

**DISPOSITIVO DE SOPORTE Y TRANSPORTE DE PISTOLAS DE ASPERSIÓN
PARA LA REALIZACIÓN DE ACABADOS EN LAS PAREDES DE LOS
FURGONES ISOTÉRMICOS. “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN”.**

**LAURA MELISSA ARROYAVE REMOLINA
WILFER ANDRÉS PABÓN ROJAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICA
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

**DISPOSITIVO DE SOPORTE Y TRANSPORTE DE PISTOLAS DE ASPERSIÓN
PARA LA REALIZACIÓN DE ACABADOS EN LAS PAREDES DE LOS
FURGONES ISOTÉRMICOS. “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN”.**

**LAURA MELISSA ARROYAVE REMOLINA
WILFER ANDRÉS PABÓN ROJAS**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Diseñador Industrial.**

**Director del proyecto
JULIO CESAR PINILLOS
Arquitecto**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICA
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2016

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	31
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	33
1.1. TÍTULO DE PROYECTO	33
1.2. ORIGEN DEL PROYECTO.....	33
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	34
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	34
2. OBJETIVOS	36
2.1 OBJETIVO GENERAL	36
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	36
3. GRADO DE INNOVACIÓN	38
4. ALCANCE DEL PROYECTO.....	39
5. MARCO TEÓRICO	40
5.1 MATERIALES UTILIZADOS EN EL MOLDEO.....	40
5.1.1 Resina poliéster	40
5.1.1.1 Tipos resinas	41
5.1.1.2 Otras características de las resinas:	42
5.1.2 Fibra de vidrio	42
5.1.2.1 Tipos de fibra - formas comerciales	43
5.1.2.2 Roving	43

5.1.2.2.1 Hilo cortado (fibra larga).....	43
5.1.2.2.2 Hilo cortado (fibra corta).....	44
5.1.2.2.3 Fibra molida	44
5.1.2.2.4 Mat de hilos cortados	45
5.1.2.2.5 Mat de filamento continuo	45
5.2. MOLDEO POR ASPERSIÓN - PROCESO UTILIZADO POR LA EMPRESA	48
5.2.1. Desventajas	53
5.2.2. Problemas en la aplicación	54
5.2.2.1. Piel de cocodrilo.....	54
5.2.2.2. Puntas de alfileres	55
5.2.2.3. Ojo de pez	56
5.2.2.4. Chorreo.....	57
5.2.2.5. Telarañas, grietas y estrellado	58
5.2.2.6. Demarcación de la fibra	59
5.2.3. Herramientas	59
5.2.3.1 Pistola de aspersión y pulverización	60
5.2.3.2. Cortador de fibra de vidrio.....	62
5.2.3.3. Sistema de corte/impregnación para la producción de compuestos - Cart Mast & Boom and System External	63
5.3 ESTADO DEL ARTE.....	66
5.3.1. CNC (Control numérico por computador)	66
5.3.1.1. Ventajas.....	69
5.3.1.2 Desventajas	69

5.3.2. Impresoras 3D	70
5.3.2.1. Ventajas.....	71
5.3.2.2. Desventajas	72
5.3.3. Robot articulado – proyección de fibra de vidrio y resina	72
5.3.3.1. Ventajas:.....	73
5.3.3.2 Desventajas:	74
6. METODOLOGÍA DE TRABAJO	75
6.1. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS	75
6.1.1. Planeación del producto	75
6.1.2. Identificación de las necesidades del cliente.....	76
6.1.3. Especificaciones del producto.....	76
6.1.4. Generación y selección de conceptos y alternativas	76
6.1.5. Prueba de conceptos	76
6.1.5.1. Prueba técnica.....	76
6.1.6. Diseño a nivel sistema	77
7. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES.....	78
7.1 PROTOCOLO DE LA ENTREVISTA	79
7.2 NECESIDADES PARA LA ASPERSIÓN.....	80
7.2.1 Angulo de aspersion de la pistola	80
7.2.2 Selección de la boquilla	81
7.2.3 Recomendaciones para la aspersion	83
7.24 Generación de patrones	84
8. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.....	88

8.1 JERARQUIZACIÓN DE LAS NECESIDADES	92
8.2 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	95
9. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CONCEPTOS Y ALTERNATIVAS.....	99
9.1 DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA	99
9.1.1 Secuencia de análisis del problema de diseño.....	99
9.1.2 Descomposición aspectos de diseño	100
9.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS	102
9.2.1 Selección de conceptos	105
10. DESARROLLO FUNCIONAL.....	108
10.1 MECANISMOS Y MOTORES	108
10.1.1 Mecanismos.....	108
10.1.2 Motores.....	113
10.2 SELECCIÓN DEL MECANISMO Y MOTORES	114
10.2.1 Mecanismos para el desplazamiento en X y Z	115
10.2.1.1 Movimiento en el eje X.....	116
10.2.1.2 Movimiento en el eje Z.....	127
10.2.2 Mecanismo para el desplazamiento en Y.....	136
10.2.3 Mecanismo para encender la pistola.....	141
10.3 CONTROLADORES	143
10.3.1 Identificación del sistema de control	143
10.3.2 Elementos y proceso de montaje	143
10.3.2.1 Fuente de alimentación.....	144
10.3.2.2 Motores paso a paso	145

10.3.2.3 Tablero JK02 Breakout	151
10.3.3 Sistema de control	152
10.3.3.1 Controlador Mach3	153
10.3.3.1.1 Características generales	154
10.3.3.1.2 Mach3 para el dispositivo.....	154
11. DISEÑO A NIVEL SISTEMA.....	157
11.1 DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	157
11.1.1 Movimiento en el eje X y Y.....	157
11.1.2 Movimiento en el eje Z.....	164
11.1.3 Movimiento para encender la pistola.....	168
11.1.4 Perfil para la configuración de la estructura	169
11.1.5 Componentes para la configuración de la estructura funcional.	176
11.1.6 Sujeción de la pistola	177
11.1.6.1 Pruebas de eficiencia.....	179
11.1.6.1.1 Medición de tiempos	180
11.1.6.1.2 Factor de aceptación del consumidor.....	185
11.1.6.1.3 Análisis estático de las sujeciones	186
11.1.6.1.4 Conclusiones generales de las pruebas.....	187
11.1.7 Análisis y estudios para estructura funcional	188
11.1.7.1 Perfil estructural del puente.	190
11.1.7.1.1 Diagrama para el perfil estructural del puente.....	190
11.1.7.1.2 Análisis estático perfil estructural del puente.....	192
11.1.7.1.3 Conclusiones	193

11.1.7.2 Perfil de soporte de la estructura.	193
11.1.7.2.1 Diagrama de cuerpo libre para los perfiles de soporte	194
11.1.7.2.2 Análisis estático perfil de soporte de la estructura.....	195
11.1.7.2.3 Conclusiones	197
11.1.7.3 Placa lateral del puente.....	197
11.1.7.3.1 Diagrama de cuerpo libre para los perfiles laterales.....	197
11.1.7.3.2 Análisis estático de la placa lateral del puente	198
11.1.7.3.3 Conclusiones	200
11.1.7.4 Rediseño.....	200
11.1.7.4.1 Perfil de soporte de la estructura.....	201
11.1.7.4.2 Placa lateral	202
11.2 DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA FORMAL.	203
11.2.1 Propuesta final del diseño formal-estética.....	204
11.2.2 Ergonomía del dispositivo	209
11.2.2.1 Altura de la plataforma	209
11.2.2.2 Posición de la sujeción de la pistola.....	209
11.2.2.3 Puesto de trabajo- postura de pie-sentado	211
11.2.3 Análisis y estudios para estructura formal.....	212
11.2.3.1 Soporte de la estructura.....	213
11.2.3.1.1 Diagrama de cuerpo libre para los soportes.....	214
11.2.3.2 Soporte lateral del puente	217
11.2.3.2.1 Diagrama de cuerpo libre para el soporte lateral del puente	217
11.2.4 Lista de materiales y costos aproximados.....	221

12. CONCLUSIONES223
BIBLIOGRAFÍA.....225
ANEXOS233

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Roving.	43
Ilustración 2. Hilo cortado (fibra larga).	44
Ilustración 3. Hilo cortado (fibra corta).	44
Ilustración 4. Fibra molida.	45
Ilustración 5. Mat de hilos cortados.	45
Ilustración 6. Mat de filamento continuo.	46
Ilustración 7. Matline.	46
Ilustración 8. Tejidos.	47
Ilustración 9. Velos.	47
Ilustración 10. Funcionamiento de la pistola.	48
Ilustración 11. Aplicación manual de materiales compuestos.	49
Ilustración 12. Capas de gelcoat.	50
Ilustración 13. Aspersión de la resina y la fibra de vidrio.	50
Ilustración 14. Compactación con el rodillo.	51
Ilustración 15. Aplicación de telas Palatal.	51
Ilustración 16. Compactación del palatal con el rodillo.	52
Ilustración 17. Aspersión de resina y fibra de vidrio sobre el palatal.	52
Ilustración 18. Lamina terminada en proceso de curado.	53
Ilustración 19. Piel de cocodrilo.	54
Ilustración 20. Puntas de alfileres.	55
Ilustración 21. Ojo de pez.	56
Ilustración 22. Chorreo.	57

Ilustración 23. La imagen de la izquierda muestra el efecto de las telarañas, la imagen de la mitad muestra las grietas y la imagen de la derecha muestra el estrellado.....	58
Ilustración 24. Demarcación de la fibra.....	59
Ilustración 25. Pistola indy-x chop.....	61
Ilustración 26. Accesorios de la manguera. Fuente GRACO S.A.....	61
Ilustración 27. Seguro del gatillo.....	62
Ilustración 28. Cortador de fibra de vidrio.....	62
Ilustración 29. Cortador y pistola ensamblados.....	63
Ilustración 30. Cartmast & boom.....	64
Ilustración 31, Brazo del dispositivo.....	64
Ilustración 32, Detalles del dispositivo.....	65
Ilustración 33. Cortadora CNC, Modelado 3D.....	67
Ilustración 34, Pieza de cortadora CNC.....	67
Ilustración 35. Cortadora CNC, Shopdot.....	68
Ilustración 36. CNC, Modelado 3D.....	68
Ilustración 37. Impresora 3D.....	70
Ilustración 38. Impresora 3D.....	70
Ilustración 39, Robot articulado, Aplicación de materiales compuestos.....	72
Ilustración 40. Robot articulado, Aplicación de pintura para acabado.....	73
Ilustración 41. Ángulo de aspersion.....	81
Ilustración 42. La imagen de la izquierda muestra la ubicación de la pistola, la de la derecha muestra el ajuste de la misma.....	83
Ilustración 43. Grafica de aspersion.....	84
Ilustración 44. Concepto 1, brazo Mecánico.....	103
Ilustración 45. Concepto 2, Sistema de riego.....	104
Ilustración 46, Concepto 3, Plataforma móvil.....	104
Ilustración 47, Concepto 4, Desplazamiento por guías lineales.....	105
Ilustración 48. Sist. Simple de poleas con correa.....	108
Ilustración 49. Sistema de transmisión por cadena.....	109

Ilustración 50. Tornillo sin fin.	109
Ilustración 51. Relación de velocidad del pulso y velocidad del motor.	114
Ilustración 52. Diagrama de cuerpo libre.....	116
Ilustración 53, Plano de cadenas simples	119
Ilustración 54. Diagrama de torque.	119
Ilustración 55. Diagrama de Vel. Angular.....	120
Ilustración 56. Curva de torque vs velocidad.....	120
Ilustración 57. Datos de la reducción 1.	122
Ilustración 58. Sist. de poleas.	122
Ilustración 59, Polea dentada (1) de 22 dientes.	123
Ilustración 60. Polea dentada (2) de 14 dientes.	124
Ilustración 61, Correa XL de paso 1/5".	125
Ilustración 62. Componentes y valores del sistema en el movimiento del eje x...	126
Ilustración 63. Diagrama de cuerpo libre.....	128
Ilustración 64. Diagrama de torque.	129
Ilustración 65. Diagrama de Vel. Angular.....	129
Ilustración 66. Curva de torque vs velocidad.....	130
Ilustración 67. Datos de la reducción 2.	132
Ilustración 68, Sist. de poleas.	132
Ilustración 69, Polea dentada (1) de 30 dientes.	133
Ilustración 70. Polea dentada (1) de 15 dientes.	134
Ilustración 71. Correa XL de paso 1/5".	135
Ilustración 72, Componentes y valores del sistema en el movimiento del eje Z. .	136
Ilustración 73. Planos del tornillo sin fin.	138
Ilustración 74. Soporte de husillo.	138
Ilustración 75. Planos del soporte de husillo.	139
Ilustración 76. Planos del husillo.....	140
Ilustración 77. Planos del casquillo.	141
Ilustración 78. desplazamiento del gatillo de la pistola.....	141
Ilustración 79. Construcción de la leva.....	142

Ilustración 80. Ubicación de la leva dentro de la pistola.	142
Ilustración 81. elementos necesarios para el sistema de control.	144
Ilustración 82. Fuente de alimentación.....	144
Ilustración 83. Conexión de la fuente de alimentación y los conductores.....	145
Ilustración 84. Motor paso a paso en diferentes perspectivas.....	145
Ilustración 85. Códigos de color para la conexión de los cables de los motores.	146
Ilustración 86, Motor Nema 23-19 kg.	147
Ilustración 87. Motor Nema 34-122 Kg.....	147
Ilustración 88. Conductores DIV268N.....	147
Ilustración 89. Configuración de los interruptores del conductor.	148
Ilustración 90, Conexión de los motores a los drivers.	151
Ilustración 91, Conexión del tablero Breakout JK02-M.....	151
Ilustración 92, Conexión del botón de emergencia.....	152
Ilustración 93, Sistema de control Mach3.	153
Ilustración 94, Pantalla y botón Input.	155
Ilustración 95, Guía de configuración.....	155
Ilustración 96, Configuración de la velocidad del motor.	156
Ilustración 97. Mecanismos y ensambles para el desplazamiento en X.....	158
Ilustración 98. Mecanismos y ensambles para el desplazamiento en X.....	158
Ilustración 99. ensamble de los componentes en el eje y.	162
Ilustración 100. Ensamble total de la estructura funcional del dispositivo.	164
Ilustración 101. Aproximación de los ensambles dentro de la estructura funcional.	165
Ilustración 102. Planos del perfil de aluminio usado para la configuración de la estructura.....	171
Ilustración 103. Tornillo Allen DIN 912 M8.....	172
Ilustración 104. Tuerca de inserción -TUI 2104.....	173
Ilustración 105. Ensamble del perfil y la escuadra, con el tornillo y la tuerca.	173
Ilustración 106. Planos técnicos de la escuadra - ESC 2238.	174
Ilustración 107. Aplicación de la escuadra- ESC 2238.....	174

Ilustración 108. Planos técnicos de la escuadra - ESC 2204.	175
Ilustración 109. Aplicación de la escuadra –ESC 2204.	176
Ilustración 110. Pistolas de aspersion de mezcla externa.	177
Ilustración 111. Modelo de la sujeción 1.	178
Ilustración 112. Modelo de la sujeción 2.	178
Ilustración 113. Modelo de la sujeción 3.	179
Ilustración 114. Modelo de la sujeción 4.	179
Ilustración 115. Modelo de ubicación para el colaborador de la prueba.	181
Ilustración 116. Prototipos de sujeciones.	183
Ilustración 117. Prueba de eficiencia para la sujeción.	183
Ilustración 118. Sujeción de la pistola seleccionada.	188
Ilustración 119. Perfil estructural del puente	190
Ilustración 120. Diagrama para el perfil estructural del puente.	190
Ilustración 121. Análisis de tensiones para el perfil estructural del puente.	192
Ilustración 122. Análisis de desplazamiento para el perfil estructural del puente.	192
Ilustración 123. Análisis del factor de seguridad para el perfil estructural del puente.	193
Ilustración 124, Perfil de soporte.	193
Ilustración 125, Diagrama de cuerpo libre para los perfiles de soporte.	194
Ilustración 126. Análisis de tensión para el perfil de soporte.	195
Ilustración 127. Análisis de desplazamiento para el perfil de soporte.	195
Ilustración 128. Análisis de deformaciones unitarias para el perfil de soporte.	196
Ilustración 129. Análisis de factor de seguridad para el perfil de soporte.	196
Ilustración 130, Placa lateral del puente.	197
Ilustración 131. Diagrama de cuerpo libre para los perfiles laterales.	198
Ilustración 132. Análisis de tensión para la placa lateral.	198
Ilustración 133. Análisis de desplazamiento para la placa lateral.	199
Ilustración 134, Análisis de deformaciones unitarias para la placa lateral.	199
Ilustración 135. Análisis de factor de seguridad para la placa lateral.	200
Ilustración 136. Perfil de soporte de la estructura funcional.	201

Ilustración 137, Placa lateral.....	202
Ilustración 138. Dispositivo formal- estético terminado.	204
Ilustración 139. Detalle del puente.....	204
Ilustración 140. Detalle del puente y la pistola.	205
Ilustración 141. Detalles de los mecanismos utilizados para el movimiento en X.....	205
Ilustración 142,K Mecanismo de transmisión eje Z.	206
Ilustración 143. perspectiva del montaje de la pistola y el motor para el movimiento en X.....	206
Ilustración 144. Ensamble de la pistola.....	207
Ilustración 145. Mecanismo para el movimiento en Y.	207
Ilustración 146. Transmisión de potencia del motor Nema 34.....	208
Ilustración 147. Diseño de los soportes de la estructura.	208
Ilustración 148. Alturas para el puesto de trabajo.	209
Ilustración 149, Altura de la sujeción de la pistola.....	210
Ilustración 150, Alcance de la sujeción de la pistola.	210
Ilustración 151, Puesto de trabajo, postura de pie- sentado.....	211
Ilustración 152, Soporte de la estructura formal.....	213
Ilustración 153, Diagrama de cuerpo libre para los soportes de la estructura formal.	214
Ilustración 154. Análisis de tensión para el soporte-estructura formal.....	215
Ilustración 155, Análisis de desplazamiento del soporte-estructura formal.	215
Ilustración 156. Análisis de deformaciones unitarias del soporte-estructura formal.	216
Ilustración 157, análisis de factor de seguridad del soporte-estructura formal. ...	216
Ilustración 158, soporte lateral del puente.	217
Ilustración 159. Diagrama de cuerpo libre soporte lateral del puente de la estructura formal.....	218
Ilustración 160. Análisis de tensión para el soporte lateral del puente-estructura formal.	218

Ilustración 161. Análisis de desplazamientos para el soporte lateral del puente- estructura formal.....	219
Ilustración 162, Análisis de defor. Unitarias para el soporte lateral del puente- estructura formal.....	219
Ilustración 163, Análisis del factor de seguridad para el soporte lateral del puente- estructura formal.....	220

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Componentes de los anhídridos Ortoftálicos e Isoftálicos	41
Tabla 2. Propiedades de la resina y el laminado.....	42
Tabla 3. Cobertura de pulverización teórica.....	82
Tabla 4, Patrón 1.	84
Tabla 5. Patrón 2.	85
Tabla 6. Patrón 3.	85
Tabla 7, Patrón 4.	86
Tabla 8. Patrón 5.	86
Tabla 9. Criterio de selección de patrón de aspersion.	87
Tabla 10. Necesidades del producto.....	88
Tabla 11. Jerarquización de las necesidades.	92
Tabla 12, Especificaciones del proyecto.	95
Tabla 13. Secuencia de análisis del problema de diseño.....	99
Tabla 14. Clasificación de las necesidades según aspectos técnicos.....	100
Tabla 15. Matriz de selección de conceptos.	106
Tabla 16, Ventajas y desventajas de los mecanismos.	110
Tabla 17, Tabla comparativa de los mecanismos.	112
Tabla 18. Tipos de motor y características.....	113
Tabla 19. Variables de selección de mecanismos.....	115
Tabla 20. Piñones de ½”	117
Tabla 21. Cadenas sencillas	118
Tabla 22. Dimensiones de poleas dentadas XL de paso de 1/5”.....	123
Tabla 23. Dimensiones y tolerancias para correas de perfil trapezoidal.....	125
Tabla 24. Dimensiones de poleas dentadas XL de paso de 1/5”.....	133
Tabla 25. Variables de selección de mecanismos.....	136

Tabla 26, Dimensiones de tornillos sin fin disponibles en el mercado.	137
Tabla 27, Dimensiones del mecanizado de los tornillos sin fin.	138
Tabla 28. Dimensiones de soporte de husillo disponibles en el mercado.	139
Tabla 29. Dimensiones de husillos disponibles en el mercado.	140
Tabla 30. Dimensiones de casquillos disponibles en el mercado.	141
Tabla 31. Configuración de los interruptores según el amperaje del motor.	148
Tabla 32. Especificaciones del motor Nema 11 de 1kg.	149
Tabla 33. Configuración de los interruptores para el motor Nema 11 de 1kg.	149
Tabla 34. Especificaciones del motor Nema 23 de 19kg.	149
Tabla 35. Configuración de los interruptores para el motor Nema 23 de 19kg. ...	150
Tabla 36. Especificaciones del motor Nema 34 de 122kg.	150
Tabla 37. Configuración de los interruptores para el motor Nema 34 de 122kg. .	150
Tabla 38. Componentes para los mecanismos y uniones del movimiento en X. .	159
Tabla 39. Componentes para los mecanismos y uniones del movimiento en Y. .	162
Tabla 40. Componentes para los mecanismos y uniones del movimiento en Z. .	165
Tabla 41. Componentes para los mecanismos y uniones para la pistola.	168
Tabla 42. Datos técnicos del perfil de aluminio de 9x9 cm.	171
Tabla 43. dimensiones para tornillo Allen DIN 912 - M8.	172
Tabla 44. Componentes para la configuración de la estructura.	176
Tabla 45. Toma de tiempos para el montaje de la pistola.	184
Tabla 46. Toma de tiempos para el desmontaje de la pistola.	184
Tabla 47. Promedio de tiempos y numero de pasos para la sujeción.	185
Tabla 48. Nivel de aceptación del consumidor.	186
Tabla 49. Análisis estático para las sujeciones.	187
Tabla 50. Pesos de la plataforma (estructura funcional).	189
Tabla 51. Pesos del puente (estructura funcional).	189
Tabla 52. Pesos de la estructura funcional.	190
Tabla 53. Pesos del dispositivo.	201
Tabla 54. Análisis estático para el perfil de soporte de la estructura (rediseño del soporte del puente).	202

Tabla 55. Análisis estático para la placa lateral del puente (rediseño).	203
Tabla 56, Pesos de la estructura formal.....	212
Tabla 57, Pesos del puente de la estructura formal.	212
Tabla 58. Pesos de la plataforma de la estructura formal.	213
Tabla 59, Lista de materiales y costos aproximados.....	221

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. PLANOS	233
ANEXO B. ANÁLISIS ESTÁTICOS.....	237
ANEXO C. PLANOS	238
ANEXO D. PROCESO DE ASPERSIÓN FURGORIENTE.....	239
ANEXO E. RENDERS	240
ANEXO F. TOMA DE MUESTRAS PARA LA PRUEBA.....	241

GLOSARIO

ABS: El acrilonitrilo butadieno estireno es un termoplástico amorfo resistente al impacto (golpes), tenaz, incluso a baja temperatura, Además es duro y rígido, tiene una resistencia química aceptable, baja absorción de agua, y por lo tanto buena estabilidad dimensional y alta resistencia a la abrasión¹.

Bobinado filamentario: El bobinado de filamentos es un proceso en el cual se enrollan fibras continuas impregnadas con resina alrededor de un mandril giratorio, que tiene la forma interna del artículo que se quiere producir.

La resina se cura después y el mandril se retira. Se producen componentes huecos de simetría axial (usualmente circular) así como formas irregulares².

Compuestos termoplásticos: son plásticos que, a temperaturas relativamente altas, se vuelven deformables o flexibles, se derriten cuando se calientan y se endurecen en un estado de transición vítrea cuando se enfrían lo suficiente.³

Compuestos termofijos: son materiales rígidos que tienen una estructura molecular compleja, la cual tiene lugar en el proceso de moldeo. Los plásticos

¹ WIKIPEDIA Acrilonitrilo butadieno estireno, Significado. Actualizado el 29 oct 2015. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Acrilonitrilo_butadieno_estireno.(Consulta 23 Ene. 2016).

² BUENAS TAREAS Bobinado filamentario, Significado. Actualizado el 9 sep 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Bobinado-Filamentario/755064.html>. (Consulta 23 Ene. 2016).

³ WIKIPEDIA Compuestos termoplásticos, Significado. Actualizado el 20 ene 2015. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Termopl%C3%A1stico>.(Consulta 23 Ene. 2016).

llamados termofijos o termoestables son plásticos que una vez moldeados no pueden modificar su forma, y por lo tanto no pueden ser reciclados⁴.

Fibra de vidrio: Filamento continuo o discontinuo, obtenido mediante estiramiento de vidrio fundido, que se emplea como aislante térmico o acústico y para otros usos⁵.

Gelcoat: (extranjerismo que en inglés está compuesto por gel y coat, que da cuenta de su apariencia de gel y su uso como recubrimiento) es un material creado para conferir un acabado de alta calidad en la superficie visible de un material compuesto reforzado con fibra⁶.

Mek peróxido: también conocido como Peróxido de Metil Etil cetona es el catalizador de la resina de poliéster, es un peróxido orgánico que, en contacto y mezcla con una resina acelerada y con el empuje de la temperatura ambiente adecuada, se descompone en radicales libres⁷.

Moldeo por inyección: el moldeo por inyección es un proceso semi-continuo que consiste en inyectar un polímero, cerámico o un metal en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros

⁴ SLIDESHARE Compuestos termofijos, Significado. publicado el 30 oct 2012. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/eve1288/polimeros-termofijos-o>.(Consulta 23 Ene. 2016).

⁵ GOOGLE Fibra de vidrio, Significado. Actualizado el 20 nov 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=UuKjVq6SFtTLgASCIJaACQ#q=Fibra+de+vidrio+.(Consulta 23 Ene. 2016).

⁶ WIKIPEDIA Gelcoat, Significado. Actualizado el 10 Dic 2015. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Gelcoat>.(Consulta 23 Ene. 2016).

⁷ COMPOSITESSHOP Mek peróxido, Significado. Publicado el 3 Oct 2012. [En línea]. Disponible en: <https://compositesshop.wordpress.com/2012/10/03/el-catalizador-de-poliester-ese-gran-desconocido/>.(Consulta 23 Ene. 2016).

semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada⁸.

Poises: (símbolo: P) es la unidad de viscosidad dinámica del sistema cegesimal de unidades: 1 poise (P) $\equiv 1 \cdot \text{g}(\text{s} \cdot \text{cm})^{-1} \equiv 1 \text{ dina} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2} \equiv 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$.⁹

Poliestireno: (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno monómero. Esta resina sintética se emplea principalmente en la fabricación de lentes plásticas y aislantes térmicos y eléctricos.¹⁰

Psi: (del inglés pounds-force per square inch) libra-fuerza por pulgada cuadrada, es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades.

La escala más común se mide en psi, cuyo cero es la presión ambiente, que equivale a una atmósfera (o sea 15 psi aproximadamente).¹¹

Pultrusión: La pultrusión es un proceso productivo de conformado de materiales plásticos termorrígidos para obtener perfiles de plástico reforzado, de forma continua, sometiendo las materias primas a un arrastre y parado por operaciones de impregnado, conformado, curado y corte. Este proceso se caracteriza por un buen acabado superficial¹².

⁸ WIKIPEDIA Moldeo por inyección, [En línea]. Significado. Actualizado el 10 Dic 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_inyecci%C3%B3n.(Consulta 23 Ene. 2016).

⁹ WIKIPEDIA Poises, [En línea]. Significado. Actualizado el 29 Nov 2013. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Poise>.(Consulta 23 Ene. 2016).

¹⁰ WIKIPEDIA Poliestireno, [En línea]. Significado. Actualizado el 8 ene 2016. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno>. (Consulta 23 Ene. 2016).

¹¹ WIKIPEDIA PSI, [En línea]. Significado. Actualizado el 16 ene 2016. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Libra_por_pulgada_cuadrada.(Consulta 23 Ene. 2016).

¹² PULTRUSIÓN, [En línea]. Significado. Actualizado el 17 Jul 2015. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Pultrusi%C3%B3n>. (Consulta 23 Ene. 2016).

Resinas epoxi: o poliepóxido es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o «endurecedor»¹³.

Resinas fenólicas: La resina fenol-formaldehído es una resina sintética termoestable, obtenida como producto de la reacción de los fenoles con el formaldehído. Las resinas fenólicas se utilizan principalmente en la producción de tableros de circuitos. Éstos son más conocidos sin embargo, para la producción de productos moldeados como bolas de billar, encimeras de laboratorio, revestimientos y adhesivos¹⁴.

Resinas poliéster: El poliéster (C₁₀H₈O₄) es una categoría de elastómeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal, el término poliéster generalmente se refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), provenientes de fracciones pesadas del petróleo.

Las resinas de poliéster (termoestables) se usan también como matriz para la construcción de equipos, tuberías anticorrosivas y fabricación de pinturas. Para dar mayor resistencia mecánica suelen ir reforzadas con cortante, también llamado endurecedor o catalizador, sin purificar¹⁵.

Tixotropía: Tixotropía es la propiedad de algunos fluidos no newtonianos que muestran un cambio de su viscosidad en el tiempo; cuanto más se someta el fluido a esfuerzos de cizalla, más disminuye su viscosidad. Un fluido tixotrópico es un

¹³ WIKIPEDIA Resinas epoxi, [En línea]. Significado. Actualizado el 26 Nov 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Resina_epoxi. (Consulta 23 Ene. 2016).

¹⁴ WIKIPEDIA Resinas fenolicas, [En línea]. Significado. Actualizado el 26 Nov 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Resina_fenol-formaldeh%C3%ADdo. (Consulta 23 Ene. 2016).

¹⁵ WIKIPEDIA Resinas poliéster, [En línea]. Significado. Actualizado el 22 Sep 2015. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Poli%C3%A9ster>. (Consulta 23 Ene. 2016).

fluido que tarda un tiempo finito en alcanzar una viscosidad de equilibrio cuando hay un cambio instantáneo en el ritmo de cizalla¹⁶.

¹⁶ WIKIPEDIA Tixotropía, [En línea]. Significado. Actualizado el 13 May 2014. <https://es.wikipedia.org/wiki/Tixotrop%C3%ADa>. (Consulta 23 Ene. 2016).

RESUMEN

TITULO: DISPOSITIVO DE SOPORTE Y TRANSPORTE DE PISTOLAS DE ASPERSIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE ACABADOS EN LAS PAREDES DE LOS FURGONES ISOTÉRMICOS. "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN".

AUTORES: ARROYAVE Remolina, Laura Melissa
PABÓN Rojas, Wilfer Andrés**

PALABRAS CLAVE: Aspersión de fibra, dispositivos automáticos, fibra de vidrio, furgones isotérmicos, soportes.

Este documento registra el proceso de diseño de un dispositivo semiautomático de soporte y transporte de pistolas de aspersión usadas para la fabricación de los paneles de cerramiento de las cabinas isotérmicas elaboradas por la empresa Furgorient S.A.

Actualmente, Furgorient fabrica los paneles de cerramiento de los furgones de forma manual, motivo por el cual se generan variables que influyen en la calidad final del producto, dentro de estas se encuentran: El ángulo correcto de posicionamiento de la pistola, distancias mínimas para la aspersión y patrones de barrido; adicionalmente surgen otra serie de inconvenientes como lo son: desperdicio de materias primas y de tiempos.

Partiendo de los problemas encontrados en la elaboración de los paneles de cerramiento de las cabinas de los furgones isotérmicos y siguiendo la metodología para el diseño y desarrollo de productos de Karl Ulrich y Steven Eppinger, se generó una propuesta del dispositivo que ofreciera beneficios a la empresa, adecuándose a las condiciones tanto del entorno como de los requerimientos necesarios para la solución de las problemáticas anteriormente mencionadas.

La estructura fue diseñada de manera modular, para facilitar su ubicación dentro de las instalaciones de la empresa; presenta dimensiones de 3 x 9 metros, las cuales son necesarias para la construcción de las láminas de mayores longitudes elaboradas por la empresa; cuenta con las sujeciones necesarias para ubicar los dispositivos adicionales (pistola de aspersión y rodillo para el rolado); está diseñada con carcasas extraíbles para facilitar su mantenimiento y presenta un diseño amigable, utilizando materiales y formas coherentes al lugar y tipo de trabajo en el que estará expuesto el dispositivo.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica Escuela de Diseño Industrial Director del proyecto Julio Cesar Pinillos

ABSTRACT

TITLE: DEVICE SUPPORT AND TRANSPORT OF SPRAY GUNS FOR THE CONDUCT OF FINISHES IN WALLS OF REFRIGERATED VANS. "DESIGN".

AUTHORS: ARROYAVE Remolina, Laura Melissa.
PABÓN ROJAS, Wilfer Andrés **

KEYWORDS: Sprinkling fiber, automatic devices, fiberglass and insulated vans, supports.

This document registers the design process of a semiautomatic device support and transport of spray guns used for making cladding panels isothermal cabins produced by the company Furgoriente S.A.

Currently, Furgoriente manufactures the enclosure panels of the vans manually, why variables that influence the final quality of the product, within these are generated: The correct positioning angle of the gun, for minimum distances spray and wipe patterns; waste of materials and time: additionally another series of drawbacks such as arise.

Starting from the problems encountered in the development of the enclosure panels booths isothermal vans and following the methodology for the design and development of products Karl Ulrich and Steven Eppinger, a proposal by the device that the company would offer benefits generated , adapting to the conditions of both the environment and the requirements for solving the above problems.

The structure was designed in a modular fashion to facilitate its location within the premises of the company; has dimensions of 3 x 9 meters, which are necessary to build longer lengths sheets produced by the company; It has the necessary fasteners to locate additional devices (spray gun and roll for rolling); It is designed with removable covers for easy maintenance and presents a user-friendly design, using materials and consistent to the place and type of work in which the device is exposed forms.

* Project of grade

** Faculty of Physical Engineering Mechanics School of Industrial Design Project Manager Julio Cesar Pinillos

INTRODUCCIÓN

Actualmente la empresa santandereana Furgoriente S.A. se dedica a la producción y fabricación de furgones para el transporte refrigerado y carga seca, siendo su principal compromiso el de brindar soluciones de calidad a los requerimientos de los clientes.

El objetivo fundamental en la planificación de la empresa santandereana es la elaboración de sistemas económicos que garanticen los más altos niveles de calidad y que den respuesta a las estrategias, políticas y programas de desarrollo económico y social de la empresa, utilizando la capacidad productiva, los recursos materiales, laborales y financieros disponibles; es por ello que siempre han estado en la búsqueda de la innovación y el bienestar tanto de sus trabajadores como de sus clientes, desarrollando los proyectos de manera personal y mejorando sus instalaciones para brindar productos con mayor calidad¹⁷.

Conociendo que el proceso actual manejado por la empresa para la elaboración de los paneles o paredes de los furgones isotérmicos se realiza de manera manual, y que por ende se generan muchas variables que influyen en la calidad del producto final, se planteó nuestro proyecto, orientado al diseño de un dispositivo semiautomático de soporte y transporte de pistolas de aspersion de fibra de vidrio y resina, usadas para la producción de los paneles de cerramiento de las cabinas isotérmicas anteriormente mencionadas.

Teniendo en cuenta aspectos significativos como lo son: el espacio disponible para la adecuación del dispositivo, el análisis de las dimensiones de las diferentes

¹⁷ Empresa FURGORIENTE S.A. Misión, visión, tipos de productos, procesos de fabricación y puestos de trabajo. Información obtenida mediante visitas a la empresa y la página web [en línea] disponible en: <http://furgoriente.com/inicio.html>, Colombia, 2009. (citado: 23 jul. 2015).

pistolas de aspersión utilizadas para garantizar el ajuste al dispositivo, las dimensiones de los diferentes paneles de cerramiento de los furgones y las alturas requeridas para la aplicación de los materiales; Se diseñó un dispositivo que garantiza el nivel de precisión requerido en las distancias para la aplicación de los materiales, el consumo adecuado de los mismos, reducción en los tiempos de fabricación y como consecuencia una mejora en la calidad del producto final.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. TÍTULO DE PROYECTO

Dispositivo de soporte y transporte de pistolas de aspersion para la realización de acabados en las paredes de los furgones isotérmicos.

1.2. ORIGEN DEL PROYECTO

El Diseño Industrial es una profesión que cuenta con diferentes áreas dentro de la industria, algunas de ella son la investigación y el desarrollo, áreas en donde se puede obtener resultados claros para proponer nuevos métodos de trabajo, optimización de procesos productivos y el aprovechamiento de los recursos humanos y materiales, a partir de la innovación y mecanización de las herramientas, buscando siempre mejorar la calidad de los productos.^{18 19}

Este proyecto surgió con la necesidad de optimizar los procesos de producción utilizados para la fabricación de los paneles de cerramiento de las cabinas isotérmicas en busca de un producto de alta calidad que pudiera competir en el mercado nacional e internacional, y adicionalmente generarle beneficios a la empresa en cuanto ahorros de material, disminución de tiempos de producción y reducción de costos de mano de obra.

¹⁸ MI CARRERA Diseño industrial, objetivos de la profesión y campos de acción. [en línea] disponible en: <http://www.mi-carrera.com/DisenoIndustrial.html>

¹⁹ MI CARRERA Perfiles Profesionales. [En línea]. Carrera Diseño industrial, objetivos de la profesión y campos de acción. Tomado de: <http://www.mi-carrera.com/DisenoIndustrial.html> (Consulta: 20 de jul. 2015).

Teniendo en cuenta el perfil del diseñador y las necesidades que surgen en los procesos de producción de los paneles de cerramiento de los furgones elaborados por la empresa santandereana Furgoriente S.A., se planteó el desarrollo de un dispositivo semiautomático que permita desarrollar el proceso de elaboración de los paneles (en su primera fase).

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años la empresa Furgoriente S.A. ha visto un crecimiento en la demanda de sus productos y con esta ha surgido la necesidad de implementar nuevas tecnologías, que aumenten sus niveles de producción y que garanticen los estándares de calidad de los productos.

Actualmente los procesos para la realización de los paneles de cerramiento de las cabinas isotérmicas son manuales, es por ello que su calidad depende en gran medida de la habilidad del empleado y teniendo en cuenta que el trabajo manual en algunos casos puede acarrear imperfecciones, gastos inadecuados de materiales y mal gasto de tiempos en la fabricación, era necesario desarrollar tecnologías que permitieran la solución de dichos inconvenientes, logrando que la empresa eleve sus niveles de calidad en los productos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento económico de producción del país ha llevado a que las Empresas Nacionales estén en continuo cambio y mejoramiento tanto de sus instalaciones como de sus procesos de producción, es por ello que la empresa Santandereana Furgoriente S.A, ha decidido incorporar en su infraestructura herramientas que favorezcan notablemente el proceso de producción de los paneles de cerramiento

de las cabinas isotérmicas, garantizando la eficiencia del proceso y la competitividad frente al mercado actual.

En consecuencia y en respuesta a los requerimientos de la empresa Furgoriente S.A. y normas nacionales, se estableció el diseño de un dispositivo de soporte y transporte de pistolas de aspersión para la fabricación y elaboración de los paneles de cerramiento de las cabinas isotérmicas, desarrollado por los estudiantes de la Escuela de Diseño Industrial Wilfer Andrés Pabón R y Laura Melissa Arroyave R de la Universidad Industrial de Santander y dirigido por el profesor Julio Cesar Pinillos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un dispositivo de soporte y transporte para pistolas de aspersión con el fin de elaborar los paneles de cerramiento de las cabinas isotérmicas bajo los parámetros establecidos por la empresa Furgoriente, para solucionar problemas de calidad, eficiencia y como consecuencia la estandarización (homogeneidad) del producto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el tipo de moldeo utilizado por la empresa Furgoriente S.A. para la elaboración de los paneles de cerramiento; mediante el registro de los pasos para detectar las falencias del proceso.
- Definir los aspectos formales y funcionales del dispositivo con base a las necesidades (dimensiones máximas y mínimas de los paneles a producir y herramientas disponibles). Mediante el análisis de los mecanismos existentes y parámetros ergonómicos.
- Elaborar una propuesta de diseño de un dispositivo de soporte y transporte de pistolas de aspersión de resina y fibra de vidrio utilizando tecnologías existentes, para facilitar el proceso de construcción de los paneles de cerramiento de los furgones.

- Simular las propiedades mecánicas del dispositivo por medio de software para corroborar que las piezas soportan y resisten las cargas aplicadas.
- Verificar la eficiencia de la acción realizada por el operario al hacer el montaje y desmontaje de las sujeciones de la pistola mediante el análisis de tiempos, número de acciones y aceptación de operario, para definir la propuesta más factible.
- Verificar la resistencia de las sujeciones de la pistola mediante simulaciones virtuales que reafirmen la viabilidad de la propuesta.

3. GRADO DE INNOVACIÓN

Reemplazar los procesos de producción manuales de las paredes de los furgones isotérmicos por un proceso semiautomático y controlado, transformando y adaptando tecnologías existentes al sitio de producción regional, mejorando las cualidades de los paneles de cerramiento de los furgones logrando una calidad homogénea.

Se propuso diseñar un dispositivo que soportara, encendiera y moviera automáticamente pistolas de aspersion en los ejes X y Z, (en dimensiones requeridas) para la fabricación de las paredes de los furgones isotérmicos.

4. ALCANCE DEL PROYECTO

Con el desarrollo del dispositivo de soporte y transporte de pistolas de aspersión para la fabricación y elaboración de paneles de cerramiento de las cabinas isotérmicas, se realiza la entrega de las simulaciones en software (pruebas de esfuerzos, y simulación de movimientos), planos técnicos y sujeciones de la pistola.

5. MARCO TEÓRICO

Como parte fundamental del desarrollo de cualquier proyecto es necesario conocer y recopilar datos e información sobre el tema que se quiere abarcar. Este tipo de información va desde el proceso actual manejado por el cliente hasta el proceso ideal que se requiere para esta labor, además de profundizar acerca de productos que sin ser fabricados para dicha finalidad, poseen características que podrían ser adaptadas para el desarrollo del nuevo dispositivo.

5.1 MATERIALES UTILIZADOS EN EL MOLDEO

5.1.1 Resina poliéster Se presentan en forma de líquido algo viscoso (la viscosidad podrá ser mayor o menor según de cuál de ellas se trate). Para fraguar requieren del agregado de un acelerador (líquido color violeta oscuro) y de un catalizador (líquido transparente cristal). El acelerador es el componente que regula los tiempos de la reacción de fraguado mientras que el catalizador es el que inicia la reacción. Es importante destacar que hasta que no se incorpora el catalizador no se produce ninguna reacción por lo que este componente debe ser siempre el último en ser incorporado; puede dejarse preparada la resina con acelerador, pigmentos, cargas, etc. y luego catalizarla al momento de ser usada. De hecho, las resinas transparentes cristal vienen pre aceleradas (con el acelerador ya incorporado) de fábrica requiriendo del usuario sólo el agregado de catalizador.

Las resinas de poliéster (termoestables) se usan también como matriz para la construcción de equipos, tuberías anticorrosivas y fabricación de pinturas. Para

dar mayor resistencia mecánica suelen ir reforzadas con cortante, también llamado endurecedor o catalizador, sin purificar.

El poliéster es muy resistente a la humedad, a los productos químicos y a las fuerzas mecánicas. Se usa en la fabricación de fibras, recubrimientos de láminas, etc.²⁰

5.1.1.1 Tipos resinas Las resinas de poliéster se componen de 5 productos básicos entre los que se encuentran unos compuestos llamados anhídridos de ácidos saturados. Entre ellos destacan el anhídrido ortoftálico y el anhídrido isoftálico. Estos dos componentes de la cadena molecular del polímero son los que dan nombre a estas dos resinas de poliéster.

Las orto son las de uso general, las más baratas y las de peores propiedades mecánicas, químicas y físicas. Las ISO son resinas de poliéster que presentan mejores resistencias mecánicas, químicas y térmicas²¹.

Tabla 1. Componentes de los anhídridos Ortoftálicos e Isoftálicos

TIPOS	Ácidos o Anhídridos Insaturados	Ácidos o Anhídridos Saturados	Glicoles	Monómero	Aplicaciones
Ortoftálicas	Anhídrido Maleico	Anhídrido Ftálico	Propilenglicol Etilenglicol	Estireno	Barcos, Estratificados industriales
Isoftálicas	Anhídrido Maleico	Anhídrido Isoftálico	Propilenglicol Dietilenglicol	Estireno	Gel Coats Depósitos

Fuente ANDERCOL S.A

²⁰ ANDERCOL S.A. Resina Poliéster. [en línea] disponible en: <http://www.andercol.com.co/>.

²¹ ANDERCOL S.A. Soluciones inteligentes a través del conocimiento profundo de su negocio. 2014, [En línea]. Disponible en: <http://www.andercol.com.co/>.(Consulta: 19 jul. 2015).

Tabla 2. Propiedades de la resina y el laminado

Ortoftálica	PROPIEDADES DE LA RESINA PURA		PROPIEDADES DEL LAMINADO	
	Resistencia a flexión (Mpa)	100	Porcentaje de fibra de vidrio	30
	Resistencia a tracción (Mpa)	65-75	Resistencia a flexión (MPa)	150
	Módulo tracción (GPa)	3.2	Resistencia a tracción (MPa)	90
	Porcentaje de elongación	2.0 – 4.0	Módulo de tracción (GPa)	7

Fuente ANDERCOL S.A

5.1.1.2 Otras características de las resinas:

- Viscosidad: Recomendable inferior a 8 poises. (Unidad de viscosidad equivalente a 0,8 pascal-segundo). A mayor viscosidad menor velocidad de impregnación y menor facilidad de desburbujeo. A temperaturas bajas disminuye la viscosidad. Recomendable de 18 a 25 °C.
- Tixotropía: Cuando se realizan laminados en posición vertical y para que no descuelgue se eligen resinas tixotrópicas que se deben solicitar al suministrador.
- Reactividad: Rapidez con la que se produce la reacción de polimerización. (Según fabricante).

5.1.2 Fibra de vidrio La fibra de vidrio es un material que consta de numerosos filamentos extremadamente finos de vidrio, obtenido mediante estiramiento del mismo.

5.1.2.1 Tipos de fibra - formas comerciales En la industria de los plásticos reforzados con fibras de vidrio, dependiendo de la pieza que se desee obtener como el método de conformación utilizado existen una amplia gama de formas de fibras de vidrio en el mercado que se pueden emplear.

5.1.2.2 Roving. Es una hebra de hilos continuos de filamentos de fibra de vidrio, fabricado con un vidrio Tipo E. Se utiliza para pultrusión y bobinado filamentario. El roving sin torsión se utiliza generalmente para el proceso de laminado por spray.

Ilustración 1. Roving.



5.1.2.2.1 Hilo cortado (fibra larga). Está formado por hilos continuos de vidrio tipo E cortados a longitudes específicas, los cuales están diseñados para usarse en compuestos moldeables de resinas poliéster y epoxi, así como para mezclado en seco en aplicaciones con resinas fenólicas. Tiene múltiples aplicaciones en la industria eléctrica, del transporte y en compuestos moldeables. Se utiliza en procesos de termo compresión e inyección.

Ilustración 2. Hilo cortado (fibra larga).



5.1.2.2.2 Hilo cortado (fibra corta). El hilo cortado está formado por hilos continuos cortados a longitudes específicas. Está fabricado con Vidrio Tipo E. se usa como refuerzo de termoplásticos.

Ilustración 3. Hilo cortado (fibra corta).



5.1.2.2.3 Fibra molida. La fibra molida está compuesta por filamentos de vidrio recubiertos con un apresto especial para hacerlos compatibles con resinas específicas y molidos para proporcionar una densidad específica a granel. Esta fibra es molida y posee una longitud promedio determinada ésta por el tipo de hilo base.

Ilustración 4. Fibra molida.



5.1.2.2.4 Mat de hilos cortados. Se componen de fibras de vidrio cortadas unidas entre sí utilizando un aglutinante en emulsión o polvo de poliéster. Se utilizan como soporte del gel coat y refuerzo de laminado para el moldeo de contacto (hand lay-up) para fabricación de embarcaciones, tablas de surf, tableros, tanques y otras aplicaciones diversas.

Ilustración 5. Mat de hilos cortados.



5.1.2.2.5 Mat de filamento continuo. El mat de filamento continuo son fibras de vidrio continuas que forman una tela no tejida constituyendo un aglomerado compacto como felpa. La fibra se mantiene unida por el agregado de una resina de poliéster insaturado. Es especialmente adecuado para moldeo de laminados por compresión así como para su uso en procesos de pultrusión.

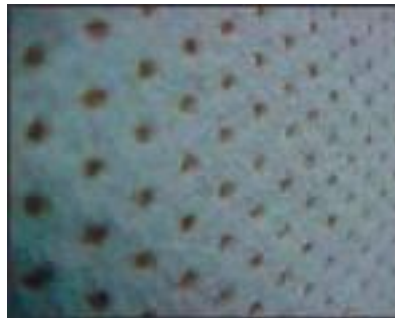
Ilustración 6. Mat de filamento continuo.



Matline plus (core).

Es un textil no tejido hecho de finas fibras de poliéster, fabricada en un proceso continuo. Se utiliza para aumentar la resistencia del laminado, sustituyendo varias capas equivalentes al espesor utilizado con fibra MAT por una de MATLINE. Reduce el peso, ya que el consumo de resina es aproximadamente del 30% menos obteniéndose el mismo espesor, da mayor dureza, y mejor acabado a la pieza. Su aplicación debe ser siempre en sándwich: fibra, matline, fibra.

Ilustración 7. Matline.

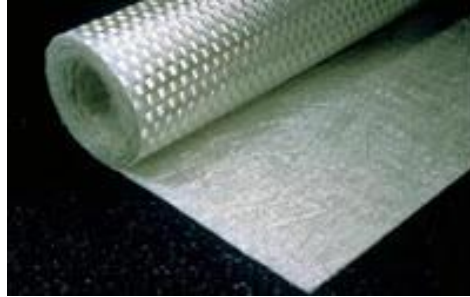


Tejidos.

