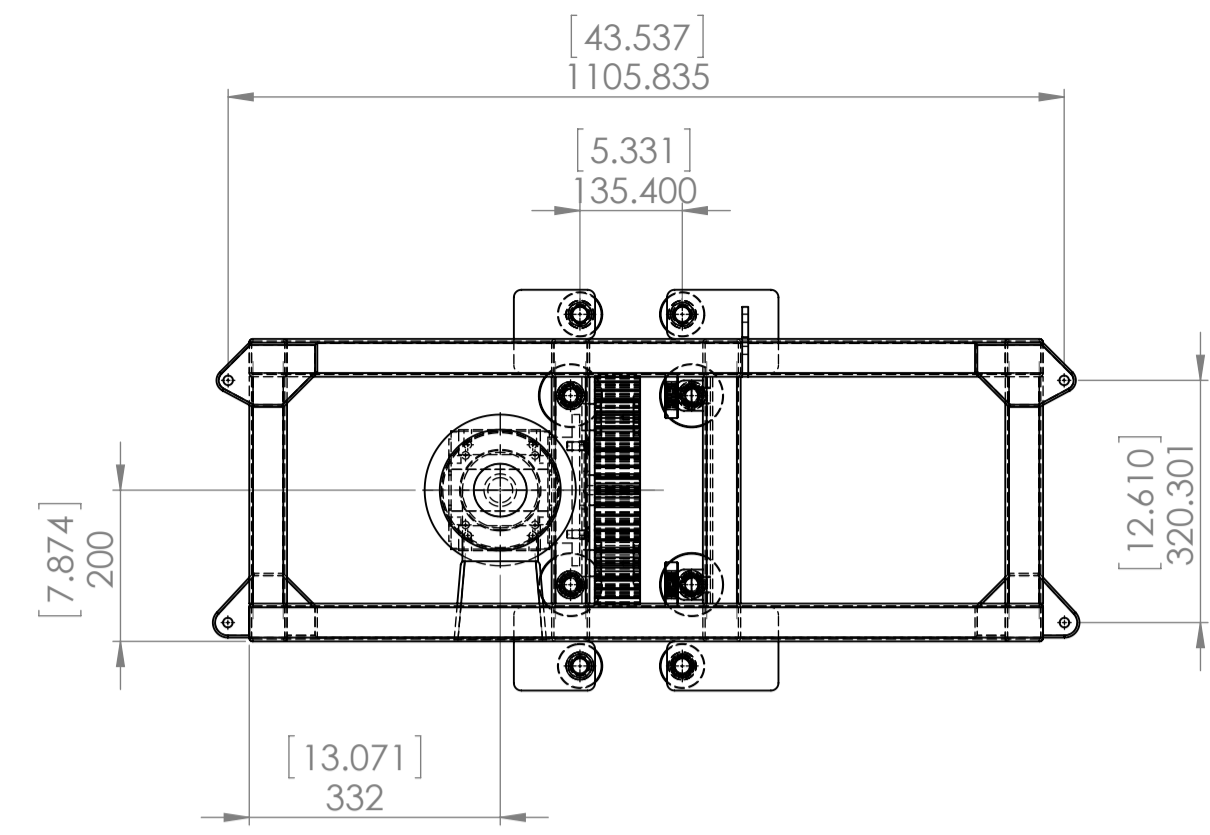
Ref.	Denominación:	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
22	Perno sujeción L=80	8	ISO 4017	F3	SA-193		Galvanizado
21	Tapa superior pata	4		D4	A-36		Galvanizado
20	Acople base columna	1		C6	ASTM A-588		Galvanizado
19	Placa base	1		C6	ASTM A-588		Galvanizado
18	SopORTE nivelador	5		G4	ASTM A-588		Galvanizado
17	Nivelador	5		E4	ASTM A-500		Galvanizado
16	Cartela de unión	5		C8	ASTM A-588		Galvanizado
15	Tuerca hexagonal	10	ISO 4032	E4	SA-194		Galvanizado
14	Tuerca hexagonal	21	ISO 4032	C4	SA-194		Galvanizado
13	Arandela plana	31	ISO 7091	D6	SA-193		Galvanizado
12	Arandela plana	1	ISO 7091	D6	SA-193		Galvanizado
11	Tuerca hexagonal	1	ISO 4034	D6	SA-194		Galvanizado
10	Perno de unión L=25	10	ISO 4017	D6	SA-193		Galvanizado
9	Perno de unión L=30	13	ISO 4017	F6	SA-193		Galvanizado
8	Perno de unión L=30	1	ISO 4017	F6	SA-193		Galvanizado
7	Travesaño	1		F8	ASTM A-588		Galvanizado
6	SopORTE placa base	2		C7	ASTM A-588		Galvanizado
5	Travesaño	1		D5	ASTM A-588		Galvanizado
4	Pata base posterior	1		C8	ASTM A-500		Galvanizado
3	Pata de la base	4		F2	ASTM A-500		Galvanizado
2	Respaldo posterior	1		C9	ASTM A-588		Galvanizado
1	Cuerpo principal	8		F4	ASTM A-588		Galvanizado

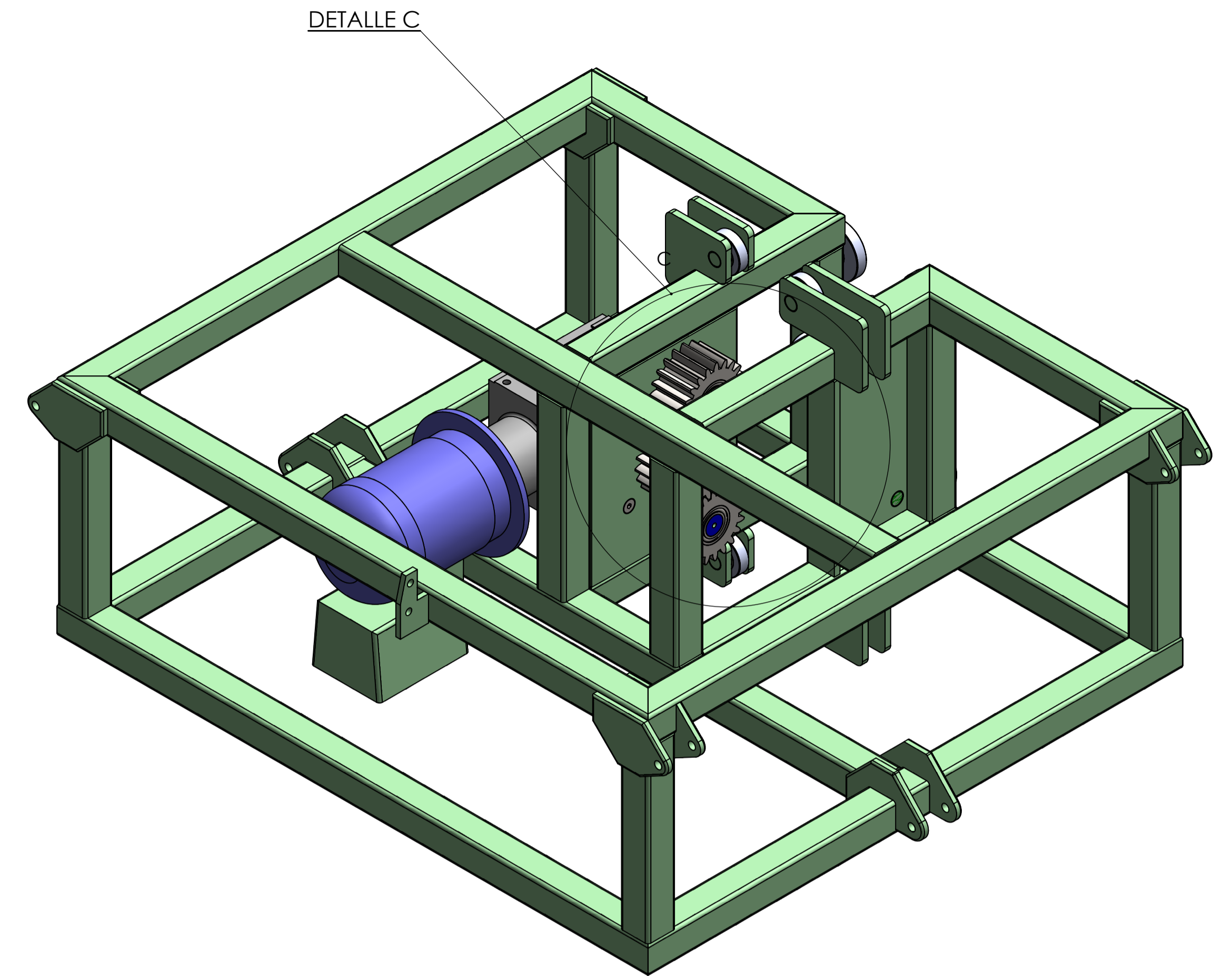
Ref.	Denominación:	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA						
					<b>UPS</b>		
					Diseño: Barahona/Montenegro		21-12-2011
					Dibujó: Barahona/Montenegro		21-12-2011
					Revisó: Ing. Maldonado Carlos		21-12-2011
	PLANO GENERAL PLATAFORMA				Escala: INDICADAS		
					Código: 10.6059.01.01.01		Tol. Gral.: ± 1



