



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Diseño y análisis de elementos de
mantención para la Escuela Lean**

Autor:

García Izquierdo, Isabel

Tutor(es):

**Gento Municio, Ángel Manuel
Organización de Empresas**

Valladolid, septiembre 2024.



ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. JUSTIFICACIÓN	9
1.2. OBJETIVO	9
1.3. ALCANCE	10
1.4. ESTRUCTURA	10
II. LOGÍSTICA INTERNA	12
2.1. MANUTENCIÓN	12
2.1.1. <i>Unidad de carga</i>	12
2.1.1.1. Palet	12
2.1.1.2. Cestones	13
2.1.1.3. Contenedores	14
2.1.2. <i>Vehículos de transporte manual</i>	15
2.1.3. <i>Vehículos de transporte motorizados</i>	15
2.1.3.1. Transpaletas eléctricas	16
2.1.3.2. Apiladoras eléctricas	16
2.1.3.3. Carretillas elevadoras o contrapesadas	17
2.1.3.4. AGV	18
2.1.4. <i>Dispositivos de transporte continuo</i>	18
2.1.4.1. Cintas transportadoras	18
2.1.4.2. Camino de rodillos	19
2.1.4.3. Mesa de bolas transportadoras	20
2.1.5. <i>Puentes grúa</i>	20
2.2. LEAN MANUFACTURING	21
2.2.1. <i>Antecedentes</i>	21
2.2.2. <i>La Casa Toyota</i>	22
2.2.3. <i>Herramientas Lean</i>	22
2.2.3.1. Just In Time (JIT)	22
2.2.3.2. Jidoka y Poka Yoke	23
2.2.3.3. 5S	24
2.2.3.4. Kanban	26
2.2.3.5. SMED	29
2.2.3.6. Estandarización	30
2.2.3.7. Heijunka	31
III. ESCUELA LEAN	33
3.1. INSTALACIONES	33
3.2. SOLECTRÓN	34
3.3. COCHE L34N	34
3.4. PROCESO DE FABRICACIÓN	35
3.4.1. <i>Proceso de fabricación del solectrón</i>	35
3.4.2. <i>Proceso de fabricación del coche L34N</i>	38
3.5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESCUELA	40
3.5.1. <i>Descripción de los elementos utilizados por la Escuela</i>	40
3.5.2. <i>Mesas</i>	44
3.5.2.1. Carrito	44
3.5.2.2. Mesa pequeña	45
3.5.2.3. Mesa de bolas	46
3.5.2.4. Mesa de montaje	46
3.5.3. <i>Estanterías</i>	47
3.5.3.1. Puestos de control	47
3.5.3.2. Puesto de reciclaje/abastecimiento	50



3.5.3.3.	Puesto de montaje	52
3.5.3.4.	Lavadora	54
IV.	SITUACIÓN PROPUESTA. PARTE I	55
4.1.	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE BOSCH REXROTH UTILIZADOS	55
4.1.1.	<i>Perfiles</i>	55
4.1.2.	<i>Elementos de unión</i>	56
4.1.3.	<i>Ruedas</i>	58
4.1.4.	<i>Superficies de trabajo</i>	59
4.1.5.	<i>Bolas transportadoras</i>	60
4.1.6.	<i>Caminos de rodillos</i>	61
4.1.7.	<i>Paneles informativos</i>	63
4.1.8.	<i>Elemento para el ajuste en altura</i>	64
4.2.	SOFTWARE UTILIZADO	66
4.3.	ELEMENTOS DE MANUTENCIÓN	67
4.3.1.	<i>Carrito</i>	67
4.3.2.	<i>Mesa pequeña</i>	70
4.3.3.	<i>Mesa de montaje</i>	75
4.3.4.	<i>Mesa de bolas</i>	81
V.	SITUACIÓN PROPUESTA. PARTE II	86
5.1.	PUESTOS DE TRABAJO	86
5.1.1.	<i>Puestos de control</i>	86
5.1.2.	<i>Puesto de reciclaje/abastecimiento</i>	96
5.1.3.	<i>Puesto de montaje</i>	106
5.1.4.	<i>Lavadora</i>	116
5.2.	ACCESORIOS	125
VI.	ESTUDIO ECONÓMICO	128
6.1.	JERARQUÍA EN UN PROYECTO DE DISEÑO	128
6.2.	FASES DE DESARROLLO	128
6.3.	ESTUDIO ECONÓMICO	129
6.3.1.	<i>Horas efectivas anuales ya tasas de los salarios</i>	129
6.3.2.	<i>Amortización de los equipos</i>	130
6.3.3.	<i>Costes indirectos</i>	131
6.3.4.	<i>Horas de personal dedicadas al desarrollo del proyecto</i>	131
6.4.	COSTES ASIGNADOS A CADA ETAPA DEL PROYECTO	131
6.4.1.	<i>Estudio del Lean Manufacturing</i>	131
6.4.2.	<i>Estudio de los elementos de manutención</i>	132
6.4.3.	<i>La Escuela Lean</i>	132
6.4.4.	<i>Diseño de los elementos propuestos</i>	133
6.5.	CÁLCULO TOTAL DE COSTES	134
VI.	CONCLUSIONES	135
6.1.	CONCLUSIONES	135
6.2.	FURUROS DESARROLLOS	135
VII.	BIBLIOGRAFÍA	137
VIII.	BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES	139
IX.	ANEXO	140



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Palet de cuatro entradas. (Palet Americano: Características, Peso y Medidas, 2021).....	13
Figura 2. Cestón metálico. (Redirect Notice, s. f.).....	13
Figura 3. Cestón de plástico apilable-anidable. (Vallhonrat, J. M. et all (1991)	14
Figura 4. Ejemplo real de cestón apilable-anidable. (Narváez, 2018).....	14
Figura 5. Ejemplo de contenedor. (Vallesana, 2021)	15
Figura 6. Transpaleta manual. (Transpaleta Manual 2500 Kg Con Ruedas de Poliuretano, s. f.).....	15
Figura 7. Transpaleta eléctrica. (Transpaleta de Traslación Eléctrica y Elevación Manual Para 1500kg, 2023)	16
Figura 8. Apilador de conductor de pie. (Curso de Carretillero, 2024).....	17
Figura 9. Apilador de conductor sentado. (Curso de Carretillero, 2024).....	17
Figura 10. Carretilla contrapesada. (Mecalux, s. f.).....	18
Figura 11. AGV. (Arilla, 2023)	18
Figura 12. Cinta transportadora. (MAROBERA, 2023)	19
Figura 13. Camino de rodillos. (Makina-Online, s. f.).....	19
Figura 14. Camino de rodillos por gravedad. (Scaglia INDEVA, 2024).....	20
Figura 15. Mesa de bolas transportadoras. (KT15 Series - Mesa de Bolas By BS Rollen GmbH DirectIndustry, s. f.)	20
Figura 16. Puente grúa. (Grua, 2021)	21
Figura 17. Casa Toyota. (Instituto agile)	22
Figura 18. Kanban de transporte y de producción. (Bermejo, M. (2011))	27
Figura 19. Lay-out de la Escuela Lean. (Escuela Lean, UVa)	33
Figura 20. Base del solectrón. (Sánchez Nava, F. J. (2020))	34
Figura 21. Solectrón terminado. (Sánchez Nava, F. J. (2020))	34
Figura 22. Monovolumen y todoterreno. (Sánchez Nava, F. J. (2020)).....	35
Figura 23. Puesto de montaje. (Elaboración propia)	35
Figura 24. Puesto de control de calidad. (Elaboración propia).....	36
Figura 25. Carrito. (Elaboración propia)	36
Figura 26. Lavadora. (Elaboración propia)	37
Figura 27. Puesto de reciclaje. (Elaboración propia)	38
Figura 28. Mesa. (Elaboración propia).....	39
Figura 29. Puesto de montaje. (Elaboración propia)	39
Figura 30. Mesa de inicio y final de cada línea. (Elaboración propia).....	40
Figura 31. Mesa de bolas. (Elaboración propia)	40
Figura 32. Tubo Leanform. (Catálogo Leanform V12.0)	41
Figura 33. Unión CU-2. (Catálogo Leanform V12.0)	41
Figura 34. Unión U1. (Catálogo Leanform V12.0)	41
Figura 35. Conjunto de unión CU-7. (Catálogo Leanform V12.0)	42
Figura 36. Conjunto de unión CU-12. (Catálogo Leanform V12.0).....	42
Figura 37. Ruedas giratorias con espárrago. (Catálogo Leanform V12.0)	43
Figura 38. Ruedas con soporte. (Catálogo Leanform V12.0).....	43
Figura 39. Placa de refuerzo. (Catálogo Leanform V12.0).....	44
Figura 40. Carrito. (Elaboración propia)	44
Figura 41. Lay-out de la zona de producción. (Escuela Lean, UVa)	45