Estas telas están conformadas por rovings tejidos, son telas de alto rendimiento, se usa para producir telas de alta resistencia, para aplicaciones estructuralmente

sólidas, tales como contenedores de transporte, armadura balística, alas de aeronaves y puertas.

Ilustración 8. Tejidos.



Velos.

Son finas telas de fibra de vidrio (tejida o no tejida) que presentan una superficie lisa y altamente uniforme. Se utilizan generalmente como capa superficial en laminados para dar un acabado suave a las piezas conformadas. También son llamados velos de superficie.¹³

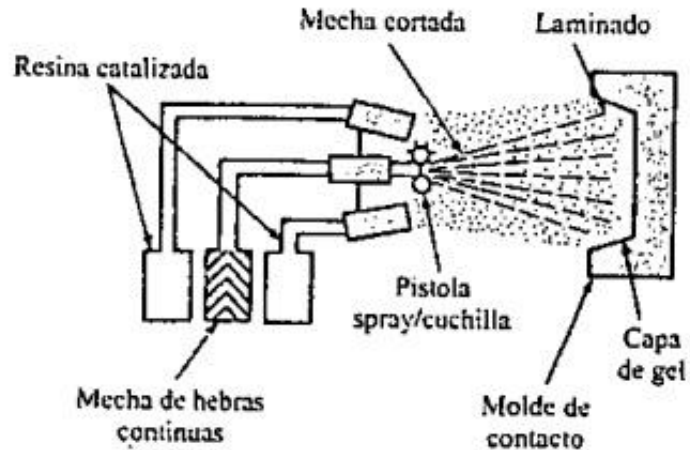
Ilustración 9. Velos.



¹³ TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS Fibra de vidrio. [en línea] disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>

5.2. MOLDEO POR ASPERSIÓN - PROCESO UTILIZADO POR LA EMPRESA

Ilustración 10. Funcionamiento de la pistola.



Fuente GRECO S.A.

Moldeo por Aspersión: En este proceso, la fibra de vidrio, la resina y en algunos casos las cargas minerales son lanzadas simultáneamente contra la superficie del molde por medio de un equipo apropiado. Se trata de un proceso de molde abierto adecuado a escalas de producción bajas y medianas. El asentamiento de la fibra de vidrio en los contornos del molde se hace con rodillos y brochas. Se necesitan varias aplicaciones con la pistola de aspersión para lograr el espesor deseado en la pieza. Generalmente este proceso utiliza solamente resinas poliéster curadas a la temperatura ambiente. Si se desea, pueden usarse estufas para acelerar el curado.

Ilustración 11. Aplicación manual de materiales compuestos.



Sólo una de las superficies presenta un buen acabado. En general, esa superficie es moldeada sobre el gel coat. El gel coat debe ser aplicado en el molde y la fibra de vidrio y resina se depositan sobre él. La fibra de vidrio tejida puede ser usada para reforzar áreas específicas del laminado. El moldeo por aspersion así como el proceso manual, requieren de una baja inversión en moldes y equipos, además de ser extremadamente sencillos, también son adecuados para el moldeo de partes complejas. Las cargas minerales (calcita, alúmina hidratada, etc.) pueden ser agregadas a la resina con el objeto de reducir costos o conferir propiedades especiales a las piezas.

El proceso de aspersion, en definitiva consta de los siguientes pasos:

- El molde es encerado y pulido para un fácil desmoldado, en este caso una lámina de aluminio delimitada y empapelada de acuerdo a las necesidades de construcción del furgón.
- El gelcoat se aplica a la superficie del molde y se deja endurecer antes de construir cualquier otra capa.

Ilustración 12. Capas de gelcoat.



- Se realiza una aspersión de resina poliéster antes de la aspersión de los materiales compuestos.
- La resina, el catalizador, y la fibra cortada se rocía en la superficie del molde con la ayuda de una pistola de mano.

Ilustración 13. Aspersión de la resina y la fibra de vidrio.



- Un rodillo se utiliza para la compactación de la capa de fibra y resina rociada para crear una superficie del laminado uniforme y lisa. El aire atrapado es removido.

Ilustración 14. Compactación con el rodillo.



- Una vez realizada la aspersion de la resina y la fibra de vidrio, se superponen telas de Palatal (fibra de vidrio).

Ilustración 15. Aplicación de telas Palatal.



- Nuevamente se utiliza el rodillo para compactar el palatal.

Ilustración 16. Compactación del palatal con el rodillo.



- Se realiza de nuevo una aspersión de resina, catalizador y fibra cortada.

Ilustración 17. Aspersión de resina y fibra de vidrio sobre el palatal.



- Se utiliza el rodillo por última vez retirando cualquier exceso de aire y compactar todo el proceso.
- El laminado se cura a temperatura ambiente.

Ilustración 18. Lamina terminada en proceso de curado.



La pieza se desmolda y se envía para un mecanizado posterior.^{22 23 24}

5.2.1. Desventajas

- No es apto para la fabricación de piezas que tienen altos requerimientos estructurales.
- Es difícil controlar la fracción de volumen de fibra, así como el grosor. Estos parámetros dependen en gran medida la habilidad del operador.
- Debido a su naturaleza de molde abierto, la emisión de estireno es una preocupación.
- El proceso ofrece un buen acabado superficial de un lado y un acabado de superficie áspera del otro lado.

²² PLASTIFORMAS DE MÉXICO S.A. DE C.V. Búsqueda de procesos de laminado de fibra de vidrio. [en línea] disponible en: <http://www.plastiformas.com/procesos.html>

²³ MARIANO. TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS. [Mensaje de Blog]. Materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado, 24 de oct. 2011, [en línea] disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-spray-espreado-de-materiales.html>. (Consulta: 15 jul. 2015).

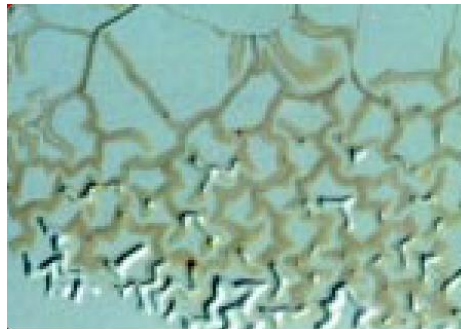
²⁴ PLASTIFORMAS DE MÉXICO S.A. DE C.V. Búsqueda de procesos de laminado de fibra de vidrio Fibra de vidrio – Procesos. (Consulta 26 jul. 2015). [en línea] disponible en <http://www.plastiformas.com/procesos.html>

- El proceso no es adecuado para zonas donde la precisión dimensional y la repetitividad del proceso son las principales preocupaciones. El proceso de pulverización no ofrece un buen acabado superficial o de control dimensional de ambos o todos los lados del producto.

5.2.2. Problemas en la aplicación

5.2.2.1. Piel de cocodrilo

Ilustración 19. Piel de cocodrilo.



CAUSAS

- Presencia de gotas de catalizador, agua o solvente.
- Laminación prematura sobre el gelcoat.
- Gelcoat delgado.
- Gelcoat subcurado.

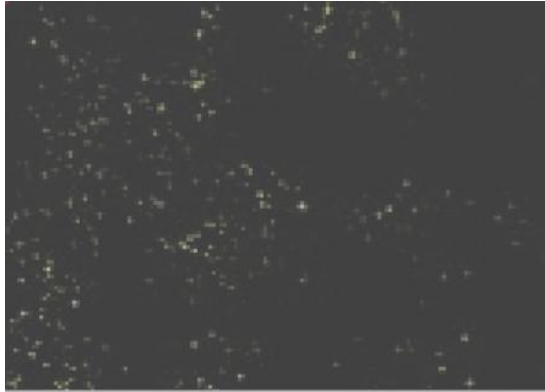
SOLUCIÓN

- Revisar un posible sobreatomizado y/o fugas en la boquilla del MEK peróxido.
- No diluir el gelcoat con solventes.
- plicar mínimo 15 mils. en 3 pasos.
- Revisar el nivel del catalizador (1.5 -2.5%).-Temperatura de trabajo mayor de 15°C.

- Revisar una posible presencia de agua en la línea de aire o en los moldes.
- Homogeneizar bien el catalizador

5.2.2.2. Puntas de alfileres

Ilustración 20. Puntas de alfileres.



CAUSAS

- Aire atrapado por atomización.
- Catalizador.
- Aplicación rápida y gruesa.
- Contaminación con solventes.
- Contaminación con agua o aceite
- Fugas en las bombas (cavitación)

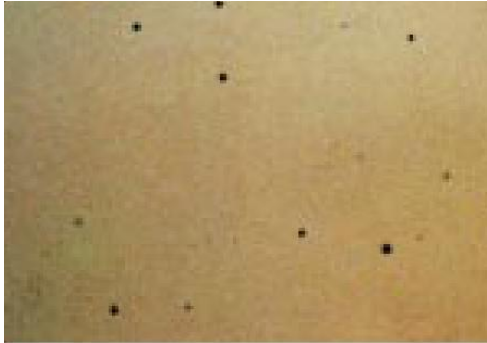
SOLUCIÓN

- Controla la presión entre 30 y 50psi.
- Usar el tipo de catalizador y el % recomendado por el fabricante del gelcoat.
- Aplicar mínimo 15 mils. en mínimo 3 pasos para ayudar a desairear entre capas. Máximo 24 mils.
- No diluir el gelcoat con ningún solvente no polimerizable.
- Revisar la línea de aire comprimido.

- Revisar posibles fugas en el equipo, pues se pueden convertir en entradas de aire.

5.2.2.3. Ojo de pez

Ilustración 21. Ojo de pez.



CAUSAS

- Contaminación con aceite, agua o Siliconas.
- Gelcoat muy delgado.
- El gelcoat ha perdido tixotropía

SOLUCIÓN

- Revisar la línea de aire comprimido, las trampas el agua y el lubricante.
- Revisar la higiene del molde y el tipo de cera desmoldante.
- Espesor mínimo 15 mm.
- Aplicado en 3 pasos.

5.2.2.4. Chorreo

Ilustración 22. Chorreo.



CAUSAS

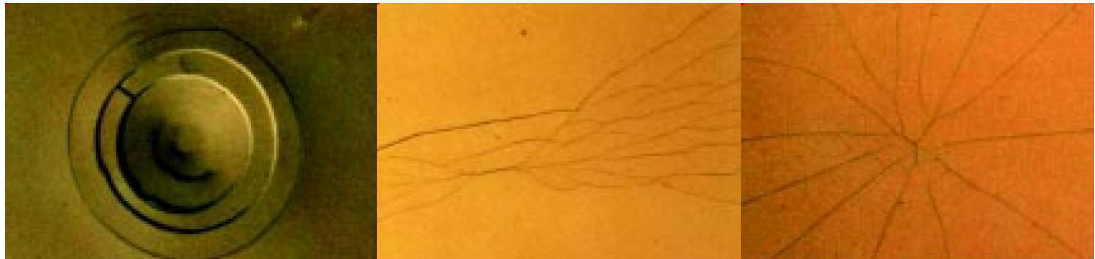
- Excesivo gelcoat.
- Baja tixotropía.
- Cera desmoldante.
- Soplado del gelcoat.

SOLUCIÓN

- Aplicar entre 15 -24 mm. en 3 pasos.
- No sobredispersar el gelcoat en la adición de pigmentos. Esto rompe la tixotropía original.
- Evitar el uso de ceras a base de siliconas.
- El equipo aspersa el gelcoat, pero no lo debe soplar sobre el molde.

5.2.2.5. Telarañas, grietas y estrellado

Ilustración 23. La imagen de la izquierda muestra el efecto de las telarañas, la imagen de la mitad muestra las grietas y la imagen de la derecha muestra el estrellado.



CAUSAS

- Impacto del lado del laminado.
- Excesivo espesor del gel coat.
- Marcas o defectos del molde.
- Impacto del lado del gelcoat.
- Técnica de desmolde incorrecta.
- Desmolde rápido. Pieza subcurada.
- Falla del gelcoat ante esfuerzos de flexión.

SOLUCIÓN

- Revisar el sistema de desmolde.
- Revisar los martillos o los mazos utilizados.
- Controlar el espesor en máximo 24 mils.
- Reparar el molde.
- Tener cuidado al desmoldar y al manejar el producto terminado.
- No adicionar estireno al gelcoat.

5.2.2.6. Demarcación de la fibra

Ilustración 24. Demarcación de la fibra.



CAUSAS

- Gel coat muy delgado o subcurado.
- Marcas en el molde.
- Exceso de resina en el laminado.
- Alto calor de exotermia.
- Desmolde prematuro.

SOLUCIÓN

- Espesor mínimo de 15 mm. aplicado en 3 pasos. Catalizar con 1.5-2.5% MEK-p.
- Aislar las capas de mat en contacto con el gelcoat, disponiendo roving picado o mat.
- Controlar la resina y el desmolde

5.2.3. Herramientas Siendo el proceso de moldeado por spray de materiales compuestos un proceso manual, es necesario el uso de dispositivos que faciliten y disminuyan en gran medida el tiempo de preparación de las materias primas y el

método de aplicación de estos materiales, buscando una mejor calidad en el producto final.

Estos equipos aumentan la velocidad de producción y cortan el tiempo requerido para la aplicación de las materias primas que cada uno maneja. El equipo de fibra de vidrio combina y corta la misma fibra, la impregna con resina, que a su vez se cataliza al momento de salir de la pistola del equipo. El equipo de gelcoat permite distribuir la capa de gelcoat más uniformemente que mediante proceso manual además que corta el tiempo de aplicación. Los equipos de poliuretano son requeridos para la aplicación de esta materia prima sobre las superficies que se pretenden aislar.

5.2.3.1 Pistola de aspersion y pulverización Existen dos tipos de pistolas, las de mezcla interna y las de mezcla externa, pero las que brindan mejores condiciones de trabajo, mayor vida útil y menos mantenimiento son las segundas, además de ser las utilizadas por la empresa.

La pistola de aspersion Indy-X Chop es un diseño evolutivo que reduce la fatiga del operador a través de la reducción de peso brindando una mayor maniobrabilidad, presenta un diseño simple que posee menos piezas que las demás pistolas de aspersion. El chorro de la resina o del revestimiento de gel y el chorro del catalizador impactan cuando salen de la boquilla de pulverización. El catalizador se atomiza con la presión de aire para alcanzar una alta calidad de mezcla. La mezcla externa disminuye las obstrucciones internas del material curado.^{25 26}

²⁵ GRACO Pistola de aspersion y pulverización indy-x chop. [En línea]. Disponible en: <http://www.graco.com/co/es.html>.

²⁶ MCC. EQUIPMENT Y SERVICE CENTER. Manuales de la pistola de aspersion y pulverización indy-x chop. Sep. 3 2014, [En línea]. (Consulta: 26 jul. 2015). Disponible en: http://www.mccind.com/pdf_manuals_frp/2357500%20INDY20Chop%20per%20Gun%20User%20Manual%20GC-388%20REV%20E.pdf.

Ilustración 25. Pistola indy-x chop.

Indy-X Chop

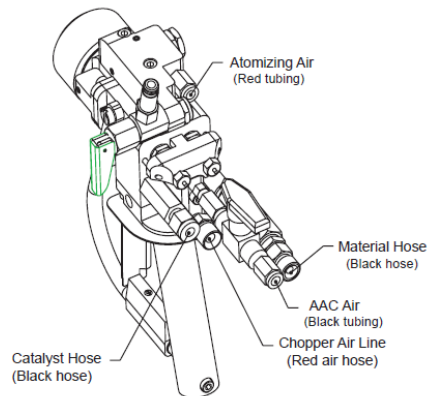
*External-Mix Low Emission
Dispense Gun*



Fuente GRACO S.A

ACCESORIOS DE LA MANGUERA

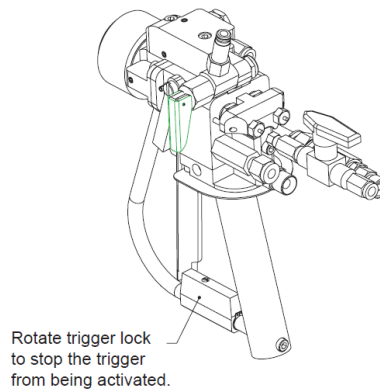
Ilustración 26. Accesorios de la manguera. Fuente GRACO S.A.



Fuente GRACO S.A

SEGURO DEL GATILLO

Ilustración 27. Seguro del gatillo



Fuente GRACO S.A

5.2.3.2. Cortador de fibra de vidrio El cortador de fibra de vidrio ayuda a mejorar el tiempo de actividad. Los trabajadores pueden cambiar fácilmente las cuchillas. El cortador de alto rendimiento le permite la salida de vidrio que necesita con un menor número de hebras de mecha. Menos cadenas significan menos posibilidades de enredo, un manejo más fácil y más tiempo de actividad.^{27 28}

Ilustración 28. Cortador de fibra de vidrio

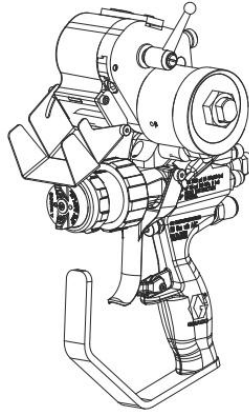


Fuente GRACO S.A

²⁷ GRACO Cortador de fibra de vidrio. [En línea]. Disponible en: <http://www.graco.com/co/es.html>.

²⁸ GRACO INC. Búsqueda de productos y/o soluciones para la aplicación de materiales compuestos. Manuales del cortador de fibra de vidrio. Sep. 3 2014, [En línea]. Disponible en: http://www.graco.com/content/dam/graco/tech_documents/manuals/3A1/3A1194/historic/3A1194EN-A.pdf. (Consulta: 26 jul. 2015).

Ilustración 29. Cortador y pistola ensamblados



Fuente GRACO S.A

5.2.3.3. Sistema de corte/impregnación para la producción de compuestos - Cart Mast & Boom and System External

CARACTERÍSTICAS

- El sistema está optimizado para la estabilidad de la proporción.
- Aumenta el tiempo útil de producción con las bombas y componentes.
- Bomba catalizadora de proporción ajustable
- no se requieren herramientas para un cambio de proporción rápido y efectivo.
- Vínculo verdaderamente diseñado para un control de la proporción superior.
- Disponible en proporción de bomba de 13:1^{29 30}.

²⁹ GRACO Sistema de corte/impregnación para la producción de compuestos - cart mast & boom and system external. [En línea]. Disponible en: <http://www.graco.com/co/es.html>.

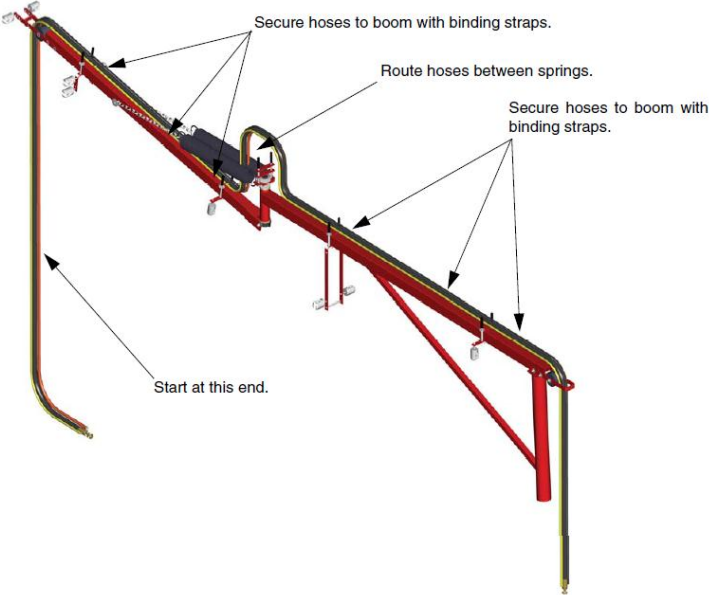
³⁰ MCC. EQUIPMENT Y SERVICE CENTER. Manuales del cart mast & boom and system external, sep. 3 2014, [En línea]. Disponible en: http://www.mccind.com/pdf_manuals_frp/GC328B_rs_cart_mast_boom_install.pdf. (Consulta: 26 jul. 2015).

Ilustración 30. Cartmast & boom



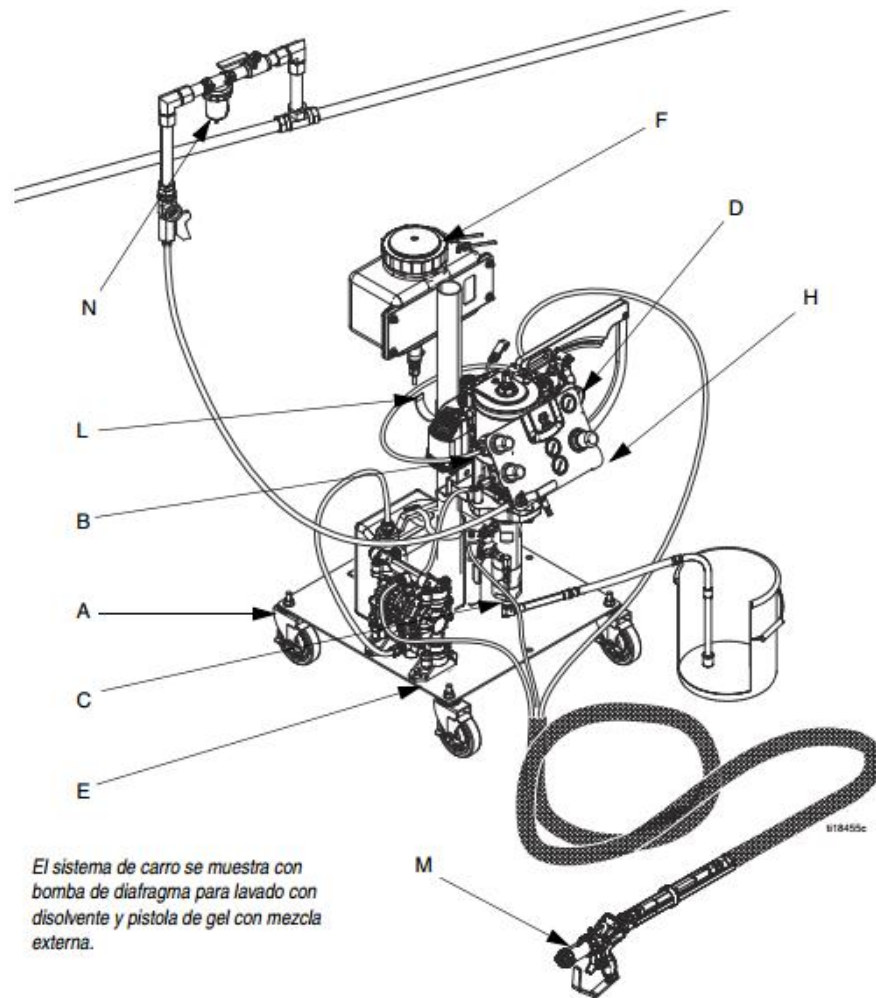
Fuente GRACO S.A

Ilustración 31, Brazo del dispositivo



Fuente GRACO S.A

Ilustración 32, Detalles del dispositivo



Leyenda:

- | | |
|---|--|
| A Carro | H Tablero de control de aire |
| B Motor neumático | J Calentador (no se muestra) |
| C Bomba de desplazamiento para resina | K Cable de conexión a tierra (no se muestra) |
| D Bomba de catalizador | L Gancho soporte para la bobina de manguera para resina (solo conjuntos de manguera de 7,60 m [25 pies] y 10,70 m [35 pies]) |
| E Lavado con disolvente (se muestra la opción de bomba de diafragma, también hay disponibles opciones de recipiente a presión)* | M Pistola de pulverización |
| F Depósito de catalizador | N Separador aire/agua (suministrado por el cliente) |
| G Brazo soporte (no se muestra) | |

* Solo sistemas con mezcla interna

Fuente GRACO S.A

5.3 ESTADO DEL ARTE

A continuación se presentará una descripción de mecanismos implementados en otro tipo de productos que podemos acoplar a nuestro diseño.

5.3.1. CNC (Control numérico por computador) El control numérico o control decimal numérico (CNC) es un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta principal.

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.^{31 32 33 34}

³¹ XENTE.MUNDO Cortadora y fresadora cnc. [en línea] disponible en: <http://www.xente.mundo-r.com/laco/fresadora.html>.

³² DEVIKER. Cortadora láser CO2 replicable de diseño libre y abierto. [Mensaje de Blog]. 21 jun 2012. [en línea] disponible en: http://summeroflabs.eu/sites/default/files/users/user10/buildlog-bdring_0.jpg. (Consulta: 29 jul. 2015).

³³ XENTE.MUNDO Cortadora y fresadora cnc. [Mensaje de Blog]. 2012. (Consulta: 29 jul. 2015). [en línea] disponible en: <http://www.xente.mundo-r.com/laco/fresadora.html>.

³⁴ INSTRUCTABLES, ARDUINO CONTROLLED CNC / 3D Printer Hybrid. . [Mensaje de Blog]. [en línea] disponible en: 2014. <http://www.instructables.com/id/Arduino-Controlled-CNC-3D-Printer/>. (Consulta: 29 jul. 2015).

Ilustración 33. Cortadora CNC, Modelado 3D.

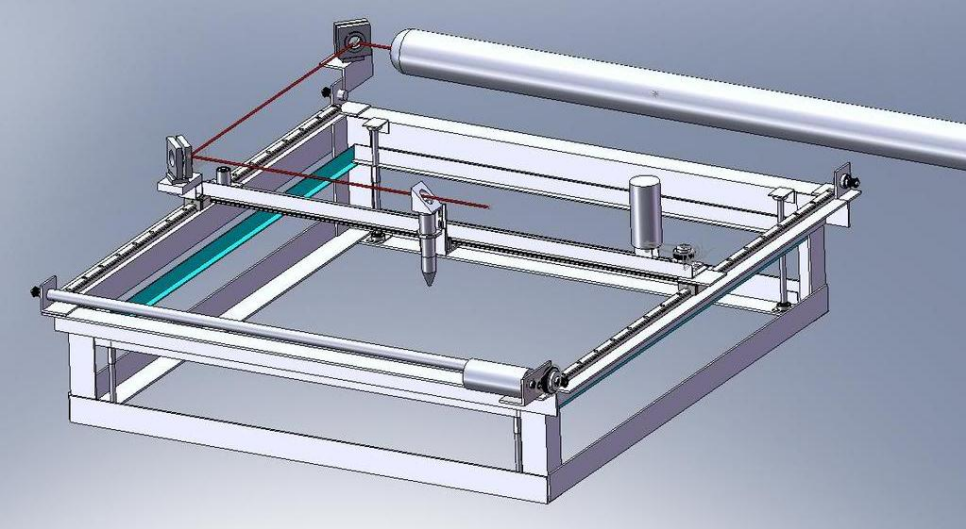


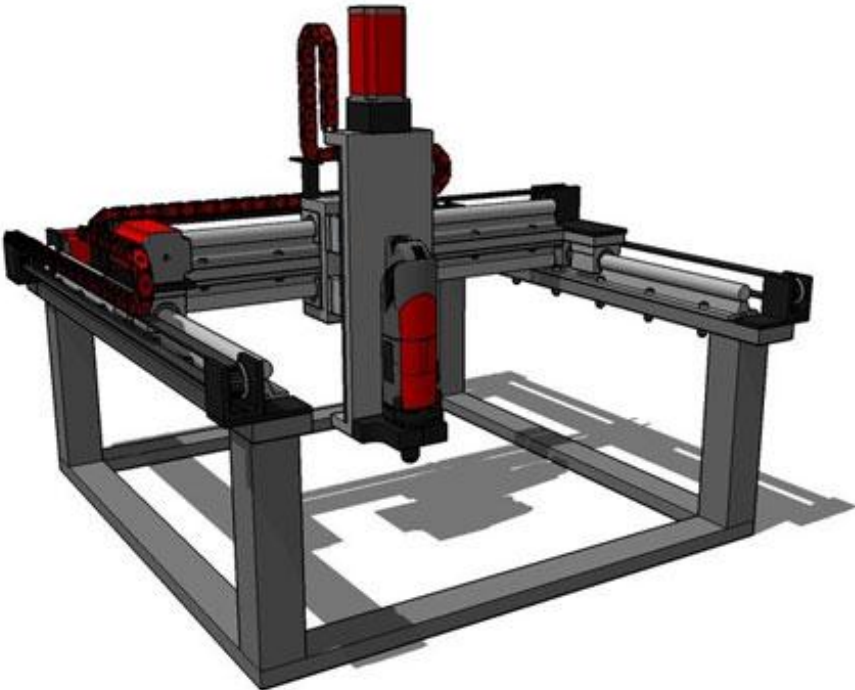
Ilustración 34, Pieza de cortadora CNC



Ilustración 35. Cortadora CNC, Shopbot.



Ilustración 36. CNC, Modelado 3D.



5.3.1.1. Ventajas

- Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- Mayor uniformidad en los productos producidos.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- Fácil control de calidad.
- Se reduce la fatiga del operador.
- Mayor seguridad en las labores.
- Disminución del tiempo de trabajo.
- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.
- Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.

5.3.1.2 Desventajas

- Alto costo de la maquinaria.
- Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.
- Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para un eficiente funcionamiento.
- Los costos de mantenimiento aumentan, ya que el sistema de control es más complicado y surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación.
- Es necesario mantener un gran volumen de producción a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada.

5.3.2. Impresoras 3D

Ilustración 37. Impresora 3D.

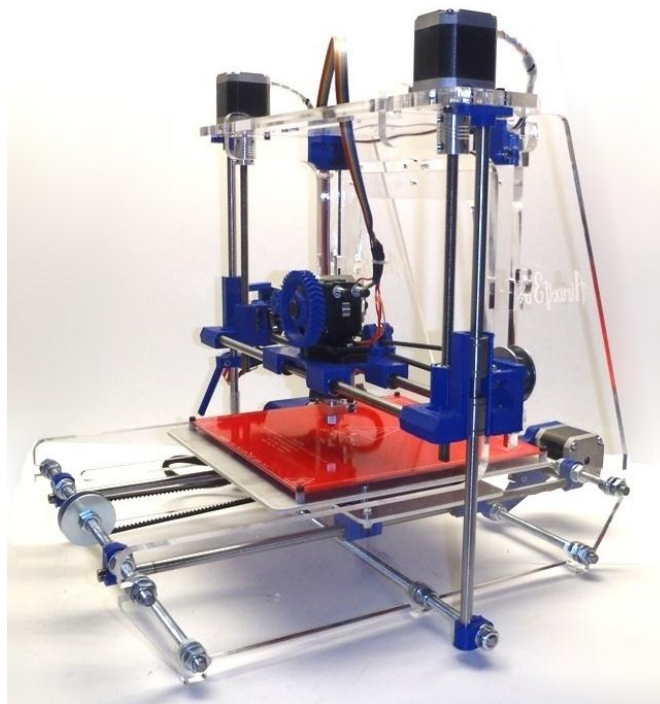


Ilustración 38. Impresora 3D.



Una impresora 3D es una máquina capaz de realizar "impresiones" de diseños en 3D, creando piezas o maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho por ordenador. Surgen con la idea de convertir archivos de 2D en prototipos reales o 3D. Comúnmente se ha utilizado en la matricería o la prefabricación de piezas o componentes, en sectores como la arquitectura y el diseño industrial

Las impresoras 3D normalmente utilizan diversos polímeros como material de impresión, pero además existen clases especiales de impresoras tales como Foodini, impresora que crea comida, o algunas que hasta pueden imprimir casas depositando cemento por capas pero la mayoría de los modelos comerciales actualmente son de dos tipos: de compactación, con una masa de polvo que se compacta por estratos. De adición, o de inyección de polímeros, en las que el propio material se añade por capas.^{35 36}

5.3.2.1. Ventajas

- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- Se reduce la fatiga del operador.
- Mayor seguridad en las labores.
- Disminución del tiempo de trabajo.
- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.

³⁵ GET DEALS, GIVEAWAYS & MORE. Photobucket. [en línea] disponible en: <http://img.photobucket.com/albums/v219/tessen/LASER/laser3d1-1.jpg>.

³⁶ GET DEALS, GIVEAWAYS & MORE. Photobucket. [Mensaje de Blog]. Laser 3d. 2014. [en línea] disponible en: <http://img.photobucket.com/albums/v219/tessen/LASER/laser3d1-1.jpg>. (Consulta: 29 jul. 2015).

5.3.2.2. Desventajas

- La gran desventaja es que los precios son muy elevados. Las impresoras 3D están por alrededor de 3500 dólares. Pero en un futuro, esto podrá cambiar ya que los costos de los artefactos de la tecnología suelen bajar a medida que el tiempo pasa y ya se vuelven obsoletos o viejos dentro del mercado.
- Disminución de puestos de trabajo. La elaboración propia de los productos, y la disminución de maquinaria puede conllevar menos puestos de trabajo en la manufactura.
- Usos malintencionados de la tecnología. Lamentablemente, existe la posibilidad de crear objetos tales como armas de fuego, y el peligro de generalizar este tipo de objetos.
- Aumento de productos inútiles.

5.3.3. Robot articulado – proyección de fibra de vidrio y resina

Ilustración 39, Robot articulado, Aplicación de materiales compuestos.



Ilustración 40. Robot articulado, Aplicación de pintura para acabado.



La serie de Robomat se compone de las robustezas articuladas proyección de la resina y de la fibra de vidrio desarrollada por Matrasur Composites. Los modelos de esta serie están ofreciendo una tecnología de programación que reproduce el movimiento hecho por el operador. Además, con estos robots la programación es simple sin la necesidad de un profesional.^{37 38}

5.3.3.1. Ventajas:

- Disminución de tiempo del proceso de laminado.
- Especial para producción en cadena.
- Estandarización del producto en cuanto a su calidad.
- Construcción de cualquier tipo de molde en cuanto a su geometría.

³⁷ Berliner, Michael. Shobot. Robot articulado. [en línea] disponible en: <http://www.shopbotblog.com/index.php/2014/06/shopbot-will-test-cut-your-design-at-iwf-atlanta-2014/>.

³⁸ BERLINER, MICHAEL. SHOBOT. [Mensaje de Blog]. CNC technology. 11 jun 2014. [en línea] disponible en: <http://www.shopbotblog.com/index.php/2014/06/shopbot-will-test-cut-your-design-at-iwf-atlanta-2014/>. (Consulta: 29 jul. 2015)

5.3.3.2 Desventajas:

- Costos de adquisición elevados
- Al reproducir el movimiento del operario se requiere perfección durante la programación.
- No se puede controlar el espesor de la lámina.

6. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología es una de las etapas específicas de un trabajo o proyecto que parte de una posición teórica y conlleva a una selección de técnicas concretas (o métodos) acerca del procedimiento para realizar las tareas vinculadas con la investigación, el trabajo o el proyecto.

Para el desarrollo del proyecto de diseño se utilizó la metodología para el diseño y desarrollo de productos de Karl Ulrich y Steven Eppinger, la cual establece técnicas que permiten el resultado completo de un producto.

6.1. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

6.1.1. Planeación del producto Se comenzó el proyecto con la definición del problema, y los objetivos necesarios para solucionarlo, para esto se realizaron estudios del estado del arte con los cuales se especificaron las condiciones del producto; esta primera fase fue desarrollada de la siguiente manera:

- Se hizo una investigación acerca de las especificaciones técnicas de las pistolas de aspersión de materiales compuestos, los materiales y herramientas utilizadas, los diseños actuales para el soporte y transporte de las mismas y elementos actuales destinados para otro tipo de tarea que permitan realizar las acciones que se buscan con el dispositivo.
- Adicionalmente se realizó un análisis en cuanto a las características generales, ventajas y desventajas de cada uno de los elementos del estado del arte.

6.1.2. Identificación de las necesidades del cliente En esta etapa del desarrollo del dispositivo de soporte y transporte de pistolas de aspersión fue necesario identificar y recopilar datos e información en base a los deseos y anhelos de los futuros usuarios; los datos fueron interpretados en necesidades del cliente y estas a su vez, clasificadas jerárquicamente definiendo su importancia relativa. Para la obtención de esta información se realizaron entrevistas con las cuales se obtuvieron resultados que fueron gran importancia durante el proceso de diseño arrojando datos para establecer especificaciones y generar conceptos.

6.1.3. Especificaciones del producto Las especificaciones del producto fueron obtenidas a partir de las necesidades del cliente, las cuales diferenciaron el producto de los competidores, e hicieron que el producto sea técnicamente realizable.

6.1.4. Generación y selección de conceptos y alternativas Gracias a la generación y la selección de conceptos y alternativas se pudo evaluar las distintas soluciones al problema planteado, se hizo un paralelo entre sus fortalezas y debilidades, basándonos en criterios de selección como lo son las necesidades del cliente y las especificaciones del producto.

6.1.5. Prueba de conceptos Para realizar las pruebas de concepto se analizaron diferentes métodos de aspersión y mecanismos visibles en el mercado, los cuales determinaron la viabilidad y efectividad del mismo, adicionalmente se realizaron pruebas en diseño asistido por computador para el análisis de materiales y uniones convenientes logrando así los movimientos requeridos.

6.1.5.1. Prueba técnica.

Objetivo: Evaluar los mecanismos de transmisión de movimiento, el funcionamiento, la resistencia de los materiales y la seguridad del dispositivo.

Procedimiento: se realizó el análisis de movimientos, y se seleccionó los mecanismos con las mejores condiciones de resistencia, de esfuerzos y de costos.

Para los modelos 3d se realizaron análisis de resistencia ante cargas en solidworks, y se examinaron las zonas con mayor esfuerzo para evitar rupturas o deformaciones.

6.1.6. Diseño a nivel sistema

Con base en las evaluaciones de los conceptos, y un serio análisis de los materiales se realizan las modificaciones necesarias para incrementar la eficiencia del producto en desarrollo. Esta etapa es repetitiva y debe cumplir con la fase de diseño y prueba del mismo, sólo hasta que se cumpla con los parámetros establecidos en la planeación no se debe abandonar esta etapa^{39 40}.

³⁹ ULRICH, Karl y EPPINGER, Steven. Diseño y desarrollo de producto, México D.F.: McGraw-Hill, 4a edición 2009. Pag. 37, 61, 83, 111, 141, 275.

⁴⁰ GERARDO MGE Manual de Diseño Industrial. Rodríguez,. Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., México. 3a. Edición. Pag. 43.

7. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES

Una parte fundamental para el inicio del diseño del dispositivo es la investigación y análisis del proceso actual, el estado del arte y posibles mecanismos adaptables el, gracias a esta primera etapa identificamos una serie de aspectos que permiten una caracterización y clasificación de algunos atributos que pueden hacer parte fundamental para la definición de las necesidades del proyecto.

Adicionalmente es correcto mencionar que el producto debe contar con sistemas que faciliten el funcionamiento de los dispositivos implícitos (pistola, rodillo) ya que ellos requieren un diseño a detalle para la correcta ubicación de los componentes.

Y finalmente, para concluir la etapa era preciso realizar entrevistas a personal experto en la realización de las paredes de los furgones isotérmicos, los cuales brindaron excelentes datos.

En conclusión, para el análisis de las necesidades se tuvo como referencia las visitas técnicas realizadas a la empresa, el análisis de estado de elementos similares, los dispositivos que debían ser acoplados y por supuesto las opiniones del personal encargado de las labores en el área de aspersión de los materiales compuestos. De esta manera se identificaron las necesidades pertinentes y posteriormente los requerimientos. Se abordaron los aspectos técnicos, tecnológicos y ambientales.

7.1 PROTOCOLO DE LA ENTREVISTA

Objetivo general

Recolectar datos relevantes para el planteamiento de los requerimientos del dispositivo.

Objetivos específicos

- Recolectar datos sobre el uso de los dispositivos que deben ser acoplados al proyecto, establecer los requerimientos técnicos de la pistola y aclarar los factores que puedan influir en la estructura, entre otros.
- Justificar el desarrollo del proyecto y la automatización del proceso.
- Documentar los datos obtenidos.

Desarrollo de la entrevista.

Las entrevistas se llevaron a cabo en las instalaciones de Furgoriente S.A. se conto con la participacion de la ingeniera Julia Isabel Rodrigez gerente general de furgoriente, de Fernando Castañeda y de Andres Mauricio Peña operarios encargados, quienes nos brindaron información acerca del proceso productivo de los paneles de cerramiento de los furgones isotérmicos y con ello se pudo determinar las fallas y aportar una serie de posibles parámetros para el diseño del nuevo dispositivo, los conocimientos de los expertos en el area dieron el punto de partida para establecer los requerimientos estructurales del dispositivo para responder adecuadamente a la actividad mencionada.

7.2 NECESIDADES PARA LA ASPERSIÓN

7.2.1 Angulo de aspersión de la pistola El ángulo de pulverización es el ángulo de apertura que forma el chorro en el momento en que sale del orificio de la boquilla, y es uno de los parámetros fundamentales para la elección de una determinada boquilla.

De hecho, la amplitud del ángulo de pulverización se determina, en relación con la distancia entre el orificio de la boquilla y el objetivo a ser cubierto, la cobertura de pulverización y la densidad del líquido pulverizado con respecto al área de la cubierta.

Es importante tener en cuenta que, debido a varios factores como fuerzas de gravedad y la resistencia aerodinámica, el valor del ángulo de pulverización no se puede mantener, pero en una distancia limitada, normalmente hasta 300 mm desde el orificio se puede mantener un patrón constante.⁴¹

A continuación se muestra una gráfica y la fórmula establecida para el análisis de la aspersión teórica fuera de las condiciones normales del ambiente, luego de obtener este dato se realiza una disminución del 10% para hallar la cobertura de spray real.

⁴¹ ANGULO DE ASPERSIÓN DE LA PISTOLA. [en línea] disponible en: http://www.pnr.eu/catalogo_sfoglia/spray-engineering-handbook/spray-engineering-handbook.pdf

Ilustración 41. Ángulo de aspersión.

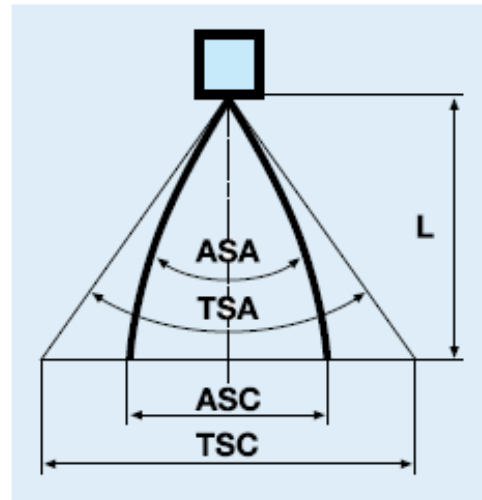
$$TSC = 2 \times L \times \tan\left(\frac{TSA}{2}\right)$$

ASC= Cobertura spray actual

TSC= Cobertura spray teórico

ASA= Ángulo spray actual

L= Distancia spray



Fuente PNR

7.2.2 Selección de la boquilla Dependiendo de las variaciones del diseño de la boquilla de presión de alimentación puede tener una gran influencia sobre el valor del ángulo de pulverización.

En general, con el aumento de la presión de turbulencia boquillas de cono lleno producirá ángulos estrechos mientras que las boquillas de chorro de abanico plano mostrarán una pulverización más amplia.

Tabla 3. Cobertura de pulverización teórica

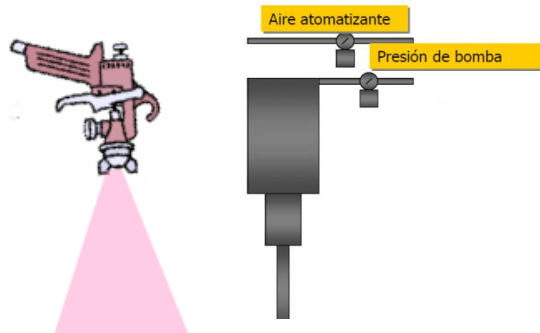
THEORETICAL SPRAY COVERAGE at various distances from nozzle orifice												
Spray Angle	50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	400 mm	500 mm	600 mm	700 mm	800 mm	1000 mm
15°	13	26	40	53	66	79	105	132	158	184	211	263
25°	22	44	67	89	111	133	177	222	266	310	355	443
30°	27	54	80	107	134	161	214	268	322	375	429	536
35°	32	63	95	126	158	189	252	315	378	441	505	631
40°	36	73	109	146	182	218	291	364	437	510	582	728
45°	41	83	124	166	207	249	331	414	497	580	663	828
50°	47	93	140	187	233	280	373	466	560	653	746	933
60°	58	116	173	231	289	346	462	577	693	808	924	1150
65°	64	127	191	255	319	382	510	637	765	892	1020	1270
70°	70	140	210	280	350	420	560	700	840	980	1120	1400
75°	77	154	230	307	384	460	614	767	921	1070	1230	1530
80°	84	168	252	336	420	504	671	839	1010	1180	1340	1680
90°	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	2000
95°	109	218	327	437	546	655	873	1090	1310	1530	1750	2180
100°	119	238	358	477	596	715	953	1190	1430	1670	1910	2380
110°	143	286	429	571	714	857	1140	1430	1710	2000	2290	2856
120°	173	346	520	693	866	1040	1390	1730	2080	2430	2771	3464
130°	215	429	643	858	1070	1290	1720	2150	2570	3002	3431	4289

Fuente PNR

Teniendo en cuenta que la aspersion realizada actualmente en la empresa Furgoriente es en una superficie plana y de manera horizontal se recomienda la utilizacion de las boquillas de chorro de abanico plano, ya que, permiten una pulverizacion amplia y con mayor homogeneidad y se caracteriza por tener un orificio que produce un patron de rocío elíptico con ángulos de 80° y 110°, aunque existen otros ángulos de aspersion.

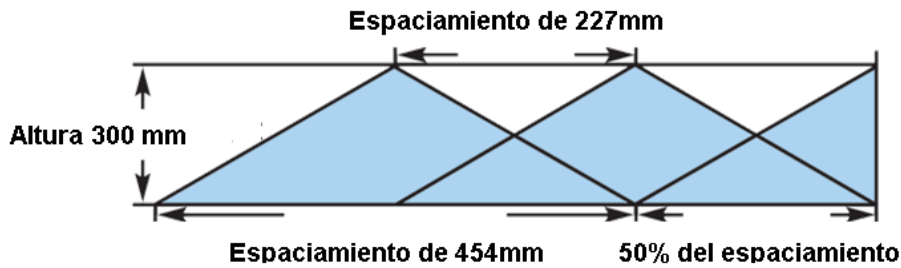
7.2.3 Recomendaciones para la aspersión

Ilustración 42. La imagen de la izquierda muestra la ubicación de la pistola, la de la derecha muestra el ajuste de la misma.



- El ángulo de ubicación de la pistola es de **90°**
- Boquilla de chorro de abanico plano.
- Presión de aire ajustada entre **30 - 50 psi**.
- El ángulo de aspersión de la boquilla debe oscilar entre **80° - 100°**, esto garantizará una aspersión más lineal.
- La altura para la ubicación de la pistola debe estar en un rango de **300 mm - 400 mm** para evitar que las condiciones aerodinámicas afecten el ángulo de salida de la boquilla.
- Cumpliendo los parámetros anteriores tenemos que la longitud de cobertura de la aspersión teóricamente es de 504mm, realizando la disminución del 10% obtenemos una longitud de cobertura de **454 mm**.
- La aspersión debe realizarse superponiendo el 50% de la capa anterior con la nueva capa; es decir que el movimiento de del dispositivo en z debe ser de **227 mm** por cada barrido en el eje x.

Ilustración 43. Grafica de aspersión

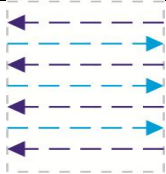


- La aspersión debe ser continua; evitando que los hilos de fibra de vidrio se rompan (la pistola no se puede apagar durante el recorrido).
- El patrón de barrido debe permitir la superposición de las capas en el menor tiempo posible, evitando que se catalice una de ellas antes de mezclarse con la otra.
- El patrón debe realizarse con el menor número de movimientos.
- la pistola debe realizar la menor cantidad de giros.

7.24 Generación de patrones

Tabla 4, Patrón 1.

PATRÓN 1



El patrón numero 1 sugiere una aspersión horizontal en el eje x (pistola encendida) y un desplazamiento en el eje Z (pistola apagada), después de esto vuelve a realizar el recorrido formando el patrón de la gráfica.

Ventajas

- **Aspersión homogénea**
- **Buena adherencia de la resina y la fibra entre capa y capa, por ser recorridos cortos.**
- **No es necesario que la pistola se tenga que girar.**

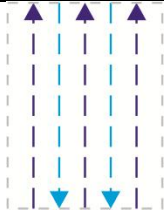
Desventajas

- **Se corre con el riesgo de que el hilo de fibra de vidrio se rompa al apagar la pistola para hacer el recorrido en el eje z.**
- **Número de mov. con la pistola encendida: 35**
- **Numero de mov. con la pistola apagada: 34**

- Total de movimientos: 69.

Tabla 5. Patrón 2.

PATRÓN 2



El patrón numero 2 sugiere una aspersion horizontal en el eje Z (pistola encendida) y un desplazamiento en el eje X (pistola apagada), después de esto vuelve a realizar el recorrido formando el patrón de la gráfica.

Ventajas

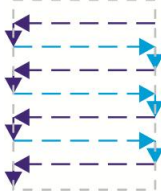
- **Aspersion homogénea**
- **No es necesario que la pistola se tenga que girar.**
- **Número de mov. con la pistola encendida: 10.**
- **Numero de mov. con la pistola apagada: 11.**
- **Total de movimientos: 21.**

Desventajas

- **Se corre con el riesgo de que el hilo de fibra de vidrio se rompa al apagar la pistola para hacer el recorrido en el eje z.**
- **Mala adherencia de la resina y la fibra entre capa y capa, por ser recorridos largos.**

Tabla 6. Patrón 3.

PATRÓN 3



El patrón numero 3 sugiere una aspersion horizontal en el eje X y otra en el eje Z sin detener ni girar la pistola, después de esto vuelve a realizar el recorrido formando el patrón de la gráfica.

Ventajas

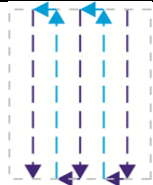
- **La pistola no se gira.**
- **Buena adherencia de la resina y la fibra entre capa y capa, por ser recorridos cortos.**
- **Recorrido continuo.**

Desventajas

- **Total de movimientos: 69.**
- **Aspersion semi-homogénea**

Tabla 7, Patrón 4.