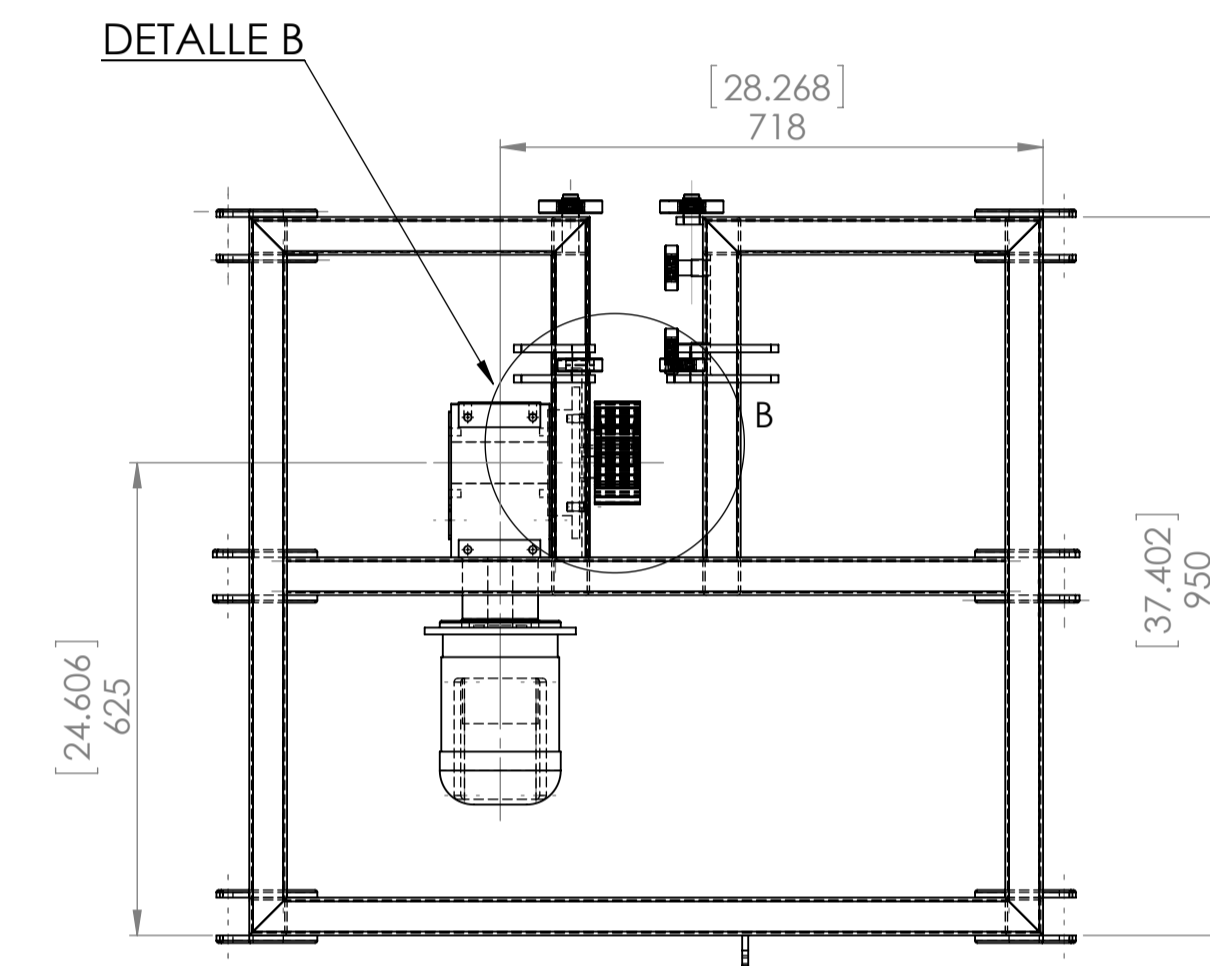
VISTA LATERAL IZQUIERDA  
Esc. 1:5



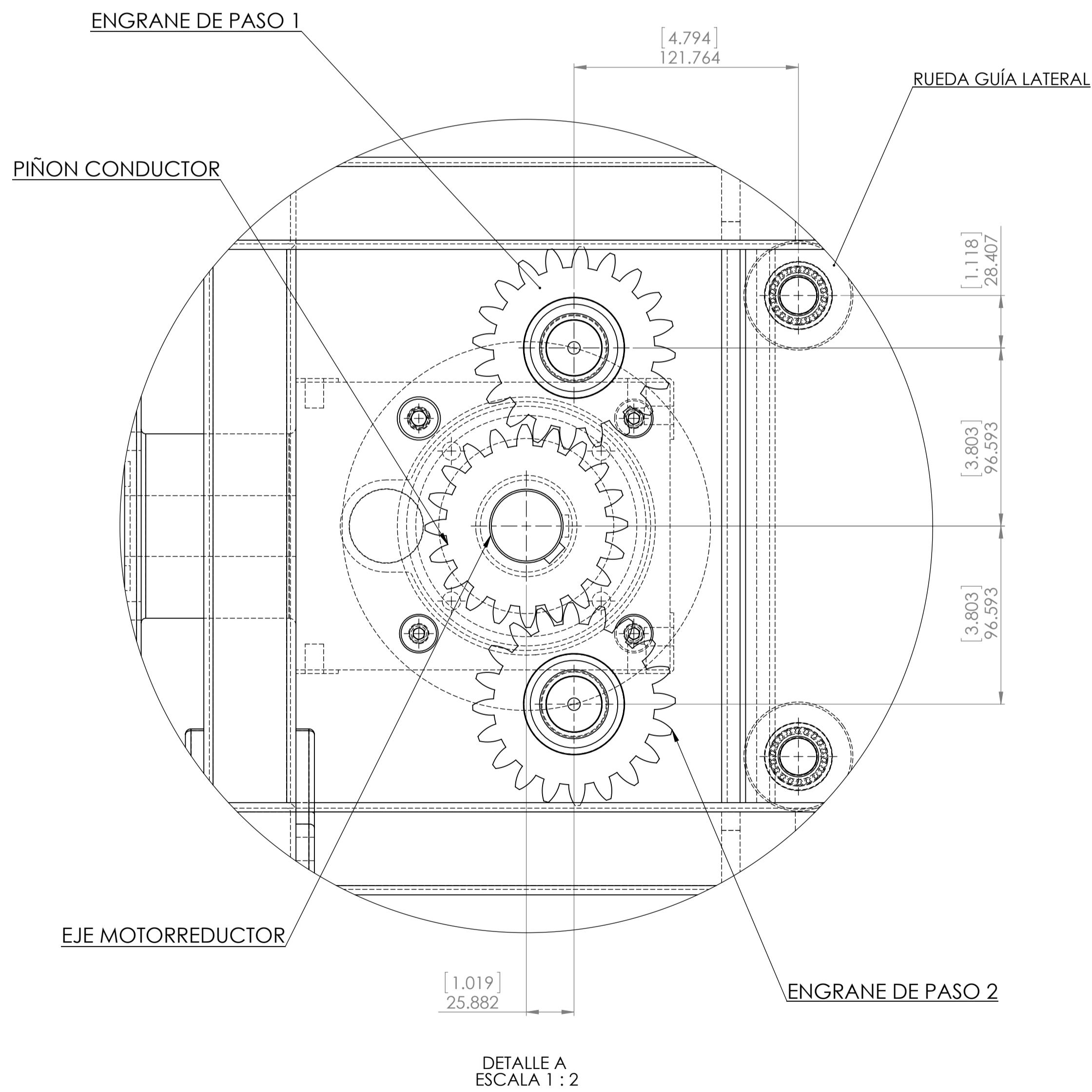
VISTA FRONTAL  
Esc. 1:5



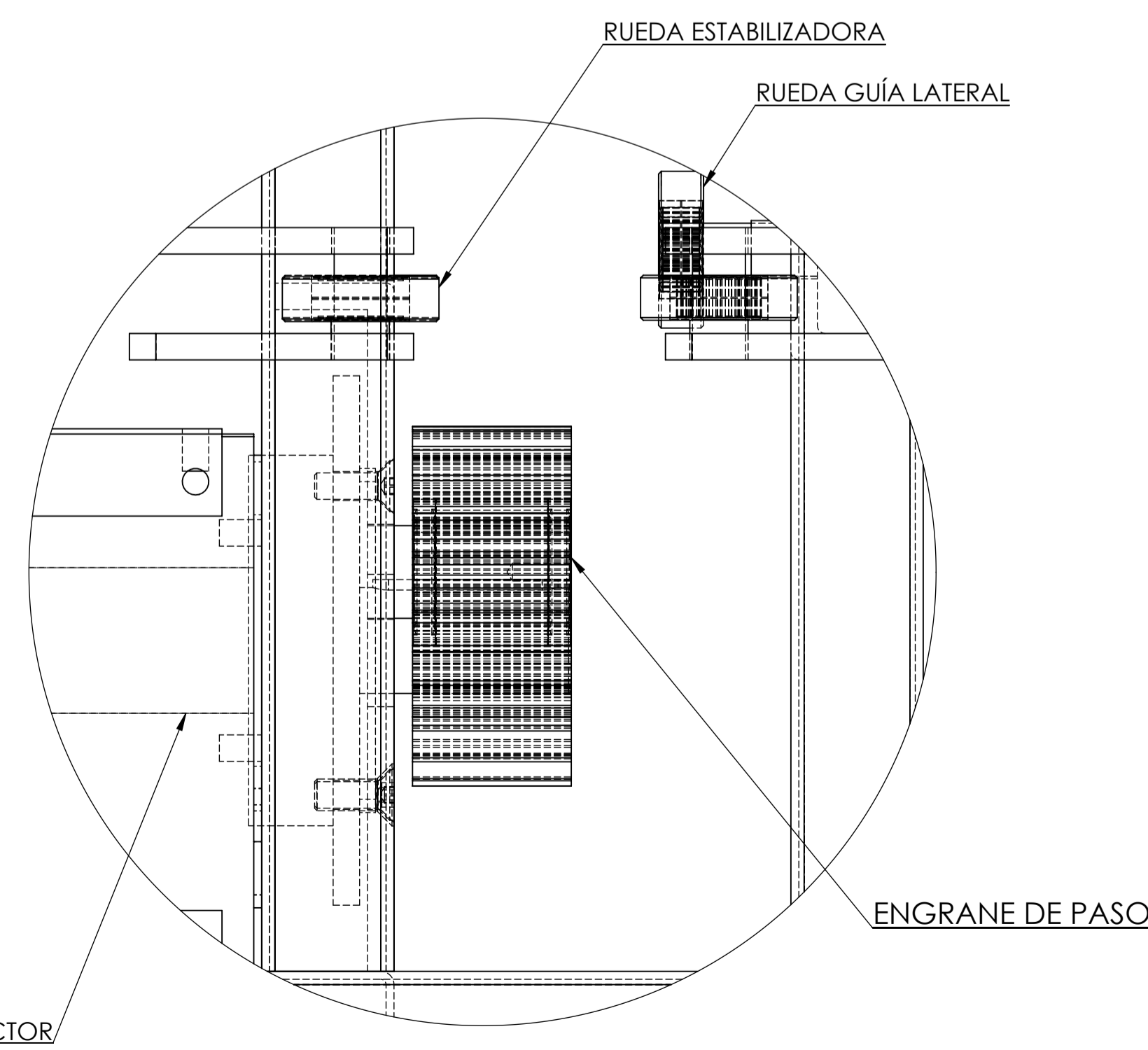
ISOMETRÍA MÓDULO CENTRAL  
Esc. 1:5



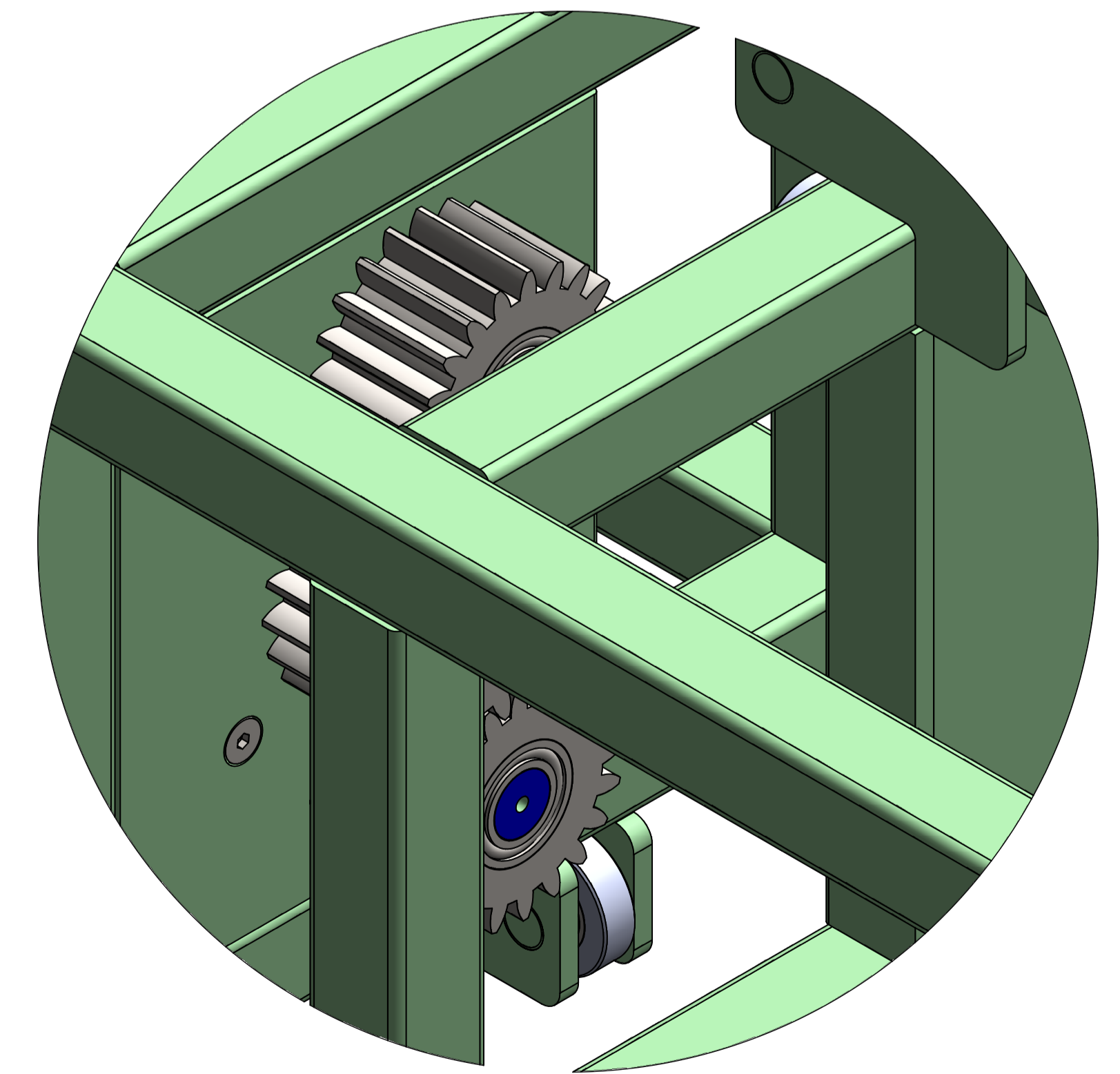
VISTA SUPERIOR  
Esc. 1:5



DETALLE A  
ESCALA 1:2

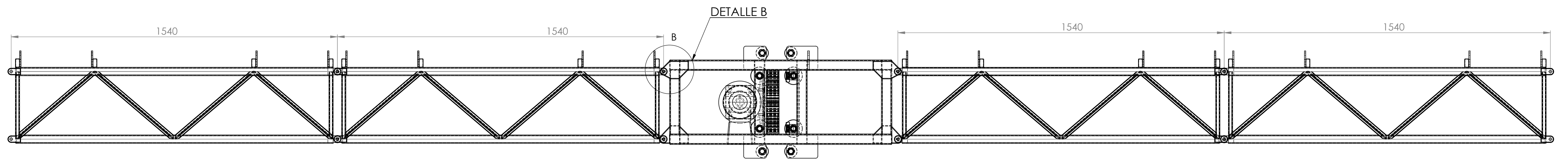


DETALLE B  
ESCALA 1:2

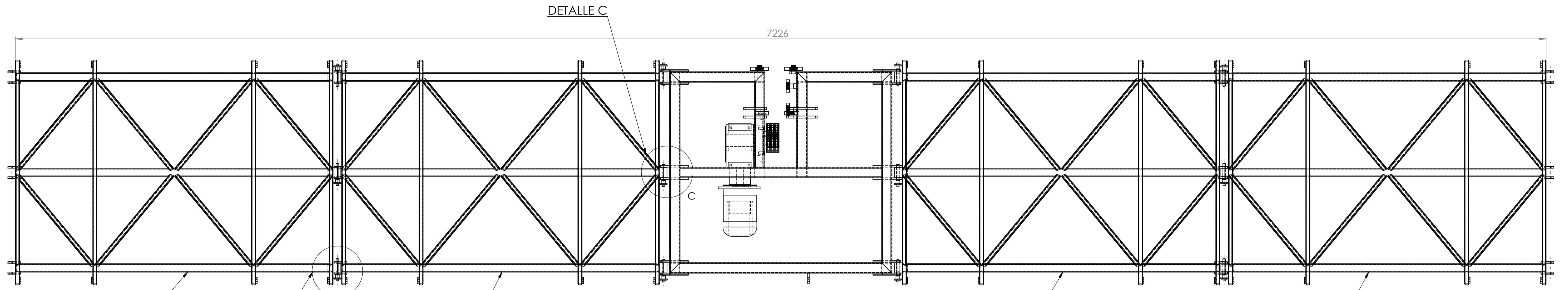


DETALLE C  
ESCALA 1:2

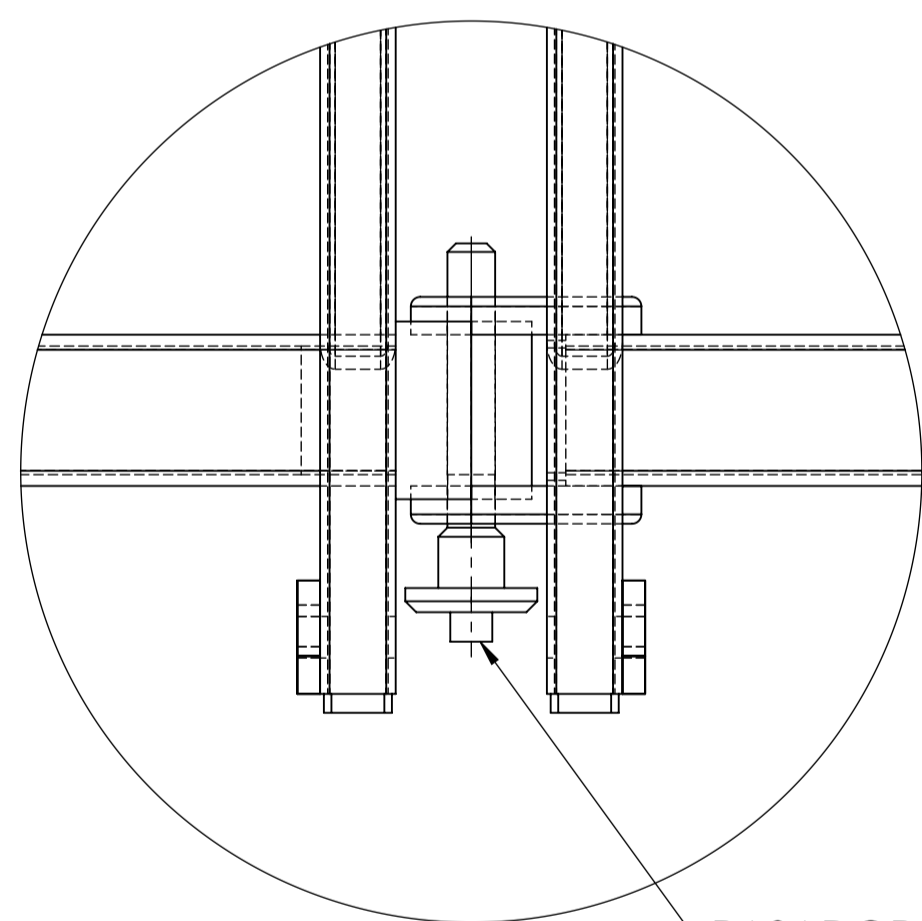
Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		<b>UPS</b>		Diseño:	Barahona/Montenegro 05-11-2011
				Dibujó:	Barahona/Montenegro 05-11-2011
				Revisó:	Ing. Maldonado Carlos 05-11-2011
SISTEMA DE ELEVACIÓN		Escala:	INDICADAS	Código:	10.6059.01.02.00
				Tol. Gral.:	± 1