Figura 42. Mesa de inicio y final de la línea. (Elaboración propia)	45
Figura 43. Mesa de bolas. (Elaboración propia)	46
Figura 44. Tablero normal y de bolas. (Elaboración propia)	46
Figura 45. Mesa para el puesto de montaje. (Elaboración propia)	47
Figura 46. Puesto de control de la línea de montaje. (Elaboración propia)	48
Figura 47. Bandeja para solectrones. (Elaboración propia)	48
Figura 48. Tarjeta informativa. (Elaboración propia).....	49
Figura 49. Puesto de control de la línea de reciclaje. (Elaboración propia).....	49
Figura 50. Puesto de reciclaje del solectrón. (Elaboración propia)	50
Figura 51. Puesto de montaje del coche. (Elaboración propia).....	51
Figura 52. Brazo de soporte. (Elaboración propia)	51
Figura 53. Puesto de montaje. (Elaboración propia)	52
Figura 54. Mesa plegada. (Elaboración propia)	53
Figura 55. Mesa del puesto desplegada. (Elaboración propia).....	53
Figura 56. Lavadora. (Elaboración propia)	54
Figura 57. Perfil 45x45. (Bosch Rexroth. (2019)).....	55
Figura 58. Perfil 45x90 y 90x90 con dos caras lisas. (Bosch Rexroth. (2019)).....	55
Figura 59. Especificaciones del perfil 40x40. (Bosch Rexroth. (2019)).....	56
Figura 60. Especificaciones del perfil 45x45. (Bosch Rexroth. (2019)).....	56
Figura 61. Unión de apriete rápido a 0° y a 90°. (Bosch Rexroth)	57
Figura 62. Unión de apriete a 0°. (Bosch Rexroth. (2019)).....	57
Figura 63. Montaje de dos perfiles usando la unión de apriete a 0°. (Bosch Rexroth. (2019))	58
Figura 64. Rueda de goma maciza. (Bosch Rexroth. (2019))	58
Figura 65. Escuadra de aluminio. (Bosch Rexroth. (2019))	59
Figura 66. Tornillo cabeza martillo + Tuerca con collar. (Bosch Rexroth. (2019))	59
Figura 67. Tuerca martillo. (Bosch Rexroth (2019)).....	60
Figura 68. Bola transportadora Eco Flow. (Bosch Rexroth. (2019))	60
Figura 69. Ejemplo de montaje propuesto por Bosch Rexroth. (Bosch Rexroth. (2016)) ...	61
Figura 70. Camino de rodillos con rueda interior y exterior. (Bosch Rexroth. (2019))	61
Figura 71. Tubo redondo. (Bosch Rexroth. (2019))	62
Figura 72. Empalmador en T. (Bosch Rexroth. (2019)).....	62
Figura 73. Soportes de raíl con y sin tope. (Bosch Rexroth. (2019))	62
Figura 74. Perfil separador. (Bosch Rexroth).....	63
Figura 75. Tabla informativa. (Bosch Rexroth)	63
Figura 76. Panel informativo Economic-rotulador magnético. (Bosch Rexroth).....	64
Figura 77. Módulo de regulación de altura eléctrico. (Bosch Rexroth)	64
Figura 78. Módulo de elevación. (Bosch Rexroth (2019)).....	65
Figura 79. Bomba y accionamiento. (Bosch Rexroth (2019)).....	65
Figura 80. Ejemplo de montaje del ajuste de altura hidráulico. (Bosch Rexroth (2019)) ...	66
Figura 81. Ventana de configuración de FRAMEpro. (Elaboración propia)	66
Figura 82. Ventana para insertar los elementos Bosch. (Elaboración propia).....	67
Figura 83. Medidas de la estructura base. (Elaboración propia)	68
Figura 84. Unión de apriete a 0° por la cara interna. (Elaboración propia)	68
Figura 85. Manillar. (Elaboración propia).....	69
Figura 86. Carrito. (Elaboración propia)	69
Figura 87. Medidas de la estructura de la mesa usando FRAMEpro. (Elaboración propia) 71	
Figura 88. Unión de apriete a 90° por la cara interna. (Elaboración propia)	71



Figura 89. Unión entre los perfiles y el módulo mediante la unión de apriete a 90°. (Elaboración propia)	72
Figura 90. Mesa pequeña con el módulo de elevación instalado. (Elaboración propia) ...	73
Figura 91. Placa adaptadora. (Bosch Rexroth. (2019))	73
Figura 92. Mesa pequeña. (Elaboración propia).....	74
Figura 93. Medidas de la estructura base. (Elaboración propia)	76
Figura 94. estructura con tablero inferior y ruedas. (Elaboración propia)	77
Figura 95. Tablero de bolas. (Elaboración propia).....	77
Figura 96. Escuadra 45x45 para el soporte del tablero de bolas. (Elaboración propia)	78
Figura 97. Mesa de montaje con tablero de bolas. (Elaboración propia)	78
Figura 98. Tablero desmontable. (Elaboración propia).....	79
Figura 99. Mesa de montaje con tablero de trabajo. (Elaboración propia).....	80
Figura 100. Medidas de la estructura base. (Elaboración propia)	82
Figura 101. Mesa de bolas con tablero de bolas. (Elaboración propia)	83
Figura 102. Mesa de bolas con tablero de trabajo. (Elaboración propia)	84
Figura 103. Medidas de la estructura base. (Elaboración propia)	87
Figura 104. Estructura del puesto de control con escuadras. (Elaboración propia)	88
Figura 105. Pizarra para los puestos de control. (Elaboración propia)	89
Figura 106. Estructura base común de los puestos de control. (Elaboración propia).....	89
Figura 107. Travesaños para la colocación de los caminos. (Elaboración propia)	90
Figura 108. Puesto de control de la línea de montaje. (Elaboración propia)	91
Figura 109. Vista lateral del puesto de trabajo de la línea de montaje. (Elaboración propia)	92
Figura 110. Puesto de control de la línea de reciclaje. (Elaboración propia).....	93
Figura 111. Vista lateral del puesto de control de la línea de reciclaje. (Elaboración propia)	94
Figura 112. Medidas de la estructura base. (Elaboración propia)	97
Figura 113. Estructura del puesto de reciclaje/abastecimiento con escuadras. (Elaboración propia)	98
Figura 114. Estructura de la mesa deslizante. (Elaboración propia).....	98
Figura 115. Patín insertado en los canales de la mesa y el puesto. (Elaboración propia) .	99
Figura 116. Puesto con la mesa deslizada hacia dentro. (Elaboración propia)	99
Figura 117. Puesto con la mesa hacia fuera. (Elaboración propia).....	100
Figura 118. Camino de rodillos inferior con separación mediante ruedas con pestaña. (Elaboración propia)	100
Figura 119. Camino de rodillos intermedio con separadores. (Elaboración propia).....	101
Figura 120. Puesto de reciclaje/abastecimiento con los caminos de rodillos. (Elaboración propia)	102
Figura 121. Pizarra del puesto de reciclaje/abastecimiento. (Elaboración propia)	102
Figura 122. Puesto de reciclaje del solectrón. (Elaboración propia)	103
Figura 123. Puesto de abastecimiento de la línea de montaje del coche. (Elaboración propia)	104
Figura 124. Medidas de la estructura base. (Elaboración propia)	107
Figura 125. Estructura del puesto de montaje con escuadras. (Elaboración propia)	108
Figura 126. Estructura de la mesa deslizable del puesto de montaje. (Elaboración propia)	109
Figura 127. Mesa deslizable del puesto de montaje. (Elaboración propia)	109
Figura 128. Brazo plegable. (Elaboración propia).....	110



Figura 129. Pedestal de cojinete con el brazo insertado. (Elaboración propia)	110
Figura 130. Mesa desplegada apoyada en el brazo. (Elaboración propia)	111
Figura 131. Mesa desplegada insertada en el puesto. (Elaboración propia)	111
Figura 132. Mesa recogida insertada en el puesto. (Elaboración propia).....	112
Figura 133. Puesto con caminos de rodillos. (Elaboración propia)	113
Figura 134. Pizarra del puesto de montaje. (Elaboración propia)	113
Figura 135. Puesto de montaje. (Elaboración propia).....	114
Figura 136. Medidas de la estructura base. (Elaboración propia)	117
Figura 137. Estructura de la Lavadora con escuadras. (Elaboración propia)	118
Figura 138. Travesaños estructura lavadora. (Elaboración propia)	119
Figura 139. Estructura de la lavadora con los caminos de rodillos. (Elaboración propia)	120
Figura 140. Pizarra de la lavadora. (Elaboración propia).....	121
Figura 141. Estructura con pizarra. (Elaboración propia).....	122
Figura 142. Lavadora. (Elaboración propia)	123
Figura 143. Clip de rotulación. (Bosch Rexroth. (2019))	125
Figura 144. Perfil de suspensión. (Bosch Rexroth. (2019)).....	126
Figura 145. Elemento de fijación para las cajas. (Bosch Rexroth. (2019)).....	126
Figura 146. Portaherramientas. (Bosch Rexroth. (2019)).....	127



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de materiales del carrito. (Elaboración propia)	70
Tabla 2. Lista de materiales de la mesa pequeña. (Elaboración propia)	75
Tabla 3. Lista de materiales de la mesa de montaje. (Elaboración propia)	81
Tabla 4. Lista de materiales de la mesa de bolas. (Elaboración propia)	85
Tabla 5. Lista de materiales del puesto de control. (Elaboración propia)	96
Tabla 6. Lista de materiales del puesto de reciclaje/montaje. (Elaboración propia)	106
Tabla 7. Lista de materiales del puesto de montaje. (Elaboración propia)	116
Tabla 8. Lista de materiales de la lavadora. (Elaboración propia)	125
Tabla 9. Horas efectivas anuales. (Elaboración propia)	130
Tabla 10. Semanas efectivas anuales. (Elaboración propia)	130
Tabla 11. Sueldos de los participantes. (Elaboración propia)	130
Tabla 12. Amortización de los equipos destinados al estudio, investigación y redacción. (Elaboración propia)	130
Tabla 13. Amortización de los equipos destinados al diseño. (Elaboración propia)	131
Tabla 14. Costes indirectos. (Elaboración propia)	131
Tabla 15. Horas de personal dedicadas al desarrollo de cada etapa. (Elaboración propia)	131
Tabla 16. Costes asignados a la etapa 1. (Elaboración propia)	132
Tabla 17. Costes asignados a la etapa 2. (Elaboración propia)	132
Tabla 18. Costes asignados a la etapa 3. (Elaboración propia)	133
Tabla 19. Costes asignados a la etapa 4. (Elaboración propia)	134
Tabla 20. Costes totales. (Elaboración propia)	134



I. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

La Escuela Lean es un centro de aprendizaje en el que se enseñan los fundamentos del Lean Manufacturing a través del *learn by doing*.

Los elementos de mantenimiento son los medios que se utilizan en los almacenes tanto para el traslado como para la manipulación de la mercancía. En la Escuela Lean los elementos de mantenimiento se refieren a los carritos y mesas, aunque también incluiremos las estanterías con caminos de rodillos, que se utilizan para el traslado de piezas y productos, así como para la fabricación de estos últimos.

Actualmente, los elementos de mantenimiento de la Escuela están fabricados con tubos de acero de 28mm de diámetro exterior que, con el paso del tiempo y del uso, han ido cediendo y han acabado deformados, poniendo en duda la estabilidad de las estructuras.

Además de la falta de resistencia de las estructuras actuales, estas también han demostrado tener ciertos problemas en cuanto a versatilidad y utilidad, por lo que han obligado a los integrantes de la Escuela a hacer ciertas modificaciones con el objetivo de solucionar algunos de los problemas.