PATRÓN 4



El patrón numero 4 sugiere una aspersión horizontal en el eje Z y otra en el eje X sin detener ni girar la pistola, después de esto vuelve a realizar el recorrido formando el patrón de la gráfica.

Ventajas

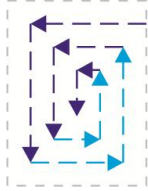
- La pistola no se gira.
- Total de movimientos: 21
- Recorrido continuo.

Desventajas

- Mala adherencia de la resina y la fibra entre capa y capa, por ser recorridos largos.
- Aspersión semi-homogénea.

Tabla 8. Patrón 5.

PATRÓN 5



El patrón numero 5 sugiere una aspersión en forma de espiral en los ejes X y Z, girando la pistola de manera perpendicular al eje y sin detener la aspersión, formando el patrón de la gráfica.

Ventajas

- Recorrido continuo.
- Total de movimientos: 43

Desventajas

- Mala adherencia de la resina y la fibra entre capa y capa, por presentar algunos recorridos largos.
- Giro de la pistola.
- Aspersión semi-homogénea.

Tabla 9. Criterio de selección de patrón de aspersion.

Criterios de selección		Patrón 1		Patrón 2		Patrón 3		Patrón 4		Patrón 5	
		Calificación		Calificación		Calificación		Calificación		Calificación	
Barrido homogéneo	30%	5	1.5	5	1.5	4	1.2	4	1.2	3	0.9
Continuidad en el recorrido	20%	2	0.4	2	0.4	5	1.0	5	1.0	5	1.0
Superposición de capas en el menor tiempo posible	15%	4	0.6	2	0.3	4	0.6	2	0.3	3	0.45
Movimientos cortos	15%	4	0.6	2	0.3	4	0.6	2	0.3	3	0.45
Menor numero de movimientos.	10%	2	0.2	4	0.4	2	0.2	4	0.4	3	0.3
Menor numero de giros de la pistola	10%	5	0.5	5	0.5	5	0.5	5	0.5	3	0.3
TOTAL		3.8		3.4		4.1		3.7		3.4	
CONTINUA		NO		NO		SI		NO		NO	

Después de realizar un análisis de posibles patrones para la aspersion, se seleccionó el número 3, puesto que permite una buena adherencia de la resina y la fibra entre capas (recorridos cortos); al presentar un movimiento continuo tiene un grado de confiabilidad más alto que los demás, ya que, disminuye el riesgo de que los hilos de fibra se rompan y facilita el manejo de la pistola, ya que, no es necesario girarla durante el recorrido.


8. ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

A continuación se especifican las necesidades encontradas para la realización del proyecto luego de realizar las entrevistas. Adicionalmente se establecieron otras necesidades en base a los requerimientos técnicos de las pistolas de aspersión, y las estructuras que la soportan.

Tabla 10. Necesidades del producto.

Concepto	Enunciado según experto	Necesidad interpretada
Objetivo del proyecto	Estructura móvil semiautomática	La estructura permite la movilidad de la pistola de manera automática
		La estructura acciona automáticamente a la pistola para iniciar la aspersión.
		La estructura permite el montaje del dispositivo de la pistola y el rodillo.
	Obtención de láminas con calibres uniformes y controlados (mayor calidad)	El dispositivo permite la obtención de láminas con el calibre requerido por el cliente.
	Reducción de desperdicio de material.	El dispositivo controla las dimensiones de las láminas que se van a construir, por lo que no hay desperdicio de material
Justificación del proyecto	Desarrollo de un dispositivo semiautomático para reemplazar los procesos manuales en la producción de paneles de cerramiento de los furgones	Desarrollo de una estructura que funcione como una herramienta para uso industrial dentro de la empresa Furgoriente.

Concepto	Enunciado según experto	Necesidad interpretada
Funciones del dispositivo	El dispositivo debe tener un programa que permita delimitar las dimensiones requeridas para la lamina	El dispositivo tiene un programa controlado por el operario para delimitar las dimensiones de las laminas que se va a construir
	El dispositivo debe tener controles manuales de encendido y apagado.	El dispositivo cuenta con controles manuales que permitan encender y apagar el dispositivo en caso de alguna emergencia (quiebre del hilo de fibra de vidrio).
	El dispositivo debe apagarse automáticamente al finalizar el proceso.	El dispositivo se detiene automáticamente despues de realizar cada barrido para evitar perdidas de material o generar un volumen indeseado.
	El dispositivo debe realizar movimientos en los ejes x y z	El dispositivo se desplaza por toda la plataforma en los ejes x y z
	Las dimensiones de los movimientos debe ser graduables dependiendo la lámina a fabricar	Las dimensiones de la lamina que se va a fabricar deben ser graduable, teniendo como maximas medidas 3 m en el eje "x" y 9 m en el eje "y".
	La velocidad debe ser constante y controlada	El dispositivo que soporta a la pistola debe desplazarse con una velocidad constante para que la aspersion sea homogenea
	El dispositivo debe realizar el barrido con el patrón adecuado.	El dispositivo realiza el desplazamiento bajo un patrón detereminado superponiendo las capas al 50% una sobre otra.

Concepto	Enunciado según experto	Necesidad interpretada
		
	El dispositivo debe tener un rodillo para asentar la fibra.	El dispositivo tiene un rodillo el cual presiona la fibra de vidrio fijando el material y retirando el exceso de aire.
Dispositivos a implementar	Pistola de aspersion	<p>Se requiere una estructura que permita ajustar la altura de la pistola con base en la plataforma.</p> <p>La estructura debe mantener la pistola a una altura constante durante el recorrido.</p> <p>La estructura debe funcionar como soporte del peso de la pistola</p> <p>La estructura debe encender y apagar automáticamente a la pistola</p> <p>La estructura debe tener una carcasa protectora que evite que los materiales se salgan del área de trabajo.</p> <p>La carcasa protectora debe ser retirable y así brindar facilidad de mantenimiento y limpieza</p>
Materiales requeridos	Fibra de vidrio	Se requiere una estructura elevada con ojales que transporte de manera controlada la fibra de vidrio evitando enredos o quiebres de la misma
	Gelcoat y catalizador	Se requiere espacio suficiente para ubicar los contenedores de gelcoat y del catalizador cerca al dispositivo

Concepto	Enunciado según experto	Necesidad interpretada
	Molde	Es necesario una estructura mínima de 3 m x 9 m, que servira de plataforma para la fabricación de las láminas
	Rodillo	El rodillo tiene una longitud mínima de 3 metros, para cubrir toda el area de trabajo.
El rodillo tiene un diametro mínima de 5 cm.		
Aspectos relevantes dentro del marco del desarrollo del proyecto	Fácil mantenimiento	El dispositivo tiene módulos desarmables y no presenta ángulos cerrados que impidan su limpieza
		El dispositivo esta construido con elementos disponibles en el mercado local.
	Resistencia a la humedad y resguarde del exceso de la fibra de vidrio	El dispositivo está construido con materiales y acabados inoxidables y lisos
	El dispositivo debe ser seguro para el operario	El dispositivo no debe tener fillos o aristas sobresalientes que pueda causar algún riesgo al operario.
	Construcción y materiales	Para agilizar y simplificar la producción se debe diseñar con elementos comerciales.
	Conexiones	Las entradas de alimentación y datos estaran disponibles para la implementación de los dispositivos de forma sencilla.
		La ubicación de las entradas de alimentación y datos no deben limitar la ubicación de los dispositivos.
Acoples	Los acoples son de facil y rapido ajuste, garantizando la sujecion durante el movimiento de la	

Concepto	Enunciado según experto	Necesidad interpretada
		estructura que sostiene la pistola y el rodillo.
		El dispositivo tiene un acople que permite sujetar la pistola y el rodillo.
		El dispositivo cuenta con un sistema que sostiene y acciona la pistola.


8.1 JERARQUIZACIÓN DE LAS NECESIDADES

Luego de haber identificado las necesidades, se procede a calificarlas y jerarquizarlas según la importancia.

Para lograr la respectiva jerarquización se utilizó la enumeración propuesta por la metodología de Karl Ulrich en la cual se mide el grado de importancia siendo 3 muy importante y 1 poco importante; el uso de este rango de valores, facilitó el ordenamiento y permitió realizar la respectiva evaluación de cada uno de los conceptos.

Tabla 11. Jerarquización de las necesidades.

Núm.	Necesidad interpretada	Importancia
1	La estructura permite el montaje del dispositivo de la pistola y el rodillo.	3
2	Las dimensiones de la lámina que se va a fabricar deben ser ajustables teniendo como máximas medidas 3 m en el eje "x" y 9 m en el eje "z".	3
3	El dispositivo controla las dimensiones de las láminas que se van a construir para evitar desperdicio de material.	2
4	El dispositivo permite la obtención de láminas con el calibre requerido por el cliente.	3

Núm.	Necesidad interpretada	Importancia
5	El dispositivo tiene un programa controlado por el operario para delimitar las dimensiones de las láminas que se va a construir	3
6	El dispositivo cuenta con controles manuales que permiten encender y apagar el dispositivo en caso de alguna emergencia o quiebre del roving de fibra de vidrio.	3
7	El dispositivo se detiene automáticamente después de realizar cada barrido para evitar pérdidas de material o generar un volumen indeseado.	3
8	Se requiere una estructura que permita ajustar la altura de la pistola con base en la plataforma.	2
9	El dispositivo se desplaza por toda la plataforma en los ejes x y z.	3
10	La estructura acciona automáticamente a la pistola para iniciar la aspersión.	3
11	La estructura permite la movilidad de la pistola de manera automática.	3
12	La estructura que soporta a la pistola debe desplazarse con una velocidad constante para que la aspersión sea pareja y homogénea	3
13	El dispositivo realiza el desplazamiento bajo un patrón determinado, superponiendo las capas al 50% una sobre otra. 	3
14	La aspersión debe ser superpuesta en cada barrido al 50% una de la otra.	
15	El dispositivo tiene un rodillo el cual presiona la fibra de vidrio fijando el material y retirando el exceso de aire.	2
16	La estructura debe mantener la pistola a una altura constante durante el recorrido.	3
17	La estructura debe funcionar como soporte del peso de la pistola	3

Núm.	Necesidad interpretada	Importancia
18	La estructura debe tener una carcasa protectora que evite que los materiales se salgan del área de trabajo.	1
19	La carcasa protectora debe ser retirable y así brindar facilidad de mantenimiento y limpieza	1
20	Se requiere una estructura elevada con ojales que transporte de manera controlada la fibra de vidrio evitando enrredos o quiebres de la misma	3
21	Se requiere espacio suficiente para unicar los contenedores de gelcoat y del catalizador cerca al dispositivo	2
22	Es necesario una estructura mínima de 3 m x 13 m, que sirva de plataforma para la fabricación de las laminas	3
23	El rodillo tiene una longitud mínima de 3 metros, para cubrir toda el area de trabajo.	1
24	El dispositivo tiene modulos desarmables y no presenta ángulos cerrados que impidan su limpieza	1
25	El dispositivo esta construido con elementos disponibles en el mercado local.	2
26	El dispositivo está construido con materiales y acabados inoxidables y lisos	2
27	El dispositivo no debe tener filos o aristas sobresalientes que pueda causar algún riesgo al operario.	2
28	Para agilizar y simplificar la producción se debe diseñar con elementos comerciales.	2
29	Las entradas de alimentacion y datos estarán disponibles para la implementacion de los dispositivos de forma sencilla.	2
30	La ubicación de las entradas de alimentacion y datos no deben limitar la ubicación de los dispositivos.	2
31	Los acoples son de ajuste sencillo, garantizando la sujecion durante el movimiento de la estructura que sostiene la pistola y el rodillo.	3
32	El dispositivo tiene un acople que permite sujetar la pistola y el rodillo.	3
33	El dispositivo cuenta con un sistema de agarre seguro para accionar la pistola.	3

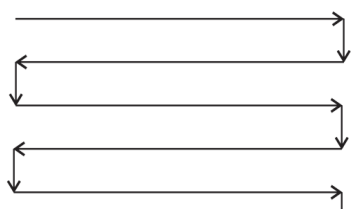
Núm.	Necesidad interpretada	Importancia
34	Modulos con sistema de acople para el montaje de la estructura	3
35	Montaje de los componentes modulares para la configuracion de la estructura	2
36	Lenguaje de uso para el acople de la estructura, los modulos Y los dispositivo debe ser claro y sencillo.	3
37	El rodillo tiene un diametro mínima de 5 cm.	1

8.2 ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

Una vez realizada la identificación de las necesidades se procede al establecimiento de la métrica.

Tabla 12, Especificaciones del proyecto.

Núm. Métrica	Núm. Nec.	Métrica	Import .	Unid.	Rango
1	1 - 30	Sistema de acople de dispositivos.	3	Objetivo	1 - 3
2	2-3-5	Dimensiones de desplazamiento de la pistola - ajustables	3	Metros	Min: Max: 3x9
3	4	Obtencion de laminas con calibre requerido	3	Cm.	Min: 6
4	6	Controles manuales para encender y apagar el dispositivo	3	Objetivo	SI
5	7	Detencion automatica del dispositivo	3	Objetivo	-
6	8-16	Ajuste de la altura de la pistola	2	Cm.	30 - 40
7	9-11	Desplazamiento automatico de la pistola	3	Ejes	X y Z

Núm. Métrica	Núm. Nec.	Métrica	Import .	Unid.	Rango
8	10	La estructura acciona automáticamente a la pistola para iniciar la aspersión.	3	N/A	N/A
9	12	Velocidad constante para el desplazamiento de la pistola	3	Cm/Seg	Eje X 30 Eje Y 80
10	13	El dispositivo realiza el desplazamiento bajo un patrón determinado 	3	Metros	Eje X 3 Eje Z 0.227
11	14	Movimiento en z por cada barrido Superposición de capas 50%	1	Cm.	227
12	15	Longitud del Rodillo	2	Metros	3
13	17	La estructura para soporte la pistola	3	Resistencia material	
				Kgs	2.5
14	18	Carcasa protectora para evitar que los materiales se salgan del área de trabajo.	1	Objetivo	SI
15	19	La carcasa protectora debe ser retirable	1	N/A	N/A
16	20	Estructura elevada con ojales distribuidos de manera controlada para transportar la fibra de vidrio	3	Núm.	5-8
				Dist. Cm.	60-90
17	21	Espacio para almacenar gelcoat y del catalizador.	2	Metros	1.5*1.5
18	22	Dimensiones mínimas de la estructura	3	Metros	3*9
19	23	Longitud del rodillo	1	Metros	3

Núm. Métrica	Núm. Nec.	Métrica	Import .	Unid.	Rango
20	24	Módulos adecuados para el montaje de dispositivos	3	Numero de herramientas a usar	2
21	32	Módulos con sistema de acople para el montaje de la estructura	2	Objetivo	SI
22	33	Montaje de los componentes modulares para la configuracion de la estructura	3	Numero de pasos por modulo	3-6
				Minutos (por modulo)	3-8
23	34	Lenguaje de uso Estructura – modulos Modulos - dispositivo	3	Minutos	25-40
24	25	El dispositivo esta constringido con elementos disponibles en el mercado local.	2	N/A	N/A
25	26	El dispositivo está construido con materiales y acabados inoxidables y lisos	2	N/A	N/A
26	27	El dispositivo no debe tener filos o aristas sobresalientes que pueda causar algún riesgo al operario.	2	N/A	N/A
27	28	Para agilizar y simplificar la producción se debe diseñar con elementos comerciales.	2	Objetivo	SI
28	29	Las entradas electricas y de datos	1	Entrada eléctrica (por dispositivo)	1
29	30	Entradas de alimentacion y datos no deben limitar la ubicación de los dispositivos.	2	Entradas eléctricas para los motores	N/A

Núm. Métrica	Núm. Nec.	Métrica	Import .	Unid.	Rango
30	31	El modulo de agarre de la pistola tienen un accionador electrónico.	3	Grados de desplaza.	10-20°
				Fuerza	3 kg
31	37	Diametro del rodillo	1	Cm.	5

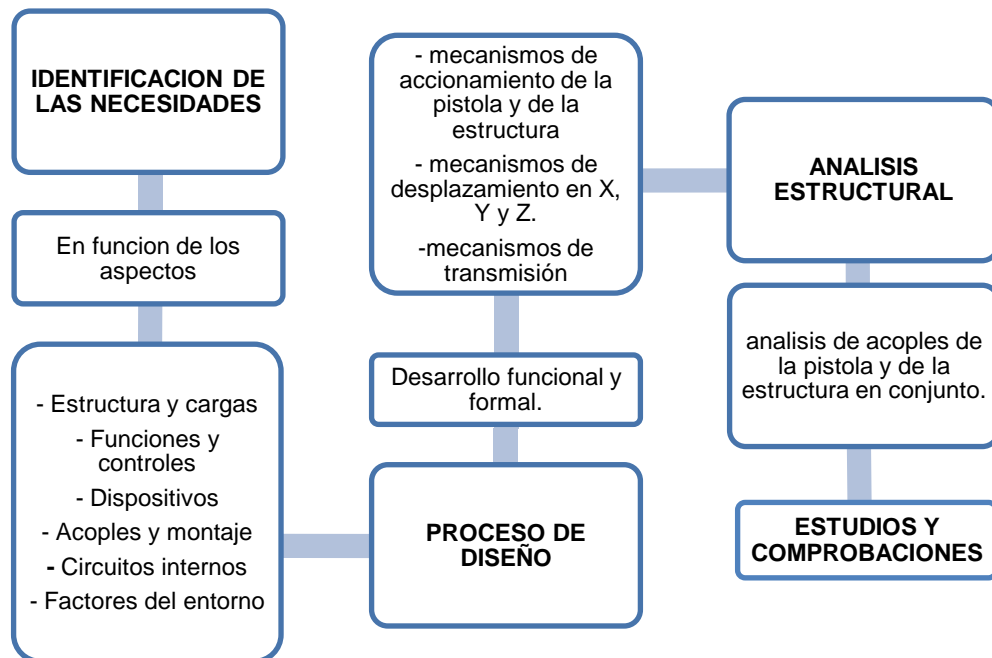
9. GENERACIÓN Y SELECCIÓN DE CONCEPTOS Y ALTERNATIVAS

9.1 DESCOMPOSICIÓN DEL PROBLEMA

Para empezar con el desarrollo del dispositivo se realizó una descomposición del problema en sistemas y subsistemas. Esta desintegración permitió resolver los diferentes aspectos de diseño de forma sencilla y detallada, abordando los parámetros de manera más efectiva. Se trabajó en función de los mecanismos, la modularidad y los acoples tanto de la estructura como de los dispositivos implementados.

9.1.1 Secuencia de análisis del problema de diseño.

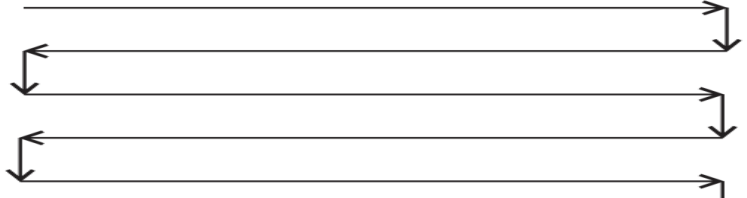
Tabla 13. Secuencia de análisis del problema de diseño.



9.1.2 Descomposición aspectos de diseño A continuación presentamos las necesidades identificadas anteriormente, agrupadas en seis aspectos técnicos relacionados con el diseño del dispositivo. Necesidades clasificadas según los aspectos técnicos y funcionales.

Tabla 14. Clasificación de las necesidades según aspectos técnicos.

Núm. Necesidad	Primer aspecto: Estructura y cargas
1	La estructura permite el montaje del dispositivo de la pistola y el rodillo.
2	Las dimensiones de la lamina que se va a fabricar deben ser ajustables teniendo como maximas medidas 3 m en el eje "X" y 9 m en el eje "Z".
8-16	Se requiere una estructura que permita ajustar la altura de la pistola en base a la plataforma.
9-11	La estructura debe permitir el movimiento de los dispositivos implementados.
17	La estructura debe funcionar como soporte del peso de la pistola
18	La estructura debe tener una carcasa protectora que evite que los materiales se salgan del área de trabajo.
20	Se requiere una estructura elevada con ojales que transporte de manera controlada la fibra de vidrio evitando enredos o quiebres de la misma
22	Es necesario una estructura mínima de 3 m x 9 m que servirá de plataforma para la fabricación de las laminas
24	El dispositivo tiene modulos desarmables y no presenta angulos cerrados que impidan su limpieza
Núm. Necesidad	Segundo aspecto: Funciones y controles
3	El dispositivo controla las dimensiones de las láminas que se van a construir para evitar desperdicio de material.
4	El dispositivo permite la obtencion de láminas con el calibre requerido por el cliente.
5	El dispositivo tiene un programa controlado por el operario para delimitar las dimesiones de las láminas que se va a construir
6	El dispositivo cuenta con controles manuales que permitan encender

Núm. Necesidad	Segundo aspecto: Funciones y controles
	y apagar la estructura en caso de alguna emergencia o quiebre del roving de fibra de vidrio.
7	El dispositivo se detiene automáticamente después de realizar cada barrido (total lamina) para evitar pérdidas de material o generar un volumen indeseado.
9	El dispositivo se desplaza por toda la plataforma en los ejes x y z.
10	La estructura acciona automáticamente a la pistola para iniciar la aspersión.
11	La estructura permite la movilidad de la pistola de manera automática.
12	La estructura que soporta a la pistola debe desplazarse con una velocidad constante para que la aspersión sea pareja y homogénea
13	El dispositivo realiza el desplazamiento bajo un patrón determinado 
14	Las capas en el movimiento en Z deben ser superpuestas al 50% una sobre la otra.
16	La estructura debe mantener la pistola a una altura constante durante el recorrido.
Núm. Necesidad	Tercer aspecto: Dispositivos
15	La estructura presenta un dispositivo el cual presiona la fibra de vidrio retirando exesos de aire y fijando los materiales. (rodillo)
23	El rodillo tiene una longitud mínima de 3 metros, para cubrir toda el área de trabajo.
37	El rodillo tiene un diámetro mínimo de 5 cm.
Núm. Necesidad	Cuarto aspecto: Acoples y montaje
19	La carcasa protectora debe ser retirable y así brindar facilidad de mantenimiento y limpieza
31	Los acoples son de ajuste sencillo, garantizando la sujeción durante

Núm. Necesidad	Cuarto aspecto: Acoples y montaje
	el movimiento de la estructura que sostiene la pistola y el rodillo.
32	El dispositivo tiene un acople que permite sujetar la pistola y el rodillo.
33	El dispositivo cuenta con un sistema de agarre seguro para accionar la pistola.
34	Modulos con sistema de acople para el montaje de la estructura
35	Montaje de los componentes modulares para la configuración de la estructura
36	Lenguaje de uso para el acople de la estructura, los modulos Y los dispositivo debe ser claro y sencillo.
Núm. Necesidad	Quinto aspecto: Circuitos internos
29	Las entradas de alimentación y datos estarán disponibles para la implementación de los dispositivos de forma sencilla.
30	La ubicación de las entradas de alimentación y datos no deben limitar la ubicación de los dispositivos.
Núm. Necesidad	Sexto aspecto: Factores del entorno
21	Se requiere espacio suficiente para ubicar los contenedores de gelcoat y del catalizador cerca al dispositivo
25	El dispositivo está construido con elementos disponibles en el mercado local.
26	El dispositivo está construido con materiales y acabados inoxidables y lisos
27	El dispositivo no debe tener filos o aristas sobresalientes que pueda causar algún riesgo al operario.
28	Para agilizar y simplificar la producción se debe diseñar con elementos comerciales.

9.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

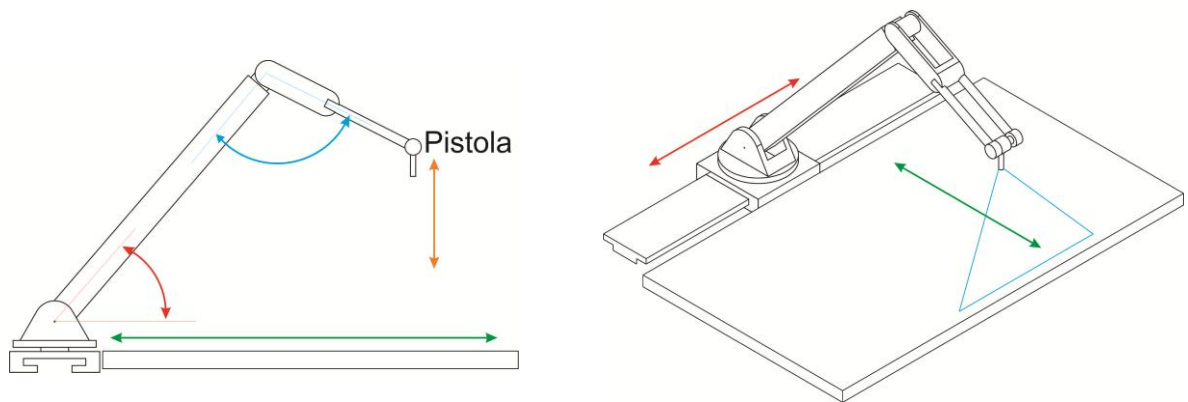
Partiendo de las especificaciones del producto mencionadas anteriormente y basándonos en el análisis de diferentes sistemas para la ejecución de los

movimientos, se plantearon conceptos estructurales que simplificaron el proceso y permitieron el desarrollo de la propuesta.

A continuación mostraremos algunos de ellos, es correcto señalar que ninguna de las ideas presentadas en esta sección conforma la totalidad de la propuesta final.

Concepto 1

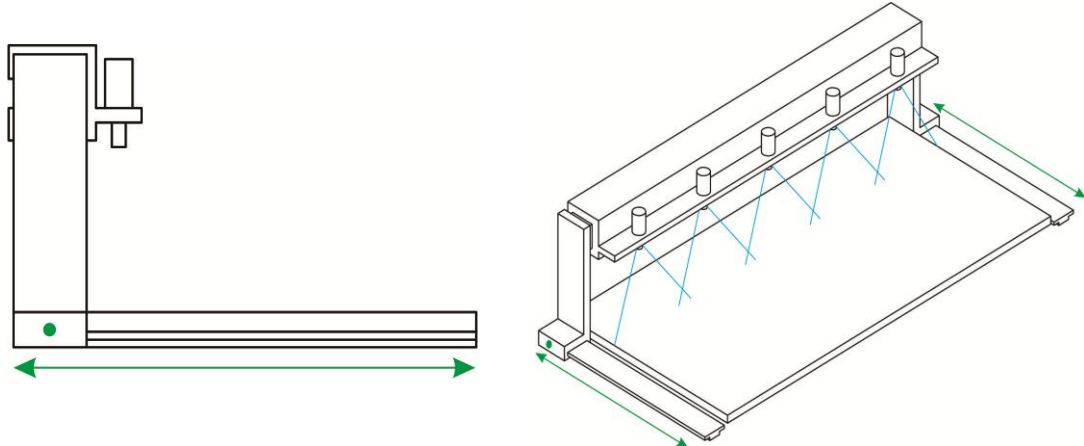
Ilustración 44. Concepto 1, brazo Mecánico.



Esta propuesta estructural está planteada bajo el concepto del brazo robótico, el cual proporciona funciones parecidas a las de un brazo humano; donde las partes de este, están interconectadas a través de articulaciones que permiten el desplazamiento lineal en el eje X, y una guía lineal que transporta la totalidad del brazo para lograr el desplazamiento en el eje Z.

Concepto 2

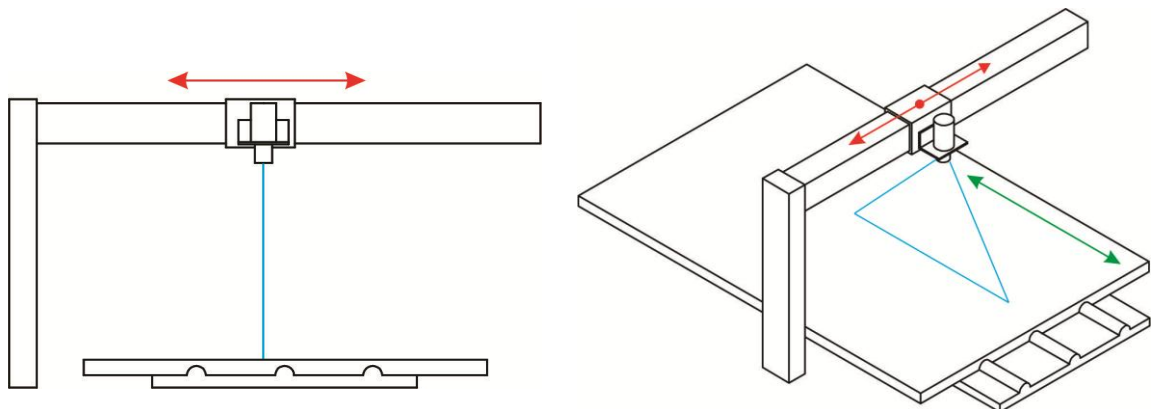
Ilustración 45. Concepto 2, Sistema de riego.



Esta segunda propuesta está basada en un concepto de riego donde el uso de varias pistolas sincronizadas en un mismo carril, descartarían el desplazamiento en el eje X, es decir que el dispositivo únicamente se desplazaría en el eje Z por medio de guías lineales.

Concepto 3

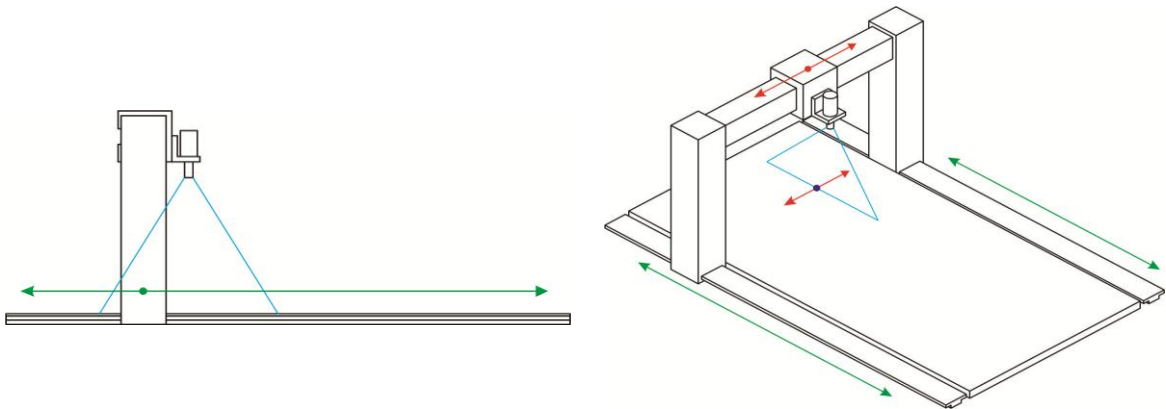
Ilustración 46, Concepto 3, Plataforma móvil.



En esta tercera alternativa se plantea bajo el concepto de desplazamiento de la plataforma en el eje Z y el movimiento por medio de guía lineales de la pistola en el eje X.

Concepto 4

Ilustración 47, Concepto 4, Desplazamiento por guías lineales.

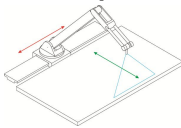
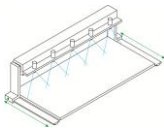
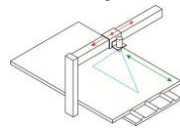
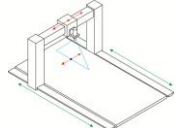


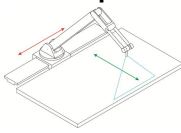
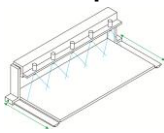
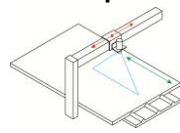
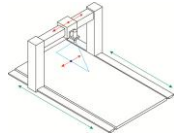
La cuarta propuesta estructural sugiere el desplazamiento de la pistola en los ejes X y Z, por medio de guías lineales, donde la plataforma de aspersión permanece estática.

9.2.1 Selección de conceptos Para la elección de los conceptos se utiliza una matriz de selección en la que se proporciona porcentaje de importancia de los requerimientos que se tuvieron en cuenta en este punto (requerimientos económicos, estructurales y de movimiento).

Se califican los conceptos con un valor numérico de 1 a 5 dependiendo del desempeño que tenga en cada requerimiento, siendo 1 el puntaje más bajo con el que se indica que el concepto no cumple con dicho requerimiento y 5 el más alto implicando que el concepto cumple a cabalidad con el requerimiento evaluado.

Tabla 15. Matriz de selección de conceptos.

Criterios de selección		Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3		Concepto 4	
									
		Calificación		Calificación		Calificación		Calificación	
La estructura permite el montaje del dispositivo de la pistola.	9%	5	0.45	5	0.45	5	0.45	5	0.45
La estructura permite el montaje del dispositivo del rodillo.	9%	1	0.09	5	0.45	3	0.27	5	0.45
La estructura requiere el menor numero de mecanismos, para realizar el barrido.	8%	4	0.32	2	0.16	4	0.32	5	0.4
La estructura permite ajustar la altura de la pistola.	6%	5	0.3	3	0.18	3	0.18	5	0.3
El dispositivo se desplaza por toda la plataforma en los ejes x y z.	14%	5	0.7	5	0.7	5	0.7	5	0.7
El dispositivo realiza el desplazamiento bajo el pato determinado	8%	5	0.4	3	0.24	5	0.4	5	0.4
La estructura debe mantener la pistola a una altura constante durante el recorrido.	9%	4	0.36	5	0.45	5	0.45	5	0.45
Las dimensiones de la lamina a fabricar son ajustables (max 3 m en el eje "x" y 9 m en el eje "y"). flexibilidad	14%	4	0.56	3	0.42	5	0.7	5	0.7
La estructura tiene una plataforma mínima de 3	5%	5	0.25	5	0.25	5	0.25	5	0.25

Criterios de selección	Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3		Concepto 4		
									
	Calificación		Calificación		Calificación		Calificación		
m x 9 m que sirve para la fabricación de las laminas									
El dispositivo esta construido con elementos disponibles en el mercado local.	6%	3	0.18	4	0.24	5	0.3	5	0.3
Para agilizar y simplificar la producción se debe diseñar con elementos comerciales.	6%	3	0.18	4	0.24	5	0.3	5	0.3
Mecanismos de construcción y controladores economicos.	6%	2	0.12	2	0.12	2	0.12	3	0.18
TOTAL	100 %	46	3.73	46	3.66	51	4.14	58	4.88
CONTINUA			NO		NO		NO		SI

El concepto seleccionado es el #4, este sugiere los dos movimientos mediante guías lineales; obtuvo una evaluación ponderada de 4.88, cumpliendo con los requisitos estructurales y económicos, este concepto será evaluado según los mecanismos presentes en el mercado, haciendo un paralelo en cuanto a costos-beneficios-función.

10. DESARROLLO FUNCIONAL

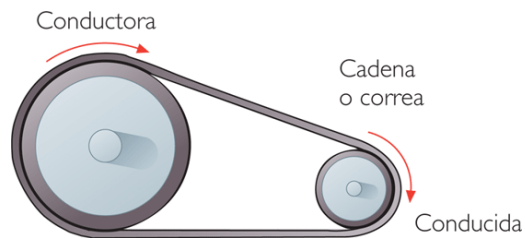
10.1 MECANISMOS Y MOTORES

Una vez seleccionado el concepto más conveniente fue preciso evaluar los tipos de mecanismos presentes en el mercado que permitieran desarrollar la tarea, teniendo en cuenta característica como costos, vida útil y precisión en los movimientos.

10.1.1 Mecanismos Se seleccionaron tres posibles mecanismos: polea-correa dentada, cadena-piñón y tornillo sin fin, los cuales serán brevemente descritos y así demostrar la conveniencia de cada uno dependiendo de la tarea.

Sistema simple de poleas con correa

Ilustración 48. Sist. Simple de poleas con correa.

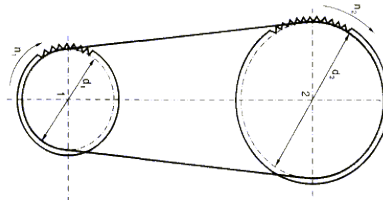


Los mecanismos de correa dentada son positivos y ofrecen una sincronización precisa de velocidad, y a menudo permiten ahorrar en el diseño de una máquina, porque requieren menos espacio, especificación de rodamiento reducida y eliminan los mecanismos de tensión, sin embargo ofrecen un nivel de eficiencia inusualmente alto. Prácticamente cada tipo de industria ha probado y aprobado estos mecanismos de correa dentada. Han sido adoptados como un equipamiento

estándar por una gran variedad de constructores de máquinas y fabricantes de equipos.

Cadena-piñón

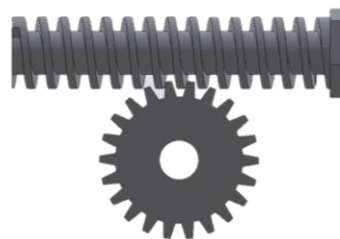
Ilustración 49. Sistema de transmisión por cadena.



Este sistema consta de dos ruedas dentadas (piñones) montados sobre dos ejes paralelos y sobre las cuales se adentran los eslabones flojamente articulados que componen la cadena, de manera que al hacer girar una de ellas (rueda motriz) arrastra a la otra (rueda conducida). El movimiento rotatorio y el movimiento de torsión se transmiten entre ejes por la tracción entre la cadena y las ruedas dentadas.

Tornillo sin fin

Ilustración 50. Tornillo sin fin.



Es una disposición que transmite el movimiento entre ejes que están en ángulo recto (perpendiculares). Cada vez que el tornillo sin fin da una vuelta completa, el engranaje avanza un número de dientes igual al número de entradas del sinfín. El

tornillo sin fin puede ser un mecanismo irreversible o no, dependiendo del ángulo de la hélice, junto a otros factores.

La velocidad de giro del eje conducido depende del número de entradas del tornillo y del número de dientes de la rueda. Se puede entender el número de entradas del tornillo como en número de hélices simples que lo forman. En la práctica la mayoría de tornillos son de una sola entrada, por lo que cada vez que éste dé una vuelta, el engranaje avanza un sólo diente⁴².

Ventajas y desventajas de los mecanismos

Tabla 16, Ventajas y desventajas de los mecanismos.

MECANISMOS		
Polea-correa dentada	+	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten absorber choques en la transmisión, debido a la elasticidad de la correa. • Permiten transmitir potencia entre árboles a distancias relativamente grandes. • Precisa poco mantenimiento, al no ir engrasadas como ocurre en el caso de las cadenas o de los engranajes. • Permite transmitir potencia entre ejes no paralelos (correas planas). • Son fácilmente desacoplables y acoplables. • Pueden alcanzar velocidades bastante elevadas en comparación a las cadenas. • En caso de que el eje de uno de los árboles quede bloqueado, al intentar transmitir el par a través de la polea, se produce el deslizamiento de la misma, por lo que asegura que no se produzcan daños en la máquina.
	-	<ul style="list-style-type: none"> • Generalmente, bajo las mismas condiciones de la transmisión, el costo de las correas dentadas y las poleas

⁴² APRENDEMOS TECNOLOGIA Mecanismos de transmisión de movimiento. . [Mensaje de Blog]. 2014. (Consulta: 12 ago. 2015). [en línea] disponible en: <http://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/>.

MECANISMOS		
		<p>es mucho más altos que el costo de cadenas y piñones.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Precisan de un esfuerzo de pretensado inicial, lo cual produce una sobrecarga inicial del eje que puede producir problemas de fatiga. Este esfuerzo no es necesario en las correas de tipo sincronizado. • Posibilidad de deslizamiento en la transmisión con lo que la relación de transmisión puede sufrir pequeñas variaciones. • Aunque el mantenimiento es bajo, se requiere controlar el tensado de la correa. Una correa destensada puede tener una disminución de rendimiento de hasta el 5%, o no ser capaz de transmitir nada de potencia. • Las pérdidas de potencia suelen ser elevadas, lo cual afecta directamente al rendimiento (94% - 98%). • No pueden soportar condiciones de alta temperatura debido a los materiales elastómeros o sintéticos empleados. • Poseen un deterioro mayor que las cadenas o engranajes, en función de los factores ambientales: humedad, polvo, lubricantes, luz solar, etc.
Cadena- piñón	+	<ul style="list-style-type: none"> • Transmitir potencias relativamente altas entre dos ejes distantes entre sí. • La cadena no presenta ningún tipo de resbalamiento ni desprendimiento. • No necesita estar tan tensa como las correas, lo que se traduce en menores averías en los rodamientos. • Mayor eficiencia mecánica. • Mayor vida útil. • La reducción y aumento de la velocidad puede ser acomodada fácilmente. • Son fáciles de cortar y ensamblar. • El diámetro del piñón para un sistema de cadena puede ser más pequeño que una polea de una correa, mientras que en ambas se transmite el mismo esfuerzo de torsión. • Los piñones están conforme a menor desgaste que los engranajes porque los piñones distribuyen la carga de

MECANISMOS		
		esfuerzo a través de sus dientes.
	-	<ul style="list-style-type: none"> • Es más ruidoso que el de polea-correa, • Necesita lubricación. • Requieren montaje y mantenimiento minucioso.
Tornillo sin fin	+	<ul style="list-style-type: none"> • Son compactos. • Diseño modular: fácil instalación. • Soportes y apoyos simples • Soportan altas temperaturas. • Fácil hermeticidad. • Extremadamente versátiles. • Varias zonas de carga y descarga.
	-	<p>No grandes tamaños (hasta 50 m).</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se pueden transportar materiales frágiles, delicados o abrasivos. • Mayores requerimientos de potencia. • Volumen de material bajo.

Tabla de comparación

Tabla 17, Tabla comparativa de los mecanismos.

Tipo	Piñón-cadena	Polea-correa dent.	Tornillo sin fin
Sincronización	●	●	●
Eficacia de la transmisión	●	●	●
Antichoque	Δ	○	Δ
Ruido/vibración	Δ	○	○
Condición circundante	Evite el agua y el polvo	Evite el calor, aceite, agua y polvo.	Evite el agua y el polvo
Ahorro del espacio (velocidad/arriba cargas bajas)	●	Δ	Δ
Lubricación	x	●	x
Flexibilidad de la disposición	●	○	Δ
Excelente ●	Bueno ○	Justo Δ	Pobre x

10.1.2 Motores A continuación mostraremos un cuadro comparativo donde se pueden ver algunas características de los motores paso a paso, motores dc y servo motores y sus aplicaciones más comunes.

Tabla 18. Tipos de motor y características.

TIPO DE MOTOR	CARACTERISTICAS	APLICACIONES
Motor DC	Económico	Control de velocidad
	Alta velocidad	Controles de lazo cerrado
	Alto torque	
Motor paso a paso	Micropasos	Controles de lazo abierto
	Control ideal	Posicionamiento
	No para cargas variables	Movimientos de precisión
	Alta precisión	
Servo motores	Velocidad moderada	Controles de lazo cerrado
	Buen torque	Posicionamiento
	Costo moderado	Controles de velocidad

De estas características, la mas importante para el criterio de selección de los motores en el dispositivo es la posibilidad de controlar los movimientos con precision debido a que se requiere mantener un control sobre el patron adecuado para la aspercion, permitiendo la continuidad del movimiento en las siguientes asperciones sin presentar desfases o errores⁴³.

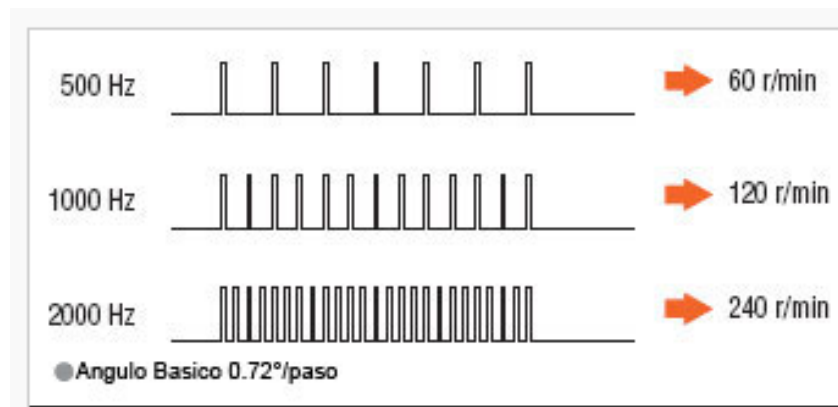
Generalidades de los motores pasó a paso

- Los motores paso a paso permiten un posicionamiento rápido en una distancia corta.
- Se usan en diversos tipos de equipo para obtener un ángulo de rotación y un control de velocidad preciso utilizando señales de pulsos.
- son ideales para acelerar y responder con rapidez.

⁴³ ORIENTALMOTOR. Motores paso a paso. Publicado en el 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.orientalmotor.com.co/productos/motores-paso-a-paso.html>. (Consulta 15 ago. 2015).

- Los motores paso a paso mantienen también su posición al detenerse, debido a su diseño mecánico.
- La velocidad del motor paso a paso es proporcional a la velocidad de la señal pulso (frecuencia de pulsos) dadas al excitador. La relación de la velocidad del pulso [Hz] y la velocidad del motor [r/min] se expresa de la siguiente manera

Ilustración 51. Relación de velocidad del pulso y velocidad del motor.



10.2 SELECCIÓN DEL MECANISMO Y MOTORES

A partir de las tres tablas anteriores y en base a las necesidades de movimiento según el eje de acción, se propone la selección de los mecanismos y los motores, para así continuar con el desarrollo de la parte formal del diseño^{44 45 46 47 48 49}.

⁴⁴ IES VILLALBA HERVAS TECNOLOGIA Mecanismos de transformación del movimiento. . [Mensaje de Blog]. 2014. (Consulta: 12 ago. 2015). [en línea] disponible en: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/04/06-mecanismos-transformacion-movimiento.pdf>.

⁴⁵ G. GONZALES REY, A. GARCÍA, TOLL. ORTIZ CÁRDENAS. Transmisiones por poleas y correas trapeciales. Instituto superior politécnico. [en línea] disponible en: <http://es.scribd.com/doc/108497727/Ventajas-y-Desventajas-Transmision-Polea-Correa#scribd>. (Consulta: 12 ago. 2015).

⁴⁶ PIÑONES MARTIN – LINDIS Línea industrial de distribuciones; Piñones, características y planos. Publicado en el 2011. [en línea] disponible en: http://www.lindis.com/pdf/Pinones-Martin_ESP.pdf. (Consulta 13 ago. 2015).

10.2.1 Mecanismos para el desplazamiento en X y Z Para lograr un desplazamiento lineal en los ejes X y Z era necesario utilizar mecanismos de transformación del movimiento, los cuales son utilizados cuando el tipo de movimiento que tiene el elemento de entrada es diferente al tipo de movimiento que se tiene en el elemento de salida, En este caso, el elemento de entrada tiene movimiento circular (motor), mientras que el elemento de salida tiene movimiento lineal (desplazamiento en X y Z).

Variables para el movimiento en X y Z.

Tabla 19. Variables de selección de mecanismos.

Variables		Mecanismos					
		Piñón cadena		Polea-correa dentada		Tornillo sin fin	
Precisión	20%	4	0.8	4	0.8	5	1
Velocidad	20%	5	1	4	0.8	3	0.6
Resistencia a la tensión	18%	5	0.59	3	0.54	5	0.59
Resistencia mecánica	15%	5	0.75	4	0.6	5	0.75
Avance	12%	4	0.48	4	0.48	3	0.36
Mantenimiento	10%	3	0.3	4	0.4	3	0.3
costos	5%	4	0.2	3	0.15	4	0.2
total	100%	30	4.12	26	3.77	28	3.8
Excelente 5	Bueno 4	Justo 3		Regular 2		Deficiente 1	

Teniendo en cuenta la tabla anterior y las variables de selección se escogió el mecanismo de piñón-cadena, el cual permite cumple con las variables expuestas y adicionalmente permite transmitir la potencia entre dos ejes distantes entre sí (3m

⁴⁷ GRUPO SKF, Cadenas de transmisión SKF, Cadenas americanas estándar, características, planos y tensores de cadena. Publicado en julio de 2008. [en línea] disponible en: <http://www.skf.com/binary/87-133515/46.Chain>. (Consulta 13 ago. 2015).

⁴⁸ TRANSMISIONES ZARAGOZA S.L. [Mensaje de Blog]. Subministros, rodamientos y transmisiones de potencia; poleas dentadas clásicas XL, características y planos. Publicado en el 2010 [en línea] disponible en: <http://www.traza.es/catalogos/Poldent.pdf> (Consulta 14 ago. 2015).

⁴⁹ INGEMECÁNICA. Correas de transmisión. Publicado en el 2014. [en línea] disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#seccion3>. (Consulta 14 ago. 2015).

para el eje X y 9m para el eje Z), controlar el movimiento con mayor precisión, puesto que no presenta ningún tipo de deslizamiento, permite montarlo fácilmente ya que la cadena es fácil de cortar y ensamblar, presenta una vida útil larga y su mantenimiento es sencillo (lubricación periódica).

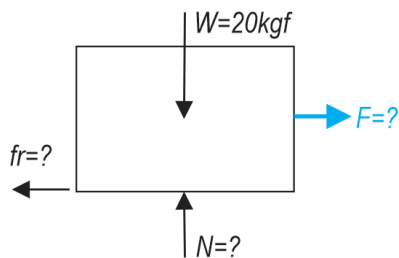
10.2.1.1 Movimiento en el eje X Para seleccionar las piezas de los mecanismos y motor paso a paso que cumpliera con los requerimientos tanto de velocidad como de torque fue necesario realizar una serie de cálculos, que mencionaremos a continuación.

$F = ? =$ fuerza requerida para mover el sistema.

$w = 20 \text{ kg}$ = peso de la superficie a desplazar en el eje X

$\mu_{fr} = 0,1$ = Coeficiente de rozamiento de los rodamientos lineales

Ilustración 52. Diagrama de cuerpo libre.



$$fr = \mu_{fr} \cdot N$$

$$fr = 0,1 \times 20 \text{ kg}$$

$$fr = F$$

$$F = 2 \text{ kg}$$

PIÑÓN Y CADENA

Para hallar el torque que moviera el dispositivo en el eje X era necesario seleccionar un piñón que se acomodara a las necesidades del sistema, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Piñón con dimensiones inferiores a 10 cm de diámetro primitivo para evitar usar un motor con un torque muy elevado.