VISTA FRONTAL  
Esc. 1:10

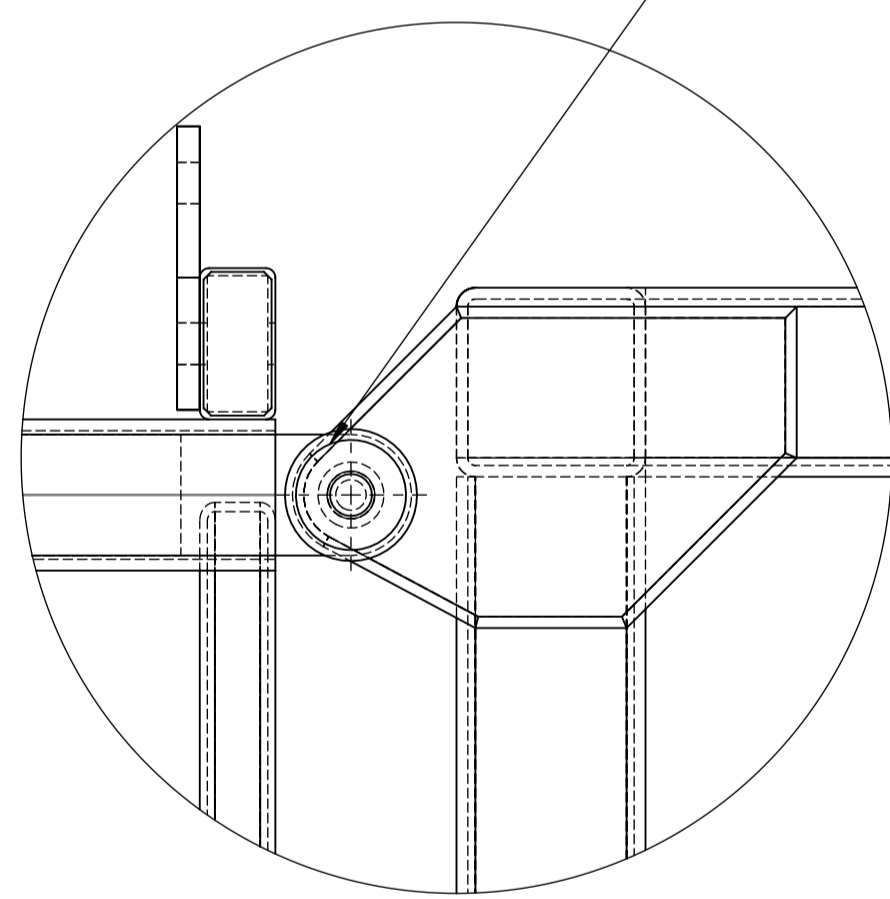


VISTA SUPERIOR  
Esc. 1:10



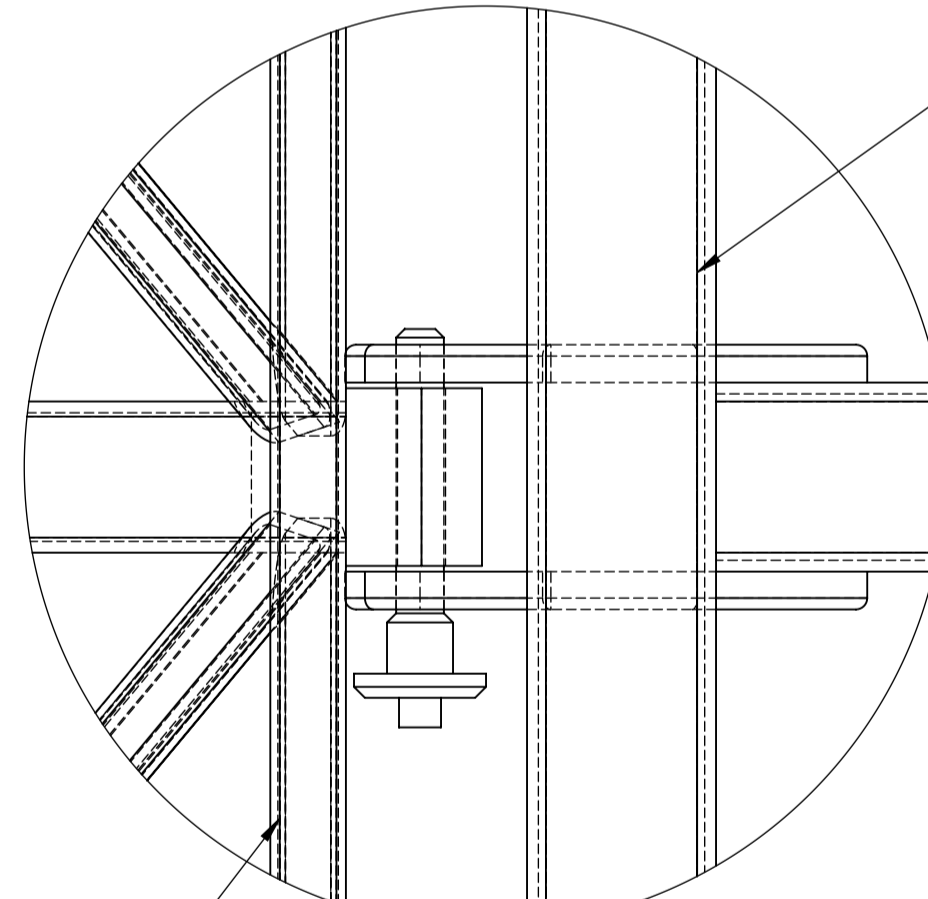
DETALLE A  
ESCALA 1:2

PASADOR CIERRE RÁPIDO



DETALLE B  
ESCALA 1:2

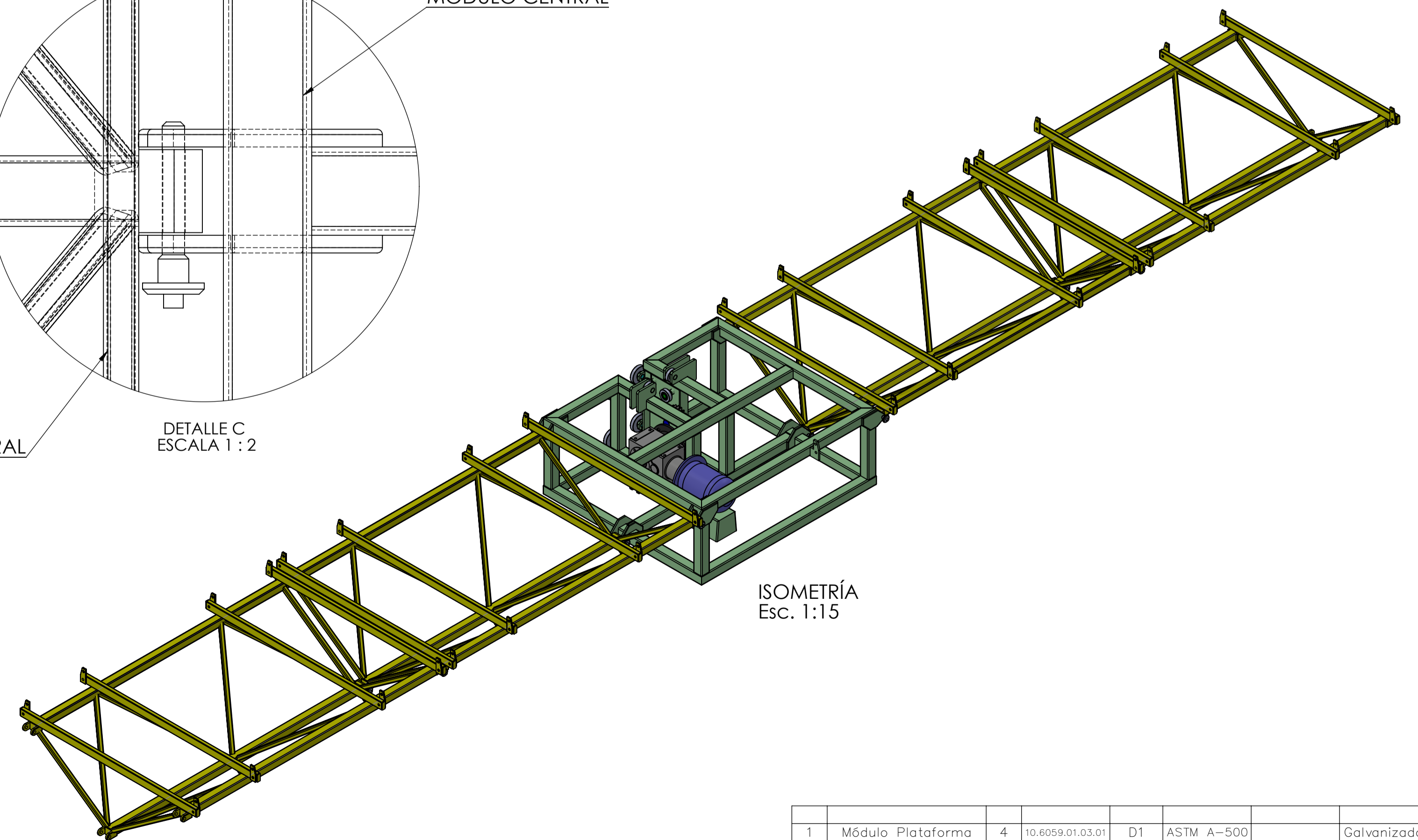
PASADOR CIERRE RÁPIDO



DETALLE C  
ESCALA 1:2

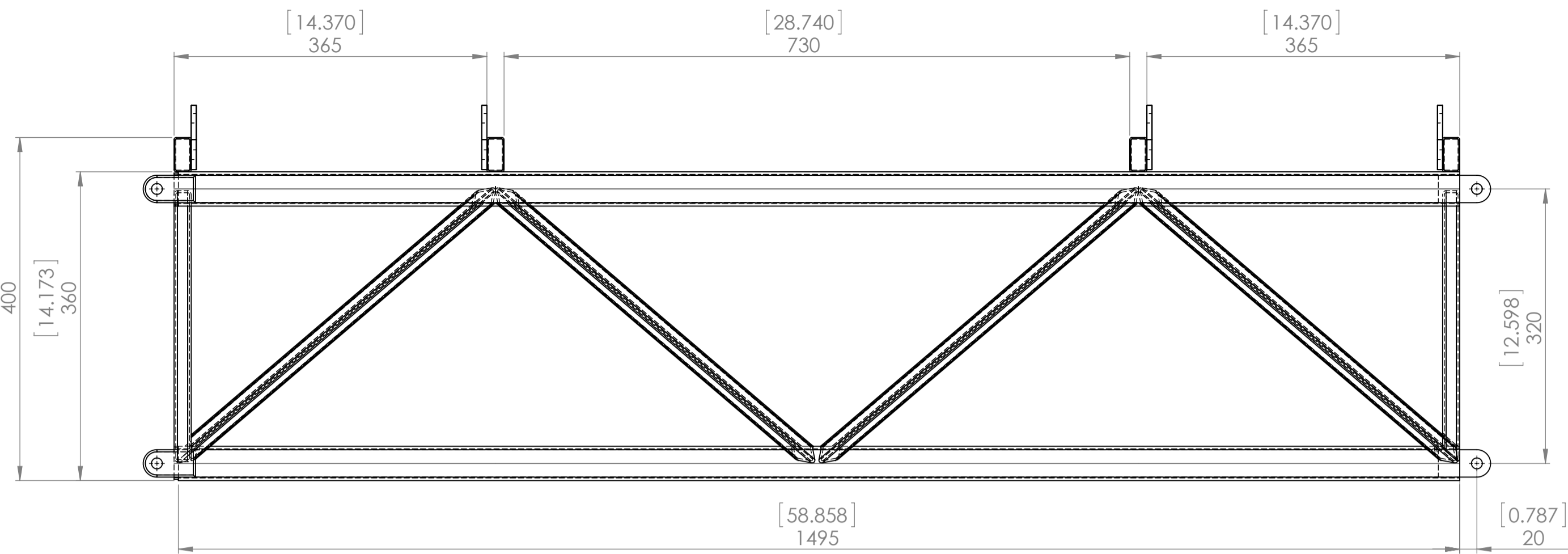
MÓDULO CENTRAL

MÓDULO CENTRAL

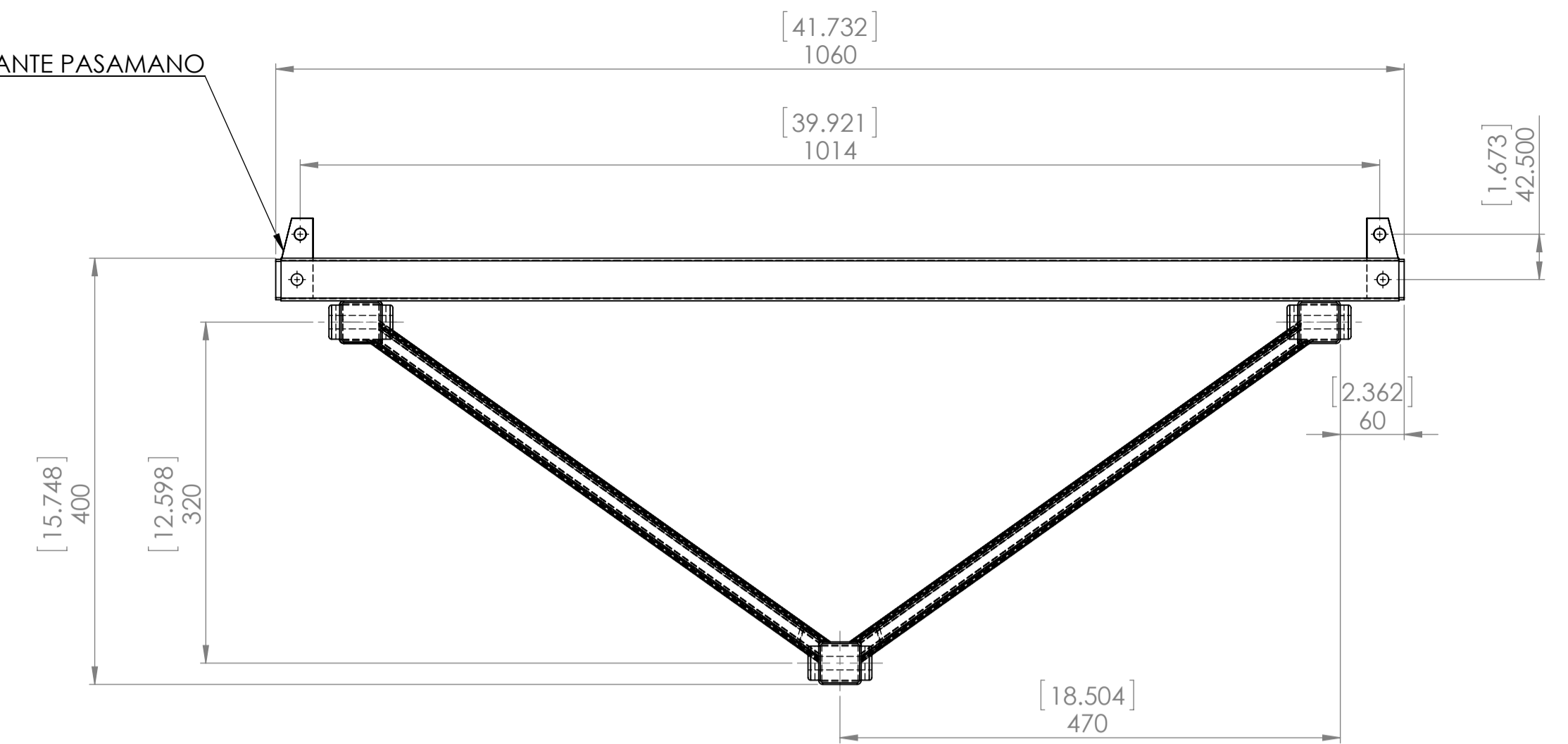


ISOMETRÍA  
Esc. 1:15

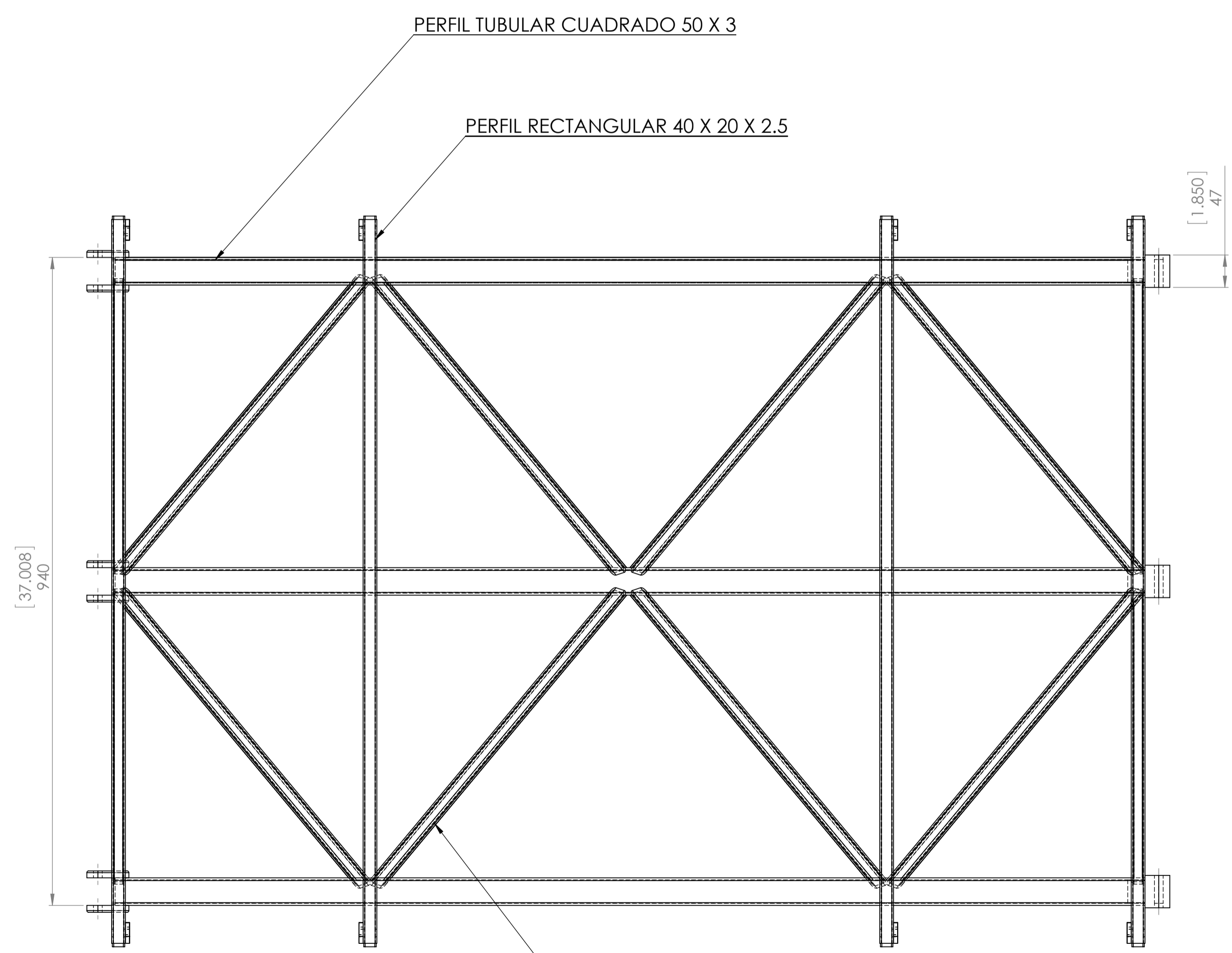
1	Módulo Plataforma	4	10.6059.01.03.01	D1	ASTM A-500		Galvanizado
Ref.	Denominación:	Cnt.	Norma	Localiz.	Material	Dim. brutas	Observaciones
	CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				Barahona/Montenegro	21-12-2011	
					Dibujó: Barahona/Montenegro	21-12-2011	
					Revisó: Ing. Maldonado Carlos	21-12-2011	
	PLANO GENERAL PLATAFORMA		ESCALA: INDICADAS	Código:	10.6059.01.03.00	Tol. Gral.:	± 1