La realización de este TFG supondrá una mejora sustancial en referencia a la estabilidad y resistencia de las estructuras actuales, mejorando, además, otros aspectos de las estructuras como la comodidad del operario a la hora de trabajar y acomodar las estructuras y la facilidad de movimiento. Adicionalmente, servirá para definir unos estándares para los elementos de mantenimiento y los puestos de trabajo

1.2. OBJETIVO

En este proyecto se busca la renovación y el rediseño de los elementos de mantenimiento de la Escuela Lean, buscando mejorar los elementos actuales y resolver los problemas que han ido surgiendo a lo largo de los años. Para ello, utilizaremos los elementos de montaje de Bosch Rexroth, que constan de perfiles de aluminio de sección cuadrada tipo mecano, que permiten la creación de estructuras de forma rápida y sencilla.

Para el correcto desarrollo del proyecto, se deben seguir una serie de subobjetivos, que se tratarán en cada uno de los capítulos:

- Para empezar, se debe hacer un estudio de los elementos de mantenimiento con el fin de comprender sus ventajas e inconvenientes, así como cuales pueden ser los más relevantes para cada situación. En este aspecto, también es importante conocer que es el Lean Manufacturing y cuáles son las herramientas que pueden ser de utilidad en este proyecto.
- Realizar un análisis de los elementos de mantenimiento actuales de la Escuela Lean, las funciones que cumplen en las prácticas de la Escuela y su importancia en el trayecto que realizan los productos para su fabricación. Se debe hacer una descripción de las estructuras y destacar las características más importantes, así como sus principales problemas u opciones de mejora.
- Antes de proceder con el diseño de los elementos, se deben conocer y manejar los elementos de Bosch Rexroth que utilizaremos para el diseño, lo que implica hacer un estudio de las diferentes opciones y seleccionar las más adecuadas para utilizar en el proyecto.



- Posteriormente, se procederá con el rediseño de los elementos más importantes de la Escuela, describiendo cada elemento y comentando los pasos que se han seguido en el diseño. En estos se ha buscado la mejora de los sistemas actuales y la solución de los problemas principales.
- Finalmente, se realizará un estudio económico del proyecto, se expondrán las conclusiones y se propondrán mejoras a futuro.

1.3. ALCANCE

Este TFG se centra en el rediseño de todos los elementos de mantenimiento y puestos de trabajo de la Escuela Lean, el carrito, los tres tipos de mesas, los tres puestos de trabajo y la estantería para el traslado de piezas.

Para ello, se ha utilizado el software Solidworks con el plug-in de Bosch Rexroth, FRAMEpro, para hacer el diseño de los elementos en 3D. En el diseño de las estructuras se ha buscado aumentar su versatilidad y estabilidad, además de facilitar el montaje de estas a la hora de su fabricación. Junto con el diseño, se incluirán los planos, además de los diseños en 3D, que serán necesarios para su posible fabricación en un futuro.

Además del diseño de las estructuras, se realizará un estudio de tanto de los elementos de mantenimiento en almacenes como de los principios del Lean Manufacturing. Posteriormente, y antes de proceder con el diseño, se hará un análisis de los elementos de mantenimiento actuales de la Escuela y se describirán los elementos utilizados tanto en el diseño de las estructuras actuales como las propuestas.

A pesar de que el alcance de este proyecto no incluye su fabricación ni el análisis de fuerzas, en este documento se muestra un desglose de los materiales necesarios con sus respectivos precios, con el fin de mostrar el coste aproximado de la fabricación de cada una de las estructuras.

1.4. ESTRUCTURA

A continuación, se muestran los temas que se tratarán a lo largo del proyecto, haciendo un pequeño resumen de lo que se ha realizado en cada apartado.

El primer capítulo se ha centrado en la parte teórica. Comenzando con los elementos de mantenimiento utilizados en los almacenes y continuando con los principios del Lean Manufacturing y una explicación de las herramientas Lean aplicables a la Escuela y sus elementos.

A continuación, y con el fin de dar una introducción a la Escuela Lean y sus objetivos, en el segundo capítulo se ha comentado el inicio de la Escuela y se han descrito brevemente las instalaciones y los productos que se fabrican en las prácticas del programa. Posteriormente, se han descrito las estructuras actuales de la Escuela, así como los elementos de los que están compuestos, destacando sus características y las funciones que cumplen en la Escuela.

En el cuarto capítulo se han explicado los elementos de Bosch Rexroth que se han utilizado para el diseño de las estructuras, se ha hecho una pequeña descripción del software de diseño y se ha hecho la propuesta de rediseño de los elementos de mantenimiento, el carrito, la mesa pequeña y las dos grandes de bolas, describiendo los procesos que se han seguido para su diseño e incorporando al final una lista de materiales con los precios aproximados



En el quinto se ha realizado el diseño de los puestos de trabajo, describiendo, al igual que con los elementos de mantenimiento, los procesos que se han seguido para ello. Además, se ha incorporado, al final de cada estructura, una lista de los materiales necesarios para su fabricación, así como los precios aproximados de los materiales.

Se ha finalizado con el estudio económico de la realización del proyecto y las conclusiones del proyecto. Adicionalmente, en el anexo se han incluido los planos de todas las estructuras diseñadas.



II. LOGÍSTICA INTERNA

2.1. MANUTENCIÓN

Los elementos de manutención son los medios técnicos que permiten el traslado y la manipulación de la mercancía en un almacén. Dado que estas actividades no aportan valor al producto final, estas tienen que eliminarse o, en su defecto, disminuirse lo máximo posible.

Estos elementos están divididos en vehículos de transporte manual y mecánico y apiladoras.

2.1.1. UNIDAD DE CARGA

Una unidad de carga se puede definir como los elementos que se utilizan para almacenar el material durante el transporte y luego hasta su consumo. Las unidades de carga más utilizadas son:

- Palets
- Plataformas
- Cestones
- Contenedores

2.1.1.1. PALET

Se trata de una plataforma, generalmente de madera, sobre la que se colocan las cargas y que está diseñada para permitir su transporte con carretillas elevadoras. Estas son apilables en estanterías o sobre la mercancía colocada en otro palet. (Vallhonrat, J. M. et al (1991))

Los palets pueden clasificarse en de un solo uso o de uso continuado. Los de un solo uso suelen hacerse de materiales baratos y pocos resistentes, como puede ser fibra de madera, cartón o espumas plásticas, mientras que los de uso continuado se hacen con materiales más resistentes como la madera, el metal o el plástico.

Dentro de los palets de un solo uso, destaca el de cartón, con numerosas ventajas como su reducido peso, coste y su higiene, que permite su uso en la industria alimentaria. Por otro lado, el palet de plástico inyectado destaca en los palets de uso continuado dada su versatilidad.

Las medidas de los palets, a pesar de poder ser a medida, están estandarizadas. Los palets estandarizados más utilizados son el ISO, o americano, de 1000 x 1200mm, el europalet, de 800 x 1200mm y el medio europalet, o medio palet, de 600 x 800. (Soler, D. (2015))

En función de su diseño, los palets pueden tener dos o cuatro entradas (Figura 1), dependiendo de por qué lados pueden entrar las horquillas para su transporte. Además, pueden ser reversibles o no reversibles. A la hora de la finalidad del uso de los palets, es importante escoger el tipo correcto. Si las cargas se van a apilar, se deben escoger palets reversibles para no dañar la carga sobre la que se apoya el palet. Asimismo, dependiendo de las necesidades de carga o descarga, se deben tener en cuenta las salidas. (Iglesias, A. (2012) y Vallhonrat, J. M. et al (1991))

Una variante del palet es la plataforma, más pequeña que este y que no permite el apilamiento. Esta unidad de carga es escasamente usada por las empresas.



FIGURA 1. PALET DE CUATRO ENTRADAS. (PALET AMERICANO: CARACTERÍSTICAS, PESO Y MEDIDAS, 2021)

2.1.1.2. CESTONES

Se utilizan para el movimiento interno de materiales de menor tamaño. Los más comunes son de metálicos y de plástico.

Los cestones metálicos (Figura 2) suelen tener el mismo tamaño que los palets y son apilables, por lo que es importante la altura de estos para que la carga no se dañe al apilarlos.



FIGURA 2. CESTÓN METÁLICO. (REDIRECT NOTICE, S. F.)

Los cestones de plástico, también llamadas bandejas o canastas, tienen tamaños que son submúltiplos de las unidades de carga, lo que permite su transporte optimizando al máximo el espacio del palet. A diferencia de los metálicos, existen tres tipos distintos de cestones de plástico en función de su forma de pilarse.

El primer tipo, apilable, es muy útil a la hora de apilar los cestones cargados, puesto que su forma está diseñada para que la base de uno encaje en la apertura de otro, de forma que mantienen la carga segura y sin dañarla.

Los cestones anidables ocupan mucho menos espacio que los apilables, sin embargo, al apilarse cargados pueden dañar la carga al apoyarse directamente sobre esta y son mucho más inestables.

Por último, los cestones de tipo apilable-anidable, es una combinación de los dos tipos anteriores, pudiendo ser apilables o anidables en función de la dirección en la que se oriente. (Vallhonrat, J. M. et al (1991))

En la Figura 3 se muestran los cestones apilables-anidables, en esta, se puede apreciar como quedan apilados (los dos superiores) y anidados (los dos inferiores). En la segunda



Figura 4 se muestran cestones apilables-anidables, donde se puede apreciar y comprender fácilmente el funcionamiento de estos.

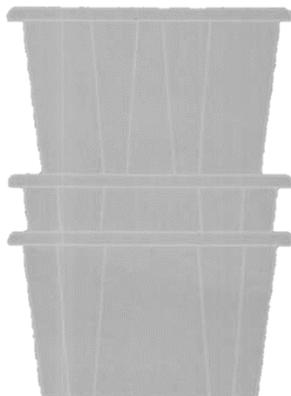


FIGURA 3. CESTÓN DE PLÁSTICO APILABLE-ANIDABLE. (VALLHONRAT, J. M. ET ALL (1991))



FIGURA 4. EJEMPLO REAL DE CESTÓN APILABLE-ANIDABLE. (NARVÁEZ, 2018)

2.1.1.3. CONTENEDORES

El contenedor (Figura 5) es una unidad de carga intermodal, utilizado para el transporte de mercancías a largas distancias. Permiten acumular cargas paletizadas en su interior y está diseñado para su uso en diferentes modos de transporte.