- Piñón comercial.

- Piñón con un diámetro primitivo que permitiera ubicar durante el recorrido piñones libres para tensar la cadena sin que se presentara algún choque o interferencia.

PIÑONES

Norma DIN-ASA-ANSI

Piñón de 1/2" x 5/16"

$Z = \text{numero de dientes} = 20$

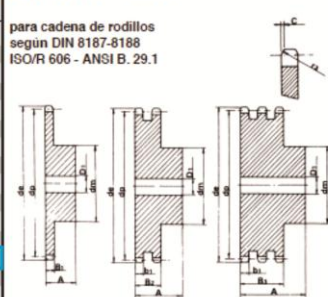
$d_e = \text{diametro externo del piñon} = 2085.8 \text{ mm}$

$d_p = \text{diametro primitivo del piñon} = 81,19 \text{ mm}$

Tabla 20. Piñones de 1/2"

Z	d_e	d_p	SIMPLE		
			d_m	D_1	A
8	37,2	33,18	20	10	25
9	41,0	37,13	24	10	25
10	45,2	41,10	26	10	25
11	48,7	45,07	29	10	25
12	53,0	49,07	33	10	28
13	57,4	53,06	37	10	28
14	61,8	57,07	41	10	28
15	65,5	61,09	45	10	28
16	69,5	65,10	50	12	28
17	73,6	69,11	52	12	28
18	77,8	73,14	56	12	28
19	81,7	77,16	60	12	28
20	85,8	81,19	64	12	28
21	89,7	85,22	68	14	28
22	93,8	89,24	70	14	28
23	98,2	93,27	70	14	28
24	101,8	97,29	70	14	28
25	105,8	101,33	70	14	28
26	110,0	105,36	70	16	30
27	114,0	109,40	70	16	30
28	118,0	113,42	70	16	30
29	122,0	117,46	80	16	30
30	126,1	121,50	80	16	30
31	130,2	125,54	90	16	30
32	134,3	129,56	90	16	30
33	138,4	133,60	90	16	30
34	142,6	137,64	90	16	30
35	146,7	141,68	90	16	30
36	151,0	145,72	90	16	35
37	154,6	149,76	90	16	35
38	158,6	153,80	90	16	35
39	162,7	157,83	90	20	35
40	166,8	161,87	90	16	35

Piñón 1/2" x 5/16"
para cadena de rodillos según DIN 8187-8188 ISO/R 606 - ANSI B. 29.1



PIÑÓN	ISO mm	ASA-40 mm
Radio diente r_3	13	13,5
Ancho radio C	1,3	1,6
Ancho radio piñón B_1	7,2	7,2
Ancho radio piñón b_1	7	7
Ancho radio piñón B_2	21	21,4
Ancho radio piñón B_3	34,9	35,8

CADENA	mm	mm
Paso	12,7	12,7
Ancho interior	7,75	7,94
Ø Rodillo	8,51	7,94

Fuente LINDIS.

CADENA

Normas ISO 606, ANSI B29.1 y DIN 8188.

Cadena 40-1 con Paso 12.7 mm

Q min: Carga límite de rotura: **14.1 KN**

Q0: Carga de rotura promedio: **17.5 KN**

q: Peso por metro: **0.62 Kg/m**

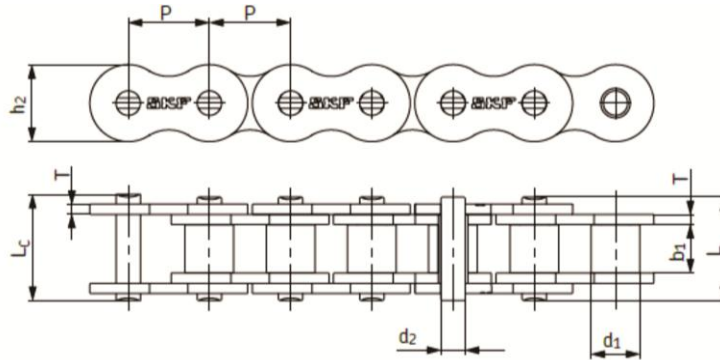
Lc: Longitud de la cadena: **7.181 m**

Tabla 21. Cadenas sencillas

N° Cadena Ansi	N° Cadena BS/ISO	Paso P	Diámetro del rodillo d ₁ max	Distancia entre placas interiores b ₁ max	Diámetro del pasador d ₂ max	Longitud del pasador L max	Longitud del pasador con claveta L _c max	Longitud del pasador con claveta L _c max	Altura de la placa interior h ₂ max	Espesor de la placa T max
–	–	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
15-1*	03C*	4,7625	2,48	2,38	1,62	6,10	6,90	–	4,30	0,60
25-1*	04C-1*	6,350	3,30	3,18	2,31	7,90	8,40	–	6,00	0,80
35-1*	06C-1*	9,525	5,08	4,77	3,58	12,40	13,17	–	9,00	1,30
41-1	085-1	12,700	7,77	6,25	3,58	13,75	15,00	–	9,91	1,30
40-1	08A-1	12,700	7,95	7,85	3,96	16,60	17,80	–	12,00	1,50
50-1	10A-1	15,875	10,16	9,40	5,08	20,70	22,20	23,30	15,09	2,03
60-1	12A-1	19,050	11,91	12,57	5,94	25,90	27,70	28,30	18,00	2,42
80-1	16A-1	25,400	15,88	15,75	7,92	32,70	35,00	36,50	24,00	3,25
100-1	20A-1	31,750	19,05	18,90	9,53	40,40	44,70	44,70	30,00	4,00
120-1	24A-1	38,100	22,23	25,22	11,10	50,30	54,30	54,30	35,70	4,80
140-1	28A-1	44,450	25,40	25,22	12,70	54,40	59,00	59,00	41,00	5,60
160-1	32A-1	50,800	28,58	31,55	14,27	64,80	69,60	69,60	47,80	6,40
180-1	36A-1	57,150	35,71	35,48	17,46	72,80	78,60	78,60	53,60	7,20
200-1	40A-1	63,500	39,68	37,85	19,85	80,30	87,20	87,20	60,00	8,00
240-1	48A-1	76,200	47,63	47,35	23,81	95,50	103,00	103,00	72,39	9,50

Fuente SKF

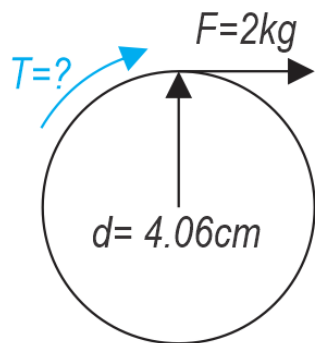
Ilustración 53, Plano de cadenas simples



Fuente SKF

Torque

Ilustración 54. Diagrama de torque.



$$dp = 8.119\text{ cm}$$

$$dp/2 = 4.06\text{ cm} = d$$

$$T = F \times d$$

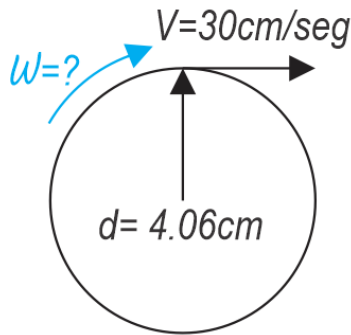
$$T = 2\text{kg} \times 4.06\text{ cm}$$

$$T = 8.12\text{ kg.cm}$$

Velocidad angular

Teniendo en cuenta que la velocidad lineal a la que se debe mover el sistema en el eje X es de 30 cm/seg, hallamos la velocidad angular.

Ilustración 55. Diagrama de Vel. Angular.



$$V = 30 \text{ cm/seg}$$

$$\omega = \frac{30 \text{ cm/seg}}{4.06}$$

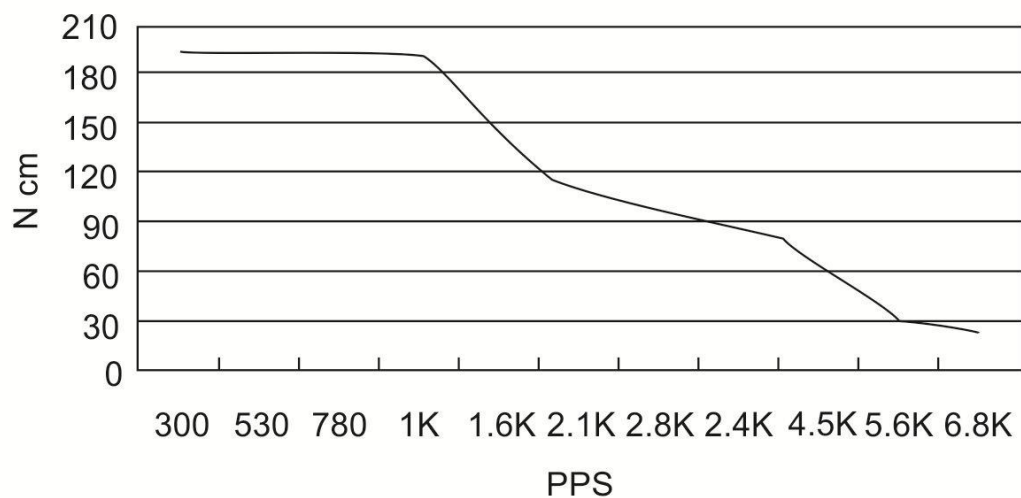
$$\omega = 7.39 \text{ rev/seg}$$

MOTOR NEMA 23 DE 19 Kg.cm

De acuerdo a los resultados obtenidos seleccionaremos un motor paso a paso que se acople a los requerimientos físicos, este debe tener un torque igual o mayor de 8.12 kgf.cm y ejercer una velocidad angular mínima de 7.39 rev/seg.

En la siguiente grafica podemos observar que el torque se mantiene estable y sin disminuir desde 0 hasta 950 pulsos por segundo.

Ilustración 56. Curva de torque vs velocidad.



Fuente Pololu.

REDUCCIÓN

Se tomó como punto de partida los 950 pps para aprovechar la capacidad máxima del motor sin sobrepasar sus condiciones físicas, una vez seleccionado el punto de inicio se estableció que era necesario realizar una reducción que permitiera usar el motor bajo las condiciones de velocidad y torque requeridos por el sistema.

El mecanismo seleccionado para realizar la reducción fue el de polea-correa dentada, ya que, este evitaría el deslizamiento y nos brindaba la posibilidad de montarlos en un área reducida brindando las condiciones de movimiento y fuerza necesarias⁵⁰.

Datos obtenidos en 950 pps

$$200pps = 1 \text{ rev/seg}$$

$$950pps = 4.75 \text{ rev/seg}$$

$$\omega_1 = \text{velocidad angular en el punto (950pps)} = 4.75 \text{ rev/seg}$$

$$\omega_2 = \text{velocidad angular para mover el sis. X} = 7.39 \text{ rev/seg}$$

$$X = \text{relacion para el aumento de velocidad y reduccion de torque.}$$

Entonces:

$$\omega_1 X = \omega_2$$

$$4.75X = 7.39$$

$$X = \frac{7.39}{4.75}$$

$$X = 1.55$$

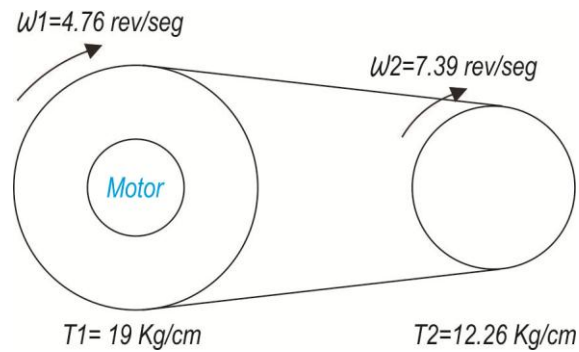
⁵⁰ POLOLU. Especificaciones del motor nema 23. [en línea] disponible en: <https://www.pololu.com/file/0J687/SY28STH45-0674A.pdf>. (Consulta 15 ago. 2015).

$$T2 = \frac{T1}{X}$$

$$T2 = \frac{19}{1.55}$$

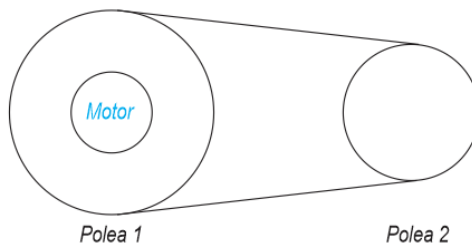
$$T2 = 12.26$$

Ilustración 57. Datos de la reducción 1.



POLEAS DENTADAS

Ilustración 58. Sist. de poleas.



Una vez obtenido el valor de la reducción se procedió a seleccionar las poleas y la correa, estas debía mantener la relación de 1:1,55.

Se escogieron poleas XL 037 con paso 1/5" (5.08 mm)

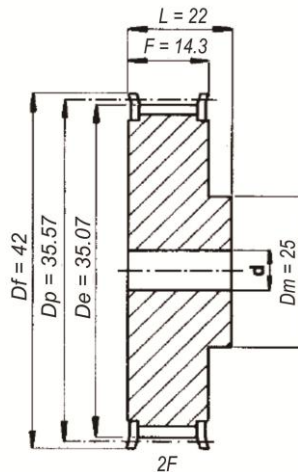
Tabla 22. Dimensiones de poleas dentadas XL de paso de 1/5”.

REFERENCIA	TIPO	NUM. DIENTES	Dp	De	Df	Dm	F	L	d
10 XL 037	2F	10	16,17	15,66	23	10	14,3	20	-
11 XL 037	2F	11	17,79	17,28	23	10	14,3	20	-
12 XL 037	2F	12	19,40	18,90	25	10	14,3	20	-
13 XL 037	2F	13	21,02	20,51	25	10	14,3	20	-
14 XL 037	2F	14	22,64	23,13	28	16	14,3	20	-
15 XL 037	2F	15	24,25	23,75	28	16	14,3	20	-
16 XL 037	2F	16	25,87	25,36	32	16	14,3	20	-
17 XL 037	2F	17	27,49	26,98	32	20	14,3	20	-
18 XL 037	2F	18	29,11	28,60	36	20	14,3	20	-
19 XL 037	2F	19	30,72	30,21	36	20	14,3	22	-
20 XL 037	2F	20	32,34	31,83	38	25	14,3	22	-
21 XL 037	2F	21	33,96	33,45	38	25	14,3	22	-
22 XL 037	2F	22	35,57	35,07	42	25	14,3	22	-
24 XL 037	2F	24	38,81	38,30	44	30	14,3	22	-
26 XL 037	2F	26	42,04	41,53	48	30	14,3	22	8

Fuente LINDIS

POLEA 1

Ilustración 59, Polea dentada (1) de 22 dientes.



Fuente LINDIS

Paso = 1/5”

Z = Numero de dientes = 22

Dp = Diámetro primitivo = 35.57

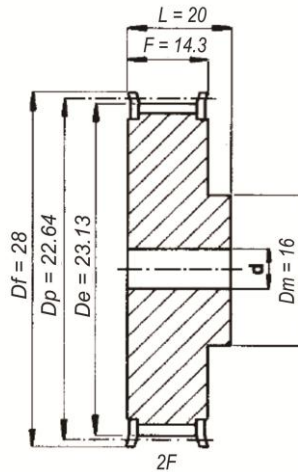
De = Diámetro externo = 35.07

Df = Diámetro final = 42

$Dm = \text{Diámetro de la manzana} = 25$

POLEA 2

Ilustración 60. Polea dentada (2) de 14 dientes.



Fuente LINDIS

$Paso = 1/5''$

$Z = \text{Numero de dientes} = 14$

$Dp = \text{Diámetro primitivo} = 22.64$

$De = \text{Diámetro externo} = 23.13$

$Df = \text{Diámetro final} = 28$

$Dm = \text{Diámetro de la manzana} = 16$

CORREA DENTADA DE PERFIL TRAPEZOIDAL

Norma ISO/DIS 5296

Correa de paso $1/5''$ (5.08 mm)

$Z = \text{numero de dientes} = 20$

$d_e = \text{diametro externo del piñon} = 2085.8 \text{ mm}$

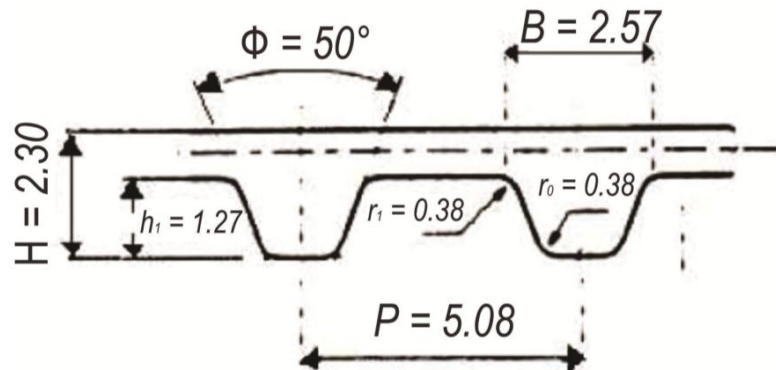
$d_p = \text{diametro primitivo del piñon} = 81,19 \text{ mm}$

Tabla 23. Dimensiones y tolerancias para correas de perfil trapezoidal.

Series de perfiles de dientes trapezoidal según ISO/DIS 5296									
Tipo	Paso, P		H	h ₁	B	r _o	r ₁	Φ	Aplicaciones
	in	mm							
MXL	2/25	2,032	1,14	0,51	1,14	0,13	0,13	40	Precisión
XXL	1/8	3,175	1,52	0,76	1,73	0,30	0,20	50	Extra ligera
XL	1/5	5,08	2,30	1,27	2,57	0,38	0,38	50	Muy ligera
L	3/8	9,525	3,60	1,91	4,65	0,51	0,51	40	Ligera
H	1/2	12,70	4,30	2,29	6,12	1,02	1,02	40	Pesada
XH	7/8	22,225	11,20	6,35	12,57	1,19	1,57	40	Muy pesada
XXH	1/4	31,75	15,70	9,53	19,05	1,52	2,29	40	Extra pesada

Fuente INGEMECANICA.

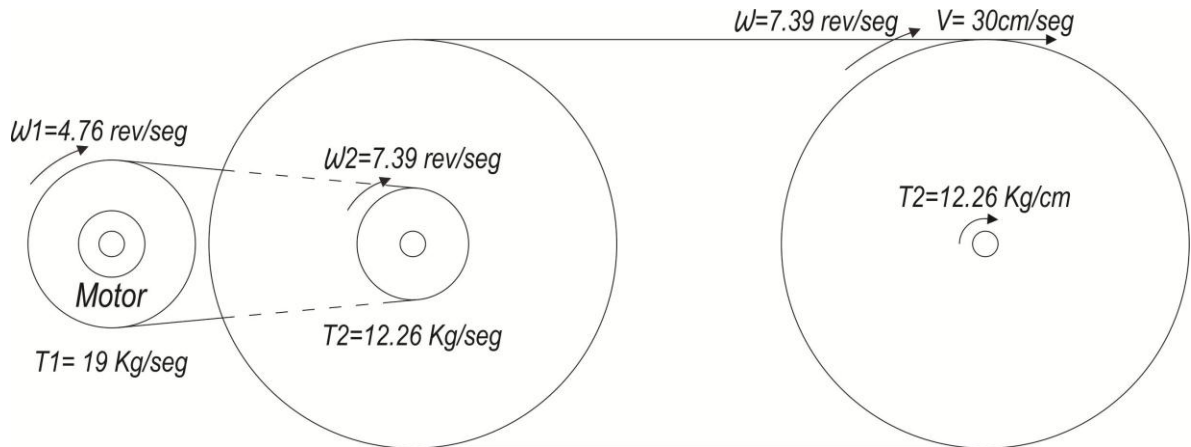
Ilustración 61, Correa XL de paso 1/5".



Fuente INGEMECANICA.

SISTEMA COMPLETO PARA EL MOVIMIENTO EN X

Ilustración 62. Componentes y valores del sistema en el movimiento del eje x.



SEGUNDA OPCIÓN PARA AUMENTO DE VELOCIDAD

Estableciendo la reducción por poleas se obtiene el torque máximo (12.26 kg/cm) y la velocidad mínima (30 cm/seg) que debe ejercer el motor para que la plataforma realice el barrido de manera correcta, es claro mencionar que dependiendo de las características de la lámina que desee fabricar, el barrido puede ser con mayor rapidez, es por ello que se estableció una segunda unidad de velocidad con el objetivo de poder variar entre 30 cm/seg hasta 48 cm/seg.

$V = \text{Velocidad lineal ideal para el sis.} = 30 \text{ cm/seg}$

$\omega = \text{Velocidad angular ideal para el sis.} = 7.39 \text{ rev/seg}$

$T_2 = \text{Torque producido a una vel. } 30 \text{ cm/seg} = 12,26 \text{ kg/cm}$

Anteriormente se mencionó que el sistema requería un torque de mínimo de 8.12 kg/cm para mover el sistema a 30 cm/seg, es decir que el torque obtenido por el motor nema 23 se puede reducir de 12.26 kg/cm hasta este valor con el objetivo de aumentar la velocidad en el barrido y conseguir una lámina más delgada (si es

requerida), tomando los 8.12 y multiplicándolos por la reducción que es de 1.55, obtenemos un torque de 12.58 kg/cm, valor que revisamos en la ilustración # 60 para hallar la máxima velocidad a la que puede andar el sistema.

$$12.52 \text{ kg/cm} = 125 \text{ N.cm}$$

A los 125 N.cm la tabla nos arroja un valor de 1.6K pps aproximadamente.

$$1600 \text{ pps} = 8 \text{ rev/seg}$$

$$\omega_1 = 8 \text{ rev/seg}$$

$$\omega_2 = \omega_1 \times \text{reducción}$$

Datos obtenidos para una segunda velocidad

$$\omega_2 = 8 \text{ rev/seg} \times 1.5 = 12 \text{ rev/seg}$$

$$V_2 = 12 \text{ rev/seg} \times 4.06 \text{ cm} = 48.72 \text{ cm/seg}$$

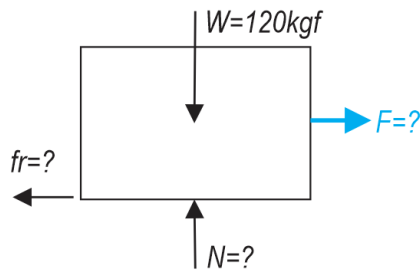
10.2.1.2 Movimiento en el eje Z Para seleccionar las piezas de los mecanismos y el motor que se iba a usar en el eje Z, se realizó el mismo procedimiento que efectuamos con los del eje X, estos pasos se mencionaran a continuación.

$F = ? =$ fuerza requerida para mover el sistema.

$w = 120 \text{ kg} =$ peso de la superficie a desplazar en el eje Z

$\mu_{fr} = 0,1 =$ Coeficiente de rozamiento de los rodamientos lineales

Ilustración 63. Diagrama de cuerpo libre.



$$fr = \mu fr . N \mu$$

$$fr = 0,1 x 120 kg$$

$$fr = F$$

$$F = 12 kg$$

PIÑÓN Y CADENA

Los piñones y la cadena para el movimiento en z son los mismos que los del movimiento en x, ya que sus características nos permiten realizar fácilmente los dos procesos, sin excederse en sus dimensiones ni costos, y simplificando el proceso de diseño, evitando el uso de diferentes herramientas que confundan su armado o mantenimiento.

PIÑÓN

Norma DIN-ASA-ANSI

Piñón de 1/2" x 5/16"

Z = numero de dientes = 20

de = diametro externo del piñon = 2085.8 mm

dp = diametro primitivo del piñon = 81,19 mm

CADENA

Normas ISO 606, ANSI B29.1 y DIN 8188.

Cadena 40-1 con Paso 12.7 mm

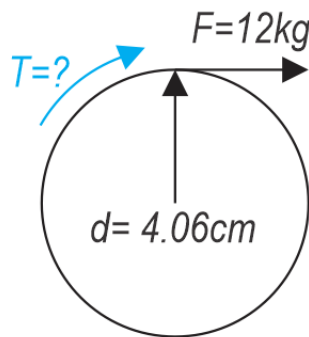
Q min: Carga límite de rotura: **14.1 KN**

Q0: Carga de rotura promedio: **17.5 KN**

q: Peso por metro: **0.62 Kg/m**

Torque

Ilustración 64. Diagrama de torque.



$$dp = 8.119 \text{ cm}$$

$$dp/2 = 4.06 \text{ cm} = d$$

$$T = F \times d$$

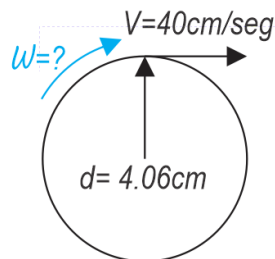
$$T = 12\text{kg} \times 4.06\text{cm}$$

$$T = 48.72 \text{ kg.cm}$$

Velocidad angular

Teniendo en cuenta que la velocidad lineal mínima a la que se debe mover el sistema en el eje X es de 40 cm/seg, hallamos la velocidad angular

Ilustración 65. Diagrama de Vel. Angular.



$$V = 40 \text{ cm/seg}$$

$$\omega = \frac{40 \text{ cm/seg}}{4.06}$$

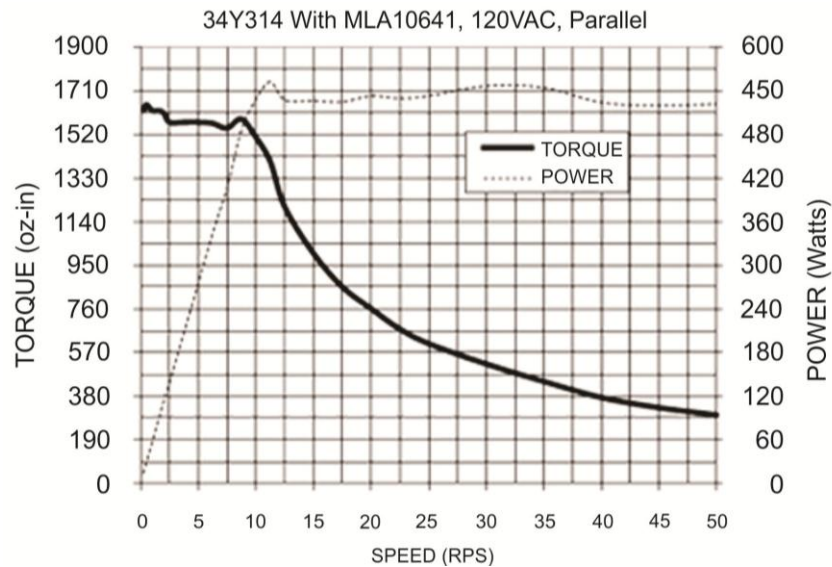
$$\omega = 9.85 \text{ rev/seg}$$

Motor NEMA 34 DE 122 Kg.cm

De acuerdo a los resultados obtenidos seleccionaremos un motor paso a paso que se acople a los requerimientos físicos, este debe tener un torque igual o mayor de 48.72 kgf.cm y ejercer una velocidad angular mínima de 9.85 rev/seg.

En la siguiente grafica podemos observar que el torque se mantiene estable y sin disminuir desde 0 hasta 10 revoluciones por segundo.

Ilustración 66. Curva de torque vs velocidad.



Fuente ANAHEIM AUTOMATION.

Tomando como punto de partida las 10 rev/seg se aprovecha la capacidad máxima del motor sin sobrepasar sus condiciones físicas, pero nos impide el aumento de velocidad en caso de ser necesario, es por ello que se plante una reducción por poleas la cual permitirá tener un margen de velocidad entre 9.85

rev/seg hasta 20 rev/seg, así el operario encargado podrá definir la velocidad requerida según su criterio⁵¹.

REDUCCIÓN - Datos obtenidos en 10 rps

$\omega_1 =$ *velocidad angular en el punto (1600 oz – in) = 10 rev/seg*

$\omega_2 =$ *velocidad angular max. para mover el sis Z = 20 rev/seg*

$T_1 =$ *Torque en el punto (10 rev/seg) = 1600 oz – in*

$1\text{ Oz – in} = 0.072\text{ kg.cm}$

$T_1 =$ *Torque en el punto (10 rev/seg) = 115,21 kg.cm*

$X =$ *relacion para el aumento de velocidad y reduccion de torque.*

Entonces:

$$\omega_1 X = \omega_2$$

$$X = \frac{20}{10}$$

$$X = 2$$

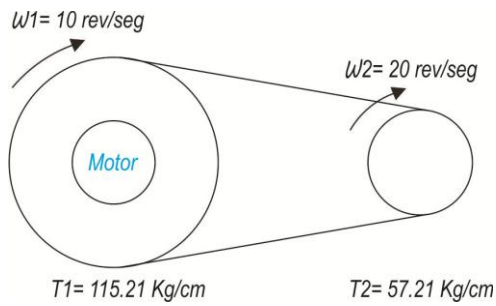
$$T_2 X = T_1$$

$$T_2 = \frac{115.21}{2}$$

$$T_2 = 57.61$$

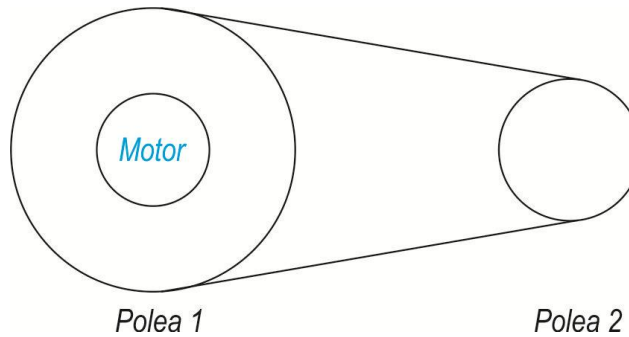
⁵¹ ANAHEIM AUTOMATION. Especificaciones del motor nema 34. [En línea]. Disponible en: <http://www.anaheimautomation.com/products/stepper/stepper-motor-item.php?SID=15&pt=i&tID=75&cID=19>. (Consulta 15 ago. 2015).

Ilustración 67. Datos de la reducción 2.



POLEAS DENTADAS

Ilustración 68, Sist. de poleas.



Una vez obtenido el valor de la reducción se procedió a seleccionar las poleas y la correa, estas debía mantener la relación de 1:2

Se escogieron poleas XL 037 con paso 1/5" (5.08 mm)

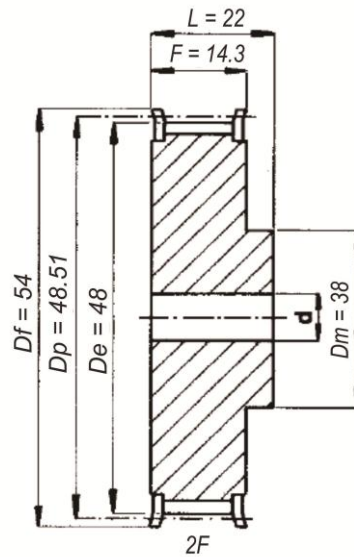
Tabla 24. Dimensiones de poleas dentadas XL de paso de 1/5".

REFERENCIA	TIPO	NUM. DIENTES	Dp	De	Df	Dm	F	L	d
15 XL 037	2F	15	24,25	23,75	28	16	14,3	20	-
16 XL 037	2F	16	25,87	25,36	32	16	14,3	20	-
17 XL 037	2F	17	27,49	26,98	32	20	14,3	20	-
18 XL 037	2F	18	29,11	28,60	36	20	14,3	20	-
19 XL 037	2F	19	30,72	30,21	36	20	14,3	22	-
20 XL 037	2F	20	32,34	31,83	38	25	14,3	22	-
21 XL 037	2F	21	33,96	33,45	38	25	14,3	22	-
22 XL 037	2F	22	35,57	35,07	42	25	14,3	22	-
24 XL 037	2F	24	38,81	38,30	44	30	14,3	22	-
26 XL 037	2F	26	42,04	41,53	48	30	14,3	22	8
27 XL 037	2F	27	43,66	43,15	48	34	14,3	22	8
28 XL 037	2F	28	45,28	44,77	51	34	14,3	22	8
30 XL 037	2F	30	48,51	48,00	54	38	14,3	22	8
32 XL 037	2F	32	51,74	51,24	57	38	14,3	25	8
34 XL 037	2F	34	54,98	54,47	60	38	14,3	25	8

Fuente LINDIS

Poleas y dimensiones seleccionadas para la reducción.

Ilustración 69, Polea dentada (1) de 30 dientes.



Fuente LINDIS

POLEA 1

Paso = 1/5"

$Z = \text{Numero de dientes} = 30$

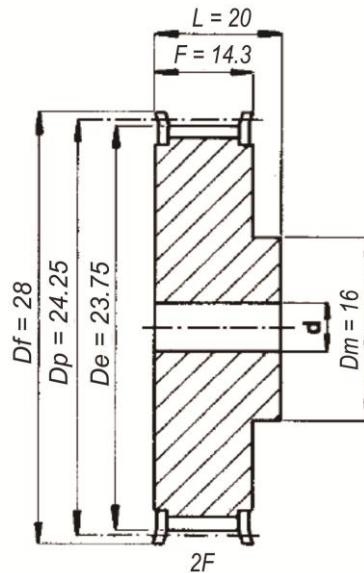
$D_p = \text{Diámetro primitivo} = 48.51$

$D_e = \text{Diámetro externo} = 48.00$

$D_f = \text{Diámetro final} = 54$

$D_m = \text{Diámetro de la manzana} = 38$

Ilustración 70. Polea dentada (1) de 15 dientes.



Fuente LINDIS

POLEA 2

$Paso = 1/5''$

$Z = \text{Numero de dientes} = 15$

$D_p = \text{Diámetro primitivo} = 24.25$

$D_e = \text{Diámetro externo} = 23.75$

$D_f = \text{Diámetro final} = 28$

$D_m = \text{Diámetro de la manzana} = 16$

CORREA DENTADA DE PERFIL TRAPEZOIDAL

Norma ISO/DIS 5296

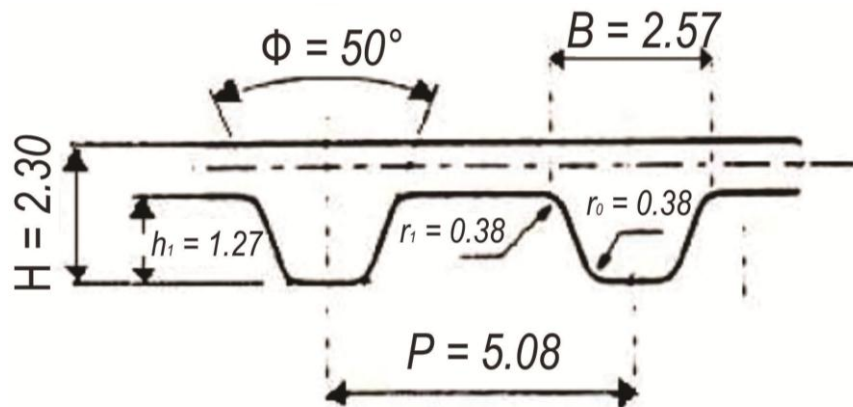
Correa de paso 1/5" (5.08 mm)

$Z = \text{numero de dientes} = 20$

$d_e = \text{diametro externo del piñon} = 2085.8 \text{ mm}$

$d_p = \text{diametro primitivo del piñon} = 81,19 \text{ mm}$

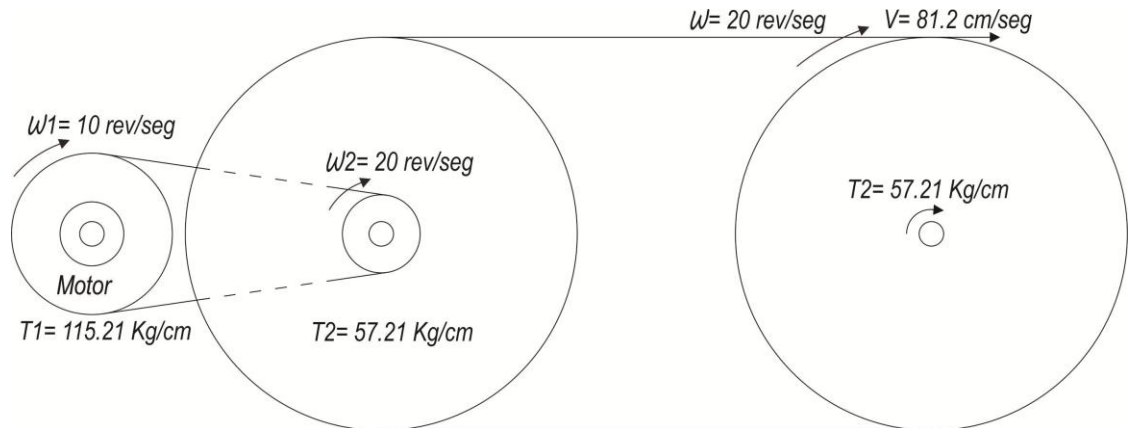
Ilustración 71. Correa XL de paso 1/5".



Fuente INGEMECANICA.

SISTEMA COMPLETO PARA EL MOVIMIENTO EN Z

Ilustración 72, Componentes y valores del sistema en el movimiento del eje Z.



10.2.2 Mecanismo para el desplazamiento en Y

Para el movimiento en el eje Y, el cual permite la graduación de altura de la pistola, era necesario un mecanismo que aguantara su peso, que fuera preciso y por supuesto de fácil instalación.

Tabla 25. Variables de selección de mecanismos.

Variables		Mecanismos					
		Piñón cadena		Polea-correa dentada		Tornillo sin fin	
Precisión	33%	4	1.32	4	1.32	5	1.65
Velocidad	10%	5	0.5	4	0.4	3	0.3
Resistencia a la tensión	10%	5	0.5	3	0.3	5	0.5
Resistencia mecánica	20%	5	1	4	0.8	5	1
Avance	10%	4	0.4	4	0.4	3	0.3
Mantenimiento	12%	3	0.36	4	0.48	3	0.36
costos	5%	4	0.4	3	0.3	4	0.4
Total	100%	30	4.48	26	4.0	28	4.51
Excelente 5	Bueno 4	Justo 3	Regular 2	Deficiente 1			

Una vez realizada la tabla anterior he identificado el mecanismo más conveniente, procedemos a definir las referencias y tamaños adecuados de los componentes del tornillo sin fin.

Adicionalmente es correcto mencionar que como la graduación de altura no es un proceso que se vaya a realizar constantemente se plantea que se ejecute de manera manual y no con motores⁵²

TORNILLO SIN FIN Y MECANIZADO RECOMENDADO

Teniendo en cuenta aspectos como el peso de la pistola y las posibles dimensiones adaptables al dispositivo se seleccionó la siguiente referencia.

Referencia seleccionada de tornillo sin fin: ROD-BK15-FV-A

Barra de precision de diametro = 20 mm

Paso = 10 mm por revolucion

Longitud del tornillo = 50 cm

Desplazamiento maximo = 15 cm

Tabla 26, Dimensiones de tornillos sin fin disponibles en el mercado.

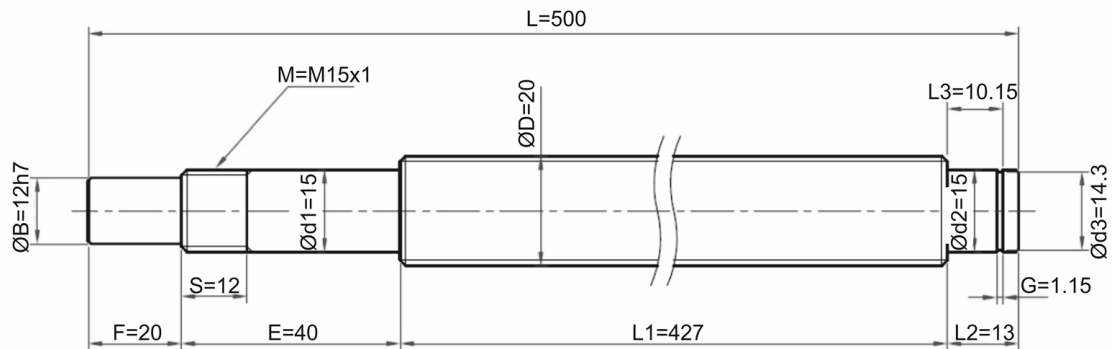
Referencia	ϕ D	ϕ B	F	E	S	M	ϕ d1
ROD-BK12-FU-A	16	10h7	15	36	12	M12x1	12 -0.008 -0.015
ROD-BK15-FV-A	20	12h7	20	40	12	M15x1	15 -0.008 -0.017
ROD-FK12-FY-A	16	10h7	15	36	12	M12x1	12 -0.008 -0.015
ROD-FK15-FZ-A	20	12h7	20	48	13	M15x1	15 -0.008 -0.017

⁵² PRODUCTOS CNC. Características y especificaciones del tornillo sin fin, casquillo y husillo de bolas. Publicado en el 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.productoscnc.es>. (Consulta 19 ago. 2015).

Tabla 27, Dimensiones del mecanizado de los tornillos sin fin.

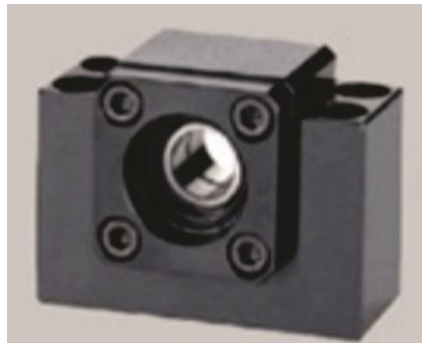
Referencia	L2	$\varnothing d2$		Dimensiones ranura					
				L3	G		$\varnothing d3$		
ROD-BF12-FW-A	11	10	-0.008 -0.015	9.15	+0.2 -0.0	1.15	+0.14 -0.00	9.6	+0.0 -0.2
ROD-BF15-FX-A	13	15	-0.008 -0.017	10.15	+0.2 -0.0	1.15	+0.14 -0.00	14.3	+0.0 -0.2
ROD-FF12-G1-A	11	10	-0.008 -0.015	9.15	+0.2 -0.0	1.15	+0.14 -0.00	9.6	+0.0 -0.2
ROD-FF15-G2-A	13	15	-0.008 -0.017	10.15	+0.2 -0.0	1.15	+0.14 -0.00	14.3	+0.0 -0.2

Ilustración 73. Planos del tornillo sin fin.



Soporte de Husillo

Ilustración 74. Soporte de husillo.



Los soportes de husillo serán las piezas de soporte para los extremos del tornillo, sus dimensiones serán seleccionadas en base a las características del primero.

Referencia seleccionada del soporte = ROD-BK15-FV-A.

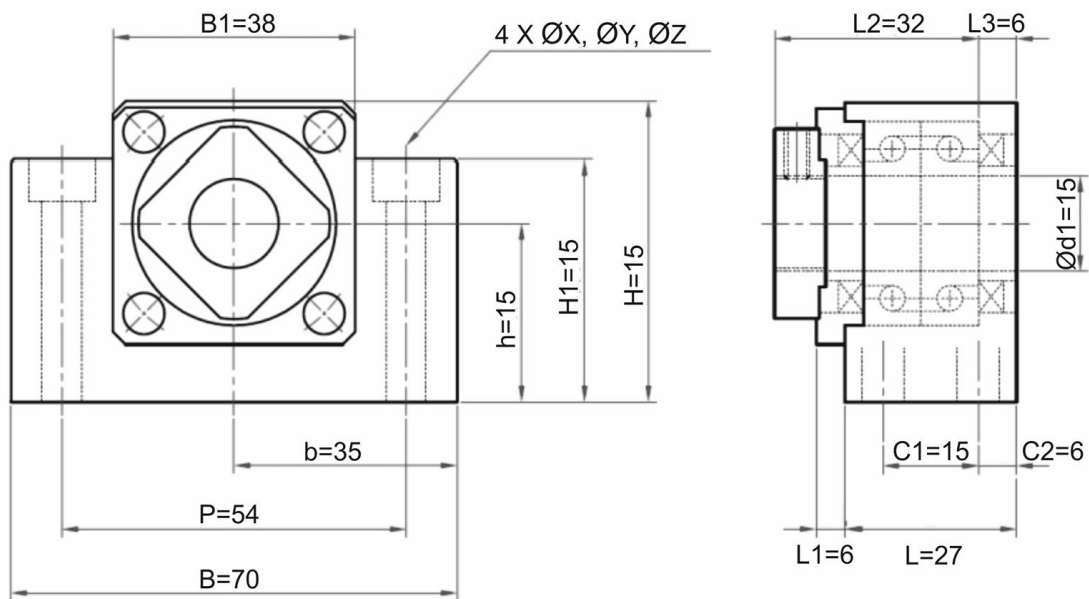
soporte de diametro interno de = 15 mm

Tabla 28. Dimensiones de soporte de husillo disponibles en el mercado.

Referencia	Ød1	L	L1	L2	L3	B	B1	H	H1
ROD-BK12-FU-A	12	25	6	29.5	5	60	34	43	32.5
ROD-BK15-FV-A	15	27	6	32	6	70	38	48	38

b	h	P	C1	C2	X	Y	Z	C(N)*	Co(N)*
30	25	46	13	6	6.3	10.5	1.5	6100	2170
35	28	54	15	6	6.3	10.5	6.5	7000	2400

Ilustración 75. Planos del soporte de husillo.



Husillo de bolas

El husillo de bolas es el “actuador lineal mecánico que convierte el movimiento de rotación en movimiento lineal”⁵³, esta pieza será la encargada de desplazar la pistola de arriba abajo o viceversa a medida que el tornillo gire.

⁵³ WIKIPEDIA Husillo de bolas [en línea] disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Husillo_de_bolas

Referencia seleccionada del husillo de bolas = MEC-SN2005.

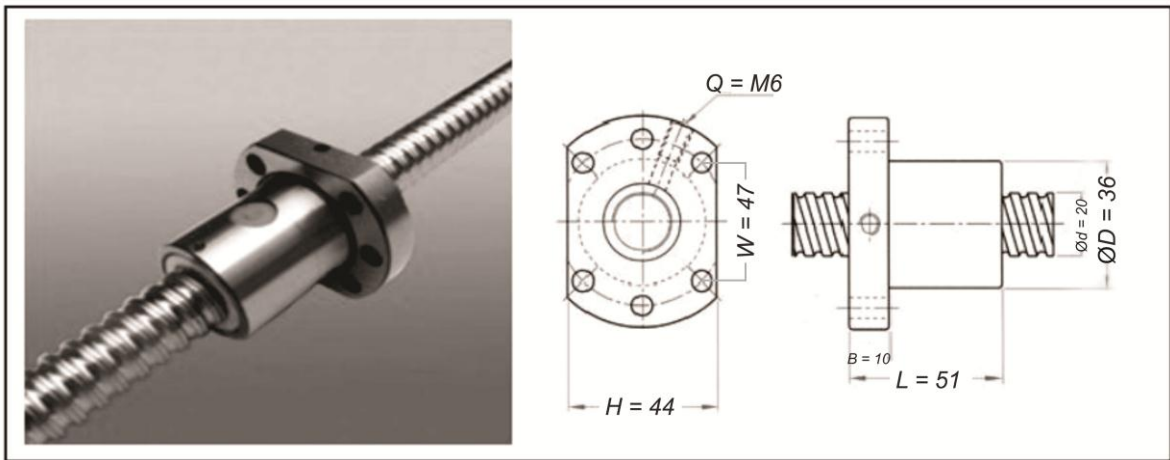
husillo de diametro interno de = 20 mm

husillo de paso = 5 mm

Tabla 29. Dimensiones de husillos disponibles en el mercado.

Referencia	Dimensiones principales				Dimensiones de montaje								Basic load rating		Rigidez (kgf/μm) K
	ØScrew	Paso	ØBolas	ØTuerca ext	Q	A	G	H	L	B	W	d1	Dynamic C(kgf)	Static Co(kgf)	
MEC-SN1605	16	5	3.175	28	M6	48	44	40	50	10	38	5.5	780	1790	20
MEC-SN2005	20	5	3.175	36	M6	58	51	44	51	10	47	6.6	1130	2380	25

Ilustración 76. Planos del husillo.



Casquillo

El casquillo será la pieza encargada de unir el husillo y la pistola.

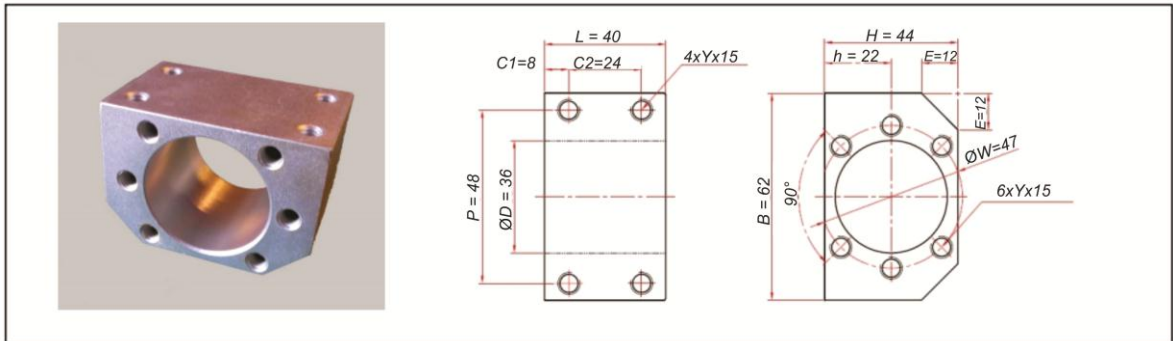
Referencia seleccionada del casquillo = MEC-BNBR20-G4-A

Casquillo de diametro interno = 36 mm

Tabla 30. Dimensiones de casquillos disponibles en el mercado.