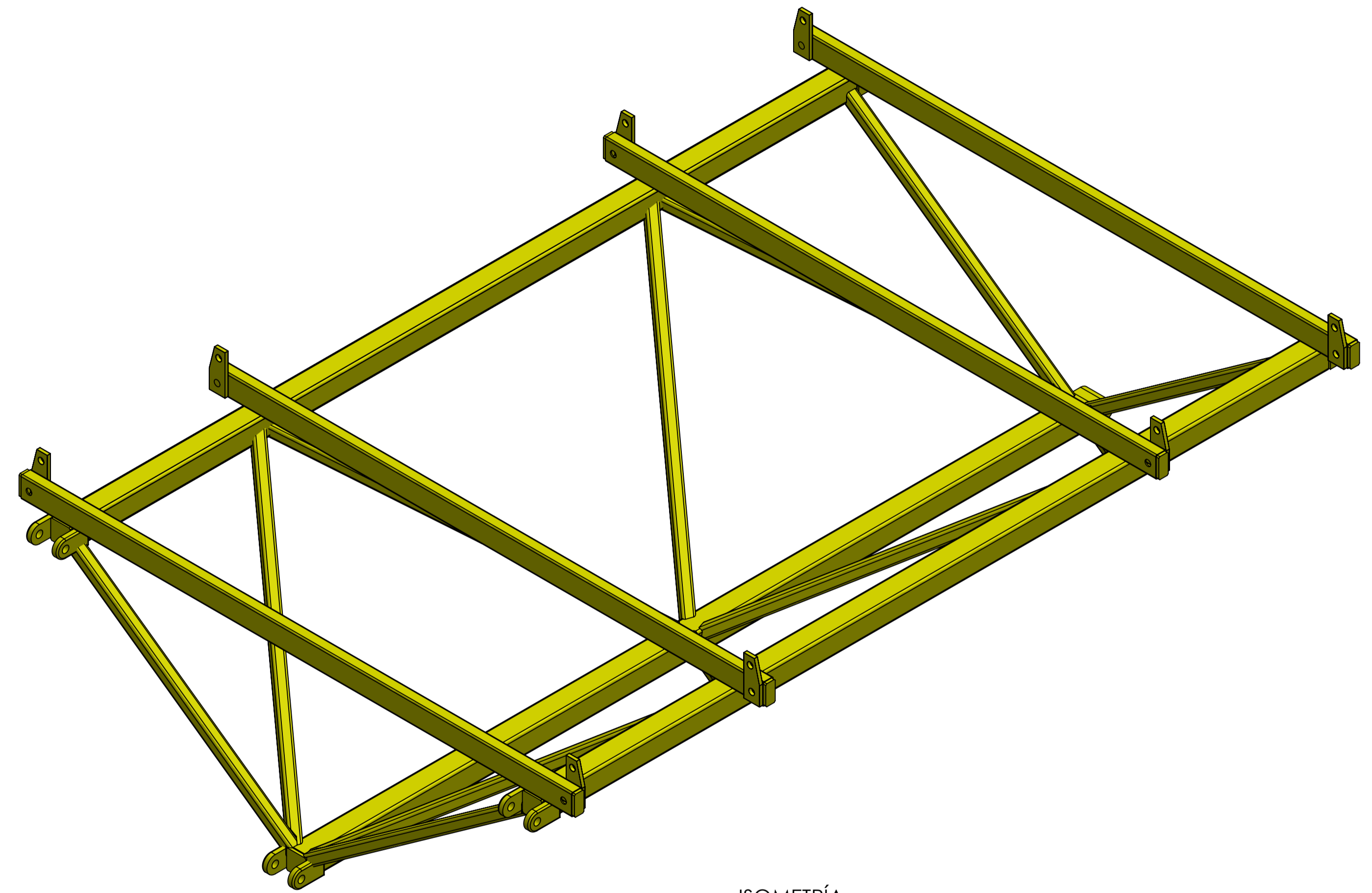
VISTA FRONTAL  
Esc. 1:5



VISTA LATERAL  
Esc. 1:5

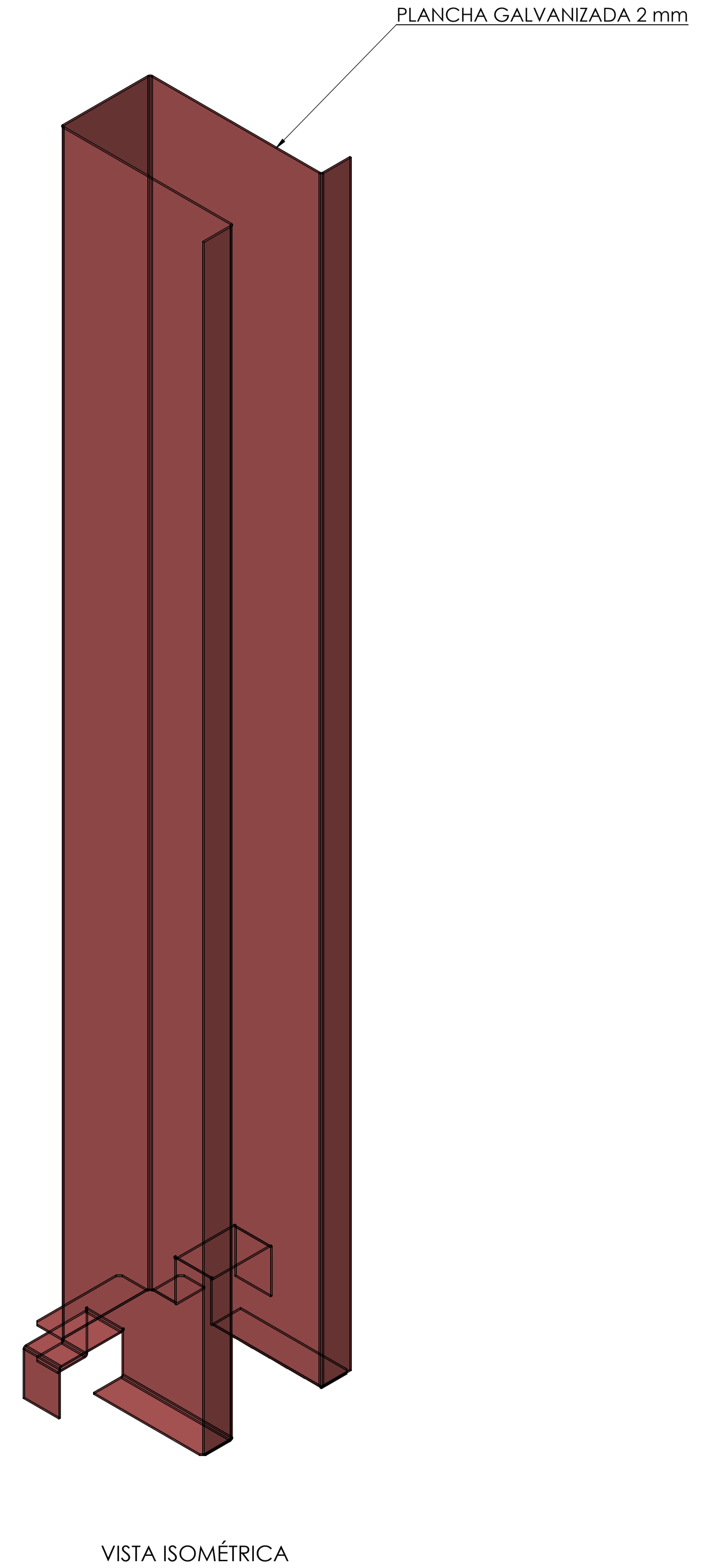
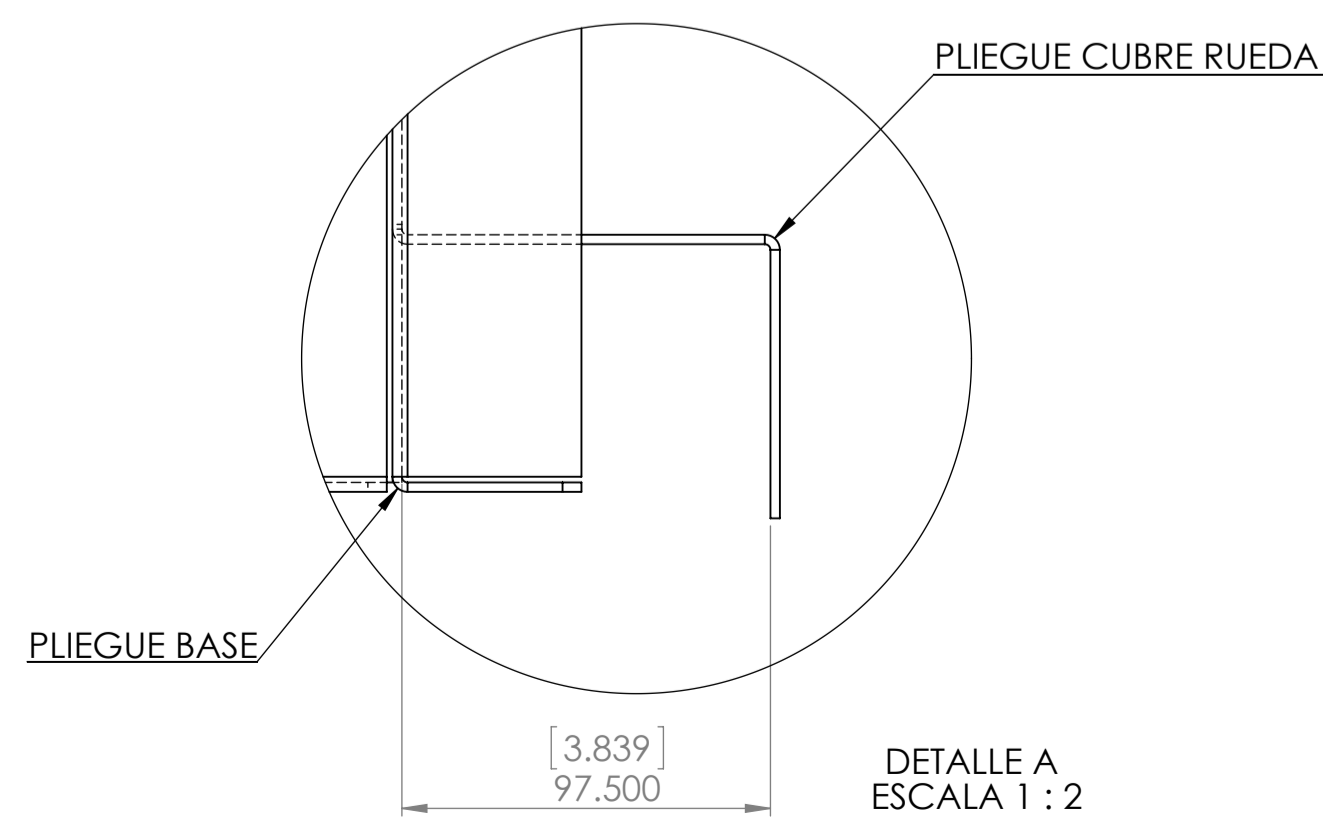
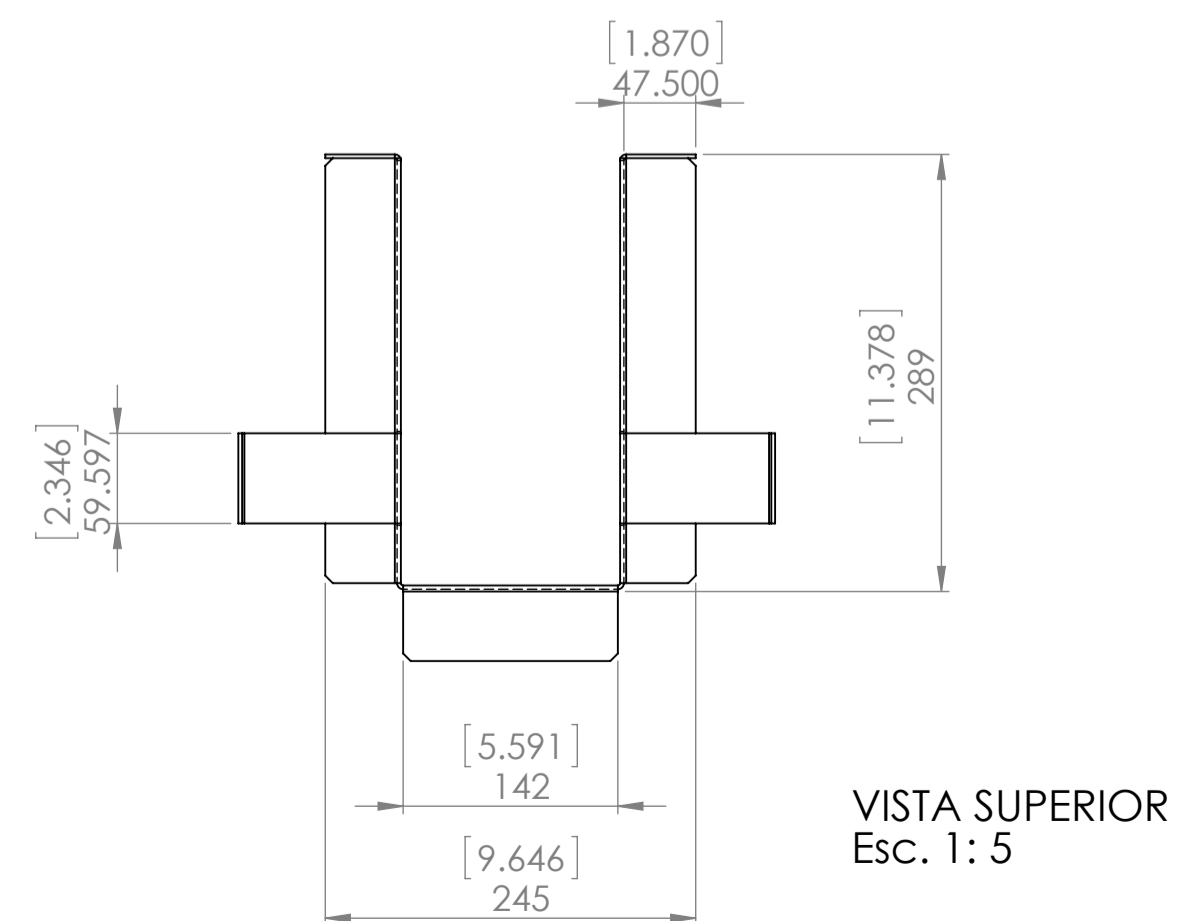
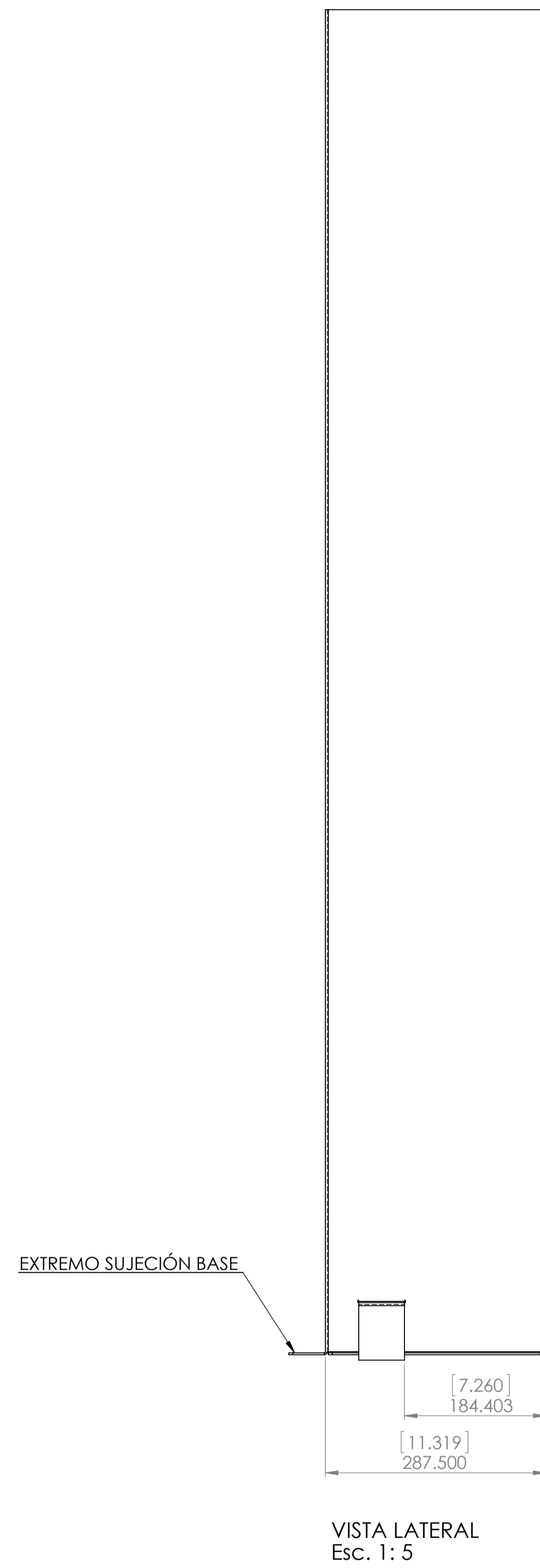
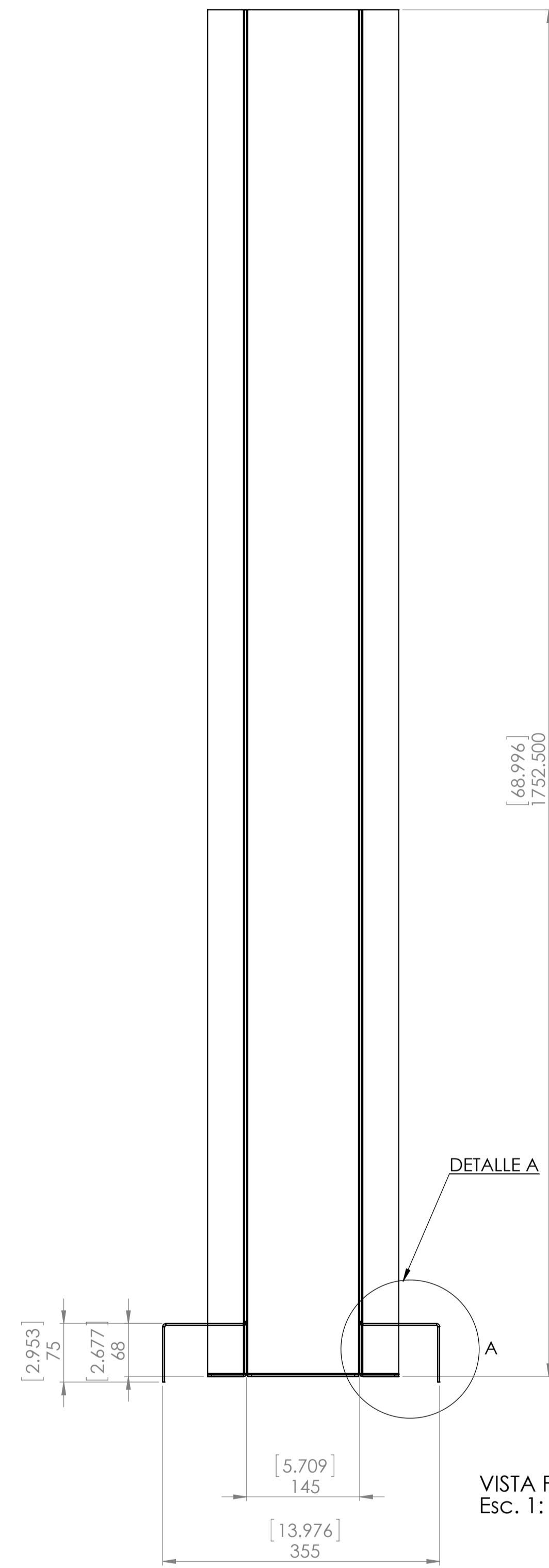


VISTA SUPERIOR  
Esc. 1:5

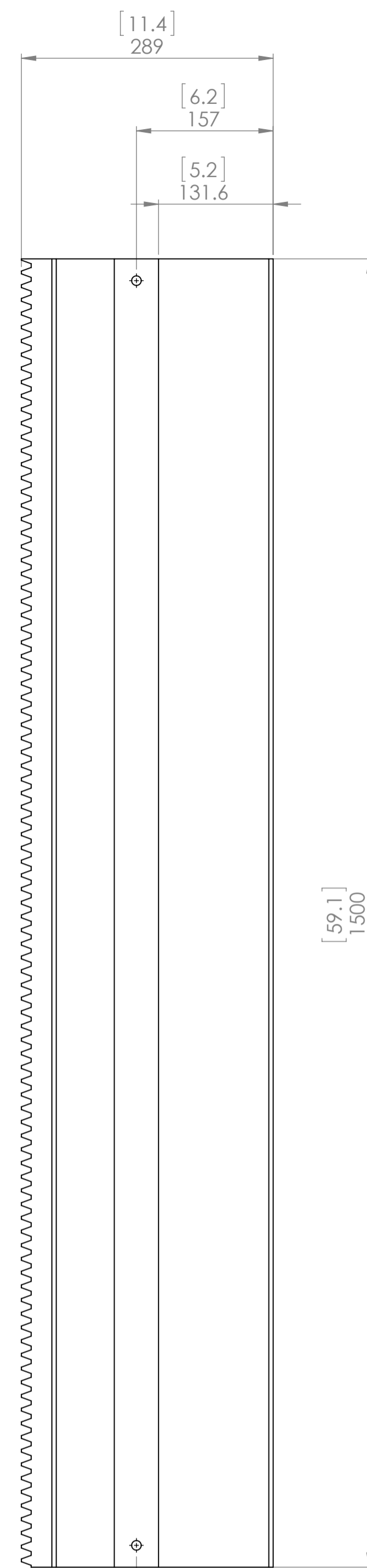


ISOMETRÍA  
Esc. 1:5

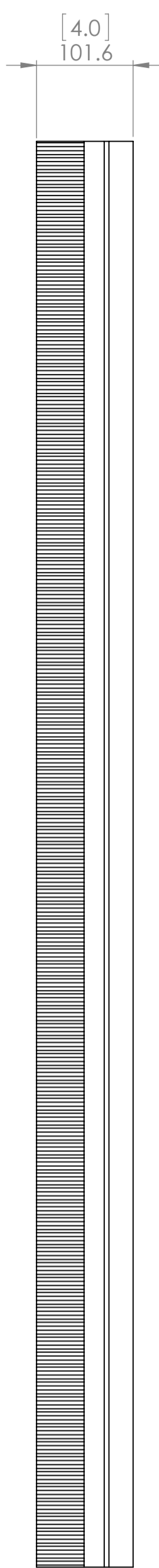
Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA		<b>UPS</b> Escala: INDICADAS	Diseño:	Barahona/Montenegro	05-11-2011
MÓDULO PLATAFORMA			Dibujó:	Barahona/Montenegro	05-11-2011
			Revisó:	Ing. Maldonado Carlos	05-11-2011
			Código:	10.6059.01.03.01	Tol. Gral.: ± 1



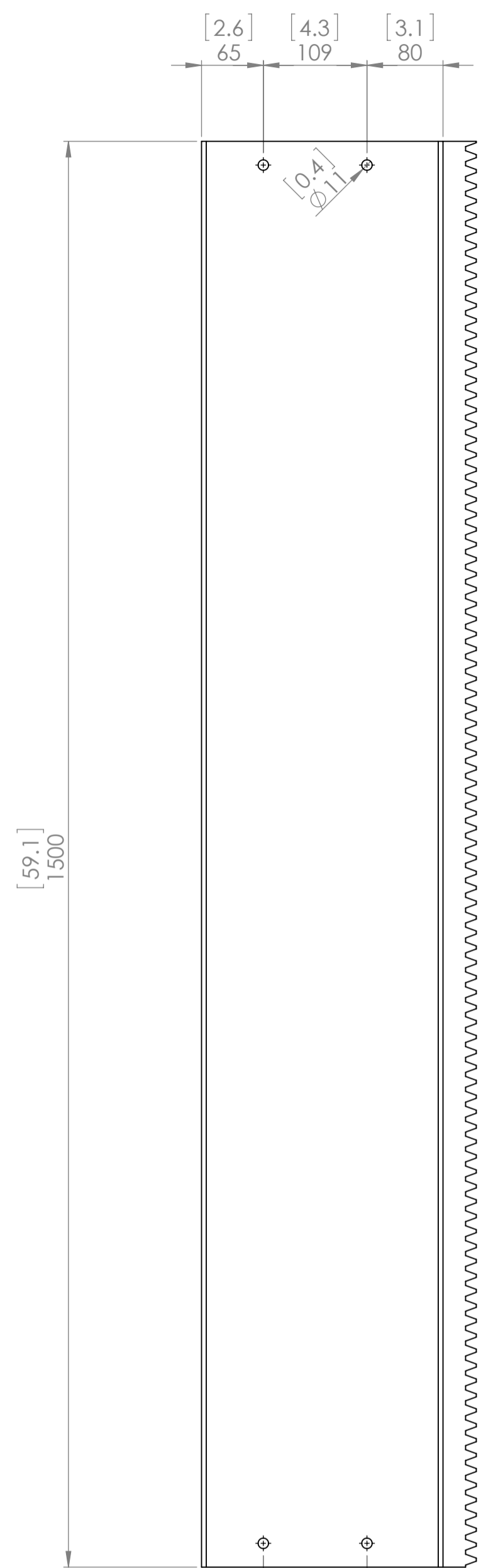
Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Galvanizado			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseñó:	Barahona/Montenegro	26-12-2011
		Dibujó:	Barahona/Montenegro	26-12-2011
		Revisó:	Ing. Maldonado Carlos	26-12-2011
CAMISA DE SEGURIDAD	Escala: SE	Código:	10.6059.01.00.01	Tol. Gral.: ± 1