Debido a su constitución, los contenedores protegen a las cargas de posibles robos, además de maximizar el uso del espacio y reducir los costes, tanto de transporte como de almacenamiento.

En función de distintos aspectos, como el tipo de transporte, la carga transportada o su finalidad de uso, los contenedores varían en cuanto a forma, el material con el que están fabricados o el sistema que los asegura al transporte, de forma que estos se adaptan a las necesidades en cada caso.

Algunos ejemplos de contenedores son: el contenedor cisterna, de costado abierto, europalet, frigorífico, granelero o plegable, entre otros. (Iglesias, A. (2012) y Soler, D. (2015))



FIGURA 5. EJEMPLO DE CONTENEDOR. (VALLESANA, 2021)

2.1.2. VEHÍCULOS DE TRANSPORTE MANUAL

Los vehículos de transporte manual se dividen en dos tipos, de transporte de material suelto, o de unidades de carga.

Las transpaletas manuales (Figura 6) son una evolución de las carretillas manuales, de poco uso actualmente, disponen de un sistema hidráulico de elevación que permite cargar los palets sin que los operarios los carguen manualmente.

Están compuestas por dos componentes principales, las horquillas, diseñadas para encajar en los palets y elevarlos con seguridad, y el manillar, con un mecanismo tanto para la dirección como para elevar las cargas.

Estos dispositivos no solo permiten el transporte de la carga, sino que pueden elevarla varios metros para su apilamiento. En función de su tamaño, pueden cargar hasta 2000 Kg y pueden trasladar cargas hasta 25 metros, si se necesita transportar una carga más pesada o a más distancia, se debe utilizar un vehículo motorizado. (Iglesias, A. (2012) y Vallhonrat, J. M. et all (1991))



FIGURA 6. TRANSPALETA MANUAL. (TRANSPALETA MANUAL 2500 KG CON RUEDAS DE POLIURETANO, S. F.)

2.1.3. VEHÍCULOS DE TRANSPORTE MOTORIZADOS

Estos vehículos se utilizan para transportar cargas más pesadas a más distancia, aunque esta sigue sin ser muy grande, permitiendo trasladarse hasta 100 metros.



2.1.3.1. TRANSPALETAS ELÉCTRICAS

Las transpaletas eléctricas (Figura 7) derivan de las manuales, a las que se les ha incorporado un motor eléctrico para propulsarla. Inicialmente se diseñaron para que el conductor fuera a pie, pero, puesto que en la práctica estos se montaban, se diseñó una plataforma para que los operarios pudieran montarse. Es importante la colocación tanto de la carga como de los operarios puesto que estos vehículos son susceptibles a volcar.

El elemento principal son las horquillas, diseñadas para el transporte de palets y con una longitud menor a estos para aprovechar el espacio de almacenaje al máximo al permitir pegarlas a la pared.

Al igual que en las transpaletas manuales, el sistema de elevación utilizado es hidráulico. Y para su desplazamiento se utiliza un motor eléctrico que se acciona desde el timón y que dispone de un sistema de seguridad para que el vehículo se detenga en el momento en el que el operario suelte el mando (Iglesias, A. (2012) y Vallhonrat, J. M. et al (1991)).



FIGURA 7. TRANSPALETA ELÉCTRICA. (TRANSPALETA DE TRASLACIÓN ELÉCTRICA Y ELEVACIÓN MANUAL PARA 1500KG, 2023)

2.1.3.2. APILADORAS ELÉCTRICAS

Las apiladoras son vehículos de transporte, similares a las transpaletas, cuya finalidad es subir y bajar el material, además de trasladarlo.

A pesar de las similitudes entre las apiladoras y las transpaletas, es importante destacar que se tratan de vehículos distintos con características principales que las diferencian. Una de las dos características que más los diferencian, es la velocidad, siendo la transpaleta la que mayor velocidad puede alcanzar, dado que está diseñada para recorrer distancias más largas. La segunda, y más importante, es la altura que alcanzan las horquillas, puesto que las transpaletas trasladan las cargas a bajas alturas y las apiladoras pueden alcanzar hasta 12 metros, lo que permite situar las cargas en las estanterías o apilarlas unas encima de otras.

Existen diferentes tipos de apiladoras, manuales, semi-eléctricas y eléctricas, teniendo las últimas una mayor capacidad de carga. Dentro de este último tipo, y en función de la forma de trabajo del operario, existen los apiladores con plataforma, en las que el operario es el encargado de moverlo manualmente, apiladores de conductor de pie, que tienen una plataforma que permite al trabajador subirse al apilador y los de conductor sentado, que tienen incorporado un asiento para el trabajador. Estos últimos, en los que el operador va



sentado (Figura 8) o en la plataforma (Figura 9), son los más utilizados. (Curso de Carretillero, 2024)



FIGURA 8. APILADOR DE CONDUCTOR DE PIE. (CURSO DE CARRETILLERO, 2024)



FIGURA 9. APILADOR DE CONDUCTOR SENTADO. (CURSO DE CARRETILLERO, 2024)

2.1.3.3. CARRETILLAS ELEVADORAS O CONTRAPESADAS

Las carretillas elevadoras, también llamadas contrapesadas (Figura 10), son vehículos, con motores tanto eléctricos como térmicos diseñados para elevar y transportar cargas paletizadas. Al contrario que las transpaletas, tienen un espacio reservado para los operarios con asiento y pedales, no solo una plataforma para ir de pie.

Como su propio nombre indica, estos vehículos constan de una carga para hacer contrapeso y hacer al vehículo más estable, solucionando el problema de las transpaletas, estos pesos van acorde a la capacidad de carga, puesto que el chasis es el mismo para todos los modelos de carretillas.

Estos vehículos, al igual que las transpaletas y transplataformas, están diseñados para el transporte y elevación de cargas, aumentando sus capacidades, permitiendo elevar más peso y a más altura. (Iglesias, A. (2012) y Vallhonrat, J. M. et all (1991))



FIGURA 10. CARRETILLA CONTRAPESADA. (MECALUX, S. F.)

2.1.3.4. AGV

Los AGV (Vehículos de Guiado Automático) (Figura 11) son vehículos inteligentes utilizados en el transporte interno de cargas en almacenes. Pueden desplazarse por la fábrica o almacén sin la necesidad de que haya un operario a los mandos gracias a un programa que les guía por esta.

Hay tres sistemas para guiar estos dispositivos:

- Guiado mediante un cable conductor instalado en el suelo trazando el camino a seguir.
- Guiado mediante un ordenador y un identificador de posición que guía al vehículo a través de un mapa con la trayectoria que debe seguir y que ha sido instalada en su memoria.
- Guiado mediante sensores que detectan unas marcas en el suelo que señalizan el camino a seguir.

(Iglesias, A. (2012) y Escudero Serrano, M. J. (2019))



FIGURA 11. AGV. (ARILLA, 2023)

2.1.4. DISPOSITIVOS DE TRANSPORTE CONTINUO

Son dispositivos que transportan el material de forma continua.

2.1.4.1. CINTAS TRANSPORTADORAS

Las cintas transportadoras (Figura 12) se componen de una banda circular, las más comunes suelen estar compuestas de tela y goma a capas, tablas de madera, o mallas metálicas, esta banda se sitúa sobre unos rodillos accionados por un motor, de forma que,



al rotar, mueven la cinta transportadoras de forma que esta desplaza los materiales al colocarlos encima de esta. (Vallhonrat, J. M. et all (1991))

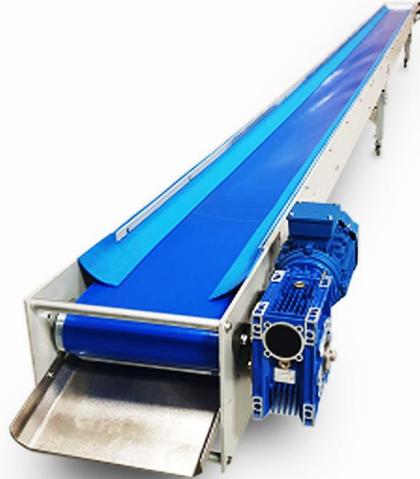


FIGURA 12. CINTA TRANSPORTADORA. (MAROBERA, 2023)

2.1.4.2. CAMINO DE RODILLOS

Los caminos de rodillos tienen la misma utilidad que las cintas transportadoras. De estos pueden existir dos tipos.

El primero (Figura 13), una variante de la cinta transportadora en la que se ha sustituido la cinta por una serie de rodillos, que pueden ser tanto de metal como de plástico. Estos caminos de rodillos suelen estar motorizados, al igual que las cintas transportadoras, y están diseñados para transportar el material en distancias largas, además de permitir cargar más peso.



FIGURA 13. CAMINO DE RODILLOS. (MAKINA-ONLINE, S. F.)

El segundo, llamado camino de rodillos por gravedad (Figura 14), transporta el material entre distintos niveles gracias a su inclinación. Estos rodillos suelen ser más pequeños y de plástico, diseñados para almacenar componentes ligeros, situados en estructuras similares a estanterías, de forma que permiten gestionar las existencias de materiales mediante el sistema FIFO, colocando en la parte alta del camino el material nuevo, tal que,



a medida que se va consumiendo, se va deslizando a la parte baja, que es de la que se extrae el material. (Scaglia INDEVA, 2024)



FIGURA 14. CAMINO DE RODILLOS POR GRAVEDAD. (SCAGLIA INDEVA, 2024)

2.1.4.3. MESA DE BOLAS TRANSPORTADORAS

Otra herramienta frecuentemente utilizada en el transporte de materiales a cortas distancias son las mesas de bolas transportadoras (Figura 15), estas se tratan de estructuras en las que se han instalado una serie de bolas transportadoras, normalmente metálicas, que permiten el transporte de materiales en cualquier dirección. En ocasiones, estas se combinan con los caminos de rodillos en un mismo trayecto.