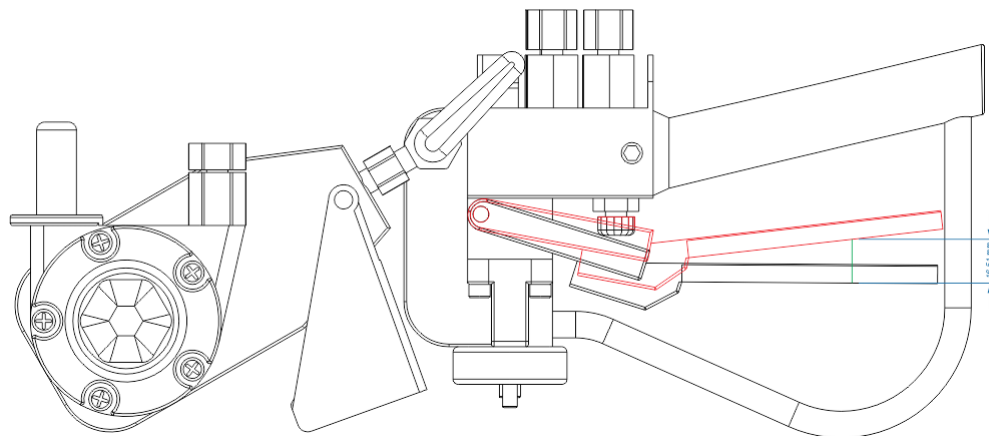
Referencia	∅D	B	H	h	E	L	C1	C2	P	Y	∅W			
MEC-BNBR16-G3-A	28	52	40	20	12	40	8	24	40	M5	38			
MEC-BNBR20-G4-A	36	62	44	22	12	40	8	24	48	M6	47			

Ilustración 77. Planos del casquillo.



10.2.3 Mecanismo para encender la pistola. El mecanismo utilizado fue la leva céntrica, las dimensiones de esta se definieron teniendo en cuenta la longitud de movimiento del gatillo (16,51mm) y el área disponible dentro de la pistola.

Ilustración 78. desplazamiento del gatillo de la pistola.



Construcción de la leva

Elevación maxima = 16,51 mm

Ilustración 79. Construcción de la leva.

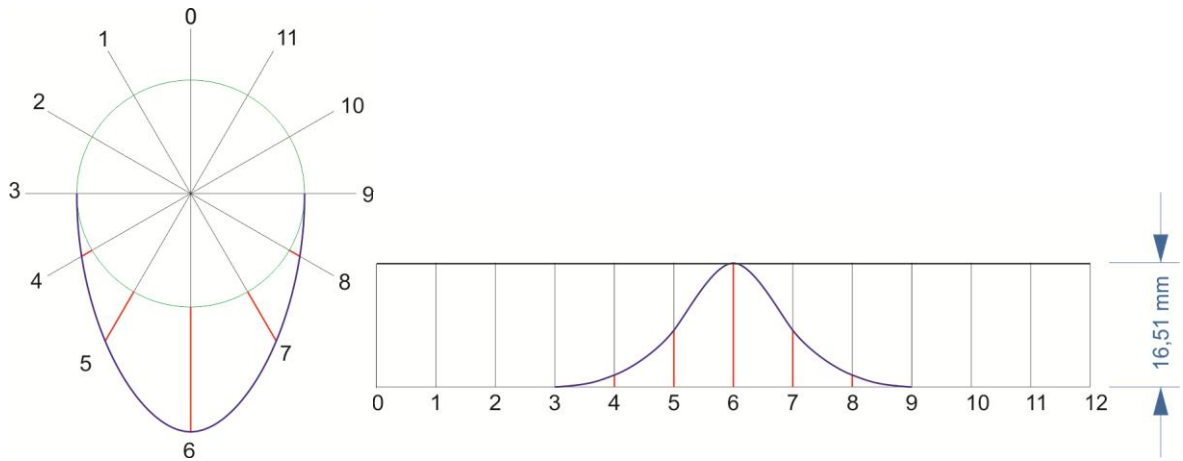
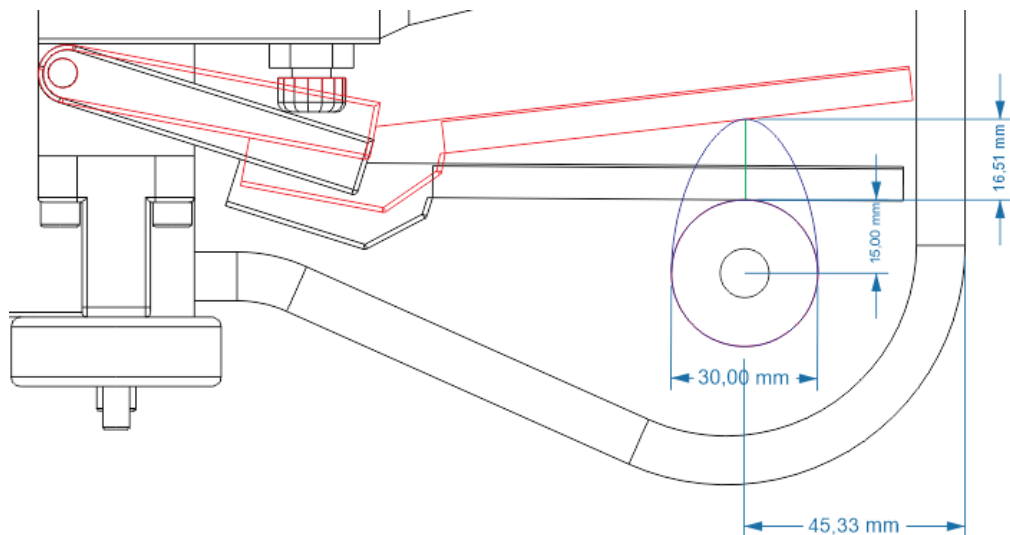


Ilustración 80. Ubicación de la leva dentro de la pistola.



Motor NEMA 11 de 1kg

El motor que se le adapta a la leva y enciende la pistola debía ejercer una fuerza mínima de 0.8 kg (necesaria para mover el gatillo) por ello se optó por el motor paso a paso NEMA 11 el cual ejerce una fuerza máxima de 1 kg.

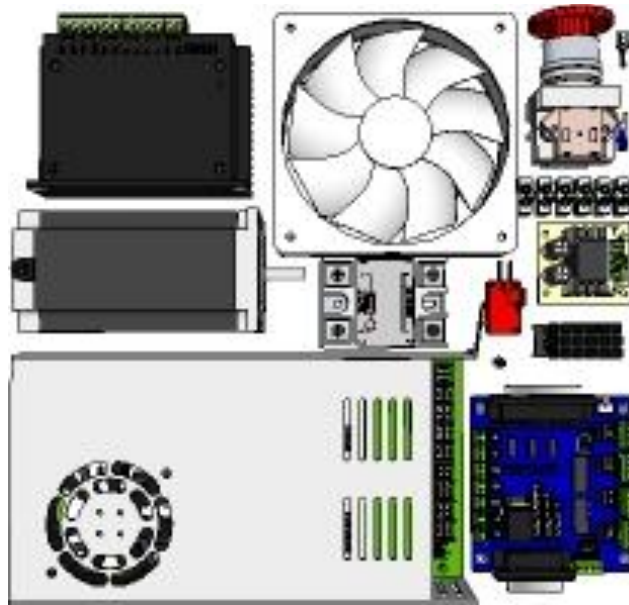
10.3 CONTROLADORES

10.3.1 Identificación del sistema de control Para identificar el sistema de control, se tuvo en cuenta el conjunto de elementos que participarían dentro de todo el dispositivo:

- **Comunicación pc-maquina:** necesaria para la transmisión de datos del computador al sistema de control.
- **Controlador:** para el manejo de señales digitales ya que el computador entrega señales digitales que contiene los datos para la posición y la velocidad.
- **Motores paso a paso:** son dos motores encargados de mover la pistola en el eje X y Z y otro encargado de mover la leva que enciende la pistola.

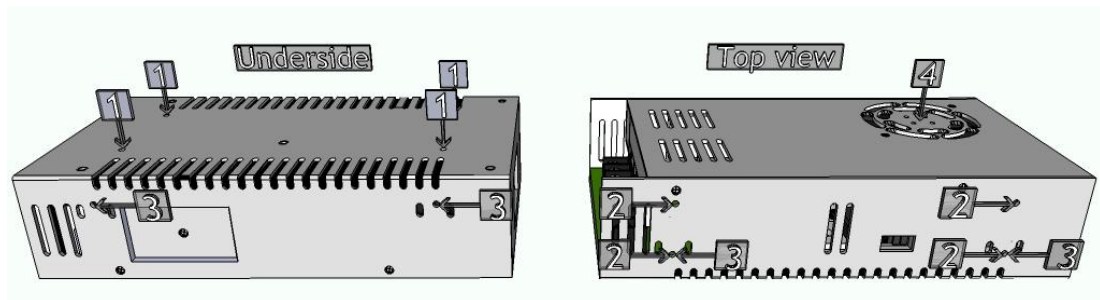
10.3.2 Elementos y proceso de montaje A continuación se mostraran los elementos necesarios y las instrucciones para conectar todo el sistema y permitir la el movimiento controlado de los motores.

Ilustración 81. elementos necesarios para el sistema de control.



10.3.2.1 Fuente de alimentación

Ilustración 82. Fuente de alimentación.



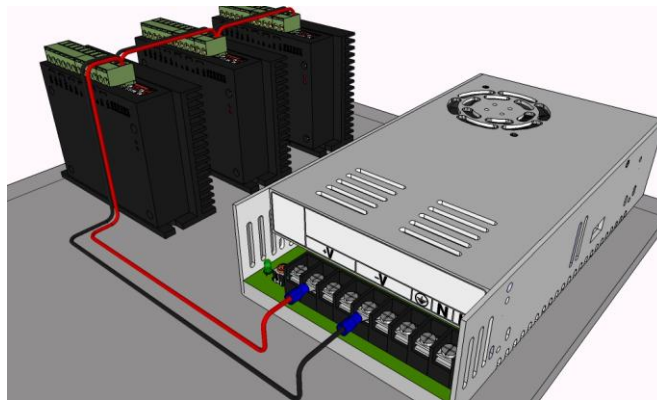
Para el sistema de control que se configurar en el proyecto necesitamos una fuente de alimentación que es el dispositivo que convierte la corriente alterna (CA), en varias corrientes continuas (CC), que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.

Es correcto mencionar que es necesario conectar la fuente a un convertidor de cables DC de 5v y a la junta JK02 Breakout, ya que, estos son necesarios para

reducir la tensión de la fuente de alimentación a una tensión utilizable por otros dispositivos en el sistema de control.

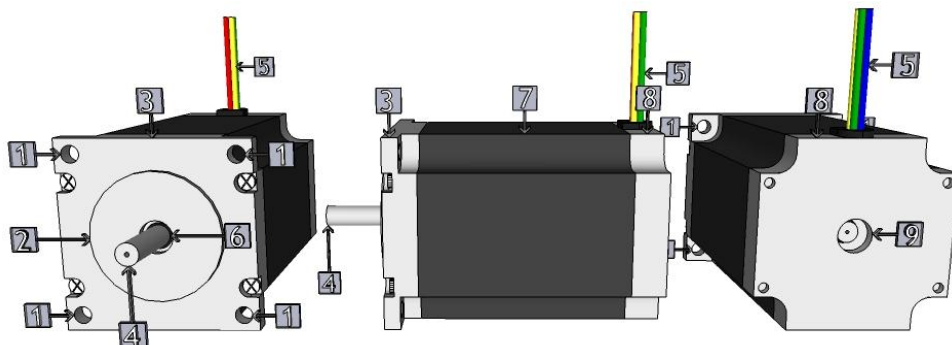
Teniendo definido estas conexiones procedemos a implementar los conductores DIV268N que son los dispositivos que convierte las señales de paso y dirección de un tablero de arranque a la corriente eléctrica para hacer funcionar los motores paso a paso, estos conductores se conectan en serie uno con otro hasta llevar los cables hasta la fuente de alimentación.

Ilustración 83. Conexión de la fuente de alimentación y los conductores.



10.3.2.2 Motores paso a paso

Ilustración 84. Motor paso a paso en diferentes perspectivas.



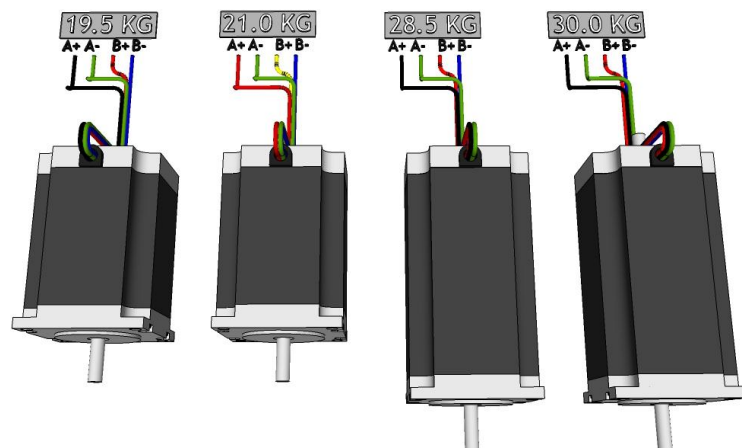
Los motores paso a paso son uno de los dispositivos básicos del proyecto y son la fuerza impulsora detrás de todo movimiento lineal. Los motores paso a paso tendrán que ser acoplado a un driver y estos a su vez a un controlador que proporciona la corriente eléctrica física para hacer que se muevan.

Una vez definido la fuente de alimentación procedemos al montaje de los motores paso a paso.

Códigos de color de los cables de los motores paso a paso para la conexión.

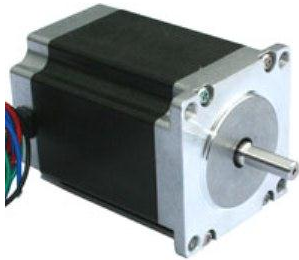
Dependiendo de la versión del motor paso a paso (de 1 kg a 19.5kg, 21Kg, 28.5kg, 30kg o más), la configuración de los cables se establece de diferente manera.

Ilustración 85. Códigos de color para la conexión de los cables de los motores.



Codificación de los cables para el motor NEMA 11-1kg y NEMA 23-19Kg

Ilustración 86, Motor Nema 23-19 kg.



Alambre negro A+

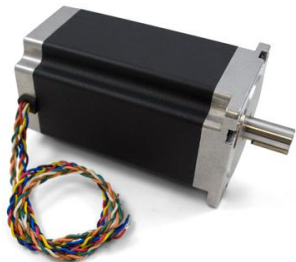
Alambre verde A-

Alambre rojo B+

Alambre azul B-

Codificación de los cables para el motor NEMA 34 DE 122 Kg

Ilustración 87. Motor Nema 34-122 Kg



Alambre negro A+

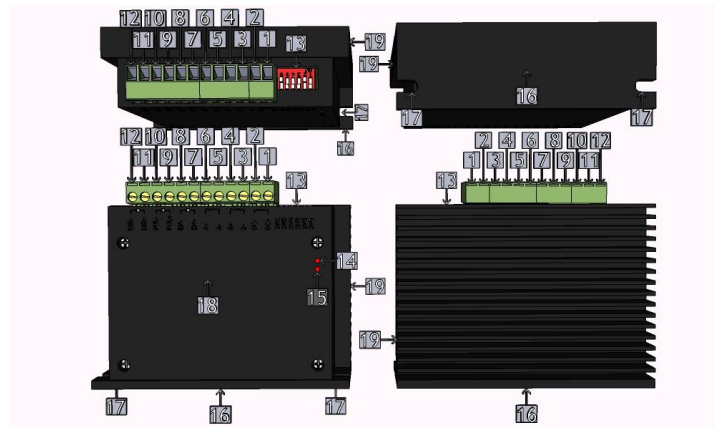
Alambre verde A-

Alambre rojo B+

Alambre azul B-

Conexión Motores paso a paso a los conductores DIV268N.

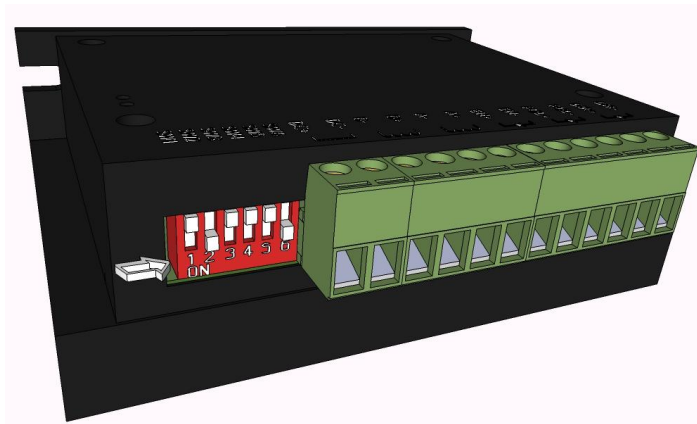
Ilustración 88. Conductores DIV268N.



Configuración de los interruptores del DIV268N-5ª

Antes de cablear los motores paso a paso es necesario mencionar que se debe configurar el controlador DIV268N a la configuración actual de los motores paso a paso y la subdivisión del ángulo del paso deseado. Estos ajustes son controlados por los 6 interruptores DIP en cada conductor.

Ilustración 89. Configuración de los interruptores del conductor.



La siguiente tabla muestra dos conjuntos de información, el primer conjunto es la configuración del interruptor de control de potencia eléctrica actual / amperaje, y, el segundo controla la subdivisión de los pasos (resolución).

Tabla 31. Configuración de los interruptores según el amperaje del motor.

Canalla	Sw1	Sw2	Sw3		Sub	Sw4	Sw5	Sw6
0.2	En	En	En		Gn	En	En	En
0.6	Apagado	En	En		1	Apagado	En	En
1.2	En	Apagado	En		2.1	En	Apagado	En
1.8	Apagado	Apagado	En		2.1	Apagado	Apagado	En
2.8	En	En	Apagado		1.4	En	En	Apagado
3.3	Apagado	En	Apagado		1/8	Apagado	En	Apagado
4.2	En	Apagado	Apagado		1/16	En	Apagado	Apagado
5	Apagado	Apagado	Apagado		Gn	Apagado	Apagado	Apagado

De acuerdo a esta información procedemos a mencionar el amperaje de cada uno de los motores paso a paso y la configuración de los interruptores adecuada.

Especificaciones del motor NEMA 11 de 1kg

Tabla 32. Especificaciones del motor Nema 11 de 1kg.

General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	4.56
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	0.67
Ambient Temperature (°C)	-20 ~ +50	Resistance Per Phase (± 10% Ω)	6.8 (25°C)
Number of Phase	2	Inductance Per Phase (± 20% mH)	4.9
Insulation Resistance (MΩ)	100 Min (500VDC)	Holding Torque (N.cm)	9.5
Insulation Class	Class B	Detent Torque (N.cm)	
Max.radial force (N)	28 (20mm from the flange)	Rotor Torque (g.cm ²)	9
Max.axial force (N)	10	Weight (Kg)	0.12

Tabla 33. Configuración de los interruptores para el motor Nema 11 de 1kg.

Canalla	Sw1	Sw2	Sw3		Sub	Sw4	Sw5	Sw6
0.6	Apagado	En	En		1	Apagado	En	En

Especificaciones del motor NEMA 23 de 19kg

Tabla 34. Especificaciones del motor Nema 23 de 19kg.

General specifications		Electrical specifications	
Step Angle (°)	1.8	Rated Voltage (V)	3.2
Temperature Rise (°C)	80 Max (rated current, 2 phase on)	Rated Current (A)	2.8
Ambient Temperature (°C)	-20 ~ +50	Resistance Per Phase (± 10% Ω)	1.13
Number of Phase	2	Inductance Per Phase (± 20% mH)	3.6
Insulation Resistance (MΩ)	100 Min (500VDC)	Holding Torque (N.cm)	189
Insulation Class	Class B	Weight (Kg)	1.05
Max.radial force (N)	75 (20mm from the flange)		
Max.axial force (N)	15		

Tabla 35. Configuración de los interruptores para el motor Nema 23 de 19kg.

Canalla	Sw1	Sw2	Sw3		Sub	Sw4	Sw5	Sw6
2.8	En	En	Apagado		1.4	En	En	Apagado

Especificaciones del motor NEMA 34 de 122kg

Tabla 36. Especificaciones del motor Nema 34 de 122kg.

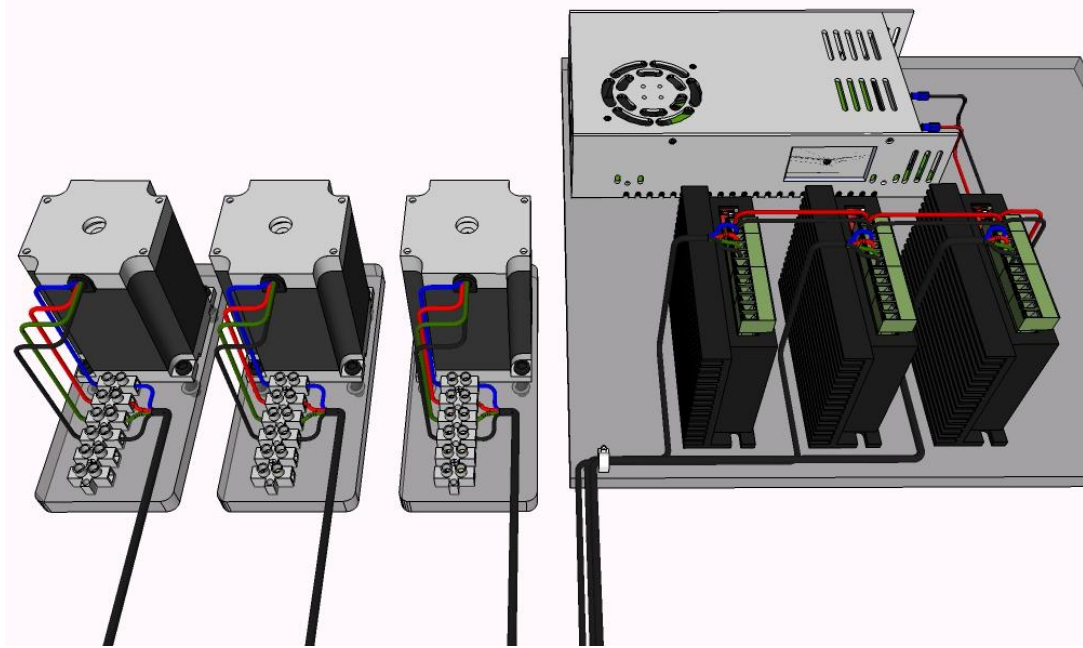
Especificaciones técnicas			
Frame Size:	NEMA34	Holding torque:	8.4N.m 1232oz-
Step Angle:	1.8 degree	Rotor inertia:	in2700g-cm2
Voltage:	3.08V	Number of wire leads:	4
Current:	5 A/phase	Weight:	3.8 kg
Resistance:	0.55 Ohm/phase	Length:	118mm
Inductance:	5.5 mH/phase		

Tabla 37. Configuración de los interruptores para el motor Nema 34 de 122kg.

Canalla	Sw1	Sw2	Sw3		Sub	Sw4	Sw5	Sw6
5	Apagado	Apagado	Apagado		Gn	Apagado	Apagado	Apagado

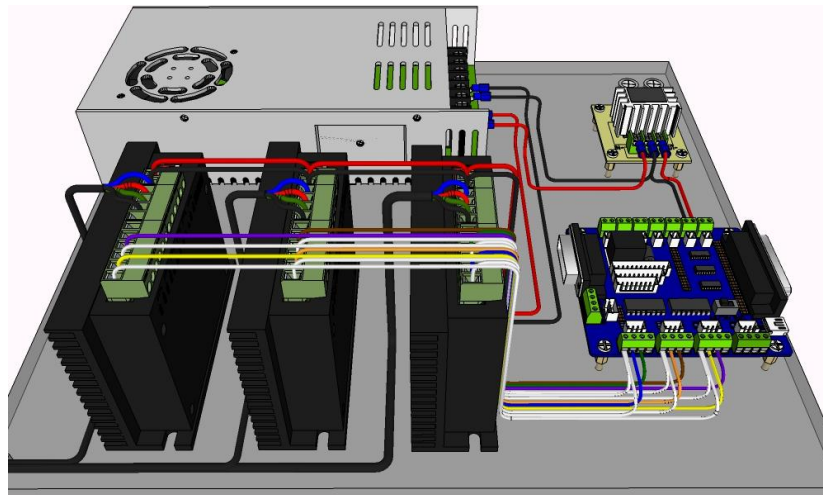
Luego de haber definido los códigos de color y la configuración del interruptor para cada motor se realiza la conexión, es correcto aclarar que por cada motor se utiliza un conductor DIV268N.

Ilustración 90, Conexión de los motores a los drivers.



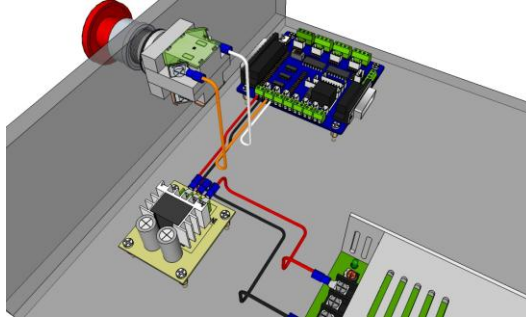
10.3.2.3 Tablero JK02 Breakout Una vez ensamblada la fuente de alimentación, los conductores y los motores, conectamos el tablero Breakout JK02-M el cual facilita las comunicaciones entre el software Mach3 en el equipo y el hardware.

Ilustración 91, Conexión del tablero Breakout JK02-M.



Conexión del botón de parada de emergencia para el tablero JK02 Breakout.

Ilustración 92, Conexión del botón de emergencia.



La función de un botón de parada de emergencia es facilitar la detención completa de todos los componentes del dispositivo. Cuando se pulse el botón de parada de emergencia se enviara un señal al software y este detendrá a todos los dispositivo. La principal ventaja de utilizar un botón de parada de emergencia es que una vez haya pasado el problema se puede reanudar la última posición en el que se detuvo la máquina⁵⁴.

10.3.3 Sistema de control El diseñador de una parte generalmente usa un programa o programas de diseño asistido por computadora (CAD / CAM). La salida de este programa es transferida a la máquina controladora. La máquina es responsable de interpretar esta parte del programa para controlar las herramientas que realizaran la acción. Los ejes de la máquina son movidos por tornillos, cremalleras o correas que son impulsados por los motores paso a paso. Las señales de la máquina controladora son amplificadas por los Drives de modo que ellos son bastante y convenientemente poderosos para hacer funcionar los motores.

⁵⁴ HOBBY CNC AUSTRALIA, Sistema de control, herramientas, funciones, ensamblaje y configuración. Publicado en el 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.hobbyncncaustralia.com.au/Instructions/iI72DIV268NToStepper.htm>. (Consulta 02 sep. 2015).

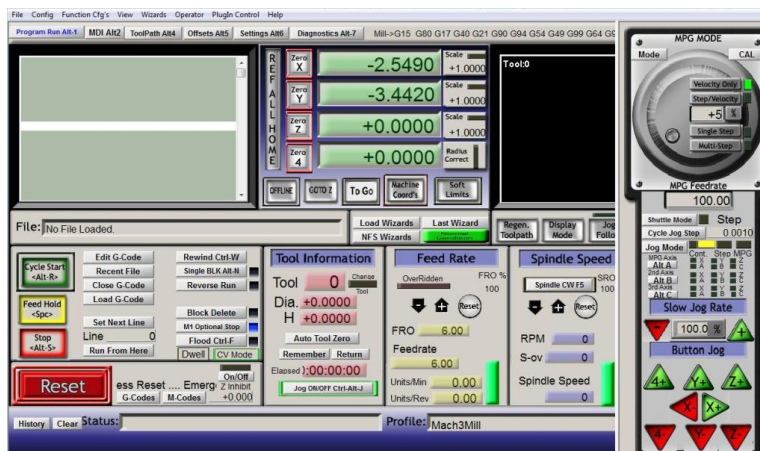
Frecuentemente una máquina controladora puede controlar el arranque y el pare del motor (y aún controlar su velocidad) y verificará que una parte del programa o un operador no esté tratando de mover cualquier eje más allá de sus límites.

La máquina controladora también tiene botones de control, un teclado, perillas de potenciómetros, una rueda de control manual de pulsos (MPG), o una palanca de mando para que el operador pueda controlar la máquina manualmente y arranque y pare un programa que esté corriendo.

La máquina controladora tiene un display de modo que el operador sabe lo que está sucediendo.

10.3.3.1 Controlador Mach3

Ilustración 93, Sistema de control Mach3.



Mach3 es un paquete de software que convierte una computadora típica en un controlador del movimiento de los motores (de pasos y servo) y en general de la máquina, mediante el procesamiento de G-Code.

Mach3 se comunica principalmente por uno u opcionalmente dos puertos paralelos (de impresora) y por un puerto serial (COM).

10.3.3.1.1 Características generales

- Es un controlador de 6 posibles ejes, aunque para nuestro proyecto únicamente necesitamos 3.
- Pantalla G-code Visual
- Interfaz totalmente personalizable
- Control de la velocidad
- Generación de impulsos Manual
- Pantalla de vídeo de la máquina
- La capacidad de la pantalla táctil
- La elegibilidad de pantalla completa.

10.3.3.1.2 Mach3 para el dispositivo Una vez asignados todos los elementos necesarios se configura el sistema de control.

Se requiere que los patrones estén diseñados en un archivo CAD los cuales una vez ingresados al programa mach3 son transformados en coordenadas CAM. Estas coordenadas son leídas y realizadas por el programa de la manera más efectiva; o también se pueden fijar las coordenadas manualmente con la tecla input.

Ilustración 94, Pantalla y botón Input.



Es correcto mencionar que una vez ingresado el patrón requerido, se deben ajustar los parámetros de velocidad máxima de cada motor (pasos por unidad y velocidad máxima), estos se configuran en la opción configurations-motor tuning.

Ilustración 95, Guía de configuración.



Ilustración 96, Configuración de la velocidad del motor.



Seguido a estos pasos el programa está disponible para realizar el patrón establecido.

Gracias a que el sistema genera un registro de todos los movimientos, solo es necesario realizar esta secuencia una vez. Lo que significa que para la elaboración de las próximas laminas solo hay que abrir el archivo preestablecido y reiniciar la operación.

11. DISEÑO A NIVEL SISTEMA

11.1 DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL.

Para la elaboración del dispositivo se propuso una estructura funcional y otra formal, con el objetivo de brindar una propuesta que mantuviera una relación de costos adecuada y otra donde este parámetro no interviniera, estos dos diseños fueron elaborados bajo características de funcionalidad y de resistencia similares,

Una vez seleccionados los mecanismos, motores y controladores, precedemos a desarrollar la forma funcional adecuada para la implementación de los mismos, especificando las uniones de los componentes y modelos de desplazamiento.

11.1.1 Movimiento en el eje X y Y Los mecanismos utilizados para realizar los movimientos, como anteriormente se mencionaron son el de piñón- cadena, unido a un mecanismo de polea-correa dentada encargado de realizar la reducción de la fuerza ejercida por el motor NEMA 23 DE 19 Kg.cm y otro que es el del tornillo sin fin.

Posteriormente se plantearon los siguientes componentes para la ejecución del movimiento: una barra horizontal con dos guías lineales cilíndricas dispuestas arriba y abajo y una estructura que cumpliera las funciones de transporte (dos rodamientos lineales), de soporte (donde se implementa el mecanismo del tornillo sin fin) y de unión al mecanismo de piñón- cadena.

Una vez definidos los mecanismos propuestos para realizar los movimientos en el eje X y Y, realizamos una tabla especificando las características, funciones y las cantidades necesarias de cada elemento.

Componentes para realizar el movimiento en X

Ilustración 97. Mecanismos y ensambles para el desplazamiento en X.

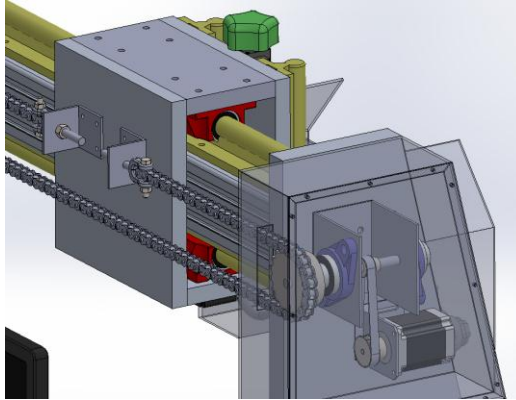


Ilustración 98. Mecanismos y ensambles para el desplazamiento en X.

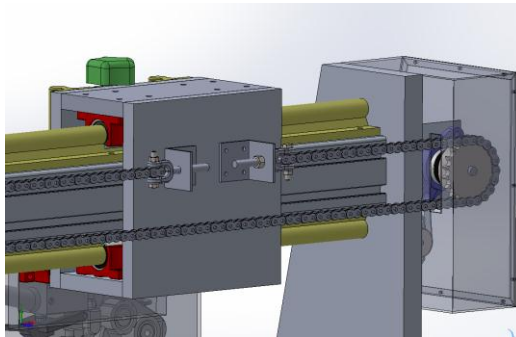

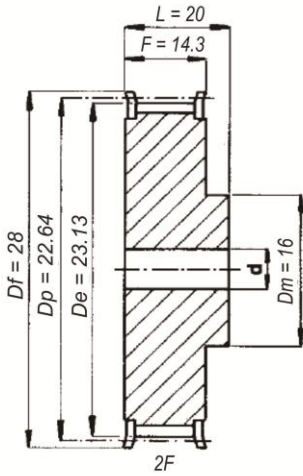
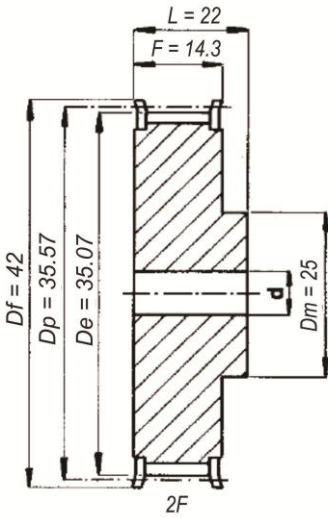
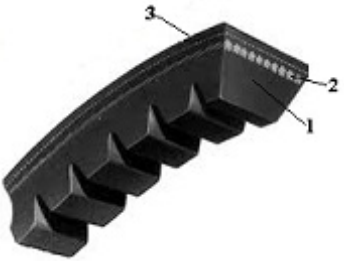
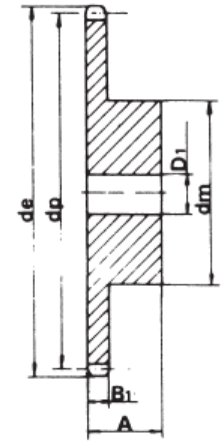
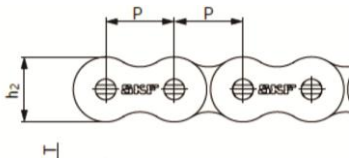





Tabla 38. Componentes para los mecanismos y uniones del movimiento en X.

COMPONENTES			
Mecanismo y uniones para el movimiento en X			
Pieza	Imagen	Cant	Especificaciones
Motor nema 23 de 19 kg.cm		1	Motor con un soporte máximo de 19 Kg.cm, necesario para transportar la estructura principal de la pistola.
Polea		1	Polea acoplada al motor y unida a la siguiente polea para realizar una reducción de torque y aumento de velocidad de 1:1,55. XL 037 paso 1/5" (5.08 mm) z=22 Diám. primitivo = 35.57 Diám. externo = 35.07 Diám. final= 42 Diám. de la manzana = 25
Polea		1	Polea acoplada al piñón, encargada de transmitir la fuerza que moverá el sistema. xl 037 con paso 1/5" (5.08 mm) z= 14 Diám. primitivo = 22.64 Diám. externo = 23.13 Diám. final= 28 Diám. de la manzana = 16

COMPONENTES			
Mecanismo y uniones para el movimiento en X			
Pieza	Imagen	Cant	Especificaciones
Correa dentada de perfil trapezoidal		1	Esta correa permite la unión de las dos poleas para realizar la reducción. paso 1/5" (5.08 mm) z=20 Longitud= 294 mm
Piñón		2	Rueda dentada para tensar la cadena y así transmitir el movimiento del motor. Norma DIN-ASA-ANSI Paso = 1/2" x 5/16" Z = 20 D. externo=2085.8 mm. D primitivo = 81,19 mm.
Cadena		1	Elemento encargado de transmitir el movimiento de arrastre y de fuerza de las ruedas dentadas a la estructura donde se acopla la pistola. Normas ISO 606, ANSI B29.1 y DIN 8188. Cadena 40-1 Paso= 12.7 mm Peso por metro= 0.62 Kg/m Long. de la cadena= 7.181m

COMPONENTES			
Mecanismo y uniones para el movimiento en X			
Pieza	Imagen	Cant	Especificaciones
Tensor de cadena tipo quijada		2	Los tensores están acoplados a la cadena y a las estructura de la pistola Tensor 3/8"
Angulo acero Tensor de cadena		2	Angulo de acero para realizar la unión del tensor a la estructura de la pistola. Ángulo de 2" x 3/16" a = 50.8 mm e = 4,8 mm Xg = Yg = 1,42 mm Sección = 4,72 mm Peso = 2.52 grs
Guías lineales TBR 25,		2	Dos guías lineales ubicadas una arriba y otra debajo de la barra principal, para permitir un deslizamiento uniforme y homogéneo. Longitud = 3 m Diámetro = 25 mm
Rodamientos lineales LM25UU OP		4	Rodamiento lineal abierto, necesario para el movimiento y elementos. Diámetro interno = 25 mm
Soporte de rodamiento		4	Elemento para unir la estructura de la pistola con los rodamientos lineales. Soporte TBR25 Diámetro interno = 40 Peso = 0,60 kg

Componentes para realizar el movimiento en Y

Ilustración 99. ensamble de los componentes en el eje y.

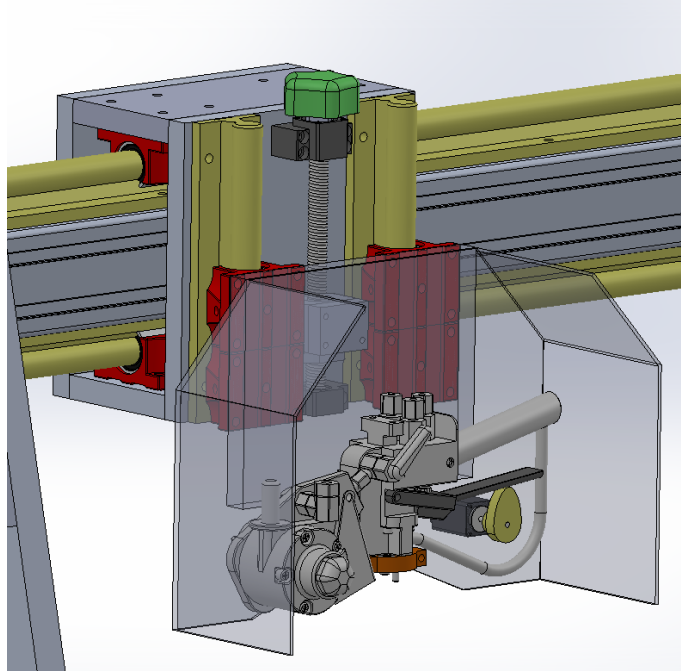



Tabla 39. Componentes para los mecanismos y uniones del movimiento en Y.

Mecanismo y uniones para el movimiento en Y			
Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
Tornillo sin fin: ROD-BK15-FV-A			Elemento con el cual se transmite el movimiento circular ejercido por el usuario al husillo. Barra de precisión de diámetro= 20 mm

Mecanismo y uniones para el movimiento en Y			
Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
Soporte de husillo = ROD-BK15-FV-A.		2	El soporte de husillo es el que sostendrá fijo al tornillo en cada extremo. diámetro interno = 15 mm
Husillo de bolas = MEC-SN2005,		1	El husillo convierte el movimiento circular a uno rectilíneo. Diám. Interno = 20 mm. Paso= 5 mm.
Casquillo = MEC-BNBR20-G4-A,		1	El casquillo será la pieza encargada de unir el husillo y la pistola Casquillo de diámetro interno = 36 mm
Guías lineales TBR 25,		2	Dos guías lineales ubicadas una al lado de la otra, permitiendo la unión de la estructura y la pistola y garantizando un movimiento uniforme y homogéneo. Longitud 25 cm Diámetro = 25 mm
Rodamientos lineales LM25UU OP		4	Rodamiento lineal abierto apto para el tipo de guía lineal utilizada. Diámetro interno = 25 mm

Mecanismo y uniones para el movimiento en Y			
Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
Soporte de rodamiento		4	Elemento para unir la estructura de la pistola con los rodamientos lineales Soporte TBR25 Diámetro interno = 40 Peso = 0,60 kg

11.1.2 Movimiento en el eje Z

Componentes para realizar el movimiento en Y

Los mecanismos utilizados para realizar el movimiento en el eje Z, como anteriormente se mencionaron son el de piñón- cadena, unido a un mecanismo de polea-correa dentada encargado de realizar la reducción de la fuerza ejercida por el motor NEMA 34 DE 122 Kg.cm.

Una vez definidos los mecanismos propuestos para realizar los movimientos en el eje Z, realizamos una tabla especificando las características, funciones y las cantidades necesarias de cada elemento.

Ilustración 100. Ensamble total de la estructura funcional del dispositivo.

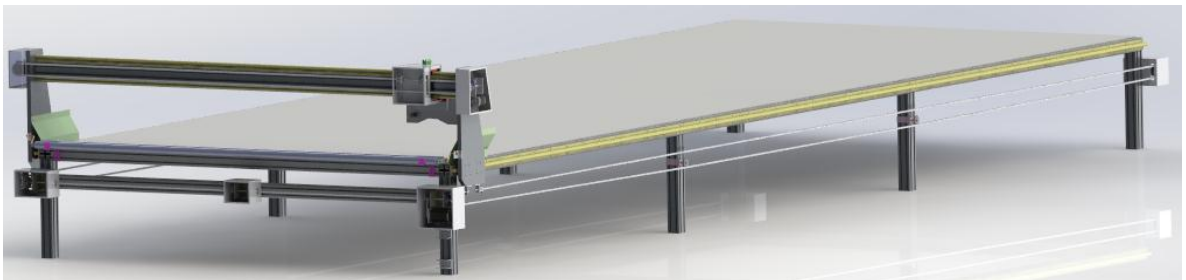


Ilustración 101. Aproximación de los ensambles dentro de la estructura funcional.

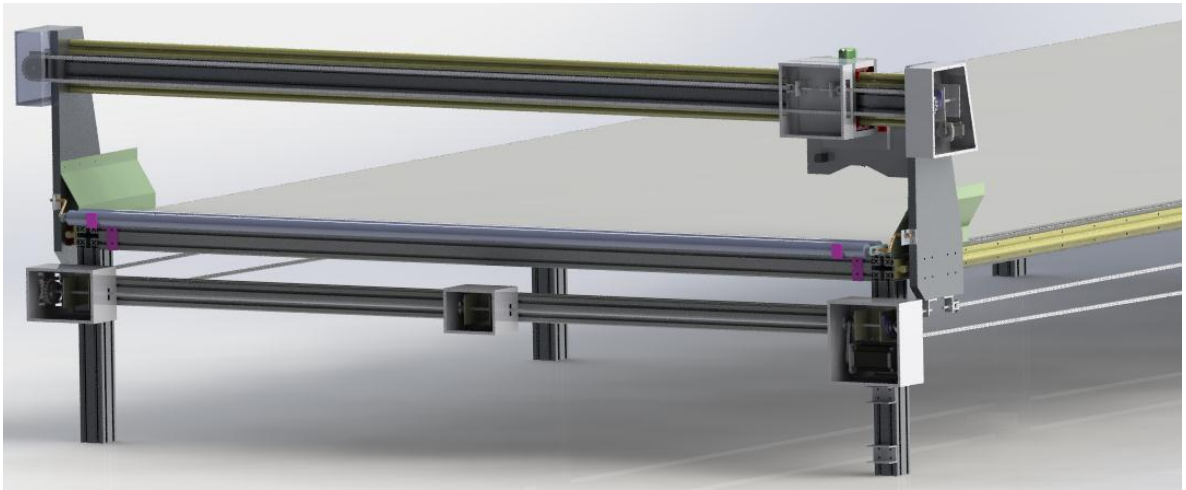
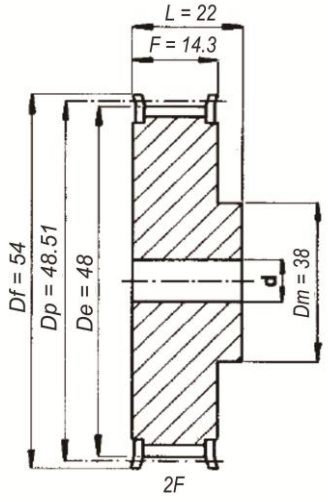
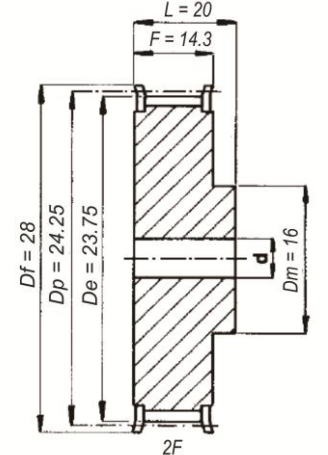
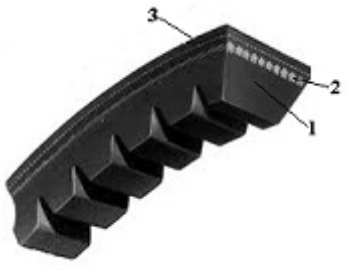
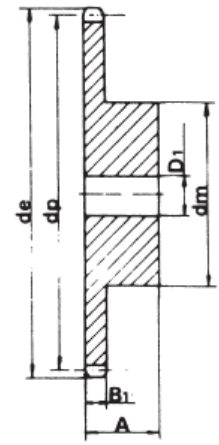
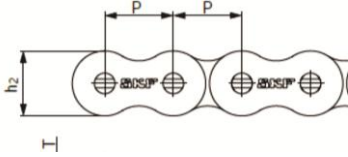
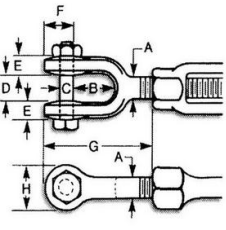
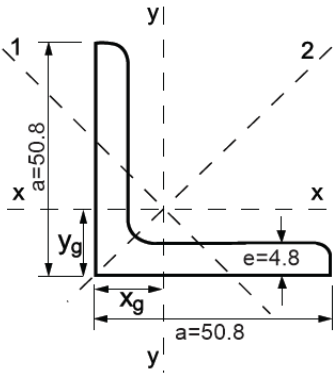




Tabla 40. Componentes para los mecanismos y uniones del movimiento en Z.

Mecanismo y uniones para el movimiento en Z			
Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
Motor nema 34 DE 122 kg.cm		1	Motor con un soporte máximo de 122 Kg.cm, necesario para transportar la estructura mayor de la pistola (puente).

Mecanismo y uniones para el movimiento en Z

Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
Polea		1	<p>Polea acoplada al motor y unida a la siguiente polea para realizar una reducción de torque y aumento de velocidad de 1:2.</p> <p>Paso = 1/5"</p> <p>Núm. de dientes = 30</p> <p>Diám. primitivo = 48.51</p> <p>Diám. externo = 48.00</p> <p>Diám. final= 54</p> <p>Diám. de la manzana = 38</p>
Polea		1	<p>Polea acoplada al piñón, encargada de transmitir la fuerza que moverá el sistema.</p> <p>Paso = 1/5"</p> <p>Núm. de dientes = 15</p> <p>Diám. primitivo = 24.25</p> <p>Diám. externo = 23.75</p> <p>Diám. final= 28</p> <p>Diám. de la manzana = 16</p>
Correa dentada de perfil trapezoidal		1	<p>Esta correa permite la unión de las dos poleas para realizar la reducción.</p> <p>Norma ISO/DIS 5296</p> <p>Paso 1/5" (5.08 mm)</p> <p>Num. de dientes=20</p> <p>Longitud= 313 mm</p>
Piñón		4	<p>Rueda dentada para tensar la cadena y así transmitir el</p>

Mecanismo y uniones para el movimiento en Z			
Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
			<p>movimiento del motor.</p> <p>Norma DIN-ASA-ANSI Piñón de 1/2" x 5/16" número de dientes=20 Diam. Externo =2085.8 mm Diam. primitivo=81,19 mm</p>
Cadena		2	<p>Transmite el movimiento de arrastre y de fuerza de las ruedas dentadas al puente.</p> <p>Normas ISO 606, ANSI B29.1 y DIN 8188. Cadena 40-1 Paso= 12.7 mm Peso por metro= 0.62 Kg/m Longitud = 18.445 m.</p>
Tensor de cadena tipo quijada		4	<p>Los tensores están acoplados a la cadena y al puente.</p> <p>Tensor 3/8"</p>
Angulo acero Tensor de cadena		4	<p>Angulo para realizar la unión del tensor al puente.</p> <p>Ángulo de 2" x 3/16" a = 50.8 mm e = 4,8 mm Xg = Yg = 1,42 mm Sección = 4,72 mm Peso = 2.52 grs</p>

Mecanismo y uniones para el movimiento en Z			
Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
Guías lineales TBR 25,		6	Las guías lineales están ubicadas de manera lateral en la estructura base (3 guías para la izquierda y 3 para la derecha) Longitud = 3 m Diámetro = 25 mm
Rodamientos lineales LM25UU OP		4	Rodamiento lineal abierto apto para el tipo de guía lineal utilizada. Diámetro interno = 25 mm
Soporte de rodamiento		4	Elemento para unir la estructura de la pistola con los rodamientos lineales Soporte TBR25 Diámetro interno = 40 Peso = 0,60 kg


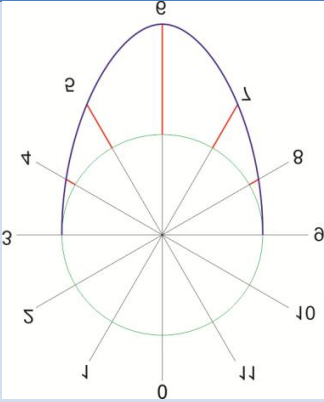
11.1.3 Movimiento para encender la pistola.

Componentes para realizar el movimiento del gatillo.

El mecanismo utilizado para realizar el movimiento del gatillo y encender la pistola, como anteriormente se mencionó es el de leva, unido a un mecanismo de polea-correa dentada encargado de realizar la reducción de la fuerza ejercida por el motor NEMA 34 DE 122 Kg.cm.