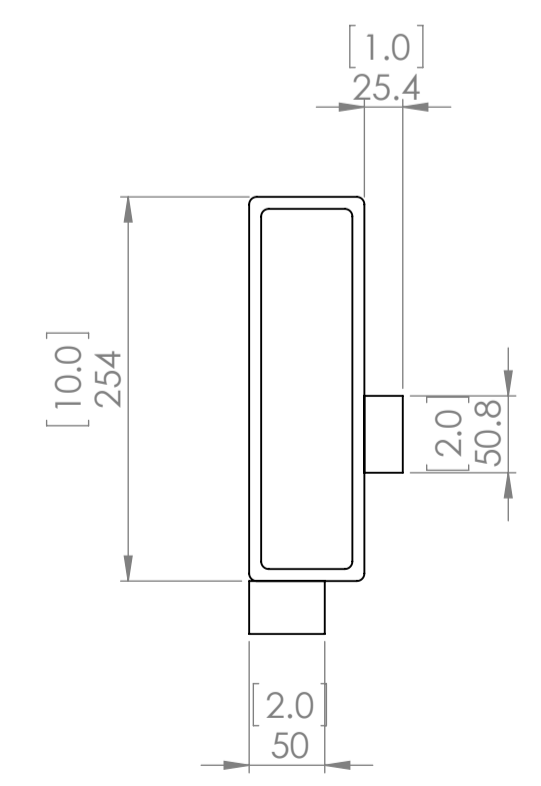
VISTA LATERAL DERECHA  
Esc: 1 : 5



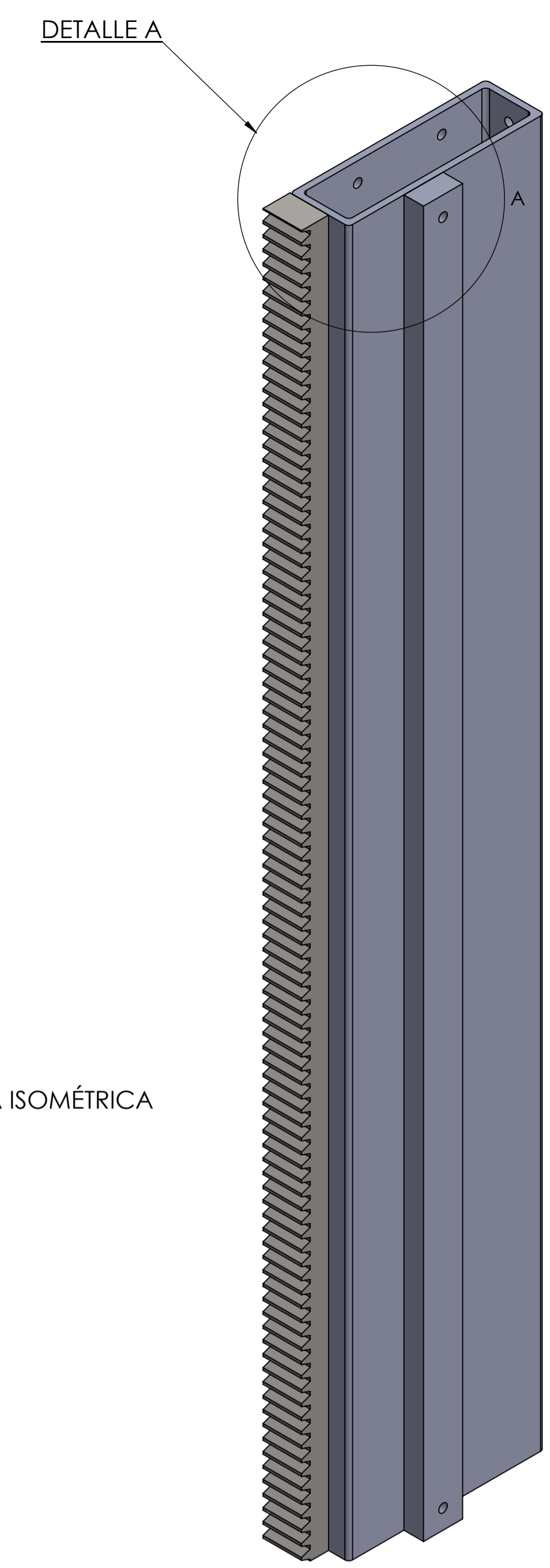
VISTA FRONTAL  
Esc: 1 : 5



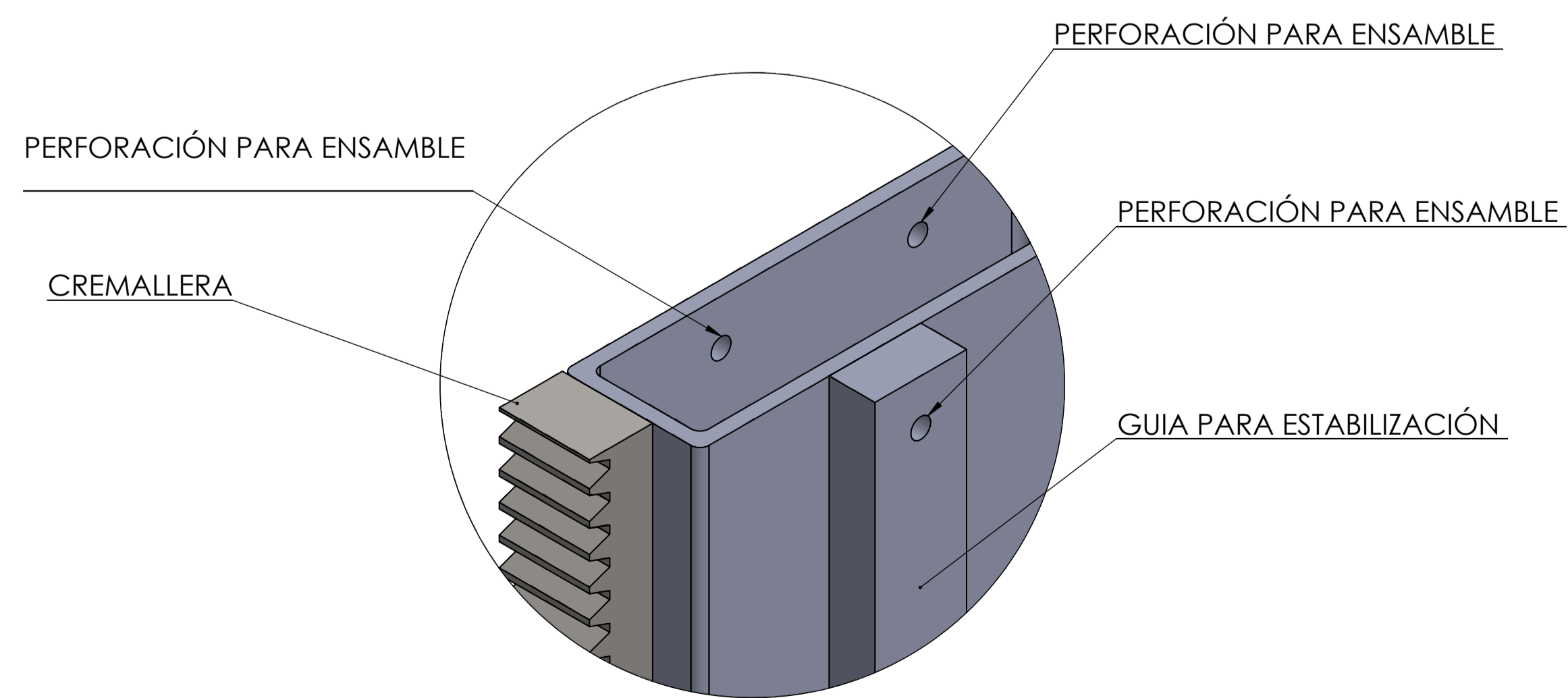
VISTA LATERAL IZQUIERDA  
Esc: 1 : 5



VISTA SUPERIOR  
Esc: 1 : 5

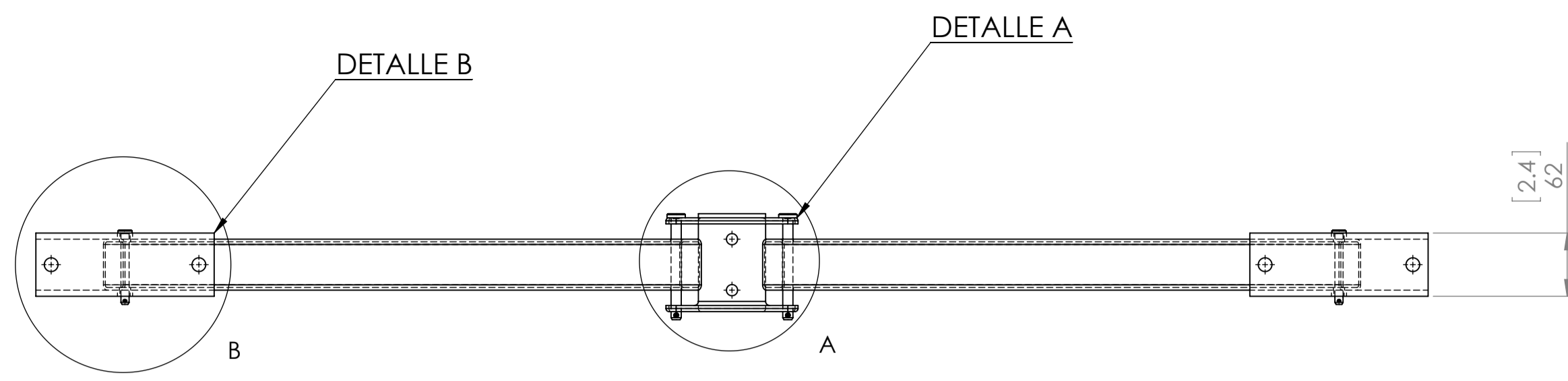


VISTA ISOMÉTRICA

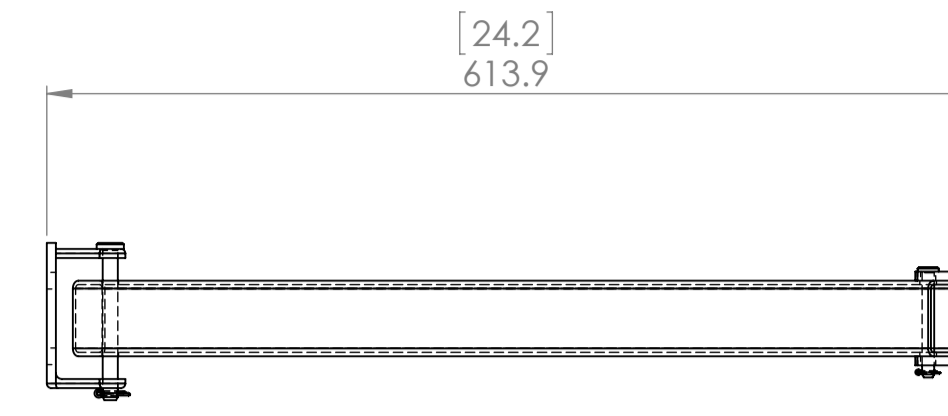


DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

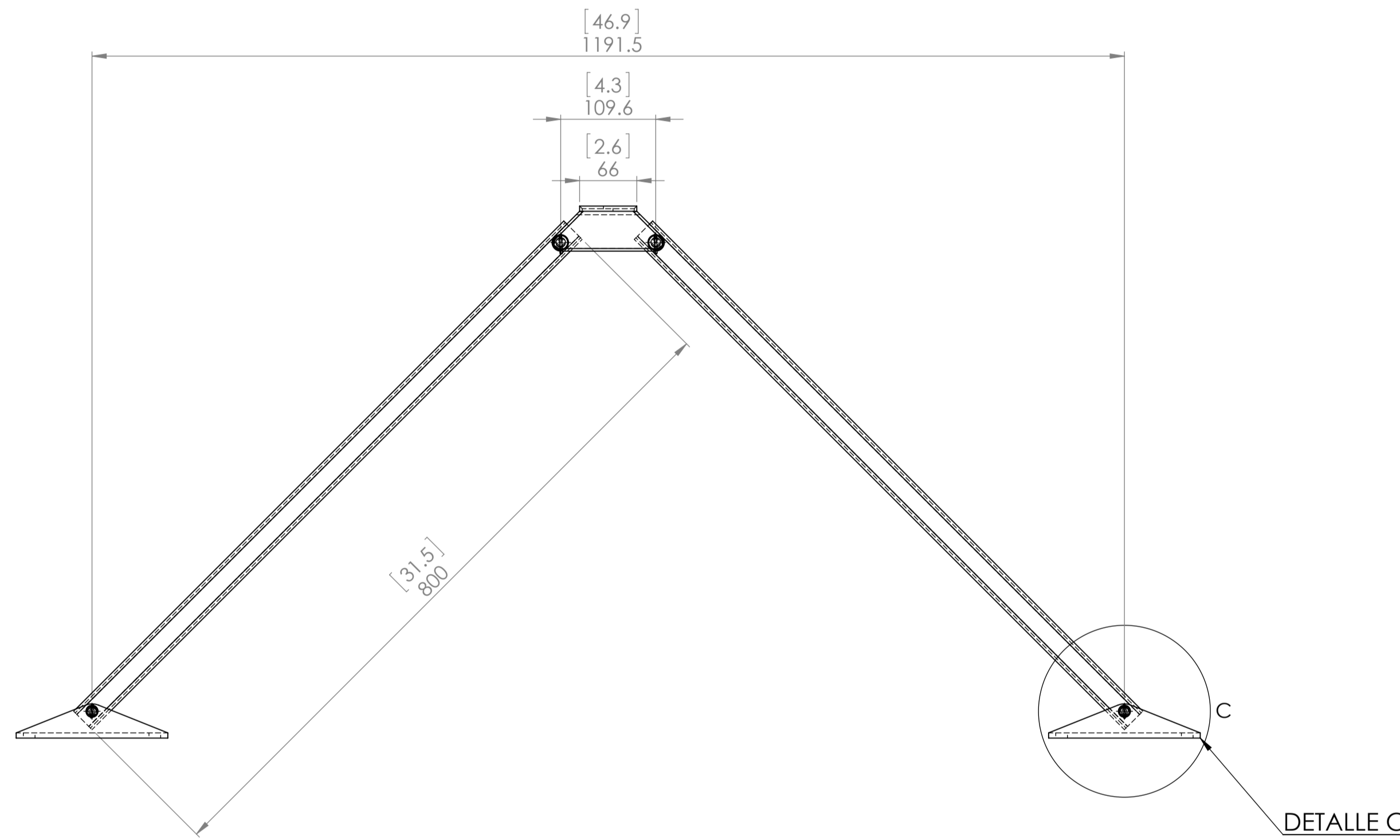
Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Galvanizado			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		<b>UPS</b>	Diseño:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
MÓDULO COLUMNA		Escala:	Dibujó:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
		INDICADAS	Revisó:	Ing. Maldonado Carlos 26-12-2011
		Código:	10.6059.01.00.02	Tol. Gral.: ± 1