FIGURA 15. MESA DE BOLAS TRANSPORTADORAS. (KT15 SERIES - MESA DE BOLAS BY BS ROLLEN GMBH | DIRECTINDUSTRY, S. F.)

2.1.5. PUENTES GRÚA

Los puentes grúa (Figura 16) son máquinas destinadas a mover y elevar cargas pesadas. Esta se instala en una zona determinada del taller, dada su forma de instalación, estas quedan suspendidas, por lo que no interfieren en las zonas de paso o de trabajo.

Estas máquinas son más flexibles que las cintas transportadoras, pero menos que las carretillas o transpaletas, que pueden desplazarse a lo largo de todo el almacén. (Vallhonrat, J. M. et all (1991))



FIGURA 16. PUENTE GRÚA. (GRUA, 2021)

2.2. LEAN MANUFACTURING

El Lean Manufacturing busca la mejora del sistema de fabricación a través de la eliminación de los desperdicios, siendo los desperdicios aquellas partes del sistema productivo que no aportan valor al producto final, pero si un coste por el que los clientes no están dispuestos a pagar. Se trata de un conjunto de herramientas que surgieron en Japón.

2.2.1. ANTECEDENTES

En la primera mitad del siglo XX se produjo la crisis del modelo de producción en masa, que dejó de ser viable dado que este se basaba en economías de escala rígidas que chocaban con la idea de la flexibilidad que se impone en la actualidad. (Carreras, M. R. (2010))

En ese momento, y debido a la necesidad de mejorar la economía tras la Segunda Guerra Mundial, surgió el Sistema de Producción Toyota con Sakichi Toyoda en Japón. El invento más destacado de Toyoda recibió el nombre de *Jidoka*, que significa “automatización de los defectos” o “automatización con enfoque humano”, se trataba de un dispositivo que detenía el telar cuando un hilo se rompía y avisaba al trabajador mediante un señal visual. (Fujimoto, T. (1999))

Otro de los principales creadores del Lean Manufacturing, fue Shiego Shingo, ingeniero industrial, que entendió las diferencias entre procesos y operaciones, además, logró optimizar los procesos al entenderlos como un flujo continuo capaz de satisfacer las necesidades de los clientes sin la generación de inventarios innecesarios.

Cabe destacar que también modificó los mecanismos, anteriormente conocidos como *baka-yoke*, que significaba “a prueba de tontos”, a *poka yoke*, “a prueba de errores”, puesto que afirmaba que el termino anterior ofendía a las personas.

En occidente, al Lean Manufacturing, o Sistema de producción Toyota, se le llama JIT (Just In Time), que consiste en un proceso continuo y sistemático cuyo objetivo es la identificación y eliminación de desperdicios, es decir, actividades que no agregan valor al producto final, pero si coste y trabajo. Busca oportunidades de mejora en la empresa, puesto que siempre se pueden eliminar desperdicios.

El objetivo del Lean Manufacturing es satisfacer las necesidades del cliente utilizando los recursos de manera eficiente. Para lograr este objetivo, se necesita una estrategia a medio o largo plazo. Se busca la calidad en el origen, evitando la generación de defecto desde la primera vez que se fabrica el producto. Otra parte fundamental del Lean Manufacturing es



el mantenimiento de las máquinas para maximizar su eficiencia. Esto se complementa con un control visual, que avisa mediante ayudas visuales, como luces o avisos, de anomalías detectadas. (Socconini, L. (2019))

2.2.2. LA CASA TOYOTA

Para la implementación del Lean Manufacturing se creó la Casa Toyota (Figura 17), o Casa Lean, que muestra gráficamente las herramientas utilizadas en el método Lean. En esta, el tejado representa los objetivos perseguidos por la metodología Lean, es decir, la excelencia operativa, los pilares representan las claves para su funcionamiento y, por último, la base, que engloba conceptos como la mejora continua, la estandarización o la nivelación.

En este trabajo, se tratarán las herramientas aplicables para la manutención de la escuela Lean, que corresponden a los pilares y las herramientas situadas en la base.

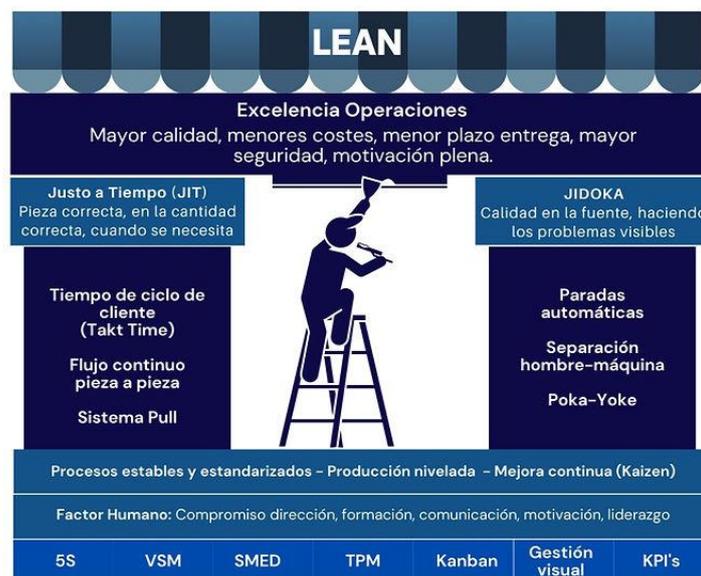


FIGURA 17. CASA TOYOTA. (INSTITUTO AGILE)

2.2.3. HERRAMIENTAS LEAN

2.2.3.1. JUST IN TIME (JIT)

Desarrollado por Taiichi Ohno con la finalidad de reducir costes mediante la eliminación de desechos. Empleó conceptos creados por Henry Ford y Walter Shewhart creando una filosofía de excelencia en la fabricación que fue adoptada por gran parte de las industrias japonesas.

El objetivo de JIT es fabricar la cantidad de productos que solicita el cliente, cuando lo solicita y la cantidad que solicita. Para ello es necesario tener en cuenta el tiempo de flujo, que es el tiempo de producción, es decir, el tiempo que transcurre desde que se produce una orden de producción hasta que el producto está terminado. En función del tiempo de flujo y el plazo de entrega hay dos estrategias de producción:

Contra pedido: cuando el tiempo de flujo es menor que el plazo de espera del cliente, en este caso, el cliente está dispuesto a esperar el tiempo de producción hasta recibir el producto terminado, por lo que se lanza la orden de producción cuando se produce el pedido. A esto se le conoce como Just InTime.



Contra stock: el tiempo de flujo es mayor que el plazo de espera, en consecuencia, la empresa debe tener el producto en curso o semiterminado en stock a la hora en la que se produce el pedido. Este es un aspecto importante para la empresa dado que esta debe prever la demanda para ajustarse lo máximo posible a las necesidades de los clientes.

Es con el fin de solventar este inconveniente que surgió el Lean Manufacturing que, como ya se ha mencionado anteriormente, busca eliminar los desperdicios. Este concepto aplicado a la producción contra stock consiste en la eliminación del tiempo desperdiciado a lo largo del proceso de producción con el objetivo de reducir el tiempo de flujo a un valor inferior al tiempo de espera, y permitiendo de esta manera la producción JIT.

Tras la segunda guerra mundial, hasta la década de los 60, Japón presentó un gran crecimiento económico, que permitió a las empresas japonesas continuar con la producción al estilo americano. No fue hasta la década de los 70, durante la crisis del petróleo, que la empresa Toyota Motors destacó al mantener sus ingresos mientras que otras empresas japonesas llegaron a alcanzar un estado de crecimiento cero.

Durante esta primera etapa de crecimiento, se comprobó el principio de Maxcy-Silverston, que afirma que el coste de un producto disminuye al aumentar las unidades fabricadas, sin embargo, durante la crisis, quedó comprobado que ese sistema no era funcional, puesto que se generaban muchos excedentes y no se ajusta a las necesidades.

América también ha aportado excelentes técnicas de gestión, como el control de calidad y el control de calidad total, que Japón importó y puso en práctica.

El JIT es uno de los pilares que sustenta el sistema de producción Toyota. Hace referencia a un proceso continuo en el que las piezas necesarias se incorporan al proceso en el instante en el que se necesitan y en la cantidad que se necesitan. Esta técnica permite acercarse al stock cero.

Conseguir esto es extremadamente difícil, puesto que gran parte de los productos está compuesto de numerosas piezas y un problema con la previsión, un error, un producto defectuoso... puede dar lugar a un producto defectuoso, lo que obliga a detener la cadena de producción y ocasionará desperdicios. Ohno, T. (1991b)

2.2.3.2. JIDOKA Y POKA YOKE

Son dos términos japoneses que, por lo general, se implementan conjuntamente en el Lean manufacturing en la búsqueda de la calidad total.

Como se ha mencionado anteriormente, el término Jidoka significa “automatización con enfoque humano”. Esto consiste en el funcionamiento automático de las máquinas durante el funcionamiento normal de la línea, siendo la función de los operarios la supervisión de estas, permitiendo que un solo trabajador pueda atender varias máquinas a la vez. Cuando el operario detecta un defecto o problema, este acciona un botón que para la producción y enciende una luz que avisa al resto de trabajadores.

Esto se traduce en que todos los operarios de la línea son inspectores, de esta manera, se pasa de la calidad como inspección a la calidad en el proceso.

Este sistema permite solucionar la causa de los problemas al momento y elimina la aparición de estos de nuevo. De este modo, no solo se minimizan los productos defectuosos, sino que también se evita que estos pasen a otras etapas más avanzadas.



A lo largo de la historia de la calidad, se han distinguido tres tipos:

- La calidad como inspección, en la que se inspeccionan los productos ya terminados.
- La calidad en el proceso, centrada en mantener la calidad a lo largo de todo el proceso involucrando a los operarios de la línea.
- La calidad total, este tipo engloba los dos anteriores y busca lograr la calidad en todas las actividades de la empresa. Este tipo se conoce como *Lean manufacturing*.

Para lograr la calidad total se necesita llevar a cabo unas inspecciones y supervisiones constantes, buscando la mejora continua y, en consecuencia, aumentando la calidad. Obtenerla conlleva, no solo fabricar productos sin errores, sino hacerlo a la primera, esto aplicado a toda la empresa y teniendo como objetivo la satisfacción total del cliente. Carreras, M. R. (2010).