Una vez definido el mecanicismo propuestos para realizar el movimiento del gatillo de la pistola, realizamos una tabla especificando las características, funciones y las cantidades necesarias de cada elemento.

Tabla 41. Componentes para los mecanismos y uniones para la pistola.

Mecanismo y uniones para encender la pistola			
Pieza	Imagen	Cant.	Especificaciones
NEMA 11 de 1kg		1	Motor con un soporte máximo de 1 Kg.cm, necesario para mover el gatillo de la pistola.
Leva		1	Leva céntrica con avance máximo de 16,51 mm

11.1.4 Perfil para la configuración de la estructura Debido a que las dimensiones máximas de las láminas de las paredes de los furgones isotérmicos son de 3x9 mtrs, era necesario diseñar una estructura modular que abarcara como mínimo dicho tamaño y que facilitara su transporte, armado y desarmado, que soportara las cargas a las cuales sería sometido y que a su vez fuera liviano.

En base a los requerimientos anteriormente mencionados, se seleccionó un perfil de aluminio que se pudiera armar de forma sencilla, rápida y sin necesidad de realizar procesos adicionales como soldaduras o maquinados, además de contar con un alto grado de resistencia a mecánica⁵⁵.

⁵⁵ FLUITECNİK. Perfil de aluminio, tipos, planos, características y modo de ensamble, Publicado en el 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.fluitecnik.com/default/documentos/516_es-perfiles-cap2.pdf. (Consulta 21 ago. 2015).

Perfil de aluminio

Este es un perfil de aluminio totalmente modular, ligero y resistente a la vez y adaptable a cualquier espacio; Las uniones entre perfiles se realizan mediante escuadras y otros elementos de unión rápidos, sin soldaduras.

Las principales ventajas son:

- Sencillez del diseño y montaje
- Modularidad y facilidad de ensamblaje de todos sus elementos
- Robustez y fiabilidad del producto
- Compatibilidad con otros sistemas
- Adaptabilidad a todo tipo de industrias

Perfil de aluminio de 9x9 cm - referencia 1800

Hay perfiles desde 3x3 cm, pero en base al volumen y peso de los componentes que hacen parte del dispositivo, se seleccionó el perfil de 9x9 cm.

Ilustración 102. Planos del perfil de aluminio usado para la configuración de la estructura.

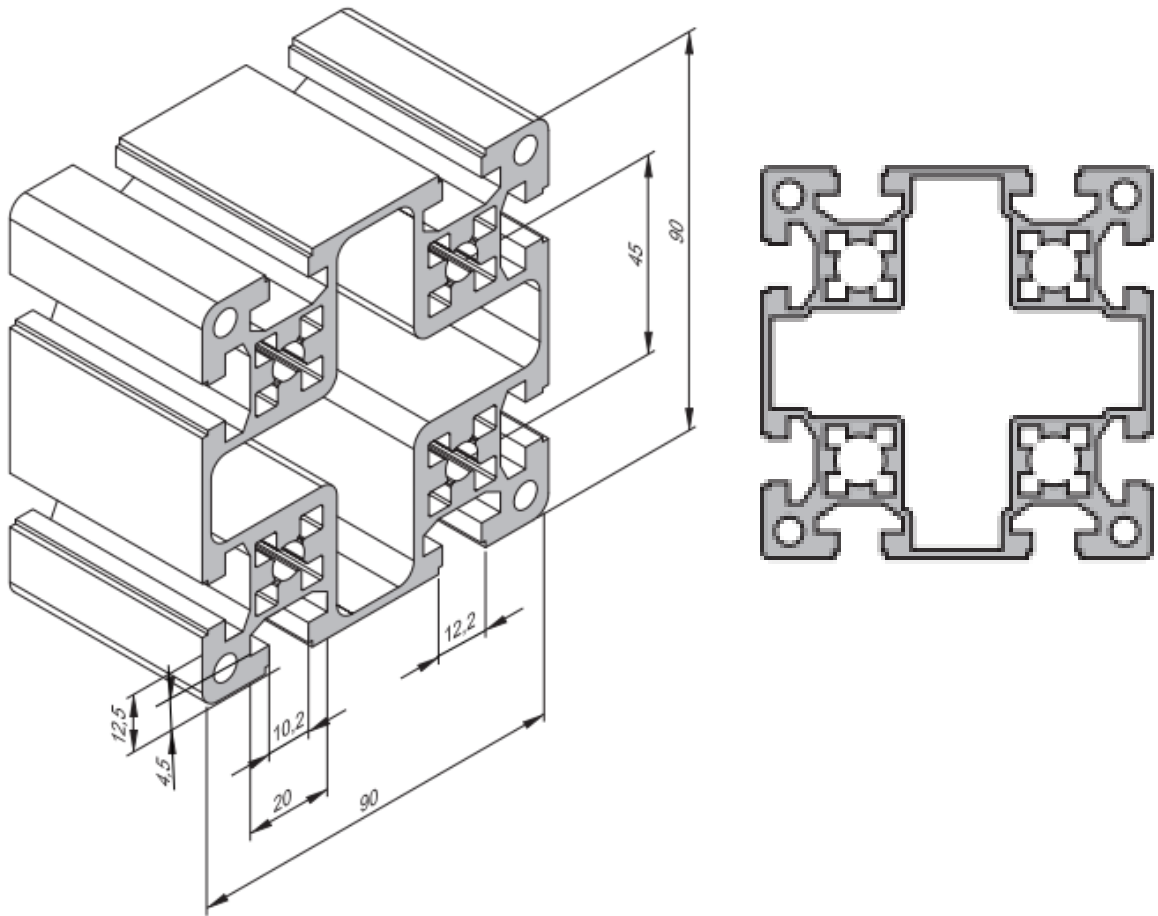


Tabla 42. Datos técnicos del perfil de aluminio de 9x9 cm.

DATOS TECNICOS					
Material	Aleacion	Area	Peso	Momento de inercia	Longitud de barra
Aluminio anodizado	Aleacion 6063-T6	2.175 mm(2)	6.2 kg/m	Lxx=209,5 cm(4) Lxy=209,5cm(4)	3m

Método de ensamble de las barras de la estructura

Los perfiles serán ensamblados por medio de dos tipos de escuadras elaboradas en fundición de aluminio y Tornillos allen din 912, los cuales se fijaran a la estructura y evitaran el movimiento con tuercas de inserción.

A continuación se mostraran los tornillos, las tuercas y los tipos de escuadras utilizadas para la elaboración del dispositivo, los planos y la forma de ensamble.

Tornillo ALLEN DIN 912 M8

Material del tornillo: acero cincado y cromado

Ilustración 103. Tornillo Allen DIN 912 M8

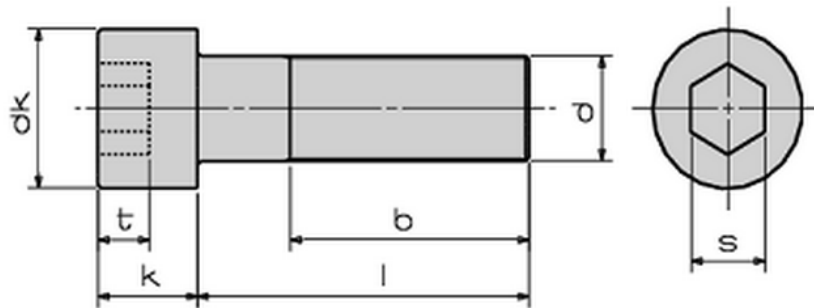


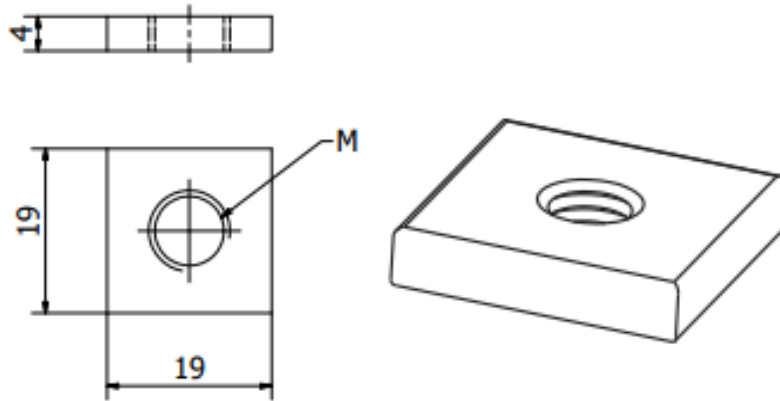
Tabla 43. dimensiones para tornillo Allen DIN 912 - M8.

Métrica (d)	Long. Rosca (b)	Diámetro cabezal		Altura cabezal		Ancho llave			Prof. (t min)
		(dk max.)	(dk min.)	(k max.)	(k min.)	(s nom)	(s min.)	(s max.)	
M8	28,0	13,0	12,73	8,0	7,64	6,0	6,025	6,14	3,5

Tuerca de inserción – TUI 2104

Material del tornillo: acero cincado y cromado

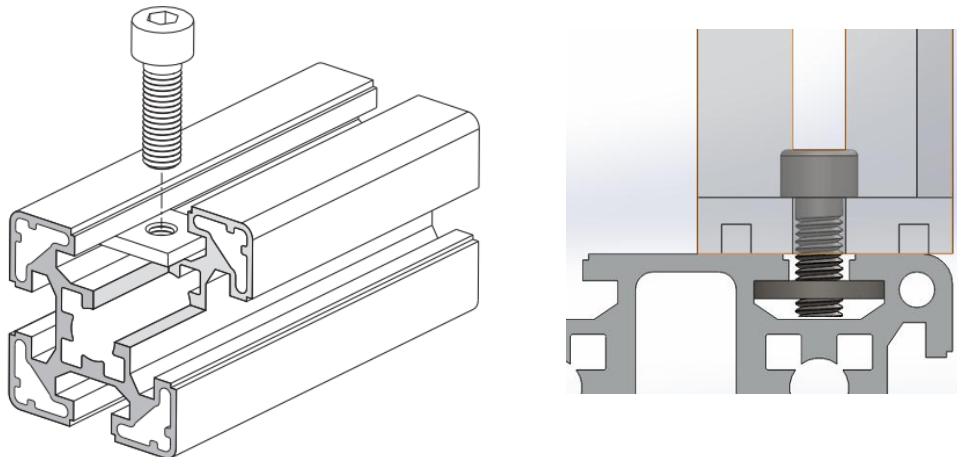
Ilustración 104. Tuerca de inserción -TUI 2104.



Ensamble

La tuerca se introduce dentro del carril que se desea usar, se acomoda en la distancia y posición correcta y se introduce el tornillo dejándolo completamente fijo.

Ilustración 105. Ensamble del perfil y la escuadra, con el tornillo y la tuerca.

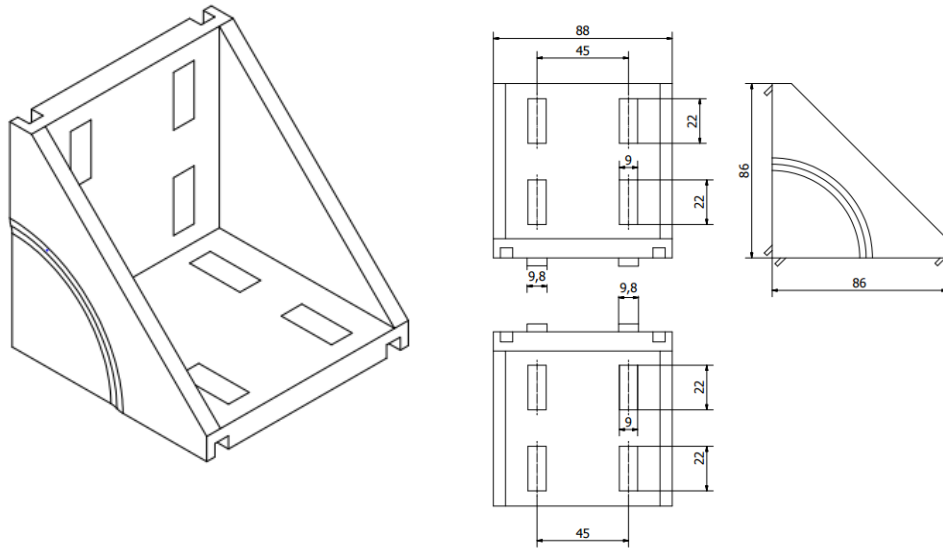


Referencia de escuadra – ESC 2238

Material: Fundición de aluminio

Dimisiones: 86X86X88 mm

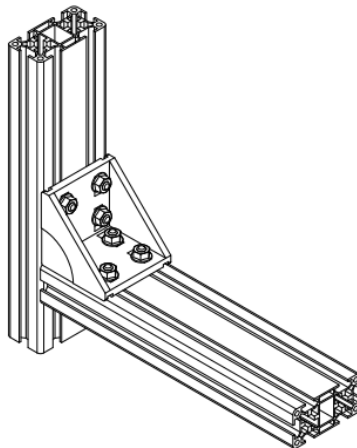
Ilustración 106. Planos técnicos de la escuadra - ESC 2238.



Aplicación

Union de tuerca, perfil, escuadra y tornillo en 8 puntos para mayor agarre y fijacion de las piezas, logrando un angulo de 90° entre perfiles.

Ilustración 107. Aplicación de la escuadra- ESC 2238.

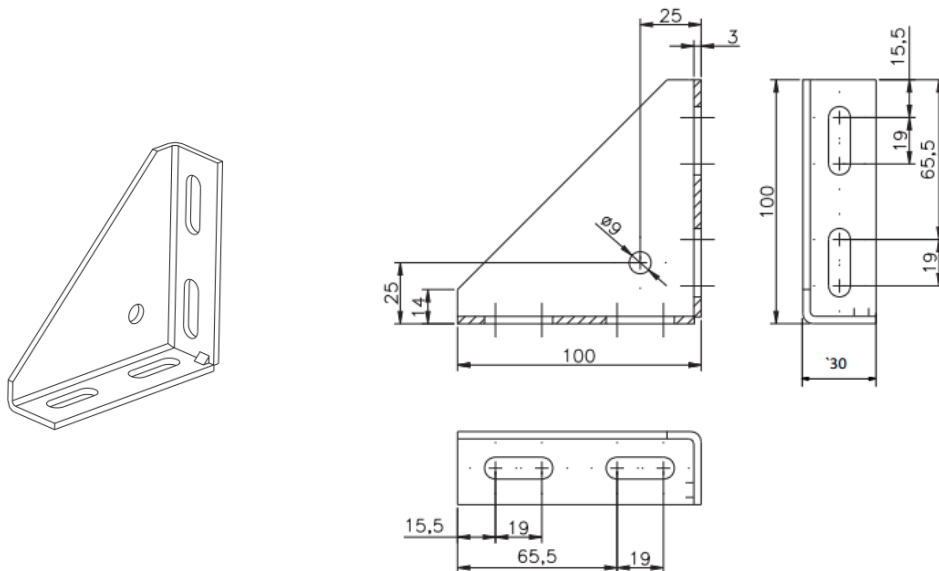


Referencia de escuadra – ESC 2204

Material: Fundición de aluminio

Dimisiones: 100x100 mm

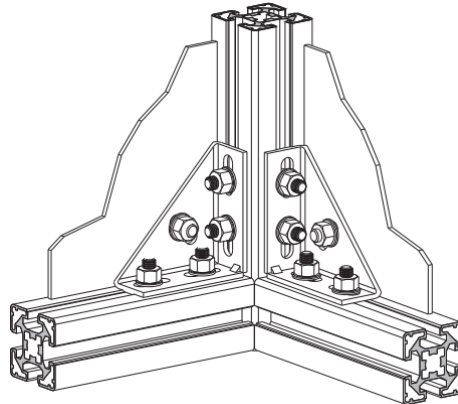
Ilustración 108. Planos técnicos de la escuadra - ESC 2204.



Aplicación



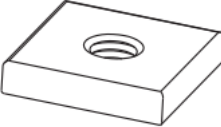
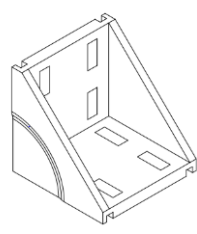
Union de tuerca, perfil, escuadra y tornillo en 4 puntos logrando un angulo de 90° entre perfiles, esta escuadra se usara en partes donde el agarre no tenga que ejercer mucho esfuerzo y se necesite recubrir la parte frontal del perfil.

Ilustración 109. Aplicación de la escuadra –ESC 2204.



11.1.5 Componentes para la configuración de la estructura funcional.

Tabla 44. Componentes para la configuración de la estructura.

CONFIGURACION DE LA ESTRUCTURA		
Elemento	Imagen	Cantidad
Perfil de 9x9x300cm		10
Perfil de 9x9x65cm		8
Tornillo ALLEN DIN 912 M8		136
Tuerca de inserción – TUI 2104		136
Escuadra – ESC 2238		16

CONFIGURACION DE LA ESTRUCTURA		
Elemento	Imagen	Cantidad
Escuadra – ESC 2204		2
Placas lateral del puente		2

11.1.6 Sujeción de la pistola. El planteamiento de las sujeciones se realizó en base a las pistolas de mezcla externa existentes en el mercado (pistolas utilizadas por la empresa furgoriente) y a las partes en común.

Algunas pistolas de mezcla externa se presentan a continuación para mostrar el punto en común que es la boquilla, la cual permanece con las mismas dimensiones (diámetro 43 mm).

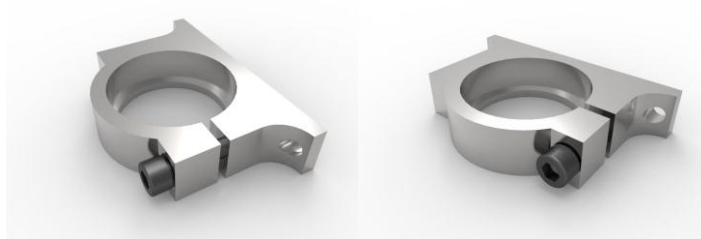
Ilustración 110. Pistolas de aspersión de mezcla externa.



Una vez definido el punto de sujeción se elaboraron propuestas y se sometieron a pruebas en donde se analizaron tiempos de armado, número de acciones, nivel de aceptación del operario y resistencias (simulación virtual), una vez obtenidos estos datos se realizó la verificación de resultados y la elección de la sujeción más eficiente y efectiva.

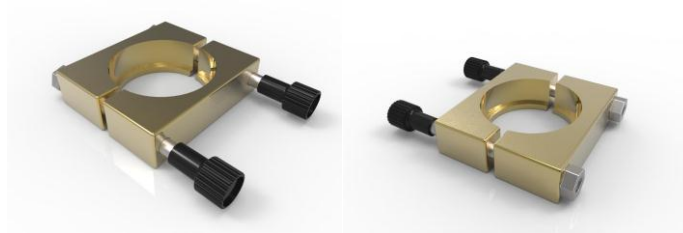
Sujeción 1

Ilustración 111. Modelo de la sujeción 1.



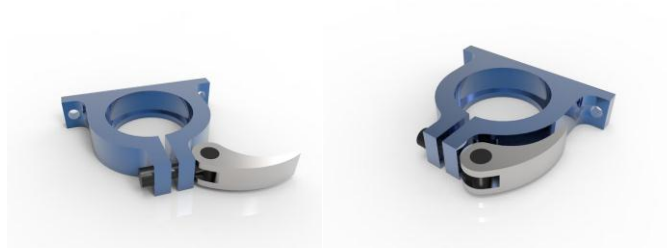
Sujeción 2

Ilustración 112. Modelo de la sujeción 2.



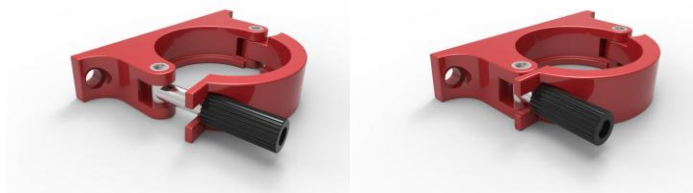
Sujeción 3

Ilustración 113. Modelo de la sujeción 3.



Sujeción 4

Ilustración 114. Modelo de la sujeción 4.



11.1.6.1 Pruebas de eficiencia Para la realización del análisis de los sistemas de sujeción de la pistola utilizados en el dispositivo, se parte de la teoría de la Ingeniería de Métodos y Tiempos de Niebel, en la cual se divide una actividad en tareas y operaciones para hacer su análisis. La medición de tiempos por cada tarea y registro en video facilita el análisis de dicha operación evidenciando las fallas o posibles mejoras a plantear con el fin de optimizar el diseño⁵⁶.

El modelo planteado por la empresa TITUS sobre la aceptación del consumidor también brinda una herramienta útil de medición sobre el usuario final del dispositivo. La información es cuantificada en la fórmula del factor de aceptación

⁵⁶ NIEBEL, B. W., FREIVALDS A. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. México D.F.: Ed. Alfaomega. Ed. 11a. 2004.

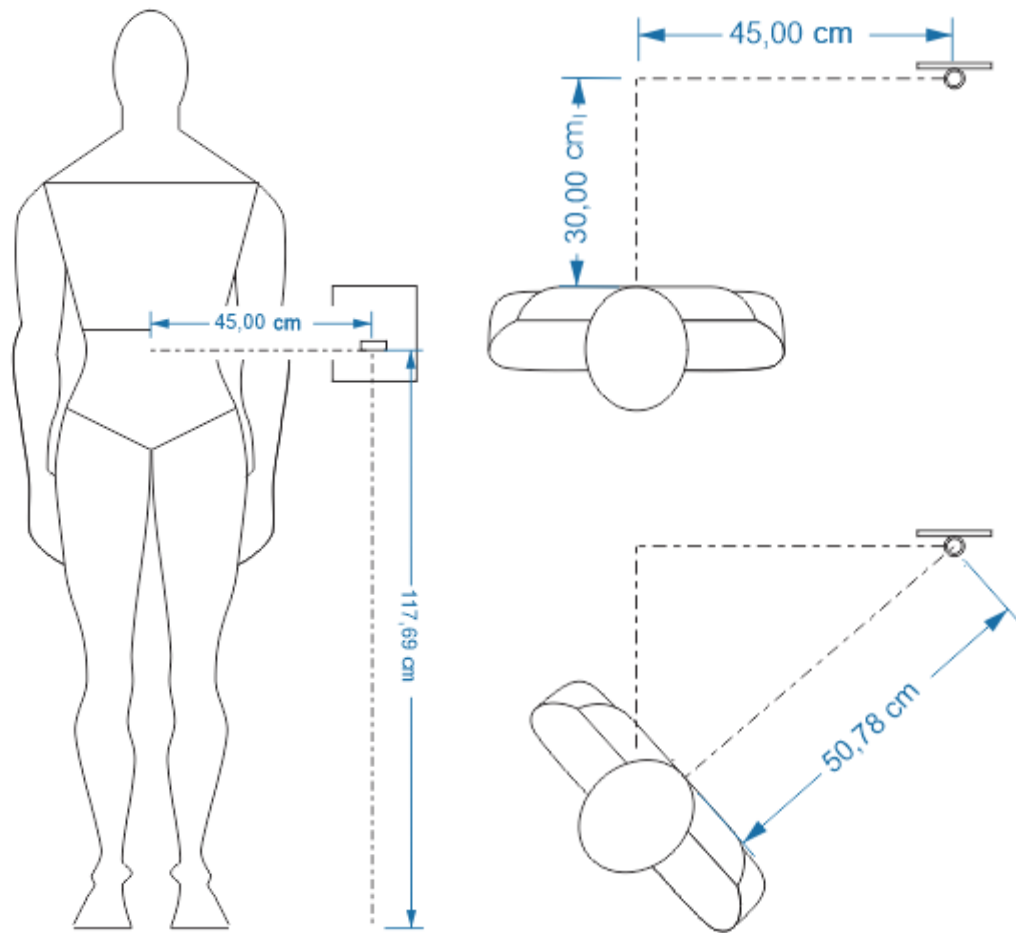
del consumidor (FAC), con la cual se busca reducir en lo posible la complejidad de la tarea que desarrolla el usuario durante la sujeción de la pistola.

11.1.6.1.1 Medición de tiempos

Desarrollo de la prueba

Para hacer la medición de tiempos de la sujeción y de desmontaje de la pistola se acomodó cada una de las sujeciones a la misma altura predispuesta en el dispositivo que es de 1.17 metros y se marcó el punto donde se ubicó cada persona que realizó la prueba, este punto fue ubicado a 30 cm de distancia frontal y 45 cm hacia el lado izquierdo de la sujeción, este segundo paso se planteó puesto que en el dispositivo los elementos adicionales (plataforma) obstruyen el paso del operario.

Ilustración 115. Modelo de ubicación para el colaborador de la prueba.



Selección de trabajadores

Para las pruebas se seleccionaron usuarios inexpertos o novatos con el fin de medir tiempo y verificar el lenguaje de uso de la sujeción (a mayor agilidad mejor lenguaje de uso).

Muestreo

El cálculo del número de observaciones o tamaño de la muestra a tomar para validar la medición de tiempos, como se plantea en la teoría de la Ingeniería de

Métodos y Tiempos, se realiza mediante el método estadístico de la siguiente manera.

$$n = \left(\frac{40^2 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra que se desea hallar

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

$\sum x$ = Sumatoria de los tiempos del estudio preliminar

X = Valor de tiempos en las observaciones

40 = Constante para un nivel de fidelidad del 95%

- Se realizan 5 observaciones preliminares, y se obtienen los tiempos con los cuales se hallan las sumatorias y cuadrados requeridos para hacer el cálculo:

$$\sum x = (3.07 + 4.02 + 4.72 + 4.7 + 4.4) = 21.5$$

$$\sum x^2 = (9.42 + 16.16 + 22.27 + 22.09 + 19.36) = 93.578$$

- Se reemplazan los valores en la fórmula para obtener el número final de observaciones a realizar para la validación de los tiempos

$$n = \left(\frac{40^2 \sqrt{(93.578) - (21.5)^2}}{21.5} \right)^2 = 13$$

El resultado es 13, lo que quiere decir que es necesario realizar 8 pruebas más para validar los estudios.

Toma de datos

Ilustración 116. Prototipos de sujeciones.



Ilustración 117. Prueba de eficiencia para la sujeción.



Tabla 45. Toma de tiempos para el montaje de la pistola.

PRUEBAS DE TIEMPOS - MONTAJE DE LA PISTOLA				
	Sujeción 1	Sujeción 2	Sujeción 3	Sujeción 4
Prueba 1	5.66 seg	10.1 seg	3.07 seg	4.31 seg
Prueba 2	6.17 seg	13.21 seg	4.02 seg	5.32 seg
Prueba 3	6.63 seg	6.84 seg	4.72 seg	4.86 seg
Prueba 4	5.46 seg	7.87 seg	4.7 seg	5.03 seg
Prueba 5	6.01 seg	9.56 seg	4.4 seg	4.93 seg
Prueba 6	5.88 seg	8.56 seg	4.56 seg	4.59 seg
Prueba 7	6.24 seg	9.64 seg	3.98 seg	4.94 seg
Prueba 8	6.11 seg	11.08 seg	4.87 seg	4.87 seg
Prueba 9	5.99 seg	10.1 seg	4.71 seg	5.26 seg
Prueba 10	6.03 seg	7.45 seg	4.68 seg	4.9 seg
Prueba 11	5.79 seg	8.43 seg	4.89 seg	5.57 seg
Prueba 12	5.94 seg	9.68 seg	3.84 seg	4.81 seg
Prueba 13	6.5 seg	12.5 seg	4.56 seg	4.8 seg

Tabla 46. Toma de tiempos para el desmontaje de la pistola.

PRUEBAS DE TIEMPOS - DESMONTAJE DE LA PISTOLA				
	Sujeción 1	Sujeción 2	Sujeción 3	Sujeción 4
Prueba 1	4.73 seg	6.22 seg	1.73 seg	3.75 seg
Prueba 2	2.67 seg	4.57 seg	2.63 seg	4.25 seg
Prueba 3	3.63 seg	3.85 seg	1.45 seg	3.84 seg
Prueba 4	3.07 seg	5.50 seg	3.03 seg	3.91 seg
Prueba 5	3.38 seg	4.93 seg	2.18 seg	4.15 seg
Prueba 6	2.98 seg	5.74 seg	1.96 seg	4.51 seg
Prueba 7	3.01 seg	4.78 seg	2.31 seg	3.98 seg
Prueba 8	3.74 seg	5.1 seg	2.5 seg	3.58 seg
Prueba 9	4.21 seg	6.4 seg	1.92 seg	4.15 seg
Prueba 10	3.04 seg	4.9 seg	3.84 seg	4.62 seg
Prueba 11	2.87 seg	5.64 seg	3.3 seg	3.98 seg
Prueba 12	4.29 seg	5.74 seg	2.76 seg	4.09 seg
Prueba 13	4.03 seg	6.3 seg	2.02 seg	5.3 seg

Resumen de resultados

Tabla 47. Promedio de tiempos y numero de pasos para la sujeción.

PRUEBAS DE TIEMPOS Y NUMERO DE PASOS				
	Sujeción 1	Sujeción 2	Sujeción 3	Sujeción 4
Numero de pasos	2	3	3	4
Tiempo promedio que toma el operario para realizar la sujeción	6.03 seg	9.61 seg	4.38 seg	4.93
Tiempo promedio que toma el operario para desmontar la pistola	3.51 seg	5.35 seg	2.43 seg	4.16
Tiempo promedio total	9.54 seg	14.96 seg	6.81 seg	9.09

11.1.6.1.2 Factor de aceptación del consumidor Siguiendo el método planteado por la empresa TITUS se realizaron los cálculos para hallar el soporte que otorga el mayor nivel de satisfacción.

A continuación se muestra la formula

$$(T+A) \times N = FAC$$

(Cantidad total de piezas + Acciones) x Número de tipos de partes = FAC

$$\text{Sujeción 1: } (6 + 2) * 3 = 24$$

$$\text{Sujeción 2: } (7 + 3) * 6 = 60$$

$$\text{Sujeción 3: } (7 + 2) * 3 = 27$$

$$\text{Sujeción 4: } (7 + 4) * 4 = 44$$

De esta forma obtenemos un valor de aceptación del consumidor, el cual sirve como valor comparativo para seleccionar la propuesta de diseño a desarrollar, A menor número resultante de la ecuación, mayor será la aceptación del consumidor respecto a la facilidad de la sujeción de la pistola.

Tabla 48. Nivel de aceptación del consumidor.

NIVEL DE ACEPTACIÓN				
	Sujeción 1	Sujeción 2	Sujeción 3	Sujeción 4
Nivel de aceptación del operario	24	60	27	44

11.1.6.1.3 Análisis estático de las sujeciones Para el estudio estático se plantea la elaboración de las piezas en aluminio ya que es un material que permite la flexibilidad requerida.

Se realiza el análisis en base a las sujeciones al dispositivo (tornillos) y el peso de la pistola.

$$F_s = \text{Peso de la pistola} * \text{gravedad}$$

$$F_s = 3.5 * 9.81$$

$$F_b = 34.335 \text{ N}$$

En base a la fuerza obtenida se realizó el análisis con cada una de las sujeciones.

Tabla 49. Análisis estático para las sujeciones.

ANÁLISIS ESTÁTICO					
		Sujeción 1	Sujeción 2	Sujeción 3	Sujeción 4
Tensión N/m²	Min.	432.004 Nodo: 1683	362.194 Nodo: 366	48.7938 Nodo: 1709	56.987 Nodo: 13451
	Max.	7.25868e+006 Nodo: 7623	634108 Nodo: 15762	5.851e+006 Nodo: 406	3.18264e+006 Nodo: 13991
Desplazamiento mm	Min.	0 Nodo: 383	0 Nodo: 51	0 Nodo: 375	0 Nodo: 1
	Max.	0.021072 Nodo: 13601	8.66981e-005 Nodo: 8512	0.00585745 Nodo: 1702	0.000758151 Nodo: 12217
Deformación unitaria	Min.	6.96455e-009 Elemento: 2933	1.04326e-008 Elemento: 672	3.00455e-009 Elemento: 3867	1.01334e-008 Elemento: 3825
	Max.	6.53086e-005 Elemento: 9903	5.39482e-006 Elemento: 6207	5.28154e-005 Elemento: 4371	3.5356e-005 Elemento: 5046
Factor de seguridad	Min.	33.0639 Nodo: 7623	378.485 Nodo: 15762	41.0186 Nodo: 406	75.4091 Nodo: 13991
	Max.	555551 Nodo: 1683	662629 Nodo: 366	4.91866e+006 Nodo: 1709	4.21149e+006 Nodo: 13451

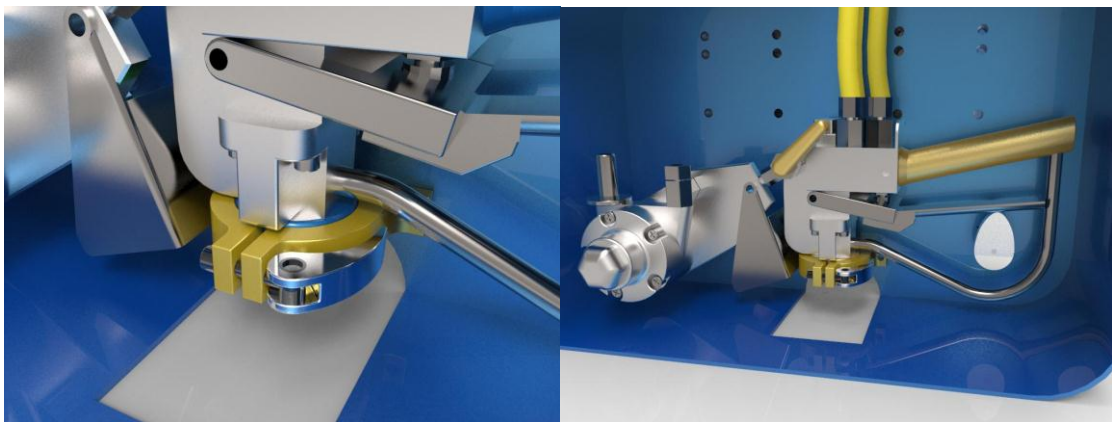
En cuanto a los análisis estáticos podemos observar que todas las piezas cumplen con los parámetros de resistencia y soportan de manera confiable la pistola, los factores de seguridad están por encima de 33 y los desplazamientos no sobrepasan los 0.02 mm, es decir que en cuanto a este análisis cualquiera de las sujeciones es apta para implementar en el dispositivo.

11.1.6.1.4 Conclusiones generales de las pruebas En base a los análisis obtenemos que la sujeción con mayores resultados fue la número 3, la cual toma un tiempo promedio de 6.81 segundos para montar y desmontar la pistola, cuenta con un factor de aceptación del consumidor de 27 y adicionalmente en cuanto a los análisis estáticos presenta un factor de seguridad de 33 lo cual permite

determinar claramente que la pieza no va a presentar ningún tipo de falla durante su uso.

Otra conclusión que podemos obtener de las pruebas realizadas es que el montaje de la pistola debe hacerse al lado derecho del dispositivo, ya que, de esta manera el usuario puede coger la pistola de la manera correcta (del mango).

Ilustración 118. Sujeción de la pistola seleccionada.



11.1.7 Análisis y estudios para estructura funcional. A continuación se hace el registro de los estudios que se aplicaron a las piezas respectivas de la propuesta funcional de la estructura. Esto con el fin de validar el diseño y las características mecánicas.

Para el estudio se recurrió al análisis por programas CAE, los cuales a través de una simulación permiten formar una idea aproximada del comportamiento de las piezas al ser sometidas a las cargas reales. Los estudios corresponden a un estudio estático.

Dichos estudios se realizan tomando en consideración los materiales y pesos de los elementos y el valor de la gravedad. La carga generada sobre la pieza se aplica como fuerza normal.

A continuación se presentan los pesos estimados según el material propuesto para cada elemento, los cuales conforman el dispositivo en su totalidad.

Tabla 50. Pesos de la plataforma (estructura funcional).

Pesos de la plataforma			
Pieza	Peso por unidad	# de piezas	total
Base (Patatas)	5.51 kg	8	44.08 kg
Barras de 3m	24.42 kg	11	279.63 kg
Guías cilíndricas	3.73 kg	6	22.38 kg
Cadena	11.425 kg	2	22.87 kg
Lamina de aluminio	82 kg	1	82 kg
Lamina de fibra	98 kg	1	98 kg
Motores, tornillos y carcasas	20.78	1	33.118 kg
			582.078 kg

Tabla 51. Pesos del puente (estructura funcional).

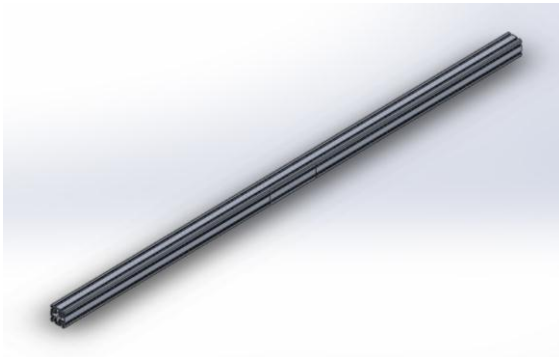
Pesos del puente			
Pieza	Peso por unidad	# de piezas	total
Soporte lateral 3 cm	16.28	2	32.56 kg
Carcasa lateral	0.37	2	0.74 kg
Barra 3 m	27.97	1	27.97 kg
Guía cilíndrica	4.1	2	8.2 kg
Guía cilíndrica pequeña	0.31	2	0.62 kg
Cadena	4.452	1	4.452 kg
soportes	0.76	12	9.12 kg
pistola	3.5	1	3.5 kg
Carcasa pistola	1.57	1	1.57 kg
rodillos	6.11	2	16.22 kg
Laminas laterales	1.25	2	2.5 kg
Carcasa guías	10.59	1	10.59 kg
Motores, tornillos, etc	33.118	1	20.78 kg
			138.82 kg

Tabla 52. Pesos de la estructura funcional.

Pesos de la estructura	
	720.898 kg

11.1.7.1 Perfil estructural del puente.

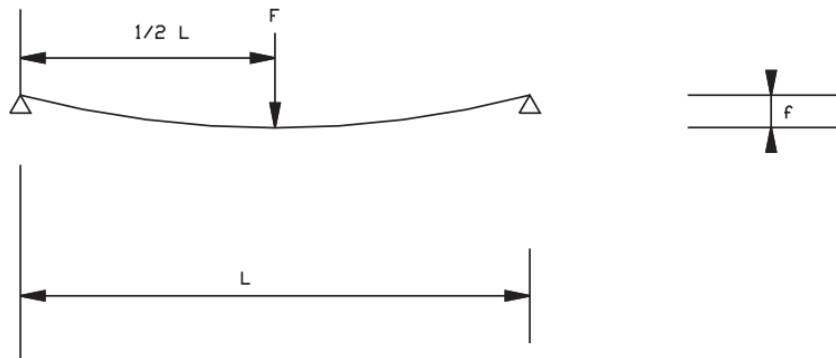
Ilustración 119. Perfil estructural del puente



Masa: 25.4203 kg
Volumen: 0.00941494 m³
Densidad: 2700 kg/m³
Peso: 249.119 N
Carga: 897.73 n

11.1.7.1.1 Diagrama para el perfil estructural del puente.

Ilustración 120. Diagrama para el perfil estructural del puente.



Fórmula para hallar el desplazamiento de la pieza en su punto crítico ($1/2 L$).

$$f = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times J \times 10^4}$$

Donde

$f = flecha$

$F = Carga (N) = 91.512 * 9.81 = 897.73$

$L = Longitud perfil (mm) = 30000 mm$

$E = Modulo elastico \left(\frac{N}{mm^2} \right) = 69500 \frac{N}{mm^2}$

$J = Momento de inercia (cm^4) = 209.5 cm^4 = 2095000 mm^4$

Entonces

$$f = \frac{897.73 \times 30000^3}{48 \times 69500 \times 2095000 \times 10^4}$$

$f = 0.877 mm$

11.1.7.1.2 Análisis estático perfil estructural del puente.

Ilustración 121. Análisis de tensiones para el perfil estructural del puente.

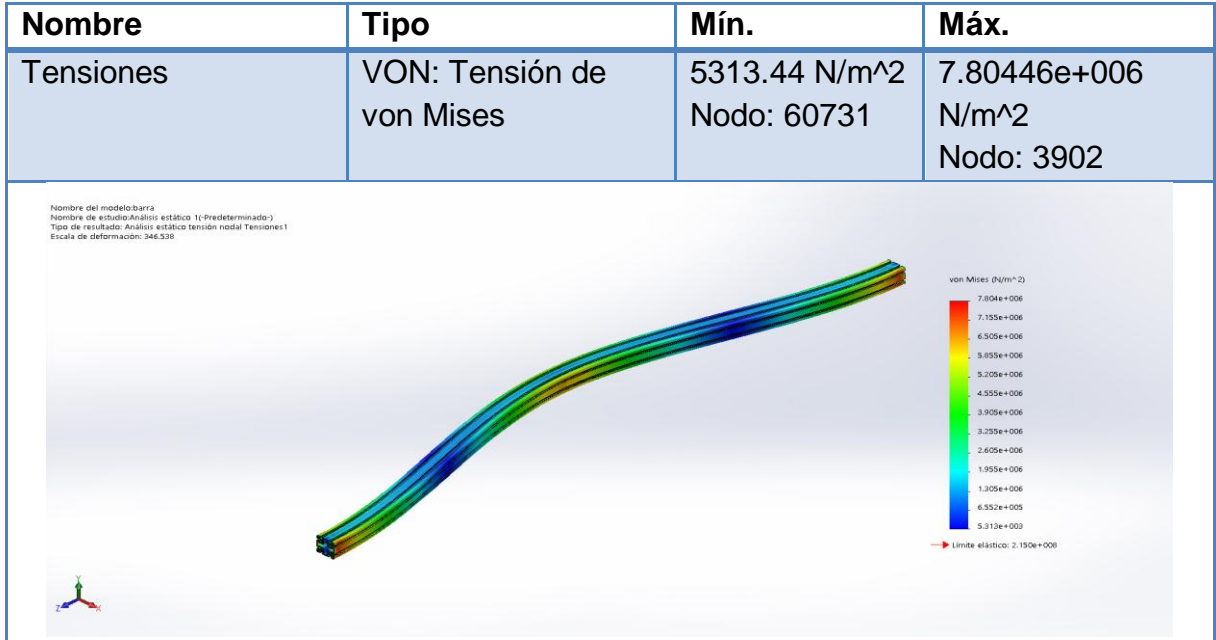


Ilustración 122. Análisis de desplazamiento para el perfil estructural del puente.

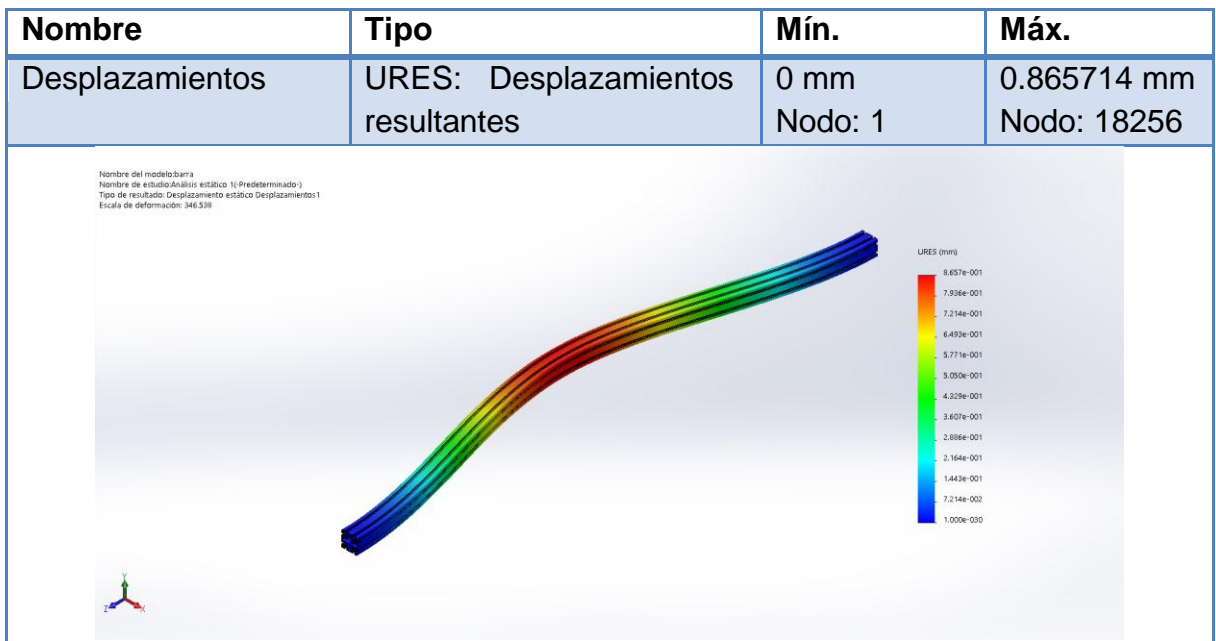


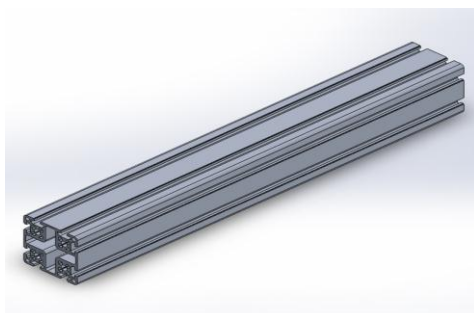
Ilustración 123. Análisis del factor de seguridad para el perfil estructural del puente.



11.1.7.1.3 Conclusiones De acuerdo a las gráficas arrojadas y al análisis matemático realizado, se observa un desplazamiento máximo de 0.87 mm, valor mínimo para dicho análisis y por ende no afecta el trabajo que se desea realizar, adicionalmente presenta un factor de seguridad de 28, es decir que la pieza cumple con los requisitos de resistencia y de vida útil de manera satisfactoria a pesar de que este sobredimensionado.

11.1.7.2 Perfil de soporte de la estructura.

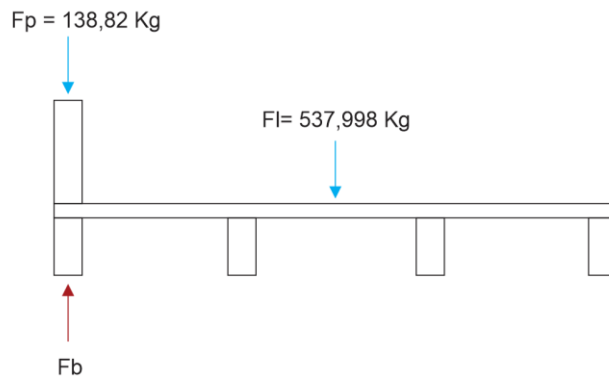
Ilustración 124, Perfil de soporte.



Masa: 5.50874 kg
 Volumen: 0.00204027 m³
 Densidad: 2700 kg/m³
 Peso: 53.9856 N
 Carga: 1340.634 N.

11.1.7.2.1 Diagrama de cuerpo libre para los perfiles de soporte. Para realizar el estudio de una sola pieza, se dividió la carga de la plataforma que es de 537.998 kg.f en los 8 perfiles y la carga puntual del puente que es de 138.82 kg.f en 2 soportes, obteniendo una carga unitaria de 136.66 kg.f, después se multiplico por la gravedad, consiguiendo la carga ejercida sobre la pieza que es de 1340.634 N.

Ilustración 125, Diagrama de cuerpo libre para los perfiles de soporte.



$$Fb = \left(\frac{138.82}{2} + \frac{537.998}{8} \right) * g$$

$$Fb = (69.411 + 67.249) * g$$

$$Fb = 136.66 * 9.81$$

$$Fb = 1340.643 \text{ N}$$

11.1.7.2.2 Análisis estático perfil de soporte de la estructura

Ilustración 126. Análisis de tensión para el perfil de soporte.

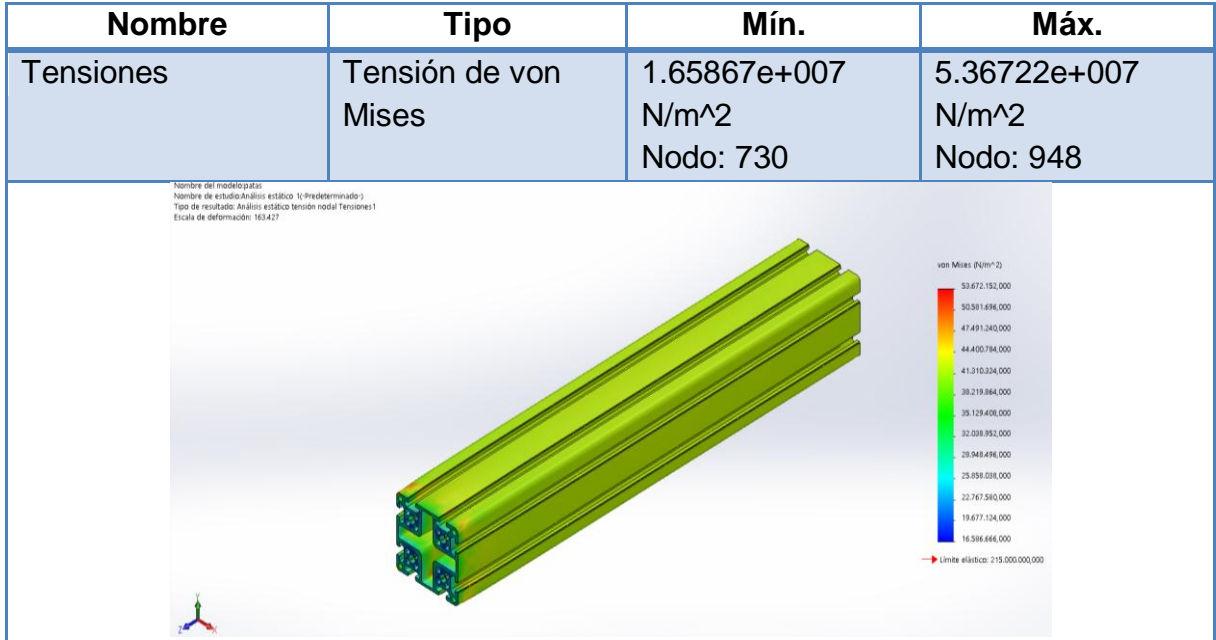


Ilustración 127. Análisis de desplazamiento para el perfil de soporte.