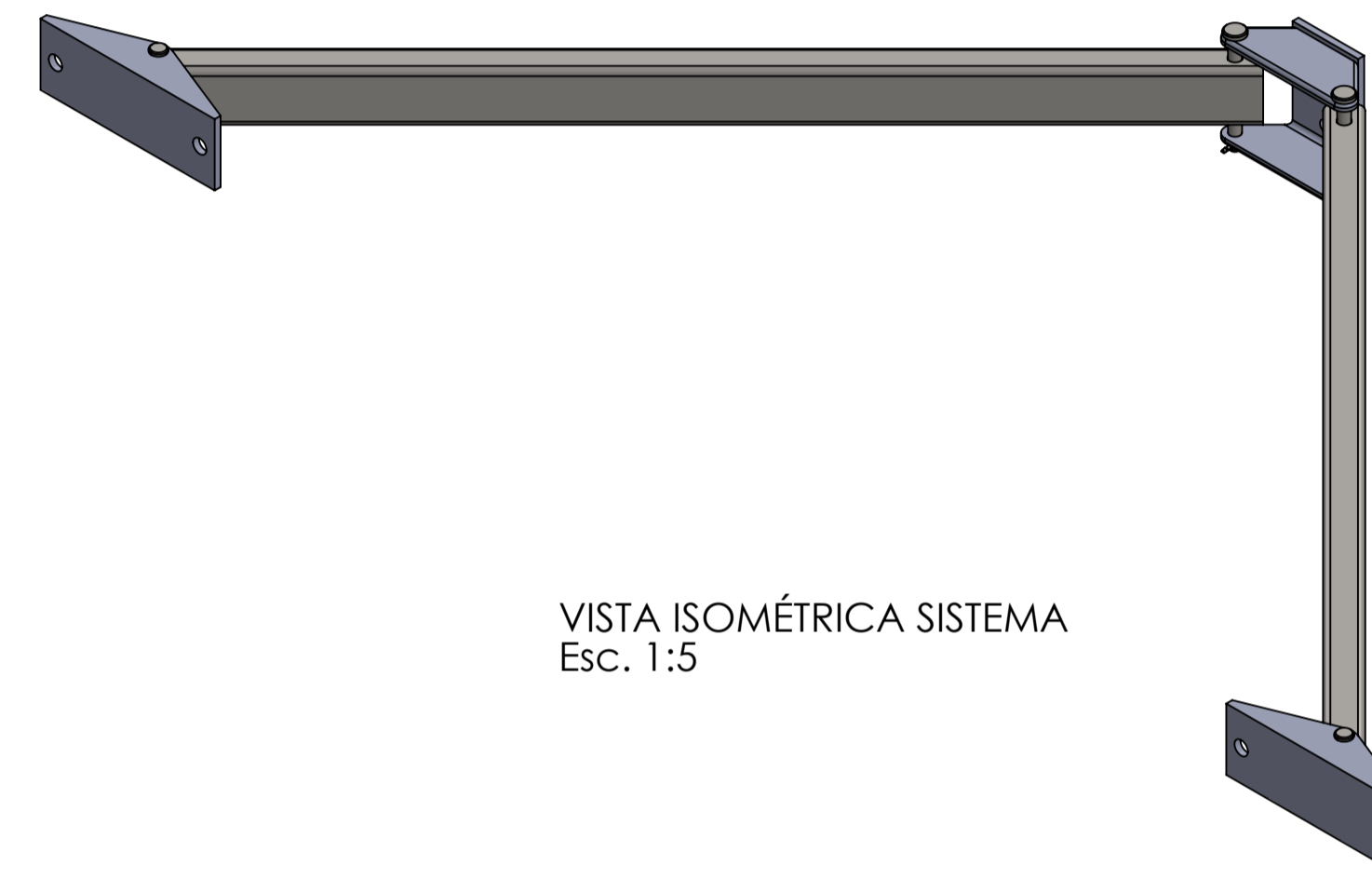
VISTA FRONTAL  
Esc. 1:5



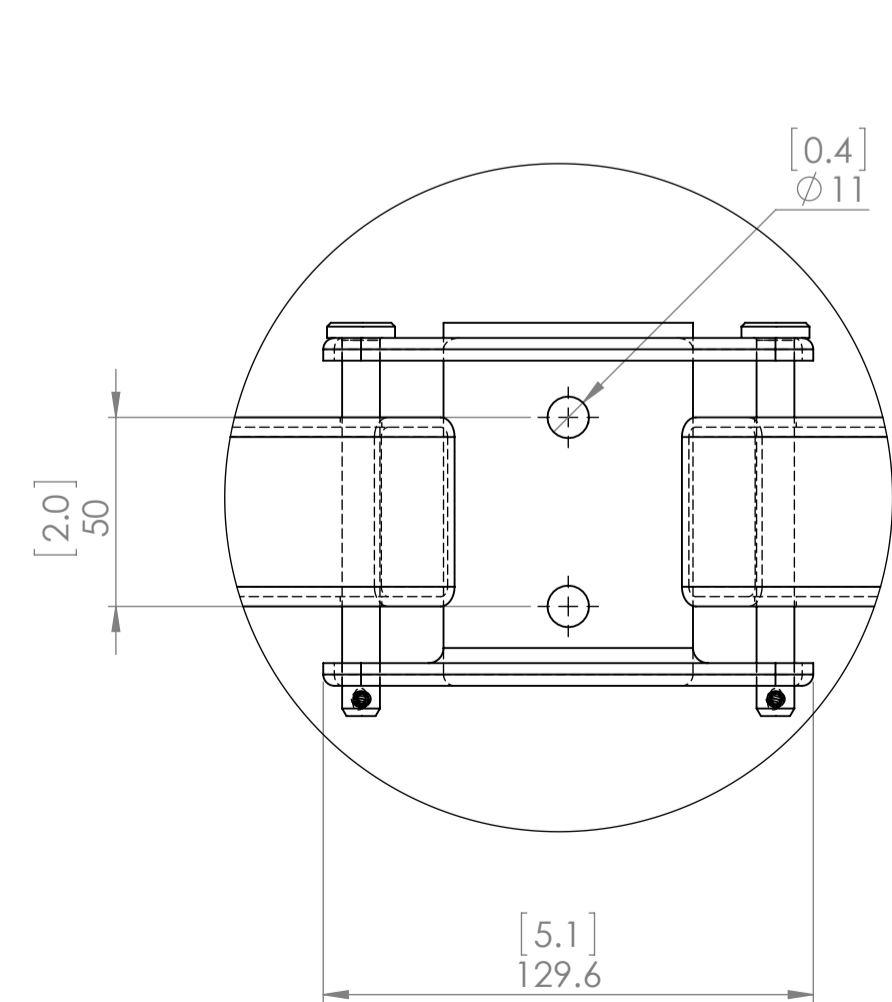
VISTA LATERAL  
Esc. 1:5



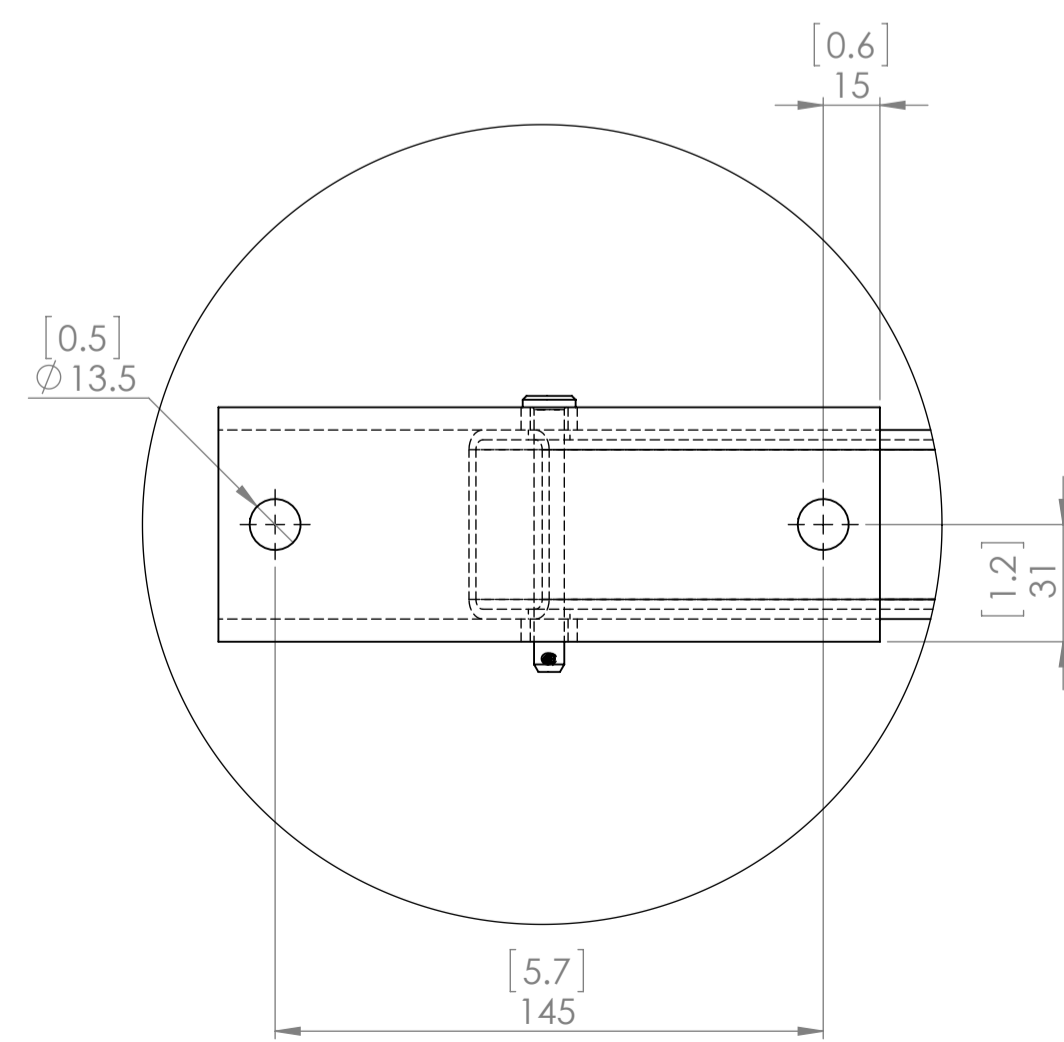
VISTA SUPERIOR  
Esc. 1:5



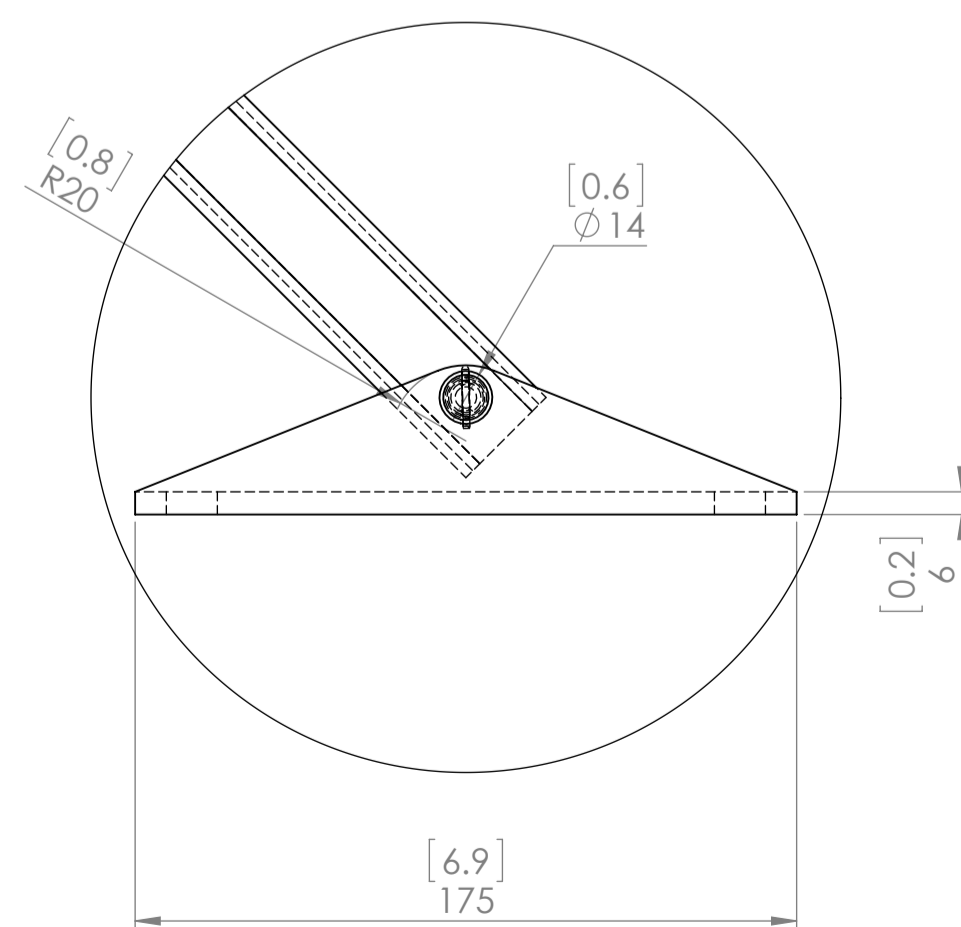
VISTA ISOMÉTRICA SISTEMA  
Esc. 1:5



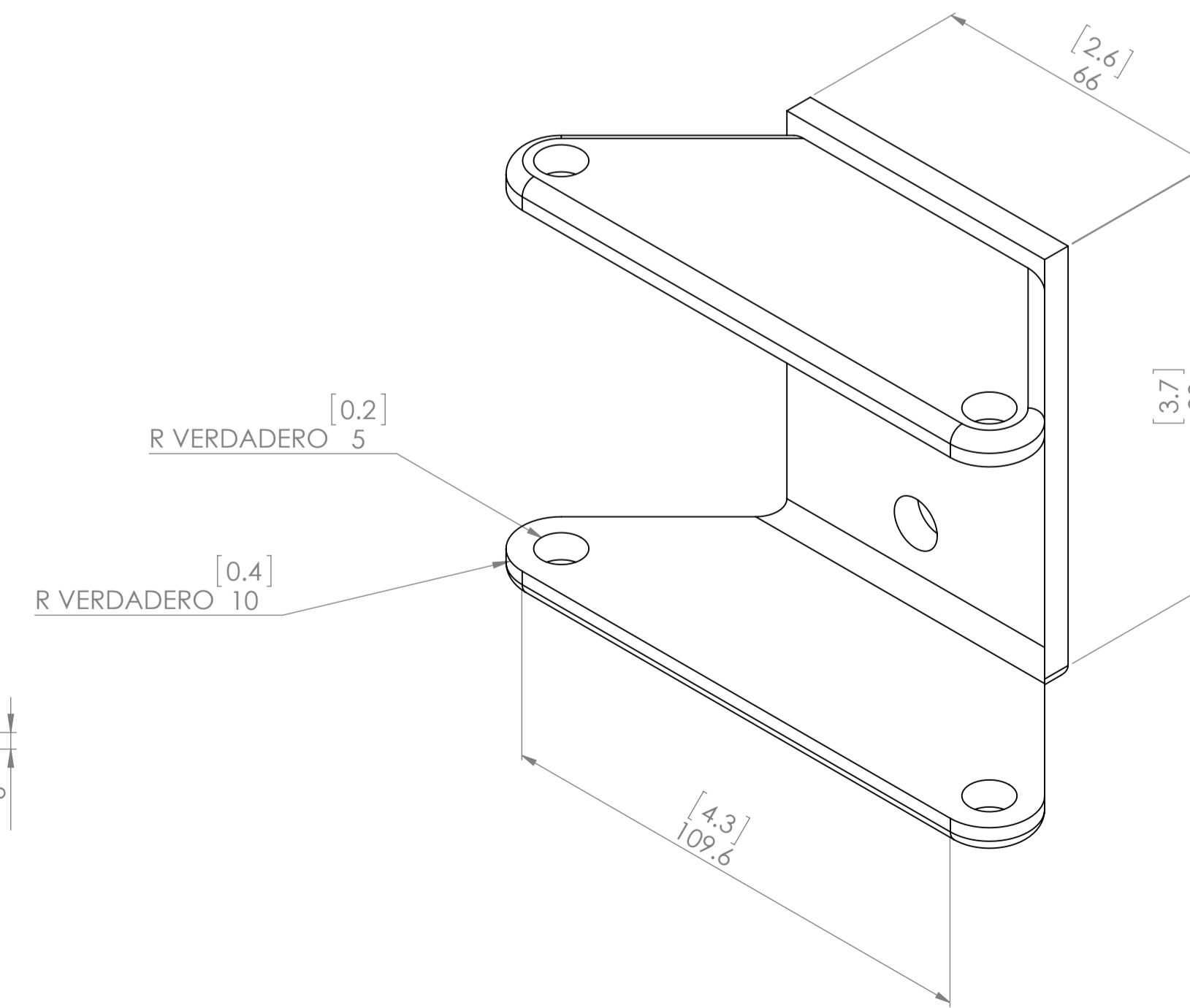
DETALLE A  
ESCALA 1:2



DETALLE B  
ESCALA 1:2



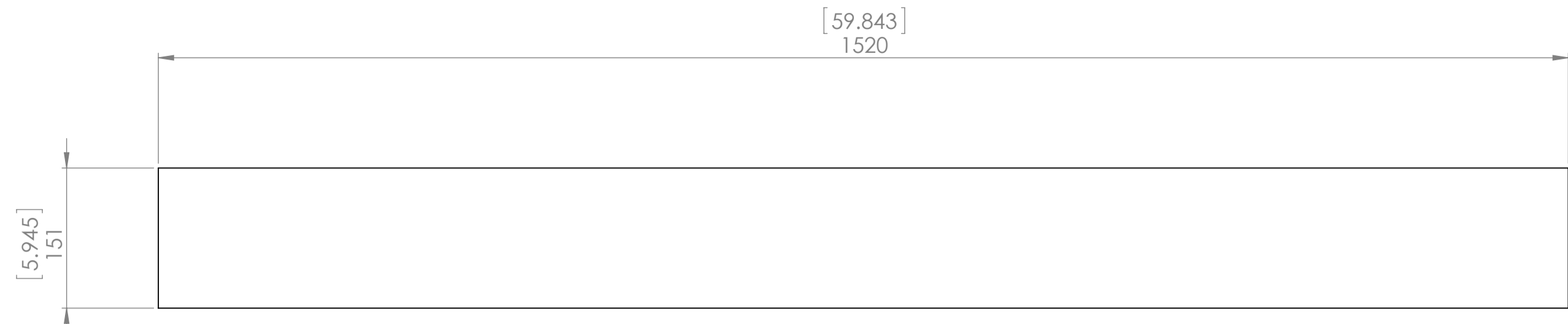
DETALLE C  
ESCALA 1:2



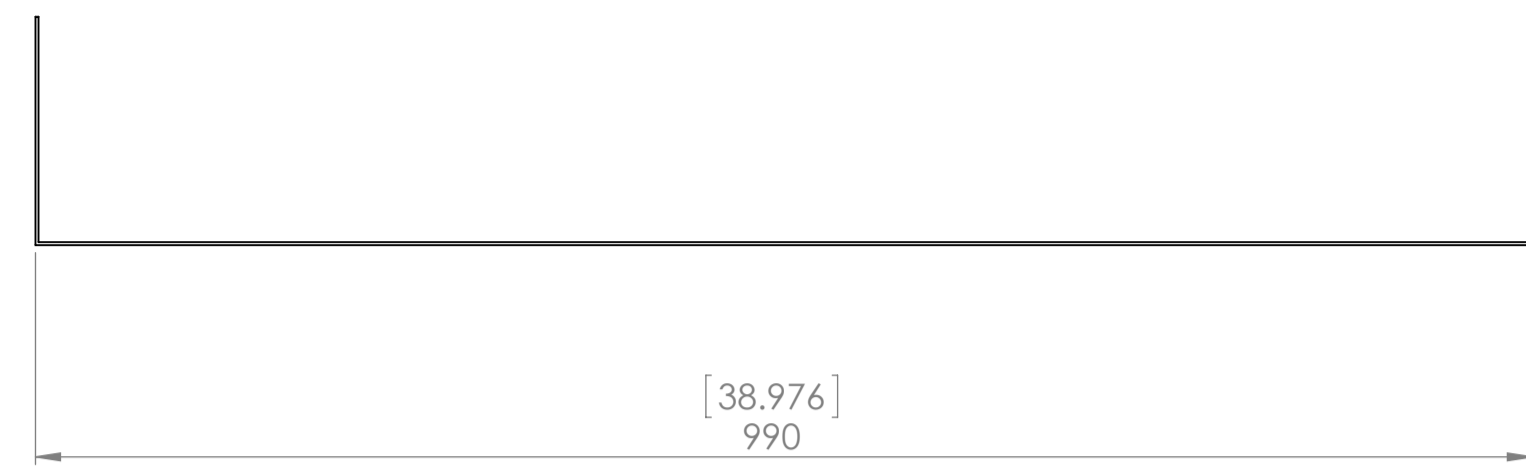
VISTA ISOMÉTRICA BASE  
Esc. 1:1

Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Galvanizado			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		<b>UPS</b>	Diseño:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
			Dibujó:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
SISTEMA DE ANCLAJE		Escala:	INDICADAS	Tol. Gral.: ± 1
		Código:	10.6059.01.00.05	