Poka yoke significa “a prueba de tontos”. Son dispositivos cuyo objetivo principal es evitar errores.

Estos se pueden evitar mediante la prevención, incorporando piezas adicionales al producto o modificando estos para que se impida su uso incorrecto o mediante la detección del error mientras este se está produciendo y avisar al usuario. (Chavez, I. A.)

2.2.3.3. 5S

Son 5 principios japoneses cuyas palabras en japonés comienzan por S. Está enfocado al trabajo en talleres y oficinas y su objetivo es el desarrollo de actividades de orden, limpieza y detección de anomalías.

Estos conceptos se desarrollan por fases, siendo las tres primeras, organización, orden y limpieza, operativas. La cuarta se lleva a cabo a través del control visual y la última permite adquirir los hábitos adquiridos y aplicar la mejora continua en el trabajo diario.

Los 5 nombres son:

- Seiri
- Seiton
- Seiso
- Seiketsu
- Shitsuke

SEIRI

Seiri, significa organizar o seleccionar. Es la etapa de limpieza inicial, en esta, se separa lo que es útil de lo que no, para, posteriormente clasificar lo necesario y eliminar lo inútil. En esta fase se busca limpiar los puestos de trabajo y prevenir la generación de desperdicios mediante la eliminación de lo inútil.

Para la correcta eliminación de los elementos inútiles, hay que definir a qué se le considera un objeto inútil, y es que son aquellos que no aportan valor o que, una vez que ya se han utilizado, estos ya no son necesarios y solo ocupan espacio.



Antes de eliminar cualquier elemento, se debe consultar a los operarios, puesto que, al ser los principales usuarios de estas, saben distinguir perfectamente cuales son las útiles y cuales no.

Hay una serie de aspectos a tener en cuenta para realizar esta selección:

- Se deben identificar correctamente los objetos que son realmente necesarios y establecer un número máximo de objetos a tener en el puesto de trabajo.
- Eliminar los objetos que no se utilicen y, una vez que solo tengamos los útiles, estos se deben separar y organizar según su naturaleza y utilidad.
- Además de los objetos inútiles, también se deben eliminar aquellos objetos que puedan afectar al correcto funcionamiento de la maquinaria y la información que pueda generar confusiones.

Tras haber identificado los objetos y haberlos clasificado como útiles e inútiles, estos, deben controlarse mediante etiquetas.

SEITON

Significa “orden”, una vez que se ha eliminado lo que se había clasificado como inútil en la etapa anterior, se necesita ordenar los objetos necesarios en función de su importancia.

A la hora de organizar el puesto de trabajo, se debe tener en cuenta la distribución del puesto de trabajo para, de esta forma, organizar el puesto de trabajo de forma que cada herramienta este colocada en un lugar estratégico.

A la hora de implementar esta S, es importante tener en cuenta:

- Establecer una filosofía para cada cosa
- Asignar nombre y espacio mediante códigos
- Delimitar de forma clara el espacio asignado para cada puesto

Una vez terminados los pasos, y con el objetivo de mantener el orden en las herramientas estas deben estar claramente identificadas mediante etiquetas o códigos que indiquen el lugar al que estos pertenecen.

SEISO

Significa “limpiar”. Se trata de limpiar el puesto de trabajo e identificar los focos de suciedad para eliminarlos y, a partir de ese momento, mantener limpio el puesto de trabajo.

Su objetivo se relaciona con el buen funcionamiento de los equipos, busca identificar de manera precisa los focos de suciedad para eliminarlos y que esta no se acumule en el puesto de trabajo. La principal ventaja de esta S es el aumento de la vida útil de la maquinaria al evitar que el polvo o las virutas generadas en la maquina se acumulen dentro de ella.

Para mantener limpio el espacio de trabajo, se incluye esta actividad como parte de la inspección:

- Todo el puesto de trabajo debe estar limpio y ordenado, incluyendo las herramientas, maquinaria y el área de trabajo
- Los operarios deben dejar el puesto de trabajo limpio y ordenado



- Facilitar la labor de limpieza de los encargados mediante horarios.

SEIKETSU

“Mantener la limpieza” o estandarización. Se trata de establecer estándares de limpieza, aplicarles y mantener el nivel alcanzado.

En esta etapa se estandariza la forma de organizar/ limpiar/ ordenar, marcando claramente el lugar de cada cosa para facilitar las labores de limpieza diarias y evitar volver al estado inicial. Para esto último, es importante:

- Controlar que las tres S anteriores se hayan aplicado y seguido de forma correcta
- Desarrollar planes de limpieza
- Establecer y seguir los estándares de limpieza impuestos en cada puesto de trabajo
- Establecer métodos de organización y limpieza para los puestos de trabajo

SHITSUKE

“Rigor en la aplicación de consignas y tareas” o disciplina y hábito. Se trata de mantener un control y mejorar los estándares de las actividades para aumentar la fiabilidad de los medios, es decir, ser rigurosos y responsables a la hora de mantener los niveles de limpieza establecidos. Para ello:

- Se deben realizar inspecciones de los puestos de trabajo
- Verificar que se realizan las operaciones de forma correcta
- Verificar que las operaciones se realizan en el menor tiempo posible. Sacristán, F. R. (2005)

2.2.3.4. KANBAN

La palabra *Kanban* es un término japonés con el que Taiichi Ohno se refirió al sistema de visualización que utilizó Toyota en 1975 por primera vez para coordinar los procesos de la cadena de producción. Se basa en tres pilares: visualizar el flujo de trabajo, limitar el trabajo en curso y optimizar el flujo. El objetivo final de *Kanban* es la mejora continua y la limitación del WIP (Work In Process).

Se trata de un sistema de tarjetas, regularmente rectangulares y forradas en plástico destinadas al control de la producción. Machuca lo define como “un sistema de información completo, que controla de forma armónica la fabricación de los productos necesarios, en la cantidad y en el tiempo adecuados, en cada uno de los procesos que tienen lugar en el interior de la fábrica”. (Gaete, J. et al (2021) y Machuca, J. A. D. (1994))

Existen diferentes tipos de Kanban (Figura 18), los más relevantes son el Kanban de transporte y el Kanban de producción.

El **Kanban de transporte** son tarjetas que se desplazan entre dos puestos de trabajo y que trasladan información acerca de las cantidades de producto generadas en el centro de trabajo anterior. La información trasladada por estas tarjetas es:

- Identificación del ítem transportado
- Capacidad del contenedor
- Número de orden y número de tarjetas emitidas
- Origen de la pieza



- Destino

Los **Kanban de producción** se mueven dentro del puesto de trabajo y desempeñan la labor de las ordenes de fabricación.

Estas tarjetas transportan información distinta a las de transporte:

- Identificación del ítem a fabricar
- Identificación del centro de trabajo en el que se va a fabricar el ítem
- Capacidad del contenedor
- Identificación de los componentes necesarios

CODIGO ITEM: 7700730779		
DESCRIPCION: ARBOL PRIMARIO		
CAPACIDAD CONTENEDOR: 160	NUMERO DE ORDEN: 4	TARJETAS EMITIDAS: 5
ORIGEN:	DESTINO:	
CENTRO DE TRABAJO: TRATAMIENTOS TERMICOS	CENTRO DE TRABAJO: RECTIFICADO	
PUNTO DE RECOGIDA: 581	PUNTO DE DEPOSITO: 238	
KANBAN DE TRANSPORTE		

CODIGO ITEM: 7700730779	
DESCRIPCION: ARBOL PRIMARIO	
CENTRO DE TRABAJO: TRATAMIENTOS TERMICOS	
PUNTO DE DEPOSITO: 581	CAPACIDAD CONTENEDOR: 160
COMPONENTES:	
CODIGO ITEM: 770073771	PUNTO DE RECOGIDA: 141
CODIGO ITEM: 770073769	PUNTO DE RECOGIDA: 142
KANBAN DE PRODUCCION	

FIGURA 18. KANBAN DE TRANSPORTE Y DE PRODUCCIÓN. (BERMEJO, M. (2011))

Aparte de los dos ya mencionados, en un sistema real en producción se utilizan más tipos de Kanban:

Kanban triangular: se trata de una tarjeta metálica con forma triangular que sirve de señal, indicando cuando puede comenzar el proceso de producción en función de la cantidad que haya utilizado el proceso anterior.

Kanban de proveedores: el sistema JIT implica que el inicio de un proceso productivo es el proveedor, por lo que existen Kanban que se utilizan para el control de pedidos externos/ a estos (los proveedores). Estas funcionan como un Kanban de transporte que incluye información necesaria para las entregas de materiales.

Antes de poner en práctica el sistema Kanban, hay que realizar una serie de cambios:

- Se debe diseñar el diagrama de flujo de forma que cada elemento provenga de un solo lugar y su trayecto quede definido.



- Se suprimen los almacenes, por lo que cada centro de trabajo debe tener una zona dedicada a almacenar los inputs y outputs.
- Los puestos que tengan inputs de más de un centro de trabajo deben tener un lugar específico para cada componente.
- En las zonas de almacenaje se deberán instalar buzones para la recogida de las tarjetas.

El sistema Kanban funciona de tal manera que la información solo está disponible para quien la necesita. El funcionamiento del sistema Kanban es simple y puede resumirse en 4 reglas (Machuca, J. A. D. (1994)):

- Regla 1: un proceso recogerá del anterior el ítem necesario en la cantidad necesaria.
- Regla 2: un proceso deberá fabricar las cantidades indicadas por el Kanban.
- Regla 3: un producto defectuoso no debe pasar al siguiente proceso.
- Regla 4: el número de Kanban debe ser el mínimo posible. Este número viene dado por la formula:

$$\text{Inventario máximo} = \text{Capacidad del contenedor} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ de kanban en circulación}$$

El Kanban se utiliza en la gestión del WIP, asegurando una gestión continua sin sobrecargas. Es un sistema Just In Time, por lo que evita la generación de stocks innecesarios y las sobrecargas en los equipos.

El objetivo del Kanban es limitar el trabajo en curso (WIP), dado que se ha demostrado que está relacionada la cantidad de trabajo en curso con la calidad, de forma que al disminuir el WIP, la calidad aumenta. Esto, se debe a que el hecho de disminuir la cantidad de trabajo permite una mayor concentración en cada una de las tareas y disminuye el tiempo dedicado a estas.