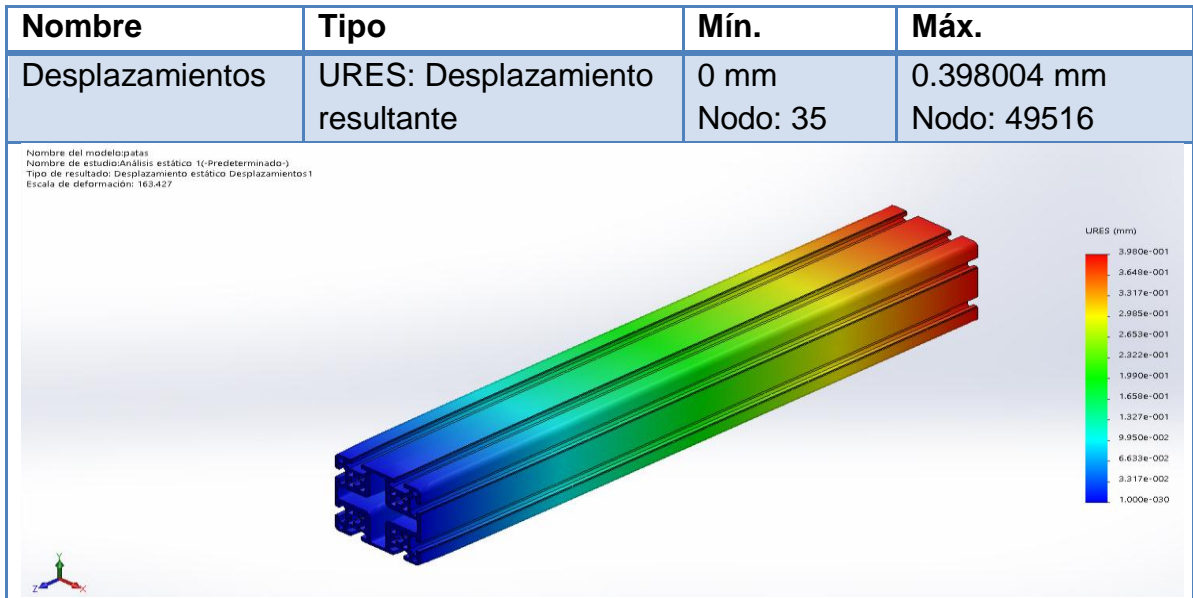


Ilustración 128. Análisis de deformaciones unitarias para el perfil de soporte.

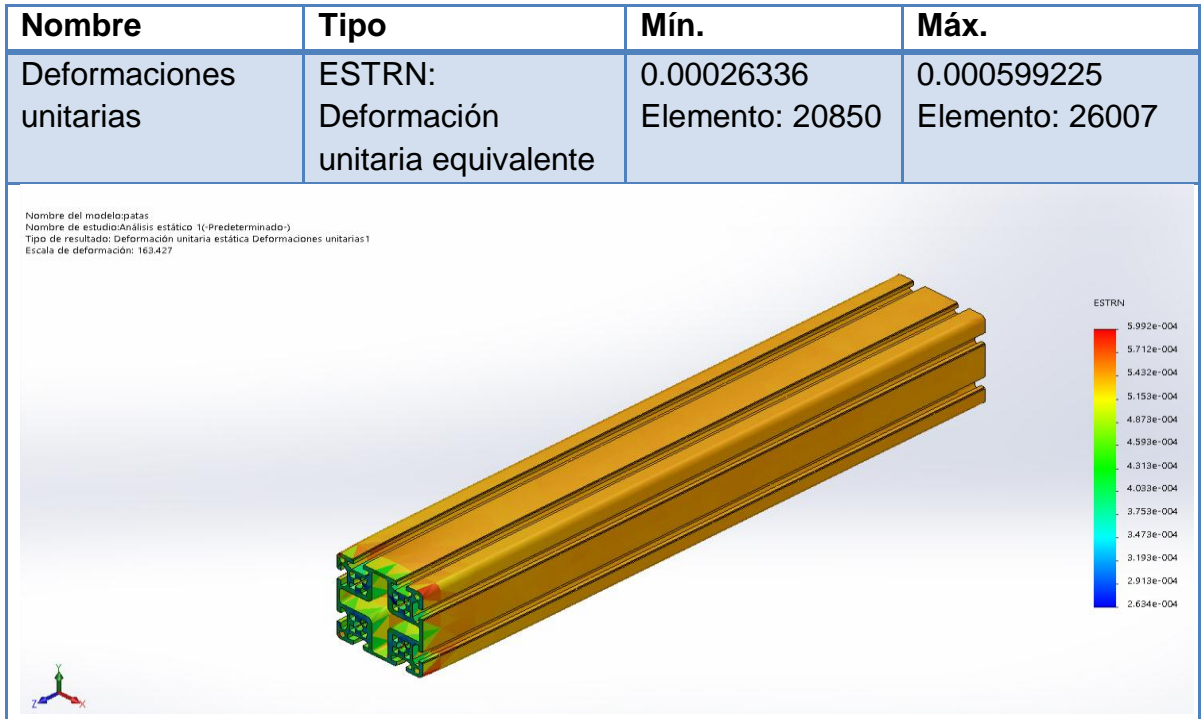
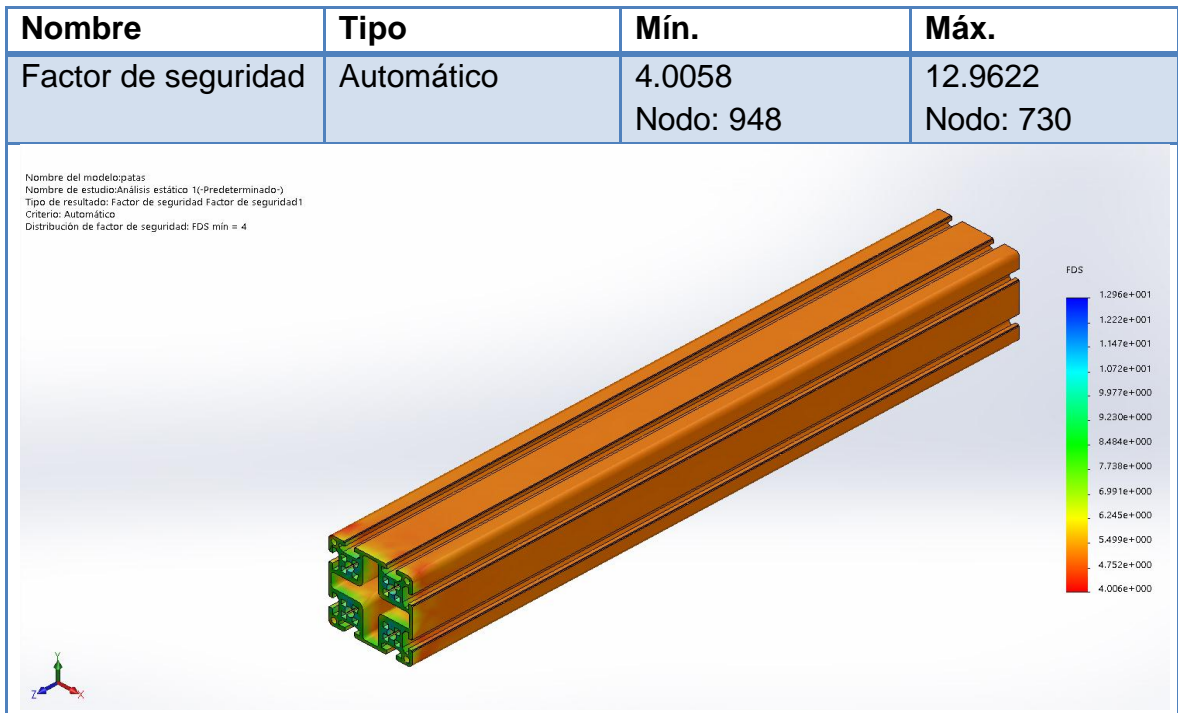


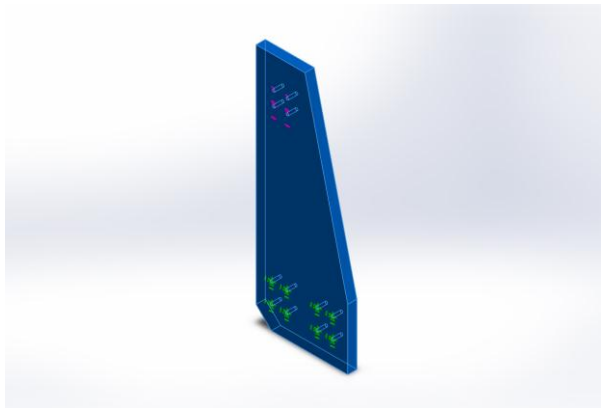
Ilustración 129. Análisis de factor de seguridad para el perfil de soporte.



11.1.7.2.3 Conclusiones De acuerdo a las gráficas arrojadas, se observa una deformación en el área de la superficie inferior cuyo valor corresponde a 0.00026336 mm, es decir que la deformación es mínima, adicionalmente obtenemos el factor de seguridad de 4, es decir que la pieza cumple con los requisitos de resistencia y de vida útil de manera satisfactoria.

11.1.7.3 Placa lateral del puente

Ilustración 130, Placa lateral del puente.



Masa:16.2831 kg

Volumen:0.0058154 m³

Densidad: 2800 kg/m³

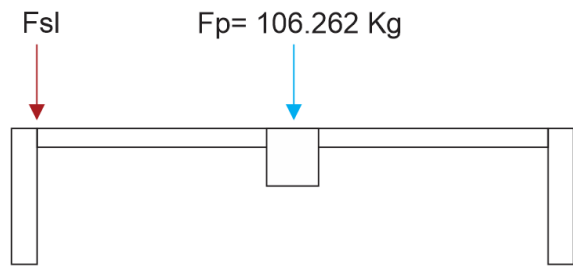
Peso: 164.612 N

Grosor de la placa: 4.5 cm

Carga: 521.215 N

11.1.7.3.1 Diagrama de cuerpo libre para los perfiles laterales Son 2 placas laterales que sostiene el puente, las cuales están sometidas a una carga constante de 106.262 kg.f, para realizar el estudio de una sola pieza, se dividió esta carga en las 2 partes, obteniendo una carga unitaria de 53.131 kg.f, después se multiplico por la gravedad obteniendo una carga de 521.215 N.

Ilustración 131. Diagrama de cuerpo libre para los perfiles laterales.



$$Fb = \left(\frac{138.82 - 32.56}{2} \right) * g$$

$$Fb = \left(\frac{106.262}{2} \right) * g$$

$$Fb = 53.131 * 9.81$$

$$Fb = 521.215 N$$

11.1.7.3.2 Análisis estático de la placa lateral del puente

Ilustración 132. Análisis de tensión para la placa lateral.

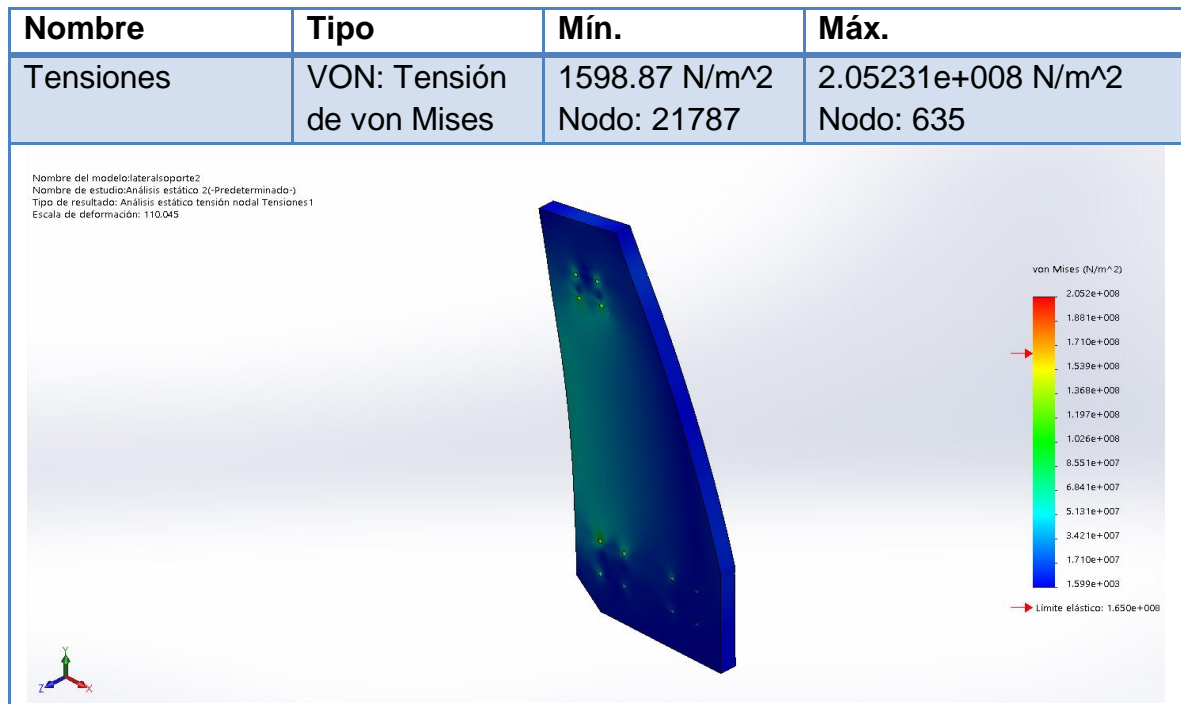


Ilustración 133. Análisis de desplazamiento para la placa lateral.

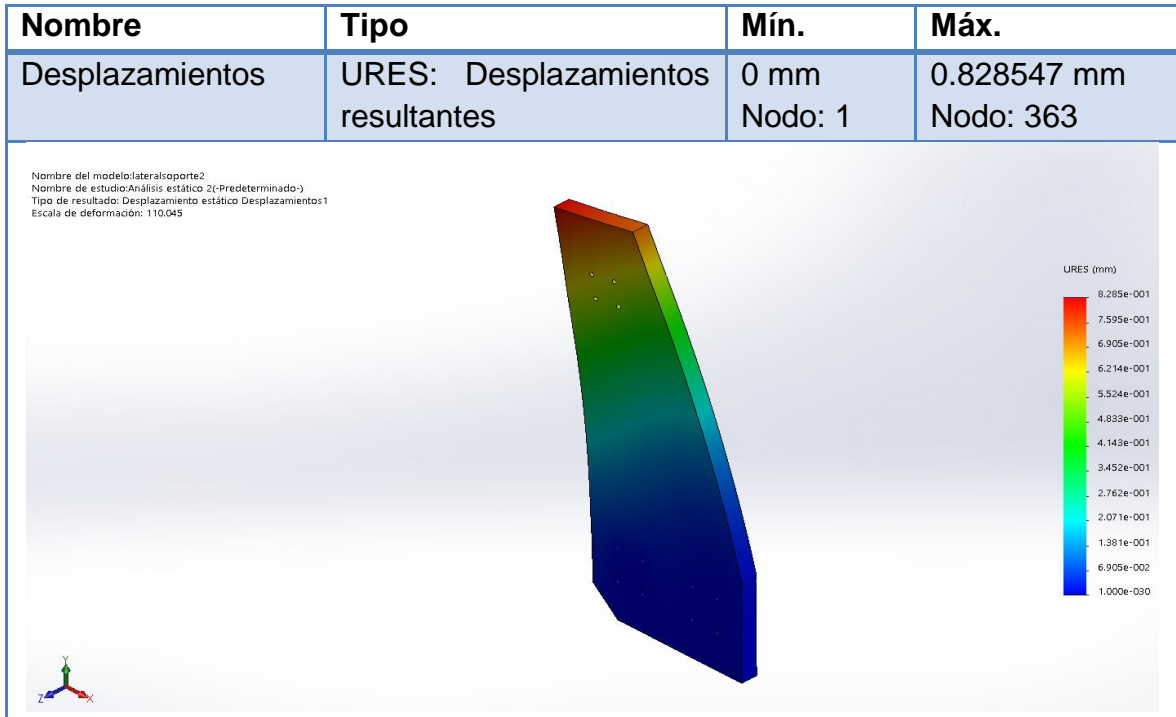


Ilustración 134, Análisis de deformaciones unitarias para la placa lateral.

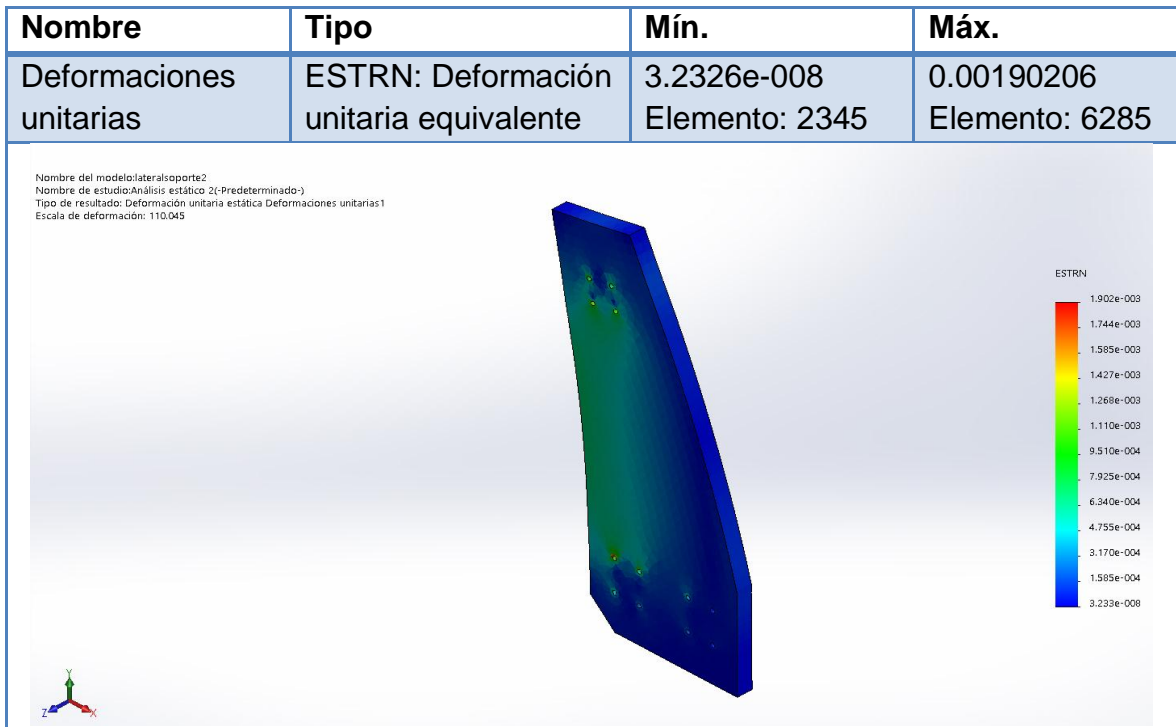


Ilustración 135. Análisis de factor de seguridad para la placa lateral.



11.1.7.3.3 Conclusiones De acuerdo a las gráficas arrojadas, se observa una deformación en el área superior donde se ejerce la fuerza cuyo valor corresponde a $3.2326e-008$ mm, es decir que la deformación es mínima, adicionalmente obtenemos el factor de seguridad que es de 0.80, es decir que la pieza no cumple con el factor adecuado, por lo que es necesario hacer un rediseño de la pieza.

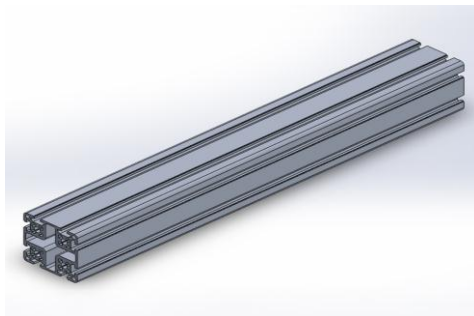
11.1.7.4 Rediseño Una vez realizado el análisis estático de la placa lateral se identificó que las dimensiones no cumplían con los parámetros establecidos para el factor de seguridad (0.8), por ende se optó por el rediseño de la misma, obteniendo nuevos resultados, tanto para la placa como para los soportes de la estructura.

Tabla 53. Pesos del dispositivo.

Pesos del dispositivo			
Pieza	Peso por unidad	# de piezas	Total
Soporte lateral 4.5 cm	24.42	2	48.84 kg
puente	155.1 kg	1	155.1 kg
soporte (Patas)	5.51 kg	8	44.08 kg
plataforma	582.078 kg	1	582.078 kg
dispositivo	737.178 Kg	1	737.178 Kg

11.1.7.4.1 Perfil de soporte de la estructura.

Ilustración 136. Perfil de soporte de la estructura funcional.



Masa:5.50874 kg
 Volumen:0.00204027 m³
 Densidad:2700 kg/m³
 Peso:53.9856 N
 Carga: 1420.478 N.

Análisis estático.

$$Fb = \left(\frac{155.1}{2} + \frac{537.998}{8} \right) * g$$

$$Fb = 144.799 * 9.81$$

$$Fb = 1420.478 N$$

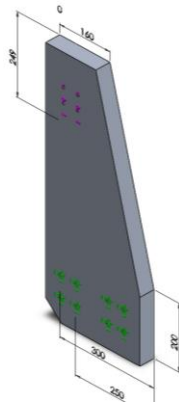
Resultados del rediseño

Tabla 54. Análisis estático para el perfil de soporte de la estructura (rediseño del soporte del puente).

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones	Tensión de von Mises	1.76542e+007 N/m ² Nodo: 730	5.6908e+007 N/m ² Nodo: 948
Desplazamientos	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 35	0.421688 mm Nodo: 1274
Deformaciones unitarias	ESTRN: Deformación unitaria	0.000279229 Elemento: 20850	0.000634583 Elemento: 26007
Factor de seg.	Automático	3.77798	12.1784

11.1.7.4.2 Placa lateral

Ilustración 137, Placa lateral.



Masa: 24.4247 kg

Volumen: 0.00872311 m³

Densidad: 2800 kg/m³

Peso: 239.362 N

Grosor de la placa: 4.5 cm

Carga: 521.215 N

Análisis estático.

$$Fb = \left(\frac{138.82 - 32.56}{2} \right) * g$$

$$Fb = 53.131 * 9.81$$

$$Fb = 521.215 N$$

Resultados del rediseño

Tabla 55. Análisis estático para la placa lateral del puente (rediseño).

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Tensiones	Tensión de von Mises	1781.28 N/m ² Nodo: 28806	1.384e+008 N/m ² Nodo: 785
Desplazamientos	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 1	0.551904 mm Nodo: 400
Deformaciones unitarias	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	2.25682e-008 Elemento: 17757	0.00126951 Elemento: 6596
Factor de seg.	Automático	1.1922 Nodo: 785	92630.2 Nodo: 28806

11.2 DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA FORMAL.

Con el objetivo de generar una propuesta de diseño que no estuviera basada únicamente en los componentes mecánicos, se plantea un diseño formal- estético manejando conceptos como dirección, movimiento, simetría y fluidez, adicionalmente se tuvo en cuenta las condiciones a las que estarían expuestos los mecanismos (fibra de vidrio, resina, suciedad y humedad) así que se optó por generar carcasas que se relacionaran al diseño formal, que protegieran los elementos y que brindaran la posibilidad de ser extraídos en caso de tener que realizar un mantenimiento.

11.2.1 Propuesta final del diseño formal-estética.

Estructura modular de 3x9 m

Ilustración 138. Dispositivo formal- estético terminado.



Ilustración 139. Detalle del puente.

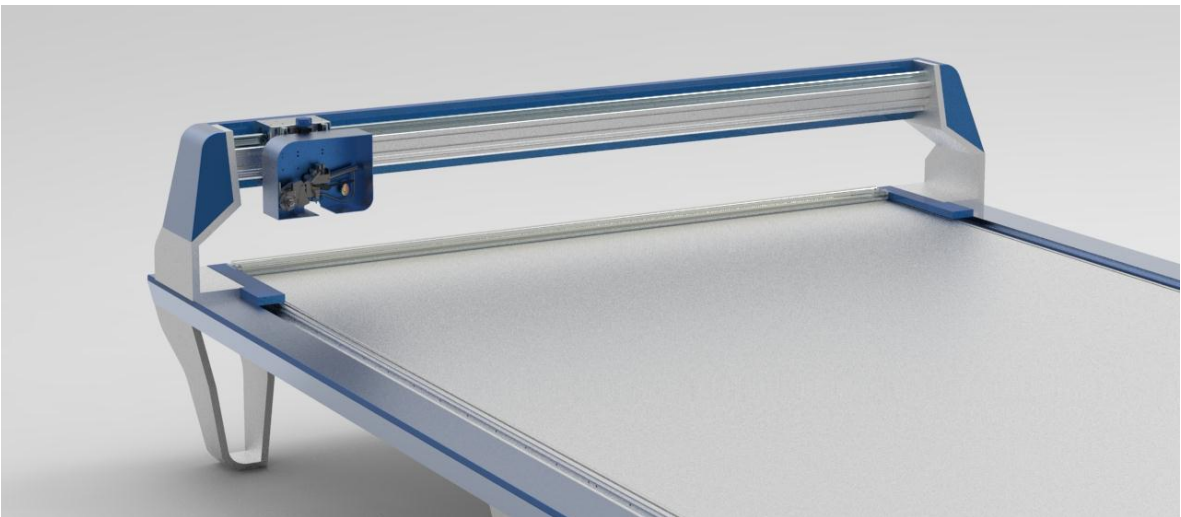


Ilustración 140. Detalle del puente y la pistola.

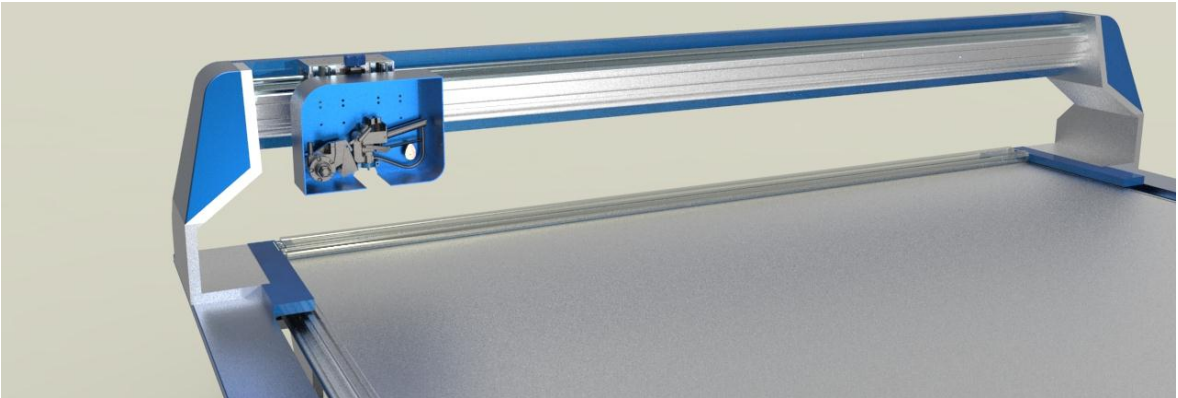


Ilustración 141. Detalles de los mecanismos utilizados para el movimiento en X.

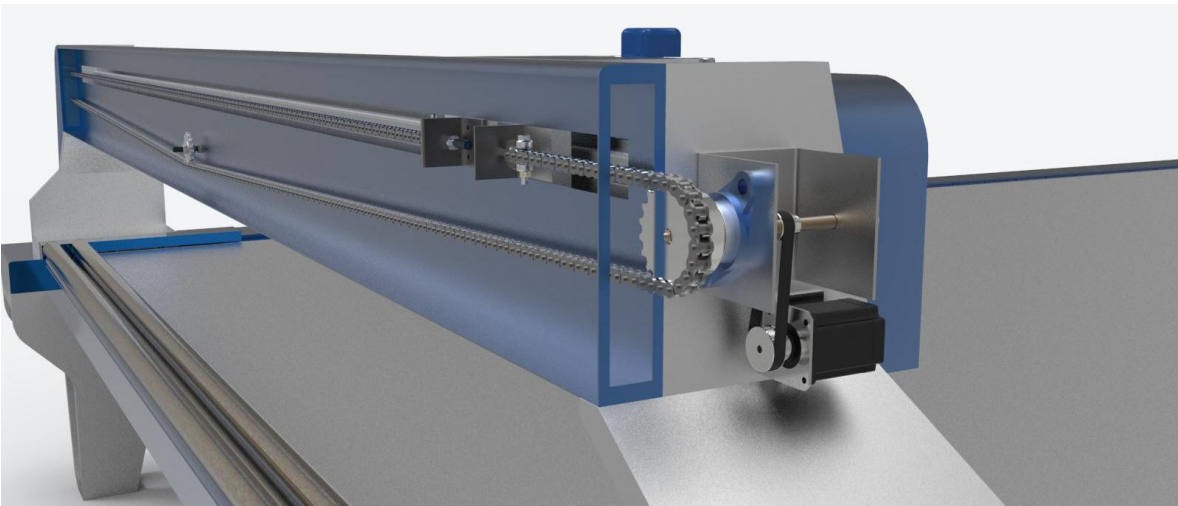


Ilustración 142,K Mecanismo de transmisión eje Z.

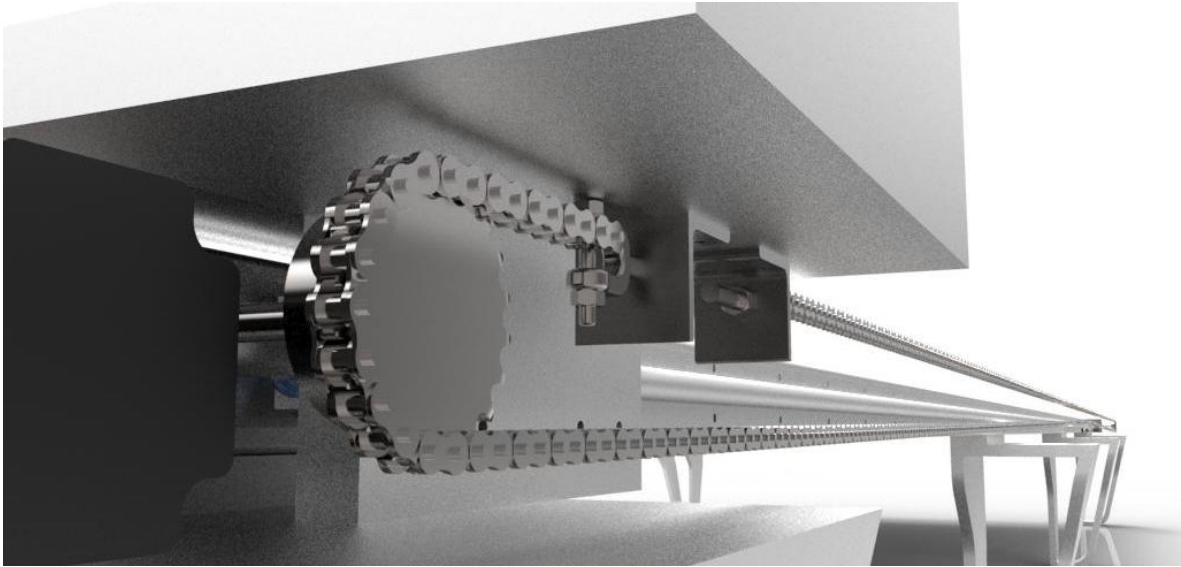
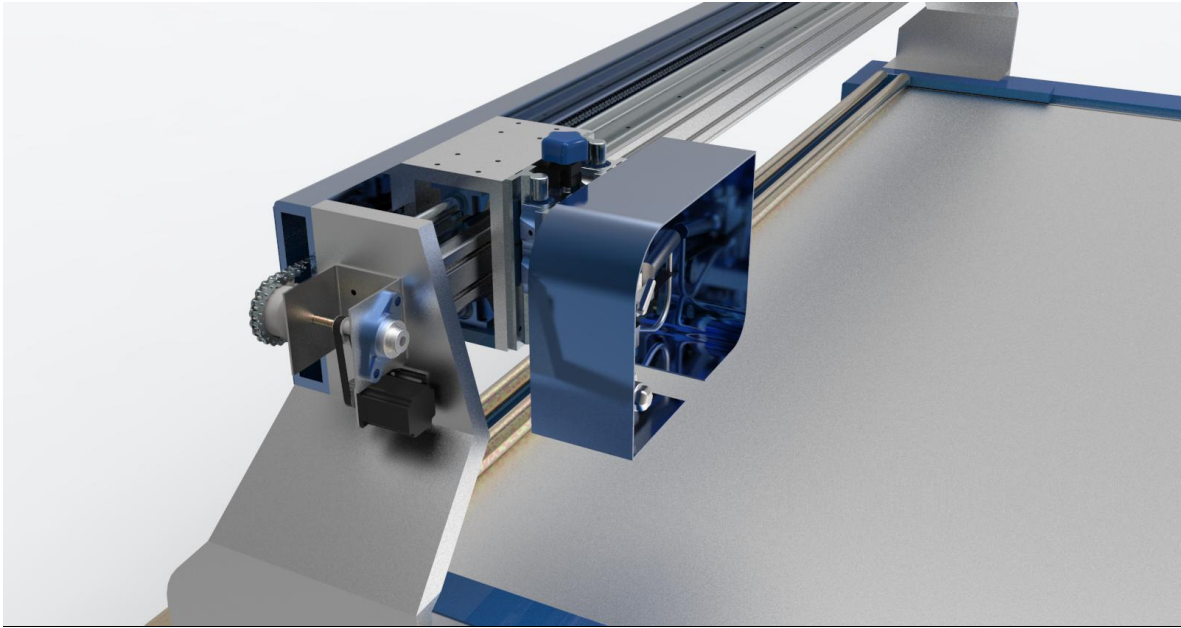


Ilustración 143. perspectiva del montaje de la pistola y el motor para el movimiento en X.



La carcasa protectora está diseñada para evitar que residuos producidos por el choque de la fibra de vidrio contra el molde se adhieran a elementos externos de la pistola he influyan el buen funcionamiento de la pistola.

Ilustración 144. Ensamble de la pistola

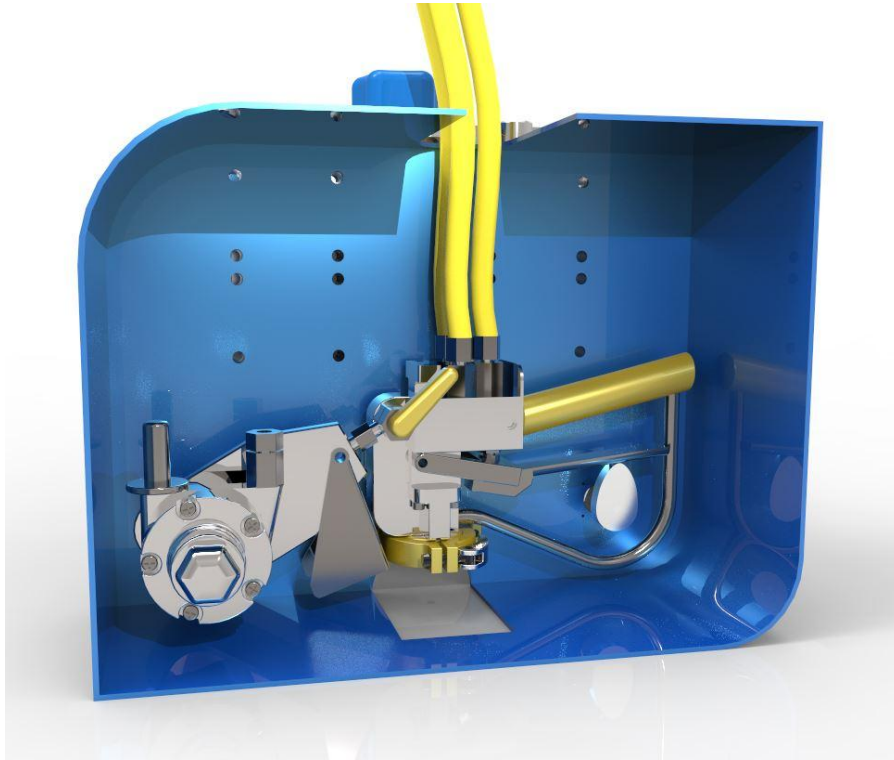


Ilustración 145. Mecanismo para el movimiento en Y.

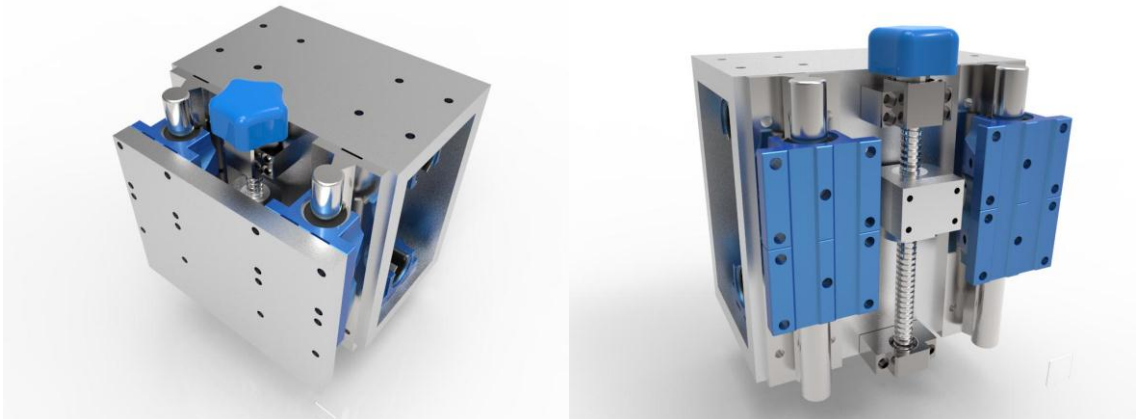
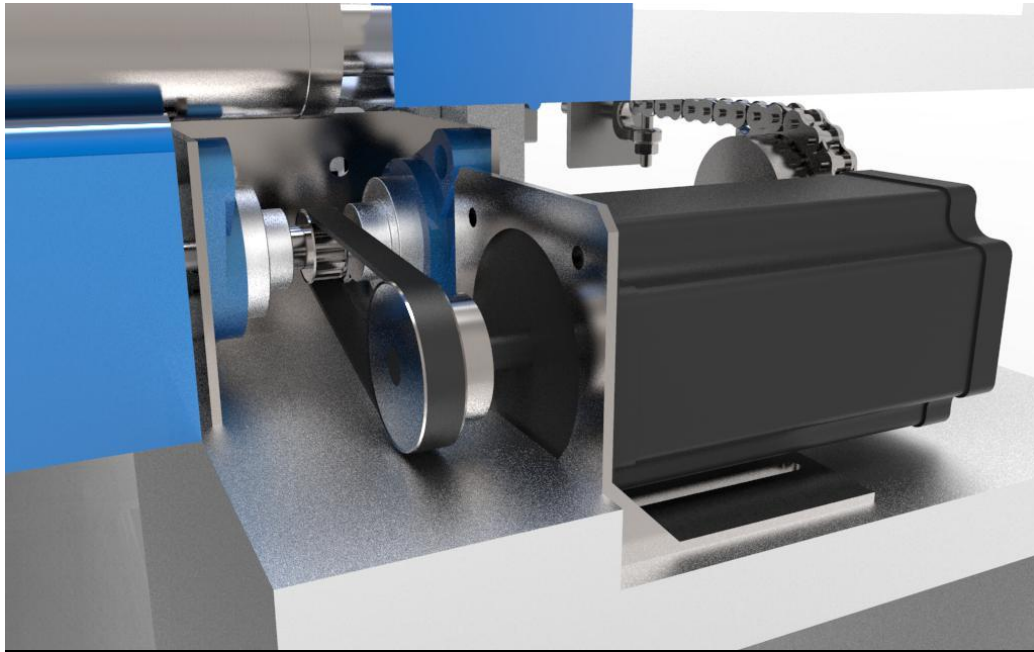
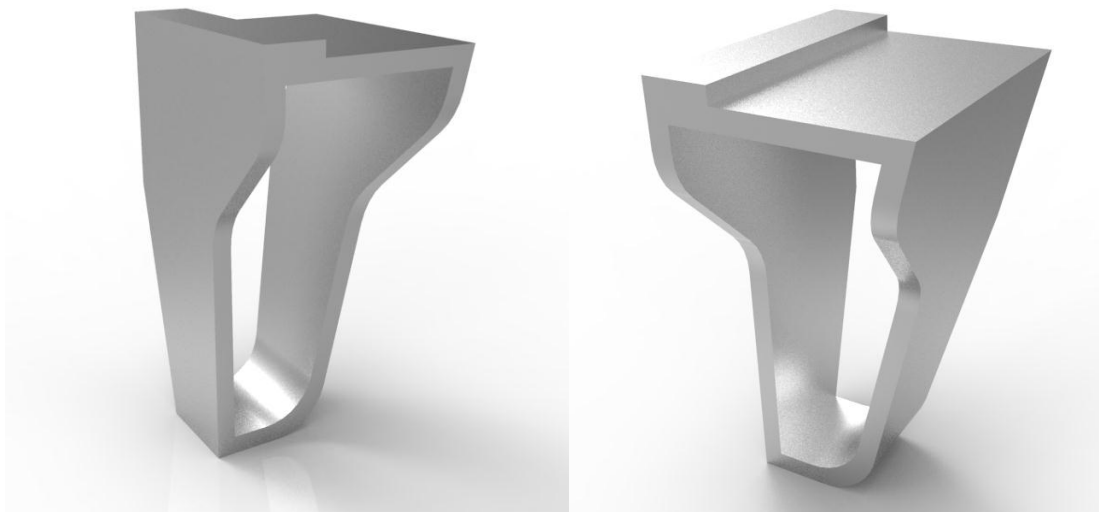


Ilustración 146. Transmisión de potencia del motor Nema 34.



Los soportes están diseñados bajo el concepto de dirección, orientando al usuario hacia hacia la posición inicial del patron de desplazamiento del la pistola.

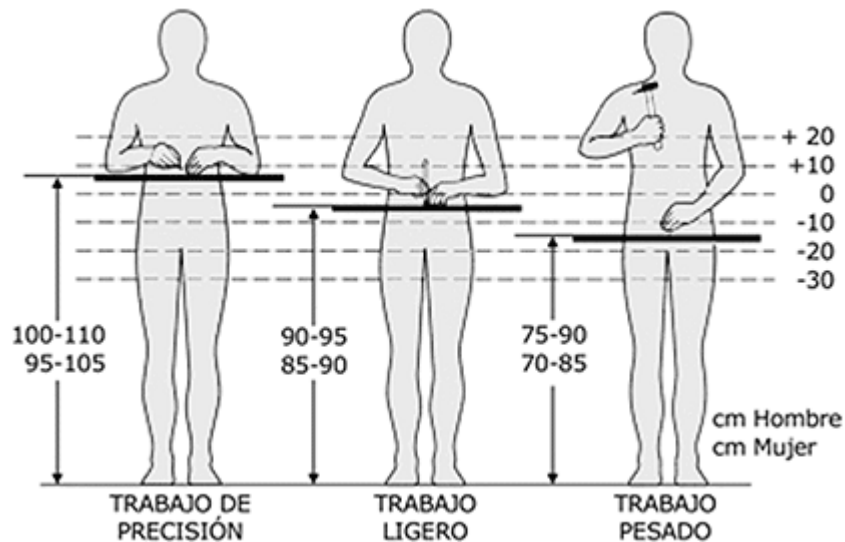
Ilustración 147. Diseño de los soportes de la estructura.



11.2.2 Ergonomía del dispositivo

11.2.2.1 Altura de la plataforma

Ilustración 148. Alturas para el puesto de trabajo.



Basados en las medidas antropométricas para trabajos pesados que varían de 75-90 cm para hombres se planteó la altura de la plataforma que es de 76.5 cm.

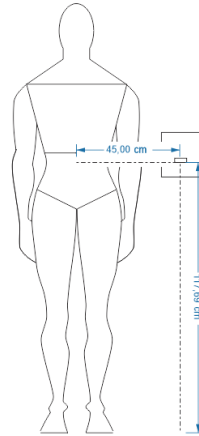
Se maneja un promedio de altura bajo por las condiciones poblacionales de la región y se realiza el análisis con hombres, ya que, en esta empresa manejan personal masculino para hacer los trabajos de taller.

El operario no interfiere en el proceso de fabricación como tal, pero una vez elaborada la lámina este tiene que retirarla, lo cual convierte de este proceso un trabajo pesado donde maneja un porcentaje de fuerza significativo.

11.2.2.2 Posición de la sujeción de la pistola La sujeción de la pistola es otro ítem que se debió analizar para el desarrollo de la estructura, esta debía permitir su fácil alcance, que el usuario sostuviera y posicionara correctamente la pistola, y

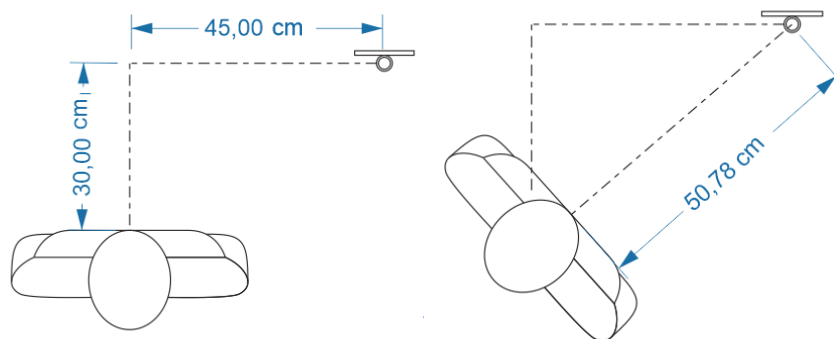
adicionalmente estuviera ubicada a la altura (respecto a la plataforma) sugerida para la aspersión.

Ilustración 149, Altura de la sujeción de la pistola.



En cuanto a los alcances máximos del brazo se tienen como medidas antropométricas máximas en hombre de 69 a 83 cm, teniendo en cuenta las condiciones de la labor del operario frente a esta acción tenemos el inconveniente del peso de la pistola (3.5 kg), es por ello que se plantea una distancia de 51 cm, la cual le permita flexionar el brazo y sostener adecuadamente la pistola.

Ilustración 150, Alcance de la sujeción de la pistola.



11.2.2.3 Puesto de trabajo- postura de pie-sentado

Ilustración 151, Puesto de trabajo, postura de pie- sentado.



Teniendo en cuenta que el operario debe supervisar constantemente la pistola y evitar la rotura de la fibra de vidrio es necesario implementar un puesto de trabajo que le permita supervisar la máquina y el sistema de control.

El puesto de pie- sentado es apto para el desempeño de sus funciones, permite permanecer sentado y levantarse con una frecuencia (superior a 10 veces por hora). Para esto es necesario disponer de un apoyo, bien para apoyar los dos pies a la vez, evitando que los mismos queden colgando, bien para apoyar un pie y el otro en el suelo (nunca colgando), teniendo que alternarse en el apoyo con el otro pie. La silla será más alta de lo habitual, para reducir el esfuerzo de sentarse y levantarse; su base será amplia (al menos de 45 cm. de diámetro) y estará lastrada, para descender el centro de gravedad, evitando, así, el riesgo de inestabilidad y que se produzcan caídas; y, para realizar los cambios de posición y facilitar aproximarse al puesto, tendrá cinco ruedas, que opongan cierta resistencia y sean autobloqueables.

11.2.3 Análisis y estudios para estructura formal A continuación se hace el registro de los estudios que se aplicaron a las piezas respectivas de la propuesta formal con el fin de validar el diseño.

Para el estudio se recurrió al análisis por programas CAE, los cuales a través de una simulación permiten formar una idea aproximada del comportamiento de las piezas al ser sometidas a las cargas reales. Los estudios corresponden a un estudio estático.

Dichos estudios se realizan tomando en consideración los materiales y pesos de los elementos y el valor de la gravedad. La carga generada sobre la pieza se aplica como fuerza normal.

Tabla 56, Pesos de la estructura formal.

Pesos de la estructura	
Peso total de la estructura funcional	1099.33 kg

Tabla 57, Pesos del puente de la estructura formal.

Pesos del puente			
Pieza	Peso por unidad	# de piezas	Total
Soporte lateral 3 cm	26.19	2	32.56 kg
Carcasa lateral	6.98	2	19.96 kg
Barra 3 m	27.97	1	27.97 kg
Guía cilíndrica	4.1	2	8.2 kg
Guía cilíndrica pequeña	0.31	2	0.62 kg
Cadena	4.452	1	4.452 kg
soportes	0.76	12	9.12 kg
pistola	3.5	1	3.5 kg
Carcasa pistola	2.44	1	2.44 kg
rodillos	6.11	2	16.22 kg
Carcasa guías	10.59	1	10.59 kg
Carcasa protectora cadena	26.19	1	26.19 kg

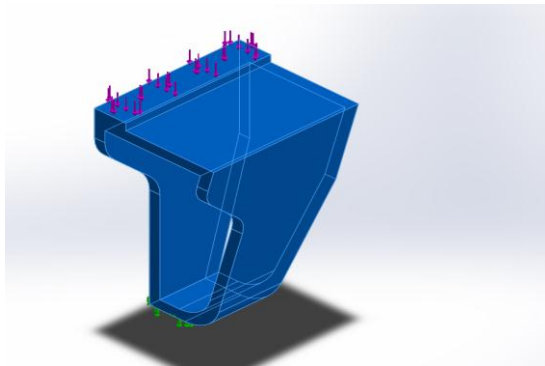
Pesos del puente			
Pieza	Peso por unidad	# de piezas	Total
Motores, tornillos, etc	20.18	1	20.18 kg
			172.002 kg

Tabla 58. Pesos de la plataforma de la estructura formal.