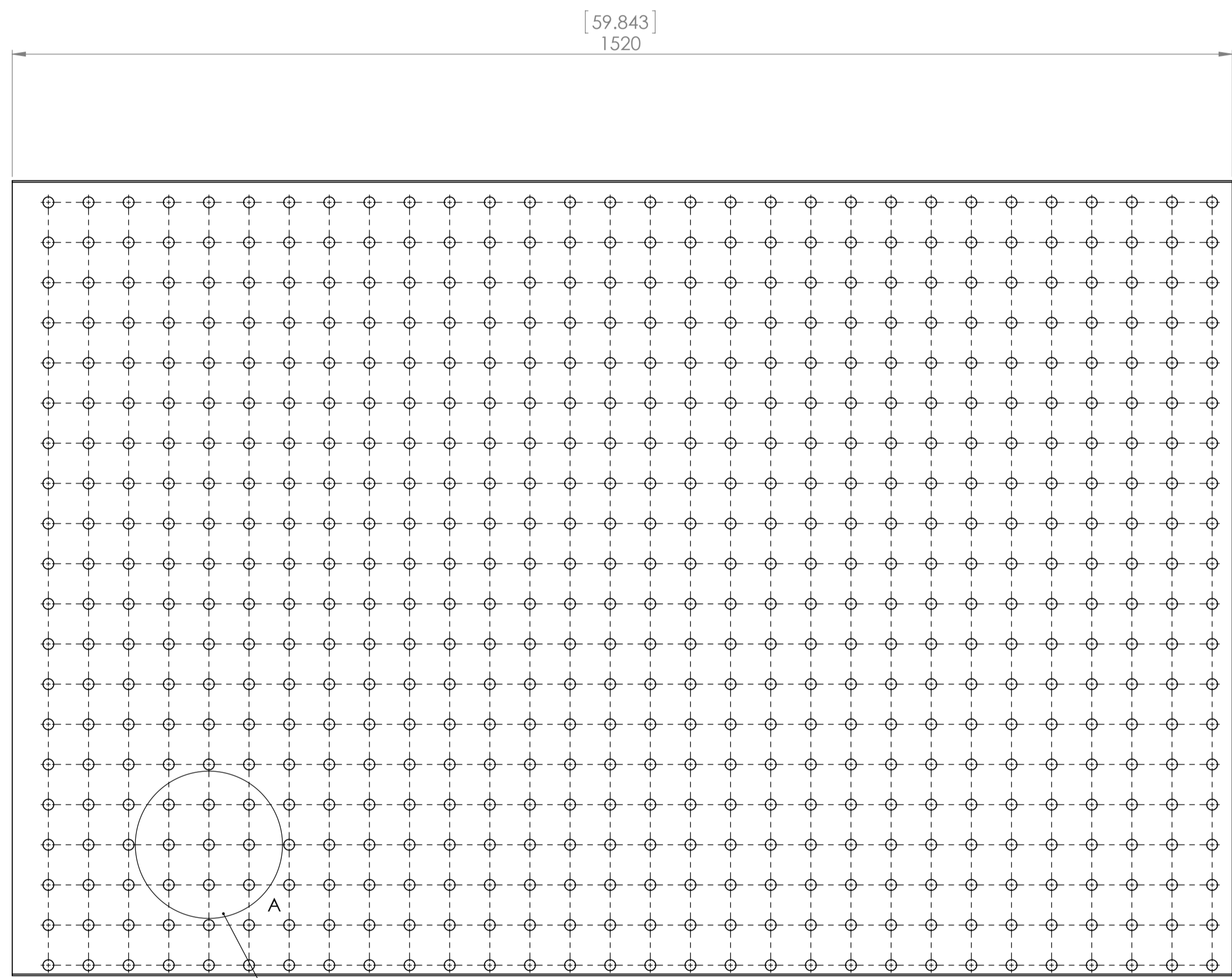




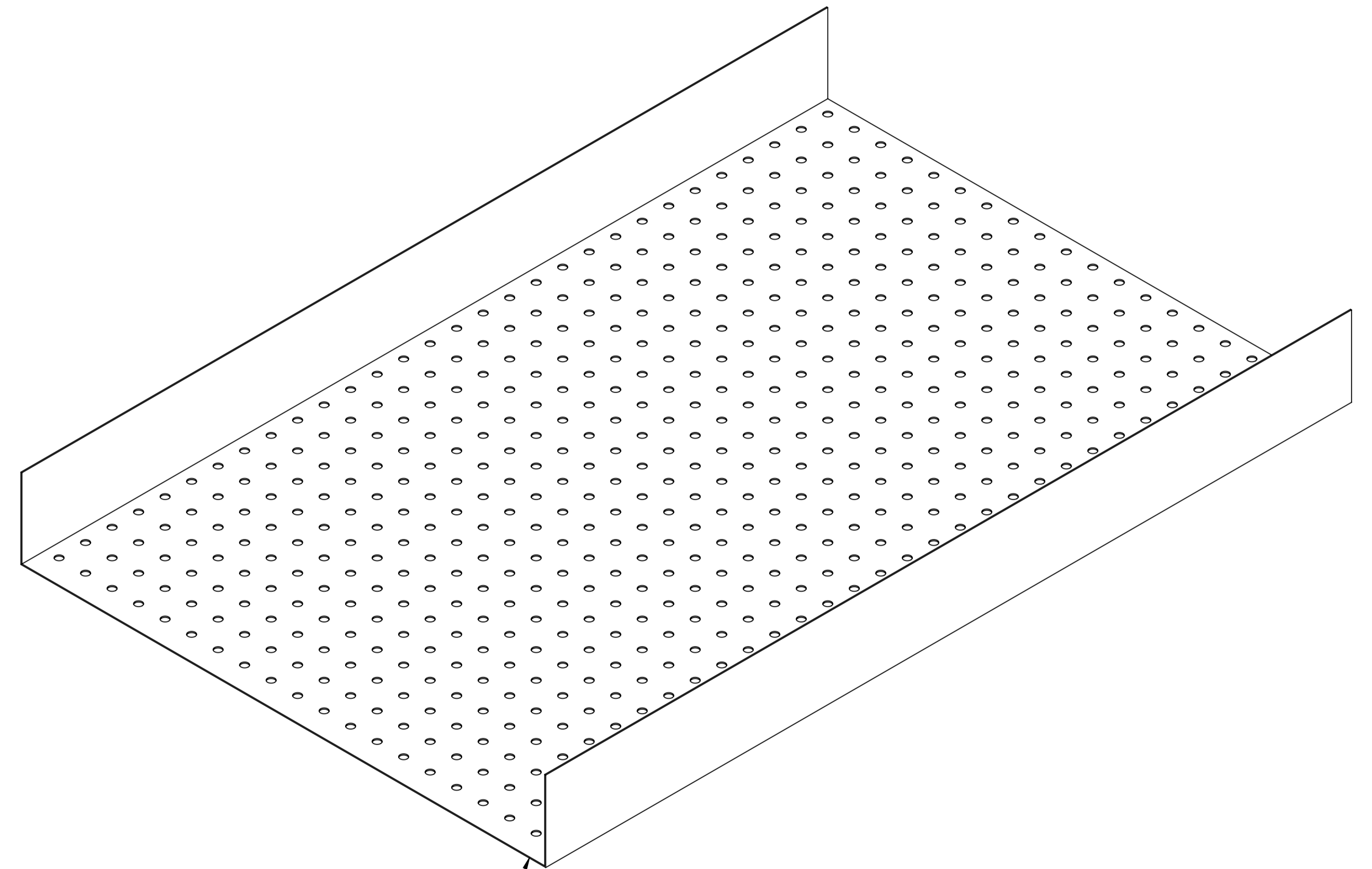
VISTA FRONTAL  
Esc: 1:5



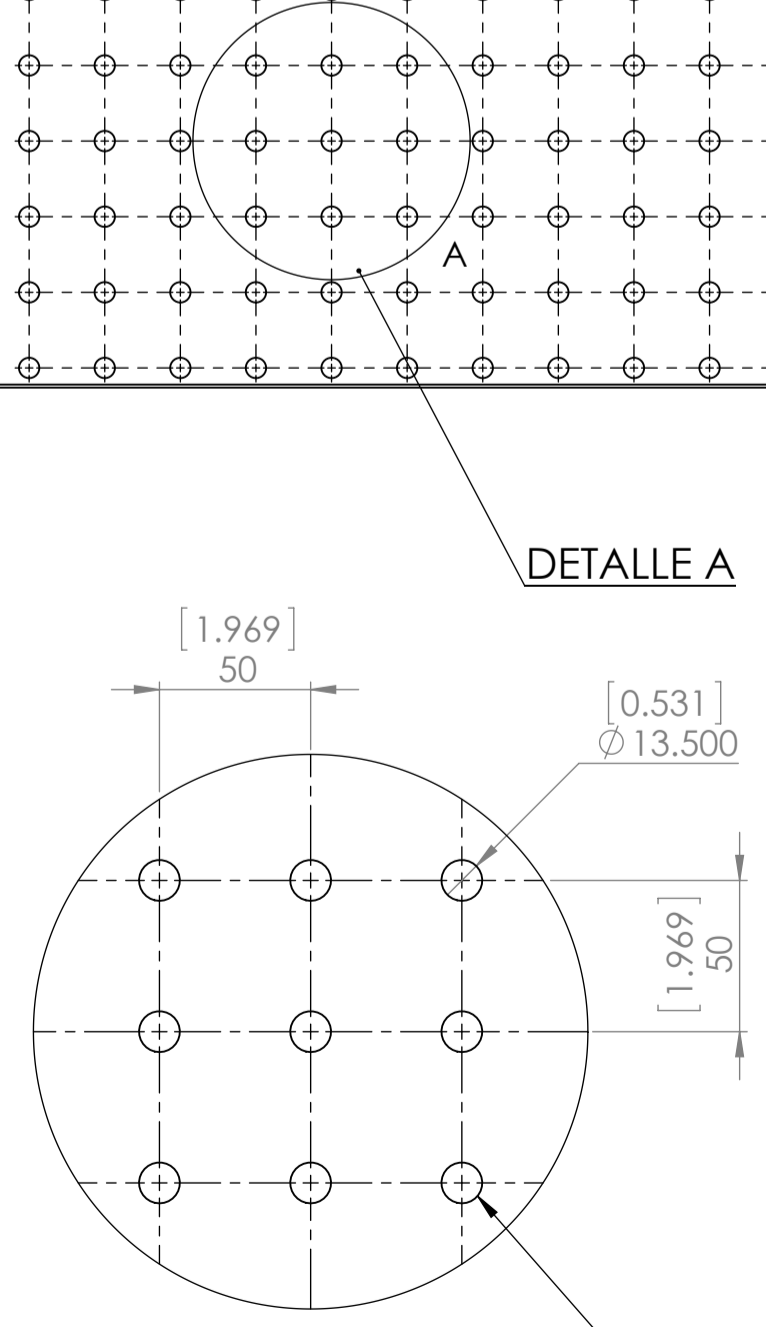
VISTA LATERAL  
Esc: 1:5



VISTA SUPERIOR  
Esc: 1:5



VISTA ISOMÉTRICA  
Esc: 1:5

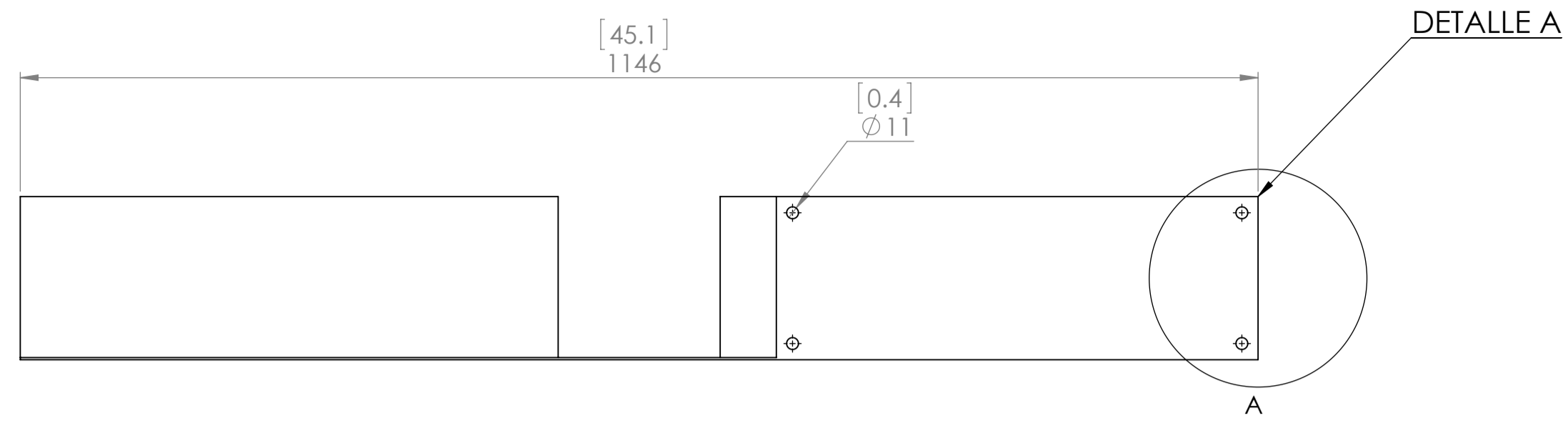


DETALLE A

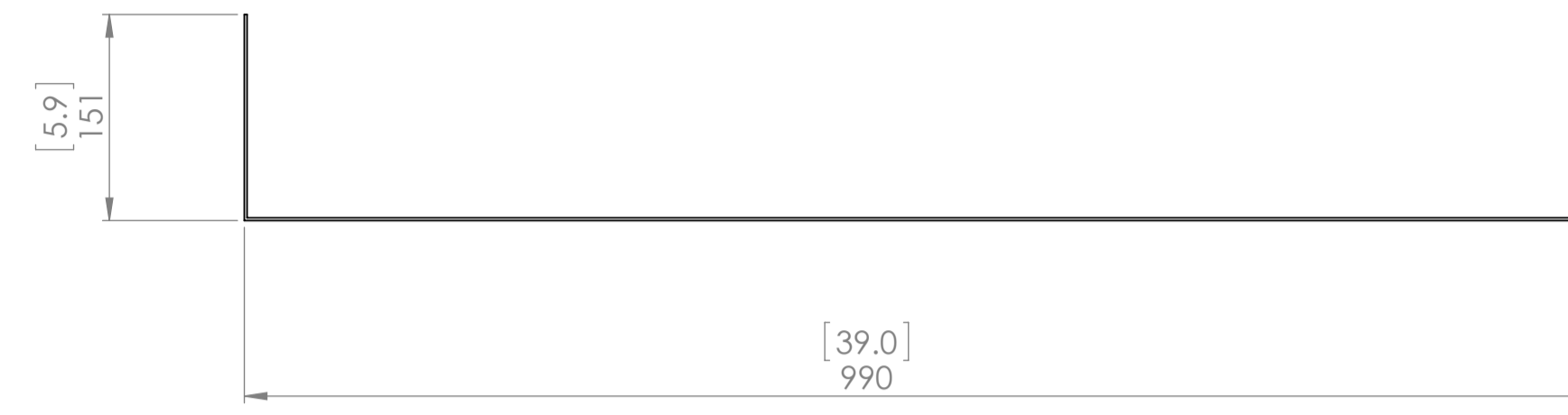
DETALLE A  
ESCALA 2:5

PERFORACIONES PARA EVACUACIÓN DE LÍQUIDOS

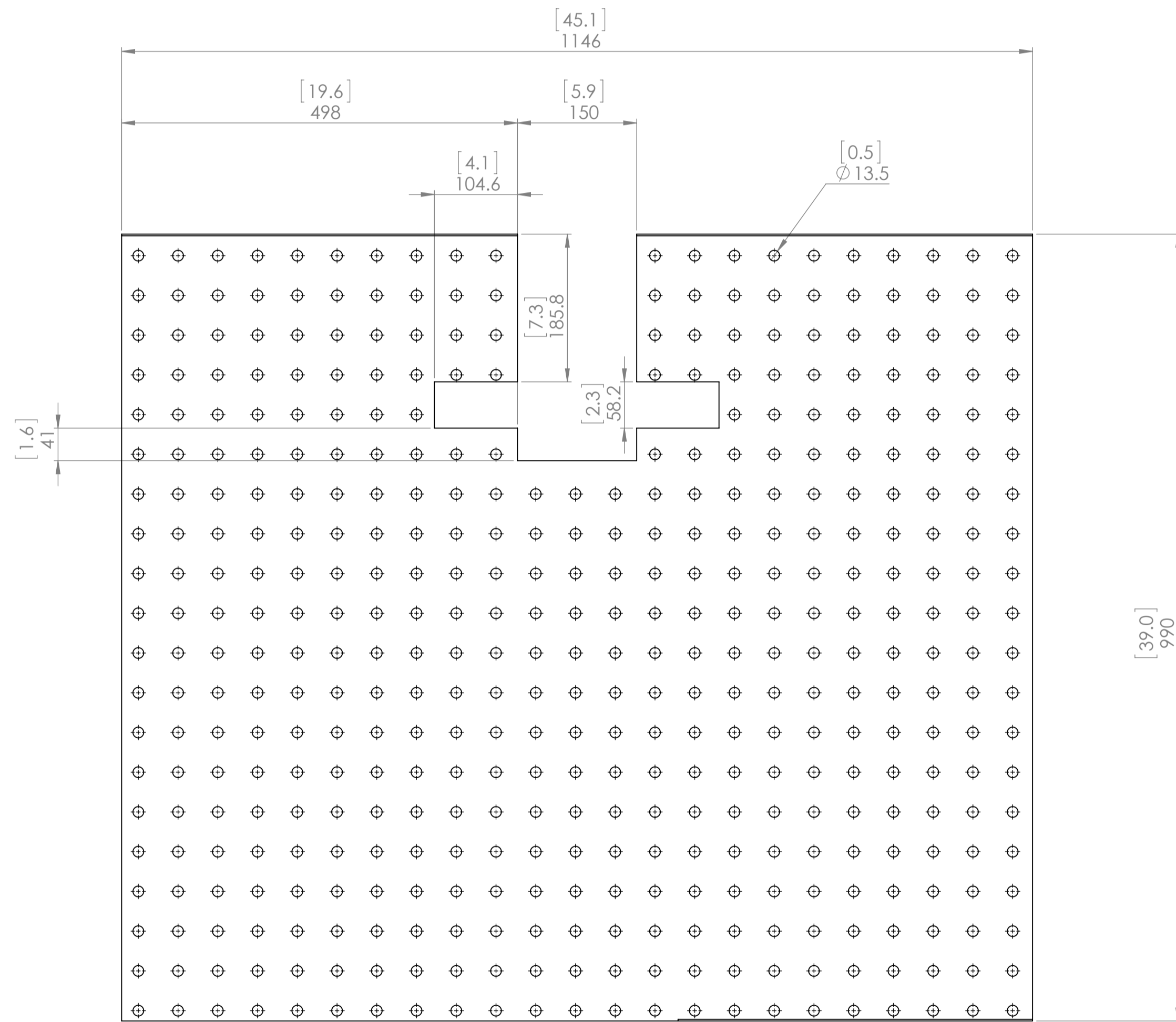
Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Galvanizado			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		<b>UPS</b>	Diseño:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
PLACA PERFORADA 1			Dibujó:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
		Escala:	Revisó:	Ing. Maldonado Carlos 26-12-2011
		INDICADAS	Código:	10.6059.01.00.03
			Tol. Gral.:	± 1