Pasos para su implementación

Para implementar el sistema Kanban, se siguen una serie de pasos de acuerdo a sus pilares: la visualización del trabajo, la limitación del WIP y la optimización del flujo.

Para empezar, se debe hacer una representación visual del flujo de trabajo mediante paneles que refleje de forma fiel la realidad. El objetivo es representar todas las actividades por las que pasa el producto antes de abandonar el sistema.

Esta representación debe representar todas las tareas, tanto las que están en curso como las terminadas, además de las fases por las que van pasando y los operarios responsables en cada una. Esta representación ayuda a identificar los cuellos de botella.

Una vez que tenemos la representación, el siguiente paso es la reducción del WIP, esto se puede dar tanto en la fase de desarrollo como en la fase de análisis.

La limitación del WIP en la fase de desarrollo se basa en establecer un número máximo de tareas programadas, de forma que el número total de actividades en el flujo, tanto las terminadas como las en curso, no superen el número máximo establecido.

$$\text{Límite WIP} \leq n^{\circ} \text{ de actividades en curso} + n^{\circ} \text{ de actividades terminadas}$$

Esta limitación funciona de forma que el trabajo en curso total no supere el limitado, y solo se añade una nueva una vez que haya salido otra del flujo.



La limitación en la fase de análisis supone hacerlo en la parte más temprana, en la fase que manda/ ordena las actividades que entran al flujo. Esta limitación supondrá un número más pequeño y solo permitirá una nueva orden una vez que haya quedado espacio en el Kanban.

De esta forma, en vez de mandar todas las actividades, se seleccionarán solo las más importantes, consiguiendo con esto, aumentar la calidad.

El último paso en la implementación del Kanban es la optimización del flujo, esto se puede lograr a través de la optimización del equipo o mediante la división de fases.

La optimización del equipo es la mejor solución al problema de los cuellos de botella, gracias a la utilización de los trabajadores T, término que se utiliza para denominar a los trabajadores con dos características fundamentales representadas por la letra T. La parte vertical hace referencia a una habilidad concreta, es decir, aquello en lo que el trabajador es experto, mientras que la parte horizontal se refiere a la disposición de ese trabajador a colaborar en otras disciplinas.

En esta última etapa, se da por hecho que no hay cuellos de botella, por lo que la siguiente mejora a implementar es la división de actividades. Esto consiste en la división de una actividad, obteniendo dos y haciendo uso de los trabajadores T, que pueden desarrollar las nuevas actividades, de esta forma, se consigue una mayor disminución del WIP. (Bermejo, M. (2011))

2.2.3.5. SMED

La técnica SMED fue creada por Shigeo Shingo en los años 50 reduciendo notoriamente los tiempos de preparación de las máquinas en los cambios de productos. Su origen se debe a la necesidad de alcanzar el Just In Time, que, en su búsqueda de la eliminación de desperdicios logró reducción de los stocks y costes, así como entregas más rápidas a los clientes.

La palabra SMED son las siglas de Single Minute Exchange of Die, es decir, reducir el tiempo de cambios de herramientas o preparación de máquinas a un solo dígito, con esto se consiguen procesos más flexibles y se aumenta la productividad. (Ignoto, M. T. S. A. et al (2018))

La filosofía del Just In Time persigue la eliminación de despilfarros, lo que incluye cualquier actividad que no sea necesaria y que afecte al plazo de fabricación. El plazo de fabricación se puede descomponer en: tiempos de espera entre procesos, tiempo de transporte y tiempo de fabricación.

La solución para la disminución de cualquiera de los tres tiempos incluye la reducción del tamaño de los lotes. Esto nos lleva a la razón principal por la que se empezó a fabricar en lotes grandes, y es que los tiempos de preparación de máquinas entre un lote y otro eran excesivamente altos, sin embargo, esta forma de producir solo disminuía los efectos, pero no eliminaba las causas.

Es de esta forma que surge el SMED, un conjunto de técnicas que buscan reducir los tiempos de preparación a un solo dígito, es decir, que este tiempo sea inferior a 10 minutos.

Los primeros pasos que se dieron en la creación de este sistema fueron en los años 50, por parte de Shigeo Shingo, su creador, aunque esta no se desarrolló completamente hasta los



años 70, cuando la empresa Toyota Motors la adoptó como uno de sus principales pilares para su sistema de producción, el Sistema de Producción Toyota.

Cabe destacar que, una vez que ya se ha implantado el sistema SMED, el próximo objetivo es eliminar la causa de esa necesidad, en palabras de Shingo 1990a, “*El modo más rápido de cambiar una herramienta es no cambiarla de ninguna forma*”. Esto se puede conseguir de dos maneras, mediante la estandarización, fabricando piezas que se puedan utilizar en varios productos o fabricando varias piezas simultáneamente, o mediante la utilización de una máquina diferente para la fabricación de cada pieza. (Machuca, J. A. D. (1994))

La aplicación de la técnica SMED supone un proceso de mejora continua que elimina despilfarros, como tiempos de traslado de productos y materias primas con la máquina parada, elementos que no están en condiciones de funcionamiento o la falta de herramientas cuando estas son necesarias. (Ignoto, M. T. S. A. et al (2018))

Implementación del SMED

La implementación del SMED se da en una serie de 4 etapas:

- **1ª etapa.** Distinguir las operaciones internas de las externas. Para ello, hay que definir qué es una operación interna y qué es una operación externa. Las operaciones internas son aquellas que se realizan con la máquina parada, mientras que las externas pueden realizarse con la máquina en funcionamiento. El problema de no saber diferenciar estas operaciones puede dar lugar a largos tiempos en los que la máquina está parada de forma innecesaria y que disminuye su productividad.
- **2ª etapa.** Separar las operaciones internas y externas. El objetivo de esta etapa es reducir los tiempos de preparación con la máquina parada, al pararla solo cuando se van a realizar las operaciones internas, y no con las externas.
- **3ª etapa.** Convertir las operaciones internas en externas. Esta etapa es fundamental para lograr el SMED, para ello, se intentan transformar todas las operaciones internas en actividades que se pueden ejecutar con la máquina en funcionamiento. (Machuca, J. A. D. (1994))
- **4ª etapa.** Esta última etapa busca perfeccionar todas las operaciones, tanto internas como externas. Esta es una tarea complicada debido al alto nivel de detalle e imaginación y la necesidad de innovación en el diseño, tanto de elementos de sujeción como de dispositivos. (Ignoto, M. T. S. A. et al (2018))

2.2.3.6. ESTANDARIZACIÓN

La estandarización es una herramienta Lean necesaria para la mejora continua. Esta consiste en la definición y normalización de una única manera, más eficaz, de realizar un trabajo o una operación, garantizando que esta se realice siempre de la misma manera, consiguiendo unos productos y una calidad homogéneos.

A la hora de realización de esta estandarización, se documentan los métodos que sigue el operario más experimentado y experto, que en un futuro se ampliarán con nuevos métodos mejorados, lo que convierte a esta herramienta en un ciclo repetitivo y sin fin.

Una vez que se tienen los métodos recopilados, estos deben plasmarse en un documento claro, sencillo y visual que facilite el proceso de aprendizaje en un futuro y evite la generación de errores y desperdicios.



La estandarización trae múltiples beneficios:

- Aumento de la productividad, al facilitar que todos los empleados de una empresa realicen las tareas de la forma más eficiente.
- Reduce el riesgo de errores y ayuda en la detección de problemas y desechos, consiguiendo un mayor grado de satisfacción en los clientes.
- Genera una mejora continua que afecta a la calidad.
- Facilita y acelera el proceso de aprendizaje mediante un sistema de gestión visual claro y sencillo de comprender por los trabajadores.

(Socconini, L. (2019))

2.2.3.7. HEIJUNKA

Heijunka es una palabra japonesa que significa “trabajo llano y nivelado”. Es una herramienta lean que busca adaptar la producción a la demanda mediante la producción de lotes pequeños en periodos de tiempo cortos. Los objetivos que persigue son:

- Satisfacción del cliente, el cliente recibe a medida que demanda, reduciendo los tiempos de espera.
- Reducción de stocks, la producción de lotes pequeños permite el envío frecuente de suministros en cantidades pequeñas.
- Aumenta la flexibilidad, dado que permite adaptarse a las variaciones de la demanda.

El concepto clave que aplica esta herramienta es el de flujo continuo y uniforme, para lograr esto se busca minimizar los tiempos de cambios y producir en pequeños lotes, acercándose lo máximo a una producción continua.

Esto permite adaptarse a la demanda fluctuante de los clientes gracias a su flexibilidad y les mantiene satisfechos en caso de avería, puesto que se produce la misma cantidad de todos los productos y, por lo tanto, se satisfacen de igual manera las necesidades de todos los clientes.

Para lograr un flujo continuo, se deben tener en cuenta tres flujos en distintos niveles:

- Flujo de información, es decir, normalizar el flujo de información con la ayuda de herramientas como el *Kanban* o la nivelación.
- Flujo de materiales, consiste en disminuir el tiempo de producción. Para ello, se utiliza un flujo *pull* para reducir el WIP y una organización multiproceso.
- Flujo de operarios. Se crean estaciones de trabajo con una gran flexibilidad y eficiencia, con operarios formados capaces de trabajar en líneas multiproceso y de realizar los cambios de línea correspondientes.

Implementación

Para la implementación de esta herramienta se deben identificar los aspectos que se pueden mejorar. El aspecto principal a mejorar es la eliminación de stocks, y todas las mejoras van enfocadas a este aspecto.

Para lograr este objetivo, se eliminan los puestos de trabajo aislados mediante la creación de células de trabajo, que son unidades que integran trabajadores y máquinas que realizan las operaciones de forma secuencial, permitiendo el paso de un producto de forma rápida y segura y sin la generación de stocks intermedios.



Para optimizar el proceso productivo, y en línea con la creación de las células de trabajo, es importante combinar operaciones relacionadas tanto para eliminar stocks como para reducir tiempos y desplazamientos innecesarios entra operaciones o células de trabajo.