Pesos de la plataforma			
Pieza	Peso por unidad	# de piezas	Total
Base (Patatas)	42.35 kg	8	338.8 kg
Barras de 3m	24.42 kg	10	244.2 kg
Guías cilíndricas	3.73 kg	6	22.38 kg
Cadena	11.425 kg	2	22.87 kg
Carcasa protectora cadena	30.03	2	60.06 kg
Lamina de aluminio	82 kg	1	82 kg
Lamina de fibra	98 kg	1	98 kg
Motores, tornillos y carcasas	33.78	1	33.21 kg
			878.52 kg

11.2.3.1 Soporte de la estructura.

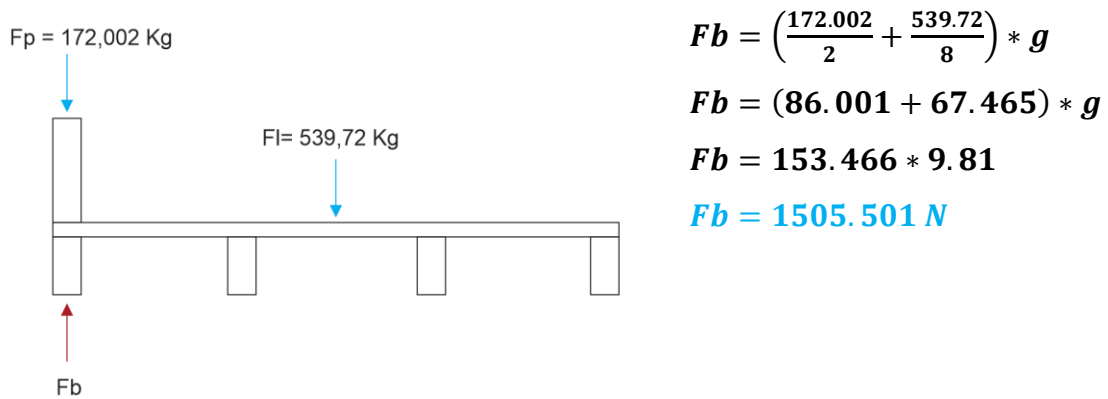
Ilustración 152, Soporte de la estructura formal.



Masa:42.346 kg
 Volumen:0.0156837 m³
 Densidad:2700 kg/m³
 Peso:414.991 N
 Carga: 1505.501 N

11.2.3.1.1 Diagrama de cuerpo libre para los soportes. Para realizar el estudio de una sola pieza, se dividió la carga de la plataforma que es de 539.72 kg.f en los 8 perfiles y la carga puntual del puente que es de 172.002 kg.f en 2 perfiles, obteniendo una carga unitaria de 153.466 kg.f, después se multiplico por la gravedad, consiguiendo la carga de 1505.501 N.

Ilustración 153, Diagrama de cuerpo libre para los soportes de la estructura formal.



$$F_b = \left(\frac{172.002}{2} + \frac{539.72}{8} \right) * g$$

$$F_b = (86.001 + 67.465) * g$$

$$F_b = 153.466 * 9.81$$

$$F_b = 1505.501 \text{ N}$$

Ilustración 154. Análisis de tensión para el soporte-estructura formal.

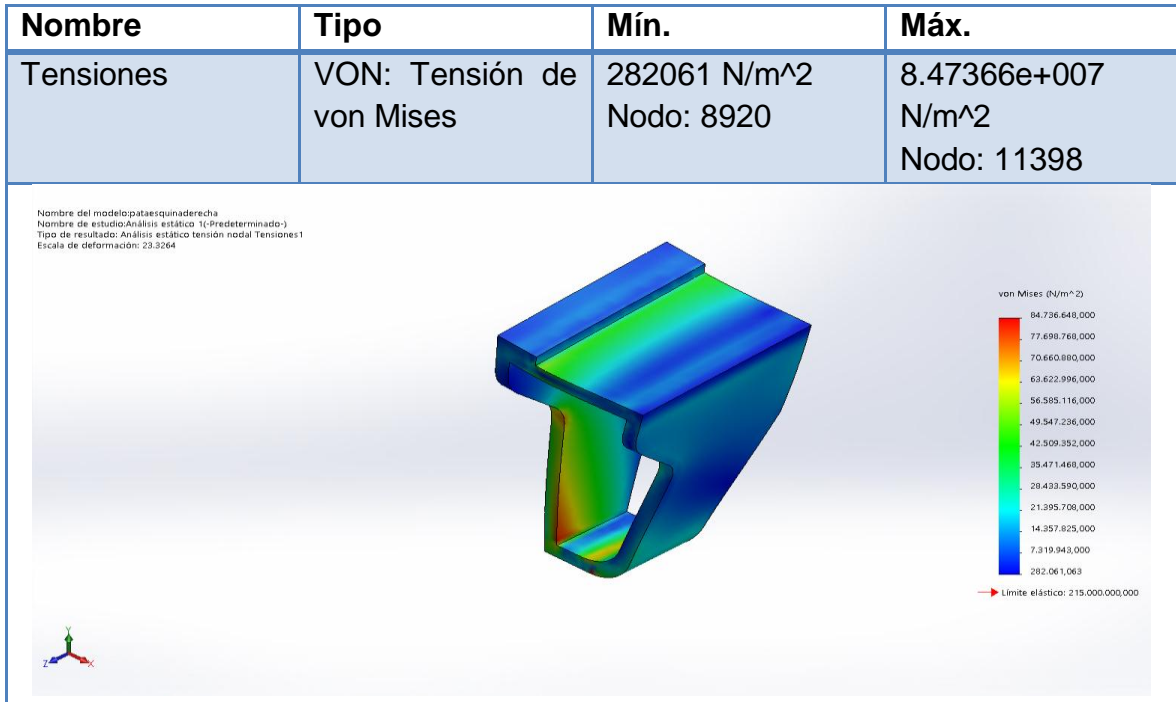


Ilustración 155. Análisis de desplazamiento del soporte-estructura formal.



Ilustración 156. Análisis de deformaciones unitarias del soporte-estructura formal.

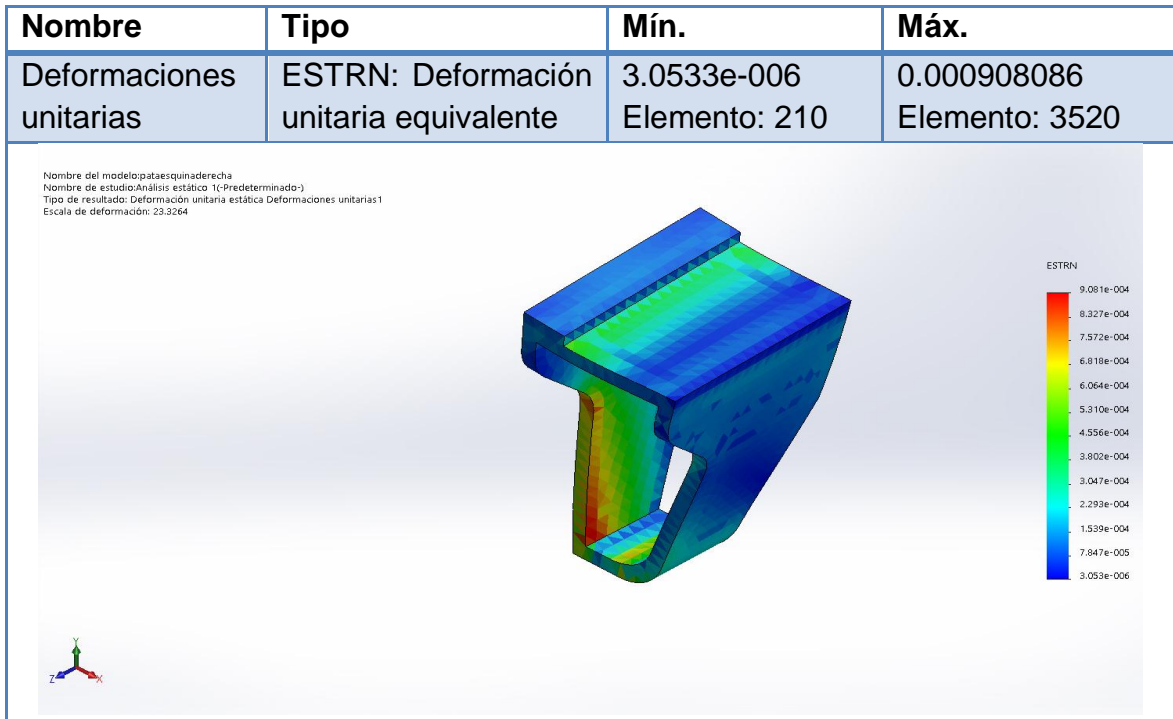


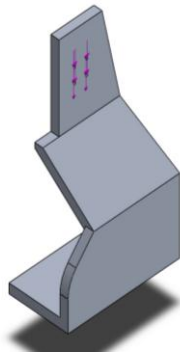
Ilustración 157, análisis de factor de seguridad del soporte-estructura formal.



De acuerdo a las gráficas arrojadas, se observa una deformación en la superficie donde fue aplicada la carga cuyo valor corresponde a 0.000908086 mm, es decir que la deformación es mínima, adicionalmente obtenemos el factor de seguridad que es de 2.5, es decir que la pieza cumple con los requisitos de resistencia y de vida útil necesarios para el diseño sin estar sobredimensionado.

11.2.3.2 Soporte lateral del puente

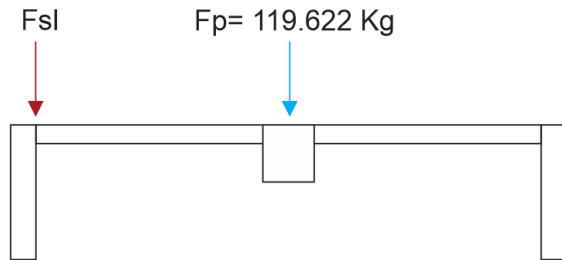
Ilustración 158, soporte lateral del puente.



Masa:26.1907 kg
Volumen:0.00970024 m³
Densidad:2700 kg/m³
Peso:256.668 N
Carga: 586.764

11.2.3.2.1 Diagrama de cuerpo libre para el soporte lateral del puente Son 2 soportes laterales que sostiene el puente, las cuales están sometidas a una carga constante de 119.622 kg.f, para realizar el estudio de una sola pieza, se dividió esta carga en las 2 partes, obteniendo una carga unitaria de 59.811 kg.f, después se multiplico por la gravedad obteniendo una carga de 586.74 N.

Ilustración 159. Diagrama de cuerpo libre soporte lateral del puente de la estructura formal.



$$b = \left(\frac{172.002 - 32.56}{2} \right) * g$$

$$Fb = \left(\frac{119.622}{2} \right) * g$$

$$Fb = 59.811 * 9.81$$

$$Fb = 586.746 N$$

Ilustración 160. Análisis de tensión para el soporte lateral del puente-estructura formal.

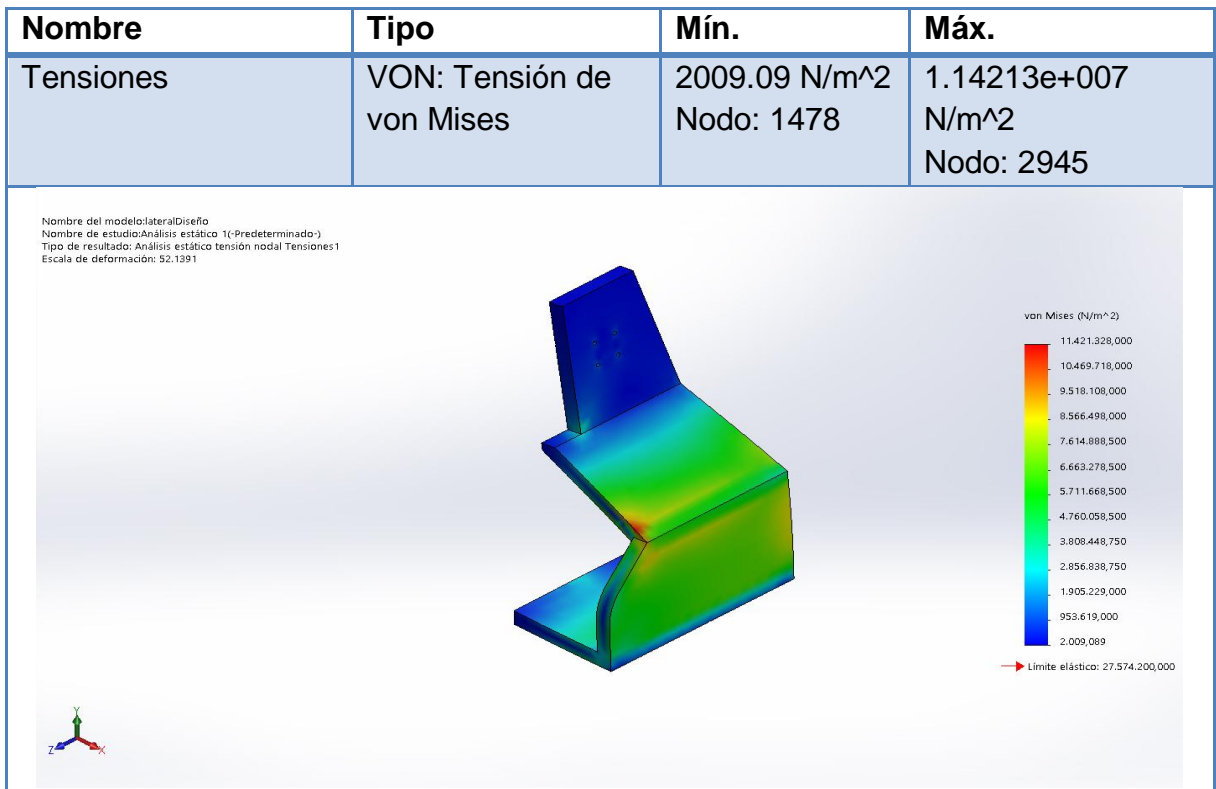


Ilustración 161. Análisis de desplazamientos para el soporte lateral del puente-estructura formal.

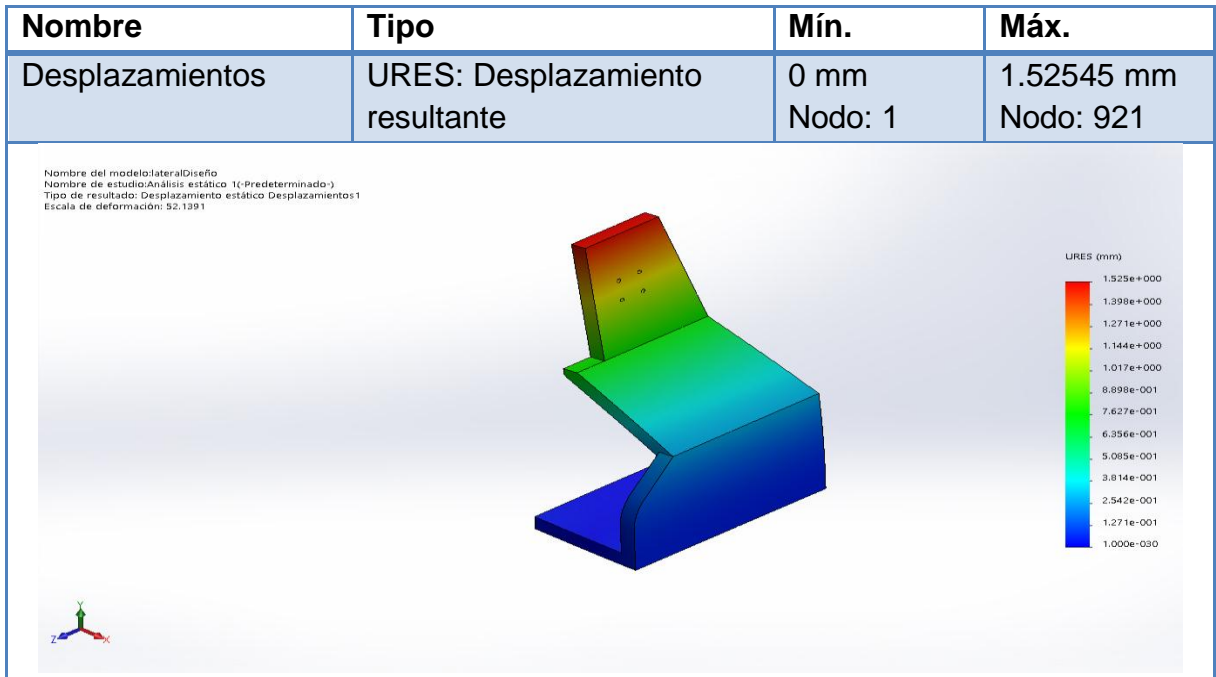


Ilustración 162. Análisis de defor. Unitarias para el soporte lateral del puente-estructura formal.

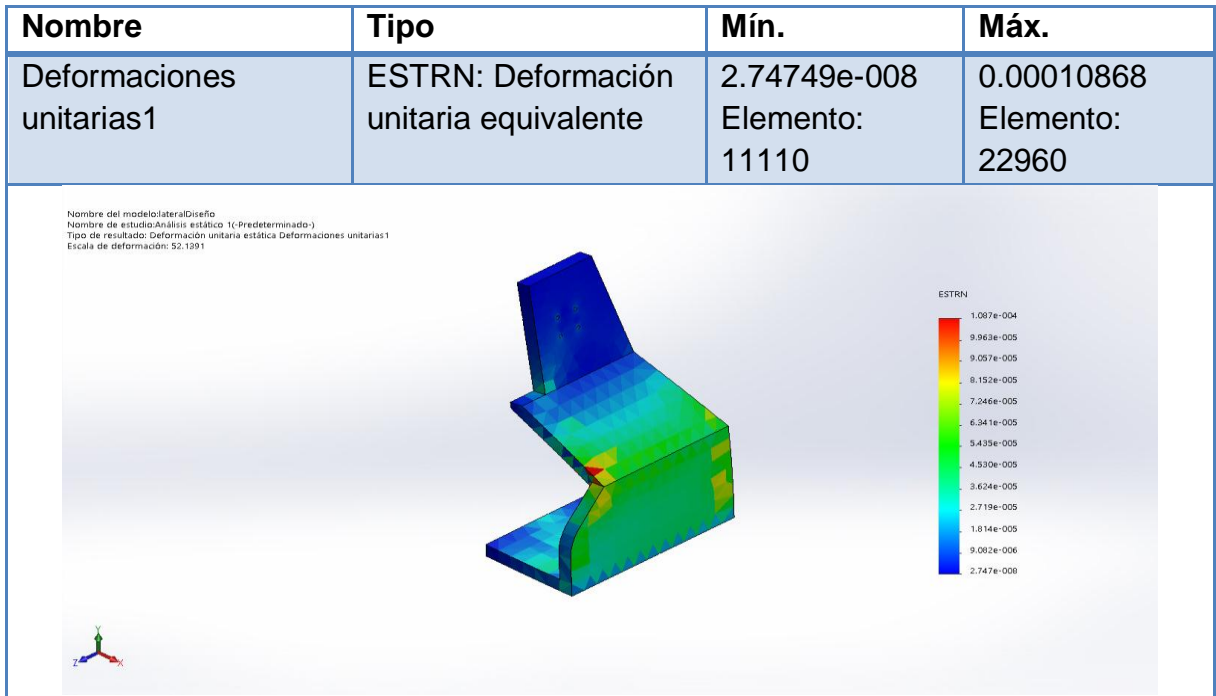
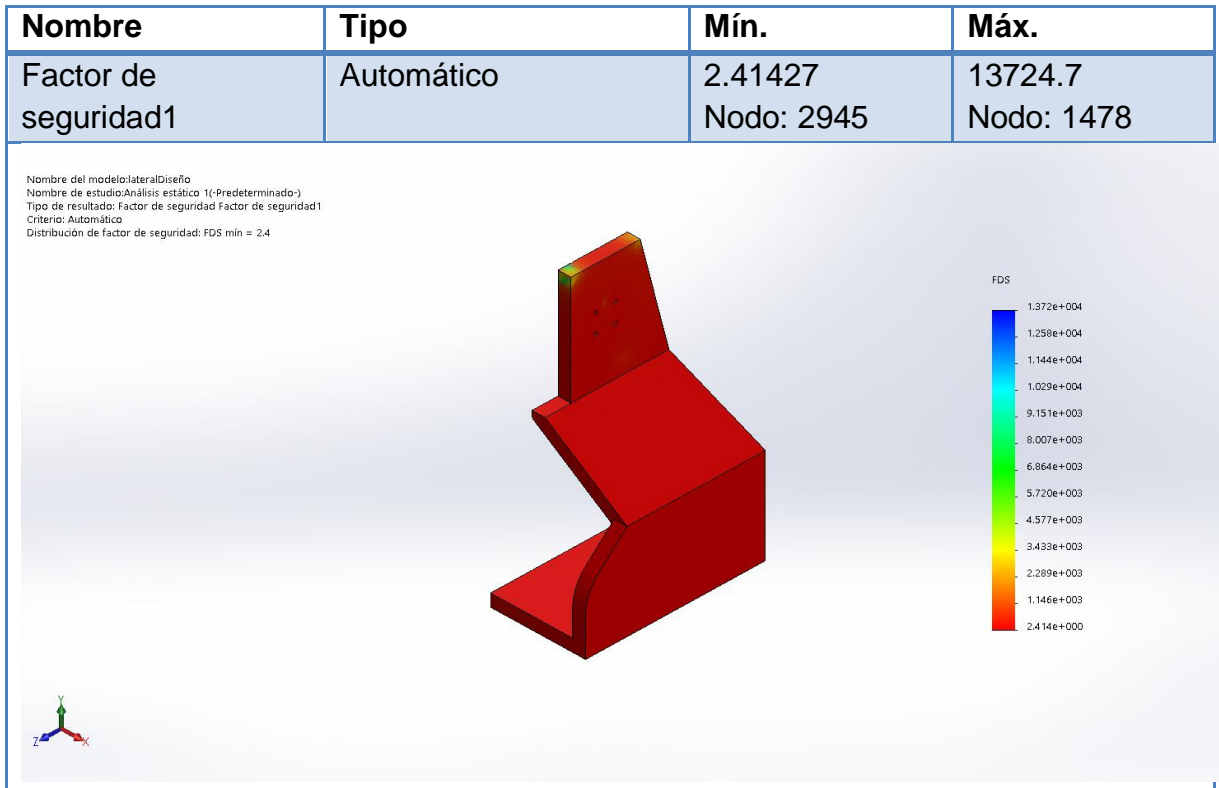


Ilustración 163, Análisis del factor de seguridad para el soporte lateral del puente-estructura formal.



De acuerdo a las gráficas arrojadas, se observa un desplazamiento en el área superior donde se ejerce la fuerza cuyo valor corresponde a 1.13725 mm, es decir que el desplazamiento es mínimo, adicionalmente obtenemos el factor de seguridad que es de 2.4 es decir que la pieza cumple con los requisitos de resistencia y de vida útil necesarios para el diseño sin estar sobredimensionado.

11.2.4 Lista de materiales y costos aproximados.

Tabla 59, Lista de materiales y costos aproximados.

Pieza	Cant.	Costos (Pesos COL.)	
		Unidad	Total
Motor NEMA 11 de 1 kg.cm	1	\$ 35.000	\$ 35.000
Motor NEMA 23 de 19 kg.cm	1	\$ 60.000	\$ 60.000
Motor NEMA 34 DE 122 kg.cm	1	\$ 350.000	\$ 350.000
Polea XL 037 de paso 1/5" y z=14	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Polea XL 037 de paso 1/5" y z=15	1	\$ 15.000	\$ 15.000
Polea XL 037 de paso 1/5" y z=22	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Polea XL 037 de paso 1/5" y z=30	1	\$ 35.000	\$ 35.000
Correa dentada de perfil trapezoidal XL, paso 1/5", z=20 y longitud= 294 mm	1	\$ 7.000	\$ 7.000
Correa dentada de perfil trapezoidal XL, paso 1/5", z=20 y longitud= 313 mm	1	\$ 8.000	\$ 8.000
Piñón, Paso = 1/2" x 5/16" y Z = 20	4	\$ 25.000	\$ 100.000
Cadena, Paso= 12.7mm y Long.= 7.18 m	1	\$ 108.000	\$ 108.000
Cadena, Paso=12.7mm y Long.=18.44 m	1	\$ 276.000	\$ 276.000
Tensor de cadena tipo quijada, 3/8"	6	\$ 2.500	\$ 15.000
Angulo acero de 2" X 3,16", 50,8x4,8 mm	6	\$ 3.800	\$ 22.800
Guías lineales TBR 25, Longitud = 25 cm Diámetro = 25 mm	2	\$ 25.000	\$ 50.000
Guías lineales TBR 25, Longitud = 3 m Diámetro = 25 mm	8	\$ 300.000	\$ 2'400.000
Rodamientos lineales LM25UU OP , Diámetro interno = 25 mm	12	\$ 22.000	\$ 266.000
Soporte de rodamiento de Diámetro interno = 40	12	\$ 48.000	\$ 576.000
Tornillo sin fin: ROD-BK15-FV-A, diámetro= 20 mm, L=50 cm	1	\$ 36.400	\$ 36.400
Soporte de husillo = ROD-BK15-FV-A diámetro interno = 15 mm.	2	\$ 222.000	\$ 444.000
Husillo de bolas = MEC-SN2005, Diám. Interno = 20 mm y Paso= 5 mm.	1	\$ 145.600	\$ 145.600
Casquillo = MEC-BNBR20-G4-A,	1	\$ 70.000	\$ 70.000

Pieza	Cant.	Costos (Pesos COL.)	
		Unidad	Total
Diámetro interno = 36 mm			
Leva con avance de 16.51 mm	1	\$ 26.000	\$ 26.000
Perfil de 9x9x300cm	10	\$ 245.000	\$ 2'450.000
Perfil de 9x9x65cm	8	\$ 56.000	\$ 448.000
Tornillo ALLEN DIN 912 M8	136	\$ 1.500	\$ 204.000
Tuerca de inserción – TUI 2104	136	\$ 1.000	\$ 136.000
Escuadra – ESC 2238	16	\$ 5.000	\$ 80.000
Escuadra – ESC 2204	2	\$ 3.500	\$ 7.000
Fuente de alimentación	1	\$ 190.000	\$ 190.000
Conductor DIV268N	3	\$ 280.000	\$ 848.000
Tablero JK02	1	\$ 151.200	\$ 151.200
Software Mach3	1	\$ 500.000	\$ 500.000
Computadora	1	\$ 900.000	\$ 900.000
Rodillos de 3 m	2	\$ 300.000	\$ 600.000
Soporte lateral del puente	2	\$ 480.000	\$ 960.000
Soporte de la estructura	8	\$ 580.000	\$ 4'640.000
Otros (Procesos de maquinado y manufactura como fundición, moldeo y grabado y elementos de armado.)		\$ 1'500.000	\$ 1'500.000
TOTAL			\$18,715,000

12. CONCLUSIONES

- El proyecto de diseño del dispositivo permitió la generación de una red de conocimientos interdisciplinarios. Gracias a los expertos en las áreas de mecánica y electrónica, sumado al desarrollo del proceso de diseño se logró generar una propuesta práctica, modular y confiable.
- El concepto de modularidad manejado para la configuración del diseño permite el montaje de una estructura mayor si en algún momento es requerida, reduciendo los procesos de producción y por lo tanto, representando así una disminución favorable de los costos para la producción de otros dispositivos en caso de requerir láminas de mayor dimensión.
- Gracias al concepto de modularidad implementado en la estructura, se hizo un uso adecuado del espacio destinado en el área de trabajo de la empresa. La estructura modular se planteó, ya que, las dimensiones del dispositivo son bastante grandes y es necesario brindarle al operario la posibilidad de desensamblaje. para su posterior armado en el sitio de trabajo.
- En el desarrollo del libro se plantean dos posibles diseños modulares para la estructura del dispositivo, la primera se muestra de una manera un poco robusta y recta, ya que, busca solo la eficiencia de proceso y la economía en contos de producción de la carcasa, la segunda propuesta estructural, si está basada en una propuesta de diseño formal, manejando conceptos de fluidez, sentido de lectura, dirección, movimiento, simetría, etc., teniendo en cuenta las condiciones de trabajo a las que será expuesta.

- Con el diseño de este dispositivo se logra la optimización y aprovechamiento de maquinaria ya adquirida por la empresa Furgoriente S.A. en la búsqueda del mejoramiento de la calidad del producto.
- Los factores de seguridad aquí obtenidos arrojan resultados positivos ya que las piezas diseñadas son estables a las cargas aplicadas durante todo el proceso de aspersion y laminado.
- Como resultado de los análisis de esfuerzos realizados se obtiene un dispositivo perfectamente estable, tanto para el proceso de producción como para la seguridad del operario.
- Con la implementación del dispositivo diseñado, y el correcto uso de los elementos de aspersion se previenen los problemas que actualmente se presentan en el laminado manual, como lo son grietas, ojos de pez, piel de cocodrilo, telarañas y chorreo.
- Se realizó un análisis de costos aproximados de la propuesta formal estética y obtuvimos en costo de \$18, 715,000 pesos, valor adecuado para un dispositivo de dicho tamaño y para la rentabilidad y eficiencia que conllevaría dentro de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

ANAHEIM AUTOMATION. Especificaciones del motor nema 34. [En línea]. Disponible en: <http://www.anaheimautomation.com/products/stepper/stepper-motor-item.php?sID=15&pt=i&tID=75&cID=19>. (Consulta 15 ago. 2015).

ANDERCOL S.A. Resina Poliéster. [en línea] disponible en: <http://www.andercol.com.co/>.

ANDERCOL S.A. Soluciones inteligentes a través del conocimiento profundo de su negocio. 2014, [En línea]. Disponible en: <http://www.andercol.com.co/>.(Consulta: 19 jul. 2015).

ANGULO DE ASPERSIÓN DE LA PISTOLA. [en línea] disponible en: http://www.pnr.eu/catalogo_sfoglia/spray-engineering-handbook/spray-engineering-handbook.pdf

APRENDEMOS TECNOLOGIA Mecanismos de transmisión de movimiento. . [Mensaje de Blog]. 2014. (Consulta: 12 ago. 2015). [en línea] disponible en: <http://aprendemostecnologia.org/maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transmision-del-movimiento/>.

BERLINER, MICHAEL. SHOBOT. [Mensaje de Blog]. CNC technology. 11 jun 2014. [en línea] disponible en: <http://www.shopbotblog.com/index.php/2014/06/shopbot-will-test-cut-your-design-at-iwf-atlanta-2014/>. (Consulta: 29 jul. 2015)

Berliner, Michael. Shobot. Robot articulado. [en línea] disponible en: <http://www.shopbotblog.com/index.php/2014/06/shopbot-will-test-cut-your-design-at-iwf-atlanta-2014/>.

BUENAS TAREAS Bobinado filamentario, Significado. Actualizado el 9 sep 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Bobinado-Filamentario/755064.html>. (Consulta 23 Ene. 2016).

COMPOSITESSHOP Mek peróxido, Significado. Publicado el 3 Oct 2012. [En línea]. Disponible en: <https://compositesshop.wordpress.com/2012/10/03/el-catalizador-de-poliester-ese-gran-desconocido/>.(Consulta 23 Ene. 2016).

DEVIKER. Cortadora láser CO2 replicable de diseño libre y abierto. [Mensaje de Blog]. 21 jun 2012. [en línea] disponible en:http://summeroflabs.eu/sites/default/files/users/user10/buildlog-bdring_0.jpg. (Consulta: 29 jul. 2015).

Empresa FURGORIENTE S.A. Misión, visión, tipos de productos, procesos de fabricación y puestos de trabajo. Información obtenida mediante visitas a la empresa y la página web [en línea] disponible en: <http://furgoriente.com/inicio.html>, Colombia, 2009. (citado: 23 jul. 2015).

FLUITECNIK. Perfil de aluminio, tipos, planos, características y modo de ensamble, Publicado en el 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.fluitechnik.com/default/documentos/516_es-perfiles-cap2.pdf. (Consulta 21 ago. 2015).

G. GONZALES REY, A. GARCÍA, TOLL. ORTIZ CÁRDENAS. Transmisiones por poleas y correas trapeciales. Instituto superior politécnico. [en línea] disponible en:

<http://es.scribd.com/doc/108497727/Ventajas-y-Desventajas-Transmision-Polea-Correa#scribd>. (Consulta: 12 ago. 2015).

GERARDO MGE Manual de Diseño Industrial. Rodríguez,. Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., México. 3a. Edición. Pag. 43.

GET DEALS, GIVEAWAYS & MORE. Photobucket. [en línea] disponible en: <http://img.photobucket.com/albums/v219/tessen/LASER/laser3d1-1.jpg>.

GET DEALS, GIVEAWAYS & MORE. Photobucket. [Mensaje de Blog]. Laser 3d. 2014. [en línea] disponible en: <http://img.photobucket.com/albums/v219/tessen/LASER/laser3d1-1.jpg>. (Consulta: 29 jul. 2015).

GOOGLE Fibra de vidrio, Significado. Actualizado el 20 nov 2015. [En línea]. Disponible en: https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=UuKjVq6SFtTLgASCIJaACQ#q=Fibra+de+vidrio+. (Consulta 23 Ene. 2016).

GRACO Cortador de fibra de vidrio. [En línea]. Disponible en: <http://www.graco.com/co/es.html>.

GRACO INC. Búsqueda de productos y/o soluciones para la aplicación de materiales compuestos. Manuales del cortador de fibra de vidrio. Sep. 3 2014, [En línea]. Disponible en: http://www.graco.com/content/dam/graco/tech_documents/manuals/3A1/3A1194/histiric/3A1194EN-A.pdf. (Consulta: 26 jul. 2015).

GRACO Pistola de aspersion y pulverización indy-x chop. [En línea]. Disponible en: <http://www.graco.com/co/es.html>.

GRACO Sistema de corte/impregnación para la producción de compuestos - cart mast & boom and system external. [En línea]. Disponible en: <http://www.graco.com/co/es.html>.

GRUPO SKF, Cadenas de transmisión SKF, Cadenas americanas estándar, características, planos y tensores de cadena. Publicado en julio de 2008. [en línea] disponible en: <http://www.skf.com/binary/87-133515/46.Chain>. (Consulta 13 ago. 2015).

HOBBY CNC AUSTRALIA, Sistema de control, herramientas, funciones, ensamblaje y configuración. Publicado en el 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.hobbyncncaustralia.com.au/Instructions/il72DIV268NToStepper.htm>. (Consulta 02 sep. 2015).

IES VILLALBA HERVAS TECNOLOGIA Mecanismos de transformación del movimiento. . [Mensaje de Blog]. 2014. (Consulta: 12 ago. 2015). [en línea] disponible en: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/04/06-mecanismos-transformacion-movimiento.pdf>.

INGEMECÁNICA. Correas de transmisión. Publicado en el 2014. [en línea] disponible en: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#seccion3>. (Consulta 14 ago. 2015).

INSTRUCTABLES, ARDUINO CONTROLLED CNC / 3D Printer Hybrid. . [Mensaje de Blog]. [en línea] disponible en: 2014. <http://www.instructables.com/id/Arduino-Controlled-CNC-3D-Printer/>. (Consulta: 29 jul. 2015).

MARIANO. TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS. [Mensaje de Blog]. Materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y

reciclado, 24 de oct. 2011, [en línea] disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/10/moldeo-por-spray-espreado-de-materiales.html>. (Consulta: 15 jul. 2015).

MCC. EQUIPMENT Y SERVICE CENTER. Manuales de la pistola de aspersión y pulverización indy-x chop. Sep. 3 2014, [En línea]. (Consulta: 26 jul. 2015). Disponible en: http://www.mccind.com/pdf_manuals_frp/2357500%20INDY20Chopper%20Gun%20User%20Manual%20GC-388%20REV%20E.pdf.

MCC. EQUIPMENT Y SERVICE CENTER. Manuales del cart mast & boom and system external, sep. 3 2014, [En línea]. Disponible en: http://www.mccind.com/pdf_manuals_frp/GC328B_rs_cart_mast_boom_install.pdf. (Consulta: 26 jul. 2015).

MI CARRERA Diseño industrial, objetivos de la profesión y campos de acción. [en línea] disponible en: <http://www.mi-carrera.com/DisenoIndustrial.html>

MI CARRERA Perfiles Profesionales. [En línea]. Carrera Diseño industrial, objetivos de la profesión y campos de acción. Tomado de: <http://www.mi-carrera.com/DisenoIndustrial.html> (Consulta: 20 de jul. 2015).

NIEBEL, B. W., FREIVALDS A. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. México D.F.: Ed. Alfaomega. Ed. 11a. 2004.

ORIENTALMOTOR. Motores paso a paso. Publicado en el 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.orientalmotor.com.co/productos/motores-paso-a-paso.html>. (Consulta 15 ago. 2015).

PIÑONES MARTIN – LINDIS Línea industrial de distribuciones; Piñones, características y planos. Publicado en el 2011. [en línea] disponible en: http://www.lindis.com/pdf/Pinones-Martin_ESP.pdf. (Consulta 13 ago. 2015).

PLASTIFORMAS DE MÉXICO S.A. DE C.V. Búsqueda de procesos de laminado de fibra de vidrio. [en línea] disponible en: <http://www.plastiformas.com/procesos.html>

PLASTIFORMAS DE MÉXICO S.A. DE C.V. Búsqueda de procesos de laminado de fibra de vidrio Fibra de vidrio – Procesos. (Consulta 26 jul. 2015). [en línea] disponible en <http://www.plastiformas.com/procesos.html>

POLOLU. Especificaciones del motor nema 23. [en línea] disponible en: <https://www.pololu.com/file/0J687/SY28STH45-0674A.pdf>. (Consulta 15 ago. 2015).

PRODUCTOS CNC. Características y especificaciones del tornillo sin fin, casquillo y husillo de bolas. Publicado en el 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.productoscnc.es>. (Consulta 19 ago. 2015).

PULTRUSIÓN, [En línea]. Significado. Actualizado el 17 Jul 2015. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Pultrusi%C3%B3n>. (Consulta 23 Ene. 2016).

SLIDESHARE Compuestos termofijos, Significado. publicado el 30 oct 2012. [En línea]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/eve1288/polimeros-termofijos-o>.(Consulta 23 Ene. 2016).

TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS Fibra de vidrio. [en línea] disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/12/fibra-de-vidrio.html>

TRANSMISIONES ZARAGOZA S.L. [Mensaje de Blog]. Subministros, rodamientos y transmisiones de potencia; poleas dentadas clásicas XL, características y planos. Publicado en el 2010 [en línea] disponible en: <http://www.traza.es/catalogos/Poldent.pdf> (Consulta 14 ago. 2015).

ULRICH, Karl y EPPINGER, Steven. Diseño y desarrollo de producto, México D.F.: McGraw-Hill, 4a edición 2009. Pag. 37, 61, 83, 111, 141, 275.

WIKIPEDIA Acrilonitrilo butadieno estireno, Significado. Actualizado el 29 oct 2015. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Acrilonitrilo_butadieno_estireno.(Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Compuestos termoplásticos, Significado. Actualizado el 20 ene 2015. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Termopl%C3%A1stico>.(Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Gelcoat, Significado. Actualizado el 10 Dic 2015. [En línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Gelcoat>.(Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Husillo de bolas [en línea] disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Husillo_de_bolas

WIKIPEDIA Moldeo por inyección, [En línea]. Significado. Actualizado el 10 Dic 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_inyecci%C3%B3n.(Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Poises, [En línea]. Significado. Actualizado el 29 Nov 2013. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Poise>.(Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Poliestireno, [En línea]. Significado. Actualizado el 8 ene 2016. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno>. (Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA PSI, [En línea]. Significado. Actualizado el 16 ene 2016. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Libra_por_pulgada_cuadrada.(Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Resinas epoxi, [En línea]. Significado. Actualizado el 26 Nov 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Resina_epoxi. (Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Resinas fenolicas, [En línea]. Significado. Actualizado el 26 Nov 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Resina_fenol-formaldeh%C3%ADdo. (Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Resinas poliéster, [En línea]. Significado. Actualizado el 22 Sep 2015. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Poli%C3%A9ster>. (Consulta 23 Ene. 2016).

WIKIPEDIA Tixotropía, [En línea]. Significado. Actualizado el 13 May 2014. <https://es.wikipedia.org/wiki/Tixotrop%C3%ADa>. (Consulta 23 Ene. 2016).

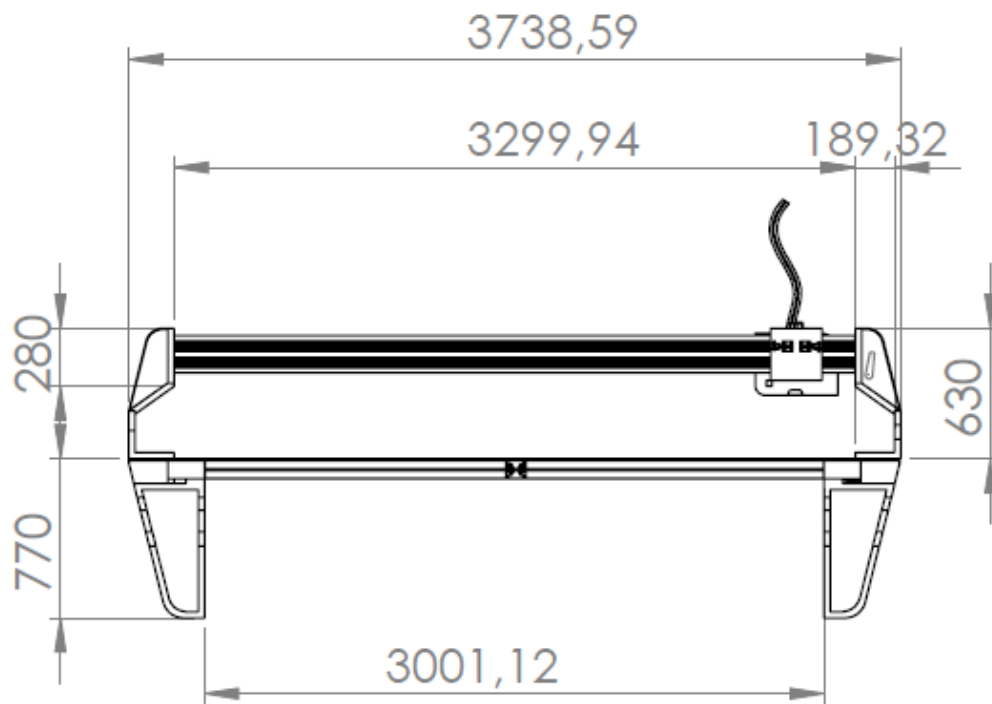
XENTE.MUNDO Cortadora y fresadora cnc. [en línea] disponible en: <http://www.xente.mundo-r.com/laco/fresadora.html>.

XENTE.MUNDO Cortadora y fresadora cnc. [Mensaje de Blog]. 2012. (Consulta: 29 jul. 2015). [en línea] disponible en:<http://www.xente.mundo-r.com/laco/fresadora.html>.

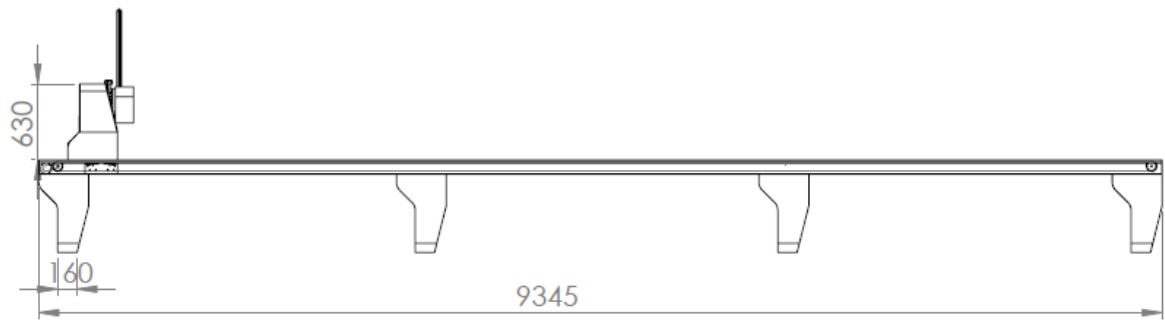
ANEXOS

ANEXO A. PLANOS

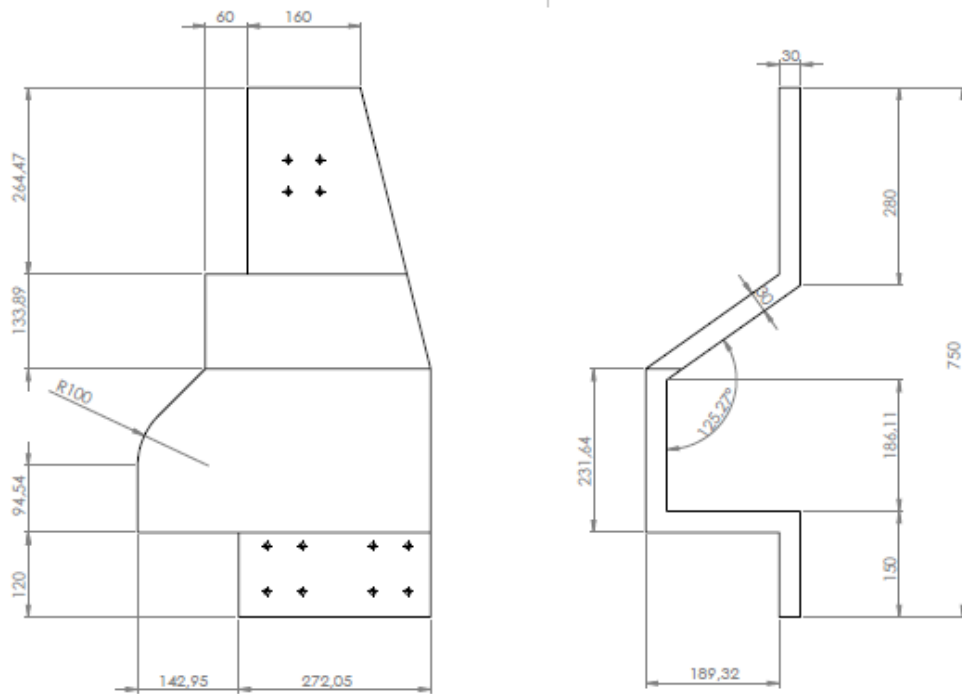
Plano frontal de la estructura formal



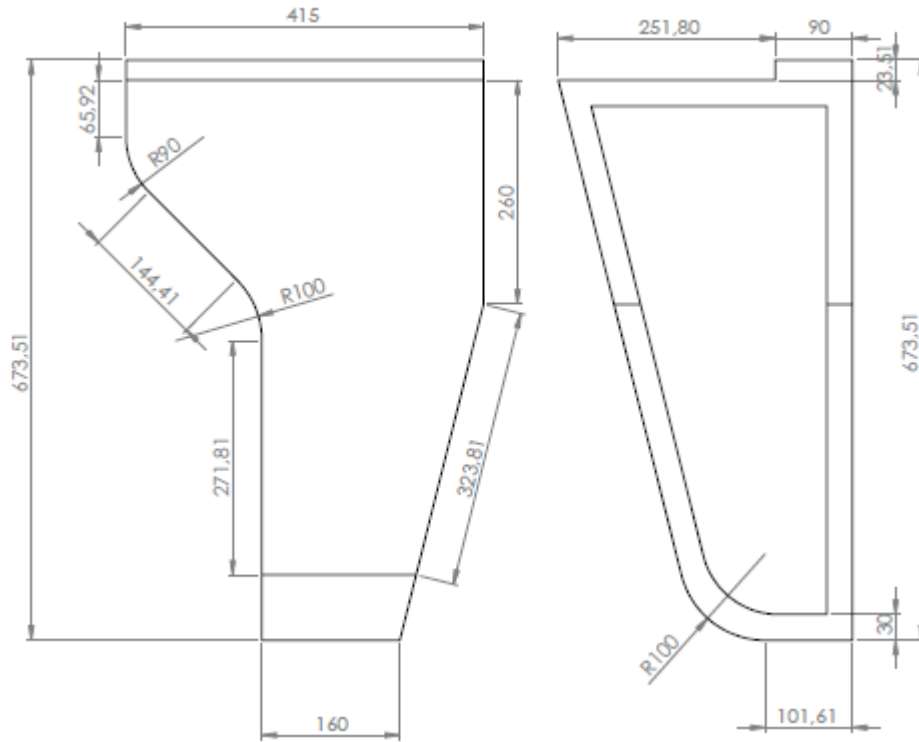
Plano lateral de la estructura formal



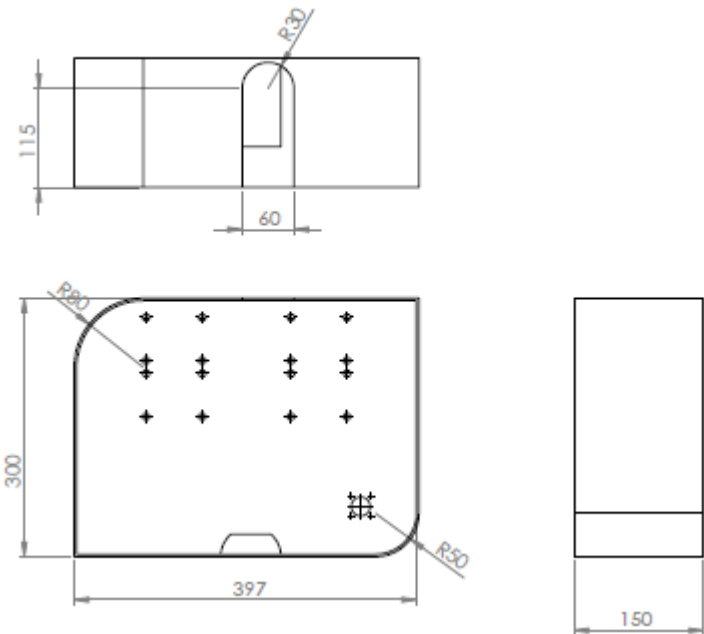
Planos del soporte lateral del puente (estructura formal)



Planos de los soportes de la estructura formal



Planos de la carcasa de la pistola (estructura formal)



Anexo B. Análisis estáticos

(Ver documentos adjuntos)

Anexo C. Planos

(Ver documentos adjuntos)

Anexo D. Proceso de aspersión Furgoriente

(Ver documentos adjuntos)

Anexo E. Renders

(Ver documentos adjuntos)

Anexo F. Toma de muestras para la prueba

(Ver documentos adjuntos)