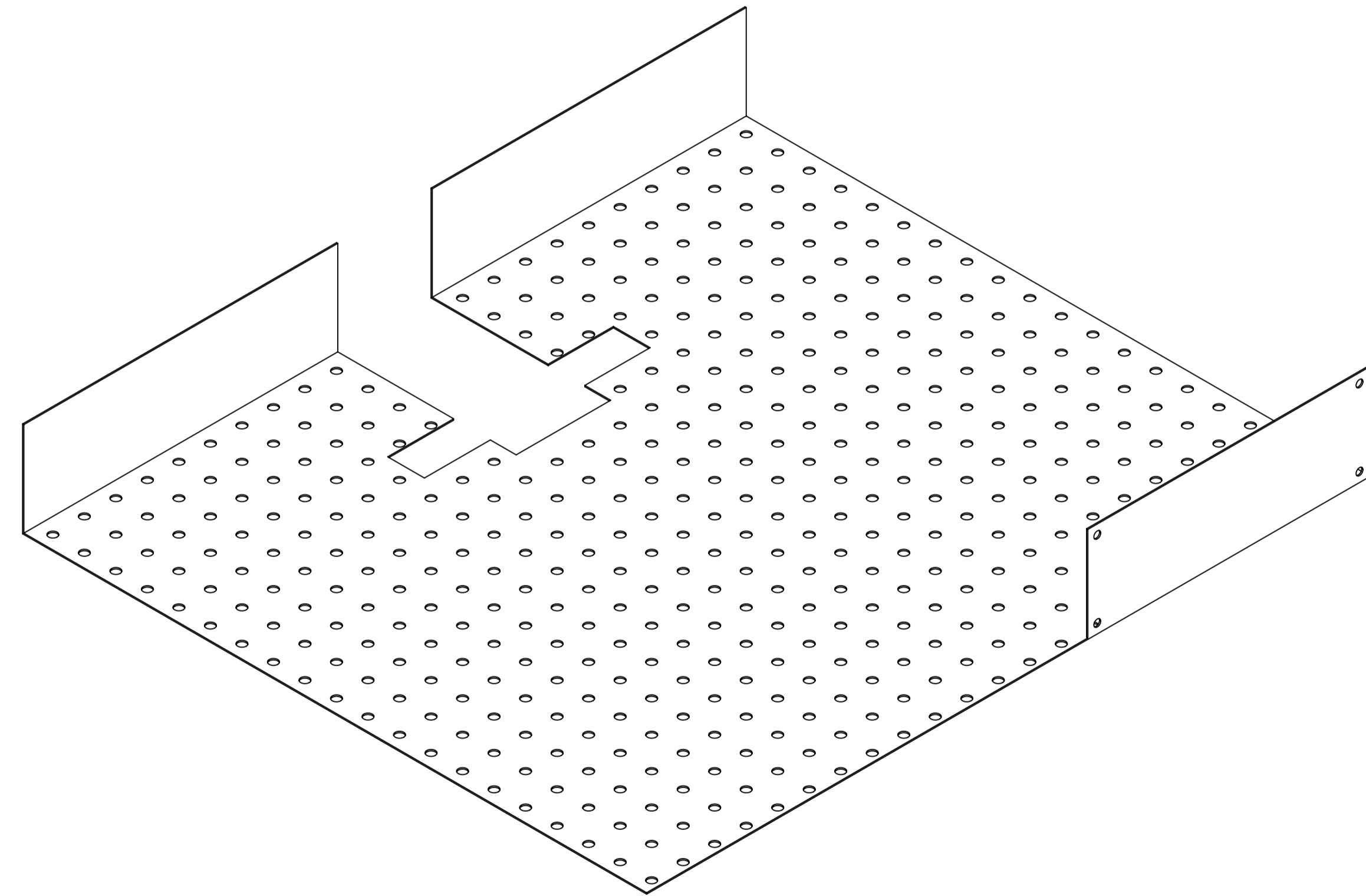
VISTA FRONTAL  
Esc: 1:5



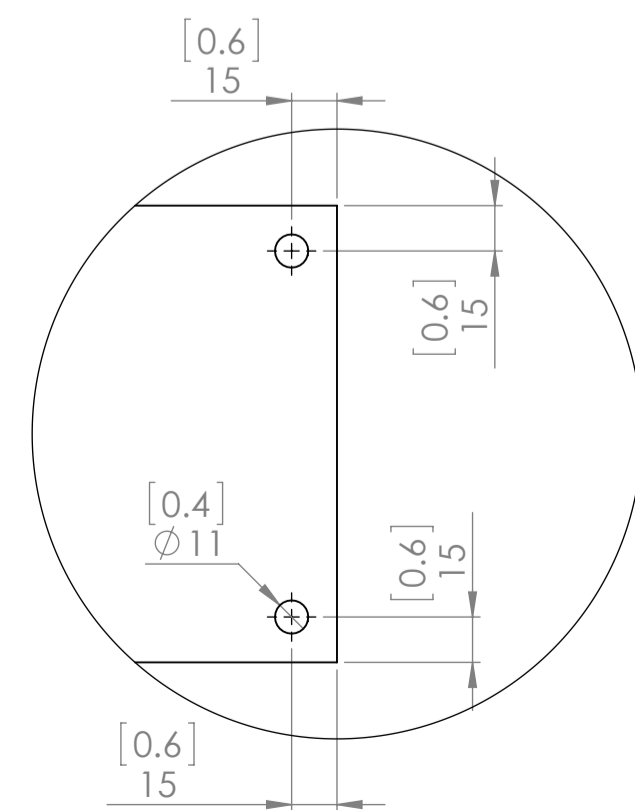
VISTA LATERAL  
Esc: 1:5



VISTA SUPERIOR  
Esc: 1:5



VISTA ISOMÉTRICA  
Esc: 1:5



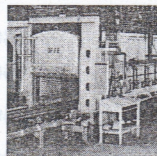
DETALLE A  
ESCALA 2:5

Tratamiento térmico:	NA	Material:	NA	Dim. brutas:
Recubrimiento:	Galvanizado			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		<b>UPS</b>	Diseño:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
			Dibujó:	Barahona/Montenegro 26-12-2011
PLACA PERFORADA 2		Escala:	Revisó:	Ing. Maldonado Carlos 26-12-2011
		INDICADAS	Código:	10.6059.01.00.04
			Tol. Gral.:	± 1

## **ANEXO 2**

**Acero Böhler V155**

## BÖHLER V 155



**Tipo de aleación:** C 0.34 Si 0.30 Mn 0.50 Cr 1.50 Mo 0.20 Ni 1.50 %

**Color de Identificación:** Blanco - verde  
**Estado de suministro:** Bonificado 800 - 1300 N/mm<sup>2</sup> (240 - 380 HB)  
**Acabado:** Laminado en caliente

Equivalencia	AISI: ~ 4340
	DIN: 34CrNiMo6
	No. Mat. 1.6582

### PROPIEDADES:

Acero especial bonificado aleado al cromo - níquel - molibdeno especialmente apto para altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes, como tracción, torsión y flexión. Gracias a su contenido de molibdeno es insensible a la fragilidad del revenido. Su estado de suministro permite en la mayoría de los casos su aplicación sin necesidad de un tratamiento térmico adicional.

### EMPLEO:

Para la fabricación de partes y piezas de mayores dimensiones como: aviones, maquinaria pesada, ejes para hélices, cigüeñales, barras de torsión, ejes de leva, ejes de bombas, pernos y tuercas de alta tensión, rodillos para transportadoras, vástagos y pines, brazos de dirección, ciertos engranajes sometidos a grandes esfuerzos, discos de embrague.

### TRATAMIENTO TÉRMICO:

<b>Forjado:</b>	1050 - 850 °C
<b>Recocido:</b>	650 - 700 °C
enfriamiento lento en el horno (248 HB máx.)	
<b>Normalizado:</b>	850 - 880 °C
<b>Distensionado:</b>	500 °C
<b>Temple:</b>	830 - 860 °C
enfriamiento al aceite, baño de sal (180 - 220 °C)	
<b>Dureza obtenible:</b>	54 - 56 HRC
<b>Revenido:</b> ver en el diagrama de revenido las durezas obtenibles	540 - 680 °C
<b>Nitruración:</b> en baño de sal (tenifer)	580 °C

### PROPIEDADES MECÁNICAS

Diámetro mm	Límite de fluencia N/mm <sup>2</sup> min	Resistencia a la tracción N/mm <sup>2</sup>	Elongación N/mm <sup>2</sup> min.			Reducción de área N/mm <sup>2</sup>			Resistencia al impacto (ISO-V) J min.		
			L	Q	T	L	Q	T	L	Q	T
≤ 16	1000	1200 - 1400	9	--	--	40	--	--	35	--	--
≤ 16 ≤ 40	900	1100 - 1300	10	--	--	45	--	--	45	--	--
≤ 40 ≤ 100	800	1000 - 1200	11	--	--	50	--	--	45	--	--
≤ 100 ≤ 160	700	900 - 1100	12	--	--	55	--	--	45	--	--
≤ 160 ≤ 250	600	800 - 950	13	--	--	55	--	--	45	--	--

L: longitudinal  
 Q: transversal  
 T: tangencial

Los valores para otras dimensiones pueden ser establecidos por relación.

## **ANEXO 3**

### **Tabla de valores del factor de forma de Lewis**

TABLA 14-2

Valores del factor de forma de Lewis  $Y$ . (Estos valores corresponden a un ángulo de presión normal de  $20^\circ$ , dientes de tamaño completo y un paso diametral igual a la unidad en el plano de la rotación)

NÚMERO DE DIENTES	$Y$	NÚMERO DE DIENTES	$Y$
12	0.245	28	0.353
13	0.261	30	0.359
14	0.277	34	0.371
15	0.290	38	0.384
16	0.296	43	0.397
17	0.303	50	0.409
18	0.309	60	0.422
19	0.314	75	0.435
20	0.322	100	0.447
21	0.328	150	0.460
22	0.331	300	0.472
24	0.337	400	0.480
26	0.346	Cremallera	0.485

El uso de esta ecuación para  $Y$  significa que sólo se considera la flexión del diente y que se desprecia la compresión debida a la componente radial de la fuerza. Los valores de  $Y$  que se obtienen a partir de esta ecuación se presentan en la tabla 14-2.

El uso de la ecuación (14-3) implica asimismo que los dientes no comparten la carga y que la fuerza máxima se ejerce en el extremo del diente; pero ya se ha expresado que la relación de contacto debe ser algo mayor que la unidad, por ejemplo 1.5, a fin de obtener un engranaje de alta calidad. Si, de hecho, los engranes se forman con la suficiente exactitud, la condición de carga en la punta no será la más ventajosa ya que otro par de dientes se hallará en contacto cuando se suscite esta condición. El estudio de los dientes en movimiento mostrará que las cargas más altas se presentan aproximadamente en la parte media del diente. Por lo tanto, el esfuerzo mínimo probablemente se producirá mientras un solo par de dientes soporta la carga completa en un punto donde otro par se encuentra a punto de hacer contacto.

### Efectos dinámicos

Cuando un engranaje o par de engranes funciona a velocidades moderadas o altas y se genera ruido, es seguro que existen efectos dinámicos. Uno de los primeros intentos para tener en cuenta un incremento en la carga dinámica debido a la velocidad de operación consideró cierto número de engranes del mismo tamaño, el mismo material y la misma resistencia. Varios de estos engranes fueron probados hasta la destrucción conectándolos y aplicándoles carga a velocidad cero. Los engranes restantes fueron ensayados hasta la destrucción según diversas velocidades en la línea de paso. A continuación, por ejemplo, si un par falló a 500 lb de carga tangencial a velocidad cero y a 250 lb a la velocidad  $V_1$ , entonces se especificaba un *factor de velocidad* de

## **ANEXO 4**

### **Selección del motorreductor**



**POTENCIAS Y FORMAS DE ACOPLAMIENTO DE LOS MOTORES Y MOTORES-FRENO TRIFÁSICOS A 1500 1/min**

ACOPLAMIENTO SEGÚN NORMA IEC-DIN 42677/42948  
DIMENSIONES EN (mm)

**ABMESSUNGEN FÜR DREHSTROM-MOTOREN UND BREMSMOTOREN MIT 1500 1/min**

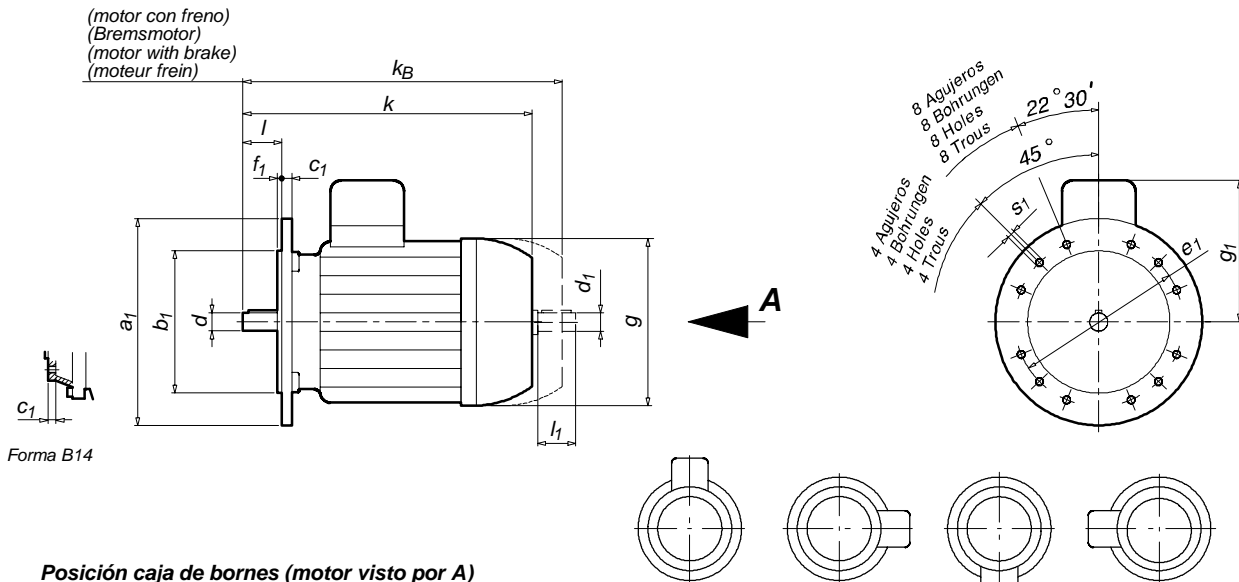
FLANSCH GEM. IEC-DIN NORM 42677/42948  
ABMESSUNGEN (mm)

**POWER AND COUPLING FORM B5 OF THREEPHASE MOTORS AND BRAKE-MOTORS AT 1500 1/min**

FLANGES ACCORDING TO DIN STANDARDS 42677  
DIMENSIONS (mm)

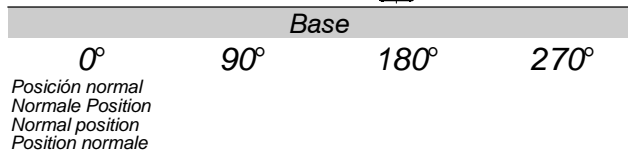
**PUISSANCES ET FORMES D'ACCOUPLMENT DES MOTEURS-FREIN TRIPHASES A 1500 1/min**

ACCOUPLMENT SELON NORME IEC-DIN 42677/42948  
DIMENSIONS (mm)



Forma B14

Posición caja de bornes (motor visto por A)  
Position des Klemmkastens (Motor gesehen von A)  
Terminal board box position (motor seen from A)  
Position de la boîte à borniers (moteur vus de A)



Type	Potencia	Peso motor sin freno	Peso motor con freno	Formas	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>1</sub> *	e <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>	g*	g <sub>1</sub> *	k*	Nº aguj. Bohrungen	s <sub>1</sub>	k <sub>B</sub> *	d - d <sub>1</sub>	l - l <sub>1</sub>
Typ	Leistung	Gewicht Motor ohne Bremse	Gewicht Motor mit Bremse	Form									Nr. holes				
Type	Puissance	Poids moteur sans frein	Poids moteur avec frein	Formes									Nbre trous				
	[kW]	[Kg]	[Kg]														
56H4	0.061	2.9	-	B5	120	80(j6)	6	100	2.5				8				
56H5	0.092	3.2		B14	105	70(j6)	12	85	3	109	95	192	4	M6	-	9(k6)	20
				B14	80	50(j6)	6	65	2.5					M4			
63G5	0.122	3.6	4.4	B5	140	95(j6)	6	115	3					9.5			
63G6	0.18	4	5.1	B14	120	80(j6)	12	100	3	123	100	213	4	M6	245	11(k6)	23
				B14	105	70(j6)	12	85	3					M6			
				B14	90	60(j6)	9	75	2.5					M5			
71F5(K)	0.25	5.1	9.5	B5	160	110(j6)	7	130	3.5					9.5			
71F7(N)	0.37	6.4	10.5	B14	140	95(j6)	15	115	3	138	109	244	4	M8	293	14(k6)	30
				B14	120	80(j6)	12	100	3					M6			
				B14	105	70(j6)	12	85	2.5					M6			
80K	0.55	8	14	B5	200	130(j6)	9	165	3.5					11			
80N	0.75	9.5	15	B14	160	110(j6)	16	130	3.5	156	124	276	4	M8	332	19(k6)	40
				B14	120	80(j6)	12	100	3					M6			
				B14	105	70(j6)	12	85	3					M6			
				B14	90	60(j6)	9	75	2.5					M5			
90S	1.1	13.2	20	B5	200	130(j6)	13	165	3.5	176	129	304	4	11.5	361	24(k6)	50
				B14	160	110(j6)	16	130	3.5					M8			
				B14	140	95(j6)	15	115	3					M8			
90L	1.5	15.3	22.5	B5	200	130(j6)	13	165	3.5	176	129	329	4	11.5	386	24(k6)	50
				B14	160	110(j6)	16	130	3.5					M8			
				B14	140	95(j6)	15	115	3					M8			
100LY	2.2	19.5	32	B5	250	180(j6)	16	215	4					13			
100LZ	3	23	36	B14	200	130(j6)	23	165	3.5	194	138	369	4	M10	439	28(k6)	60
				B14	160	110(j6)	16	130	3.5					M8			

\* Estas dimensiones son orientativas, dependiendo del fabricante del motor. Los pesos indicados en las tablas son aproximados.

\* Diese Abmessungen sind Richtwerte, abhängig von den Motorfabrikaten. Die in den Tabellen angegebenen Gewichte sind annähernde Richtwerte.

\* These dimensions are indicatives, they are depending of motor manufacturers. Approximate weights are shown in the tables.

\* Ces dimensions sont à titre indicatif, elles dépendent du fabricant du moteur. Les poids indiqués dans les tableaux sont approximatifs.



## **ANEXO 5**

### **Cotización Fabricación de Plataforma Elevadora**



Quito, 6 de Enero del 2012

A petición de la solicitud del Sr José Santiago Montenegro se realiza la siguiente cotización, para la fabricación de una Plataforma Elevadora mediante un sistema de elevación por cremallera, para la mencionada cotización se reciben los planos generales y de detalles, también especificaciones con respecto a la potencia requerida del motorreductor que lo proveerá el cliente.

El precio para la fabricación es de \$2.85 por kilogramo de acero construido, dentro de la cotización incluye suministro de material, mano de obra, y control de calidad, con el cual se garantiza el control de la fabricación del equipo, pruebas de funcionamiento y entrega de certificados de calidad.

El precio total para la fabricación del equipo es \$ 4658.00.

Estaremos gustosos de atender su requerimiento.

Ing. Dario Vallejo  
Jefe Departamento de Ingeniería  
Beite B&T Cia. Ltda.