Otro aspecto importante que contribuye a la eliminación de stocks es limitar la sobreproducción. Produciendo únicamente lo que el cliente demanda y lo necesario para las operaciones siguientes se consiguen eliminar, o reducir, tanto los stocks de producto terminado como los de productos intermedios. Carreras, M. R. (2010).

III. ESCUELA LEAN

La Universidad de Valladolid y el grupo Renault Consulting llevan colaborando a través de distintos programas formativos desde 2004, y, fue en enero de 2014 cuando Renault Consulting abrió en la Escuela de Ingenierías Industriales la primera Escuela Lean de España. A pesar de que, en 2020, Renault Consulting cesara su actividad en España, la Escuela Lean continúa funcionando hasta el día de hoy. (Europa Press, s. f.-b)

La Escuela Lean es un centro de aprendizaje en el que se enseñan los fundamentos del lean manufacturing a través de la metodología *learn by doing*, una técnica que busca la comprensión de la teoría por parte del alumno mediante la práctica. Para ello, la Escuela Lean se ha diseñado como un centro de simulación para la fabricación de dos productos, el solectrón y el coche L34N.

3.1. INSTALACIONES

Inicialmente, cuando se creó la Escuela Lean, esta estaba situada en la sede Francisco Mendizábal, antigua Escuela de Ingenierías Industriales, sin embargo, recientemente, en el 2023, se ha trasladado a la sede Paseo del Cauce, Escuela de Ingenierías Industriales actual, donde cuenta con un mayor espacio.

Situada en la primera planta, la escuela cuenta con una superficie de cerca de 450m² divididos en 3 despachos, una zona de formación, varias zonas de almacenaje y la zona de fábrica, en la que se realizan las prácticas de montaje de los productos.

En la Figura 19 se pueden ver las zonas recién mencionadas, la zona UET de la figura corresponde a la zona de formación y los despachos son los espacios D-1, D-2 y D-3. Las zonas sombreadas en azul son las dedicadas al almacenaje, tanto de elementos de mantenimiento como de piezas y productos terminados. Por último, el área restante es la zona de montaje, en la que se pueden ver los puestos con sus elementos de mantenimiento, que son en los que nos centraremos en este trabajo.

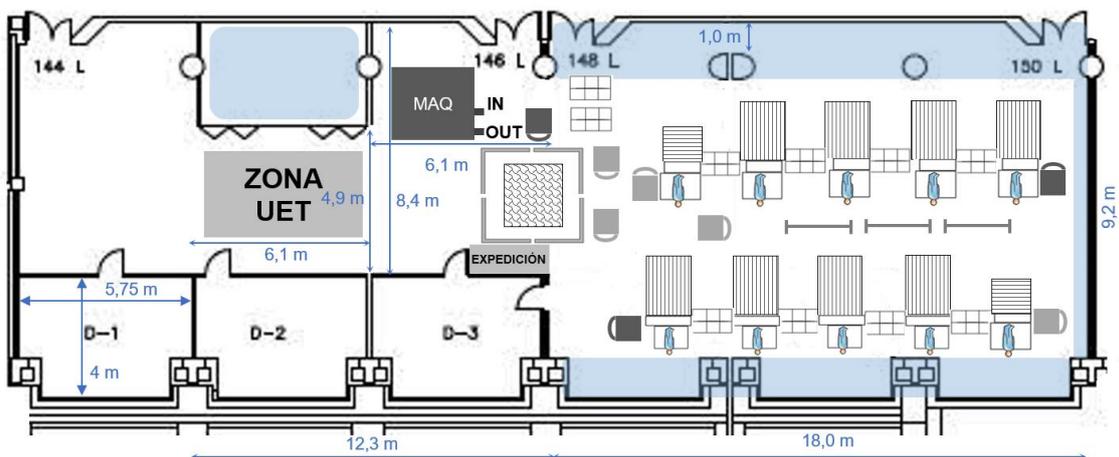


FIGURA 19. LAY-OUT DE LA ESCUELA LEAN. (ESCUELA LEAN, UVA)

Ambos productos fabricados en la escuela tienen diferentes variantes, por lo que los elementos de mantenimiento deben tener flexibilidad para poder montar ambos productos con todas sus variantes, es por ello, que también profundizaremos en las herramientas Lean que se utilizan tanto en la producción como en el diseño de los elementos de mantenimiento, como pueden ser las 5S, para mantener limpio el espacio de trabajo, SMED,



para realizar los cambios de herramientas necesarios para la fabricación de otro producto u otras herramientas de mejora continua.

3.2. SOLECTRÓN

El solectrón es un cilindro compuesto por la base y 4 piezas atornilladas. El solectrón tiene dos variantes en función de cómo se monte la base (Figura 20).



FIGURA 20. BASE DEL SOLECTRÓN. (SÁNCHEZ NAVA, F. J. (2020))

Sobre la base, se colocan las 4 piezas con forma de anilla en un orden concreto, estas piezas, a su vez, están formadas por otras 4 piezas encajadas a modo de puzle. Una vez montado, el solectrón queda como se muestra en la Figura 21.



FIGURA 21. SOLECTRÓN TERMINADO. (SÁNCHEZ NAVA, F. J. (2020))

3.3. COCHE L34N

El coche L34N fue el primer producto en utilizarse en la Escuela Lean, al igual que el solectrón, este tiene varios modelos: el monovolumen y el pick-up (Figura 22), que, a su vez, pueden tener variaciones en sus características, como el color, pudiendo ser azul o verde, o en sus ruedas, pudiendo ser normales o todoterreno.

La principal diferencia entre estos vehículos reside en el tamaño y el peso, asimismo, la principal característica que los diferencia es la carrocería, siendo el monovolumen completamente cerrado y el pick-up abierto en la zona trasera y cubierto en la cabina del conductor. (Sánchez Nava, F. J. (2020), (López Díez, P. (2022) y Castillo Álvarez, A. (2020))



FIGURA 22. MONOVOLUMEN Y TODOTERRENO. (SÁNCHEZ NAVA, F. J. (2020))

3.4. PROCESO DE FABRICACIÓN

Antes de entrar a hablar de las herramientas, explicaremos el trayecto que hacen los productos en la simulación desde su proceso de fabricación hasta su reciclaje y los puestos por los que pasan.

3.4.1. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL SOLECTRÓN

En el proceso de fabricación del solectrón, lo primero que se elabora es la base de aluminio. Esta llega al centro de mecanizado ya sea en bruto o proveniente del proceso de reciclaje.

Una vez que la base ya ha pasado por el puesto de mecanizado, pasa al centro de montaje, que, a su vez, consta de 5 puestos. Los cuatro primeros (Figura 23), encargados de montar las piezas con forma de anilla a la base, encargándose cada puesto del montaje de cada anilla, y el quinto puesto (Figura 24), encargado del control de calidad.



FIGURA 23. PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 24. PUESTO DE CONTROL DE CALIDAD. (ELABORACIÓN PROPIA)

Para el transporte se utilizan carritos (Figura 25). Estos van trasladando los productos y materiales a lo largo del trayecto, trasladando las bases hasta el puesto de montaje y, posteriormente, con los solectrones montados, estos se trasladan hasta el cliente, desde donde, se llevan hasta la línea de reciclado.



FIGURA 25. CARRITO. (ELABORACIÓN PROPIA)



Para el suministro de los puestos de montaje, se utilizan lavadoras (Figura 26), unos carritos con caminos de rodillos a distintas alturas en los que se colocan cestas con las piezas con forma de puzle organizadas según su orden de montaje.



FIGURA 26. LAVADORA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Para el proceso de reciclaje, se realiza el proceso de manera inversa, los solectrones montados llegan al centro de reciclaje, que tiene otros 5 puestos (Figura 27) similares a los de montaje, estos, de nuevo, siguen un orden inverso, el primer puesto realiza la inspección de calidad, asegurándose de que los solectrones están en buenas condiciones y luego, en los 4 puestos siguientes, se va desmontando cada capa.



FIGURA 27. PUESTO DE RECICLAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

A medida que se separan las piezas, estas se depositan en su cesta correspondiente y estas luego van a parar a la lavadora para su posterior uso en nuevos solectrones. Por último, las bases se vuelven a transportar al centro de mecanizado para su reciclaje, cerrando así el ciclo. (San José Cabezas, M. (2021), Sánchez Nava, F. J. (2020), Sanz Torrero, E. (2018) y López Díez, P. (2022))

3.4.2. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL COCHE L34N

Para la fabricación del coche L34N, se sigue un proceso productivo similar al del solectrón, sin reciclaje.

La línea de fabricación del coche consta de hasta 5 puestos, en los cuales se van montando diferentes piezas en función del modelo de coche que se esté fabricando. En general, y con ciertas particularidades para cada modelo, se empieza montando el suelo y las ruedas para luego ir subiendo, montando los asientos y las puertas, continuando con los parachoques, el maletero y el techo. Por último, se realiza el control de calidad y se pone la matrícula.

En los puestos, además de los puestos de montaje como los del solectrón con las partes de los coches, se utilizan mesas (Figura 28) en las que se ensamblan estas piezas, dado que para el montaje del coche se necesita más espacio. Además de la mesa y el puesto de montaje, se puede poner el puesto de reciclaje del solectrón girado cuando hay más piezas, de esta forma, el puesto queda de esta forma (Figura 29). (Sanz Torrero, E. (2018) y Castillo Álvarez, A. (2020))



FIGURA 28. MESA. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 29. PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Junto con los puestos de montaje, tanto en el solectrón como en el coche, también se utilizan otros elementos de manutención. Al inicio y al final de cada línea, se utilizan mesas cuadradas (Figura 30) en las que se colocan, bien las materias primas o bien los productos terminados.



FIGURA 30. MESA DE INICIO Y FINAL DE CADA LÍNEA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Para el transporte del WIP entre los puestos, se utilizan mesas de bolas (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



FIGURA 31. MESA DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

3.5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ESCUELA

Tras ver qué es la Escuela Lean y cómo funciona, junto con las herramientas Lean involucradas tanto en su funcionamiento como en el diseño de los elementos de mantenimiento, pasaremos a describir estos últimos.

3.5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS POR LA ESCUELA

Estas estructuras están fabricadas con elementos Leanform, un sistema diseñado para el Lean Manufacturing. La estructura se realiza con un tubo cilíndrico de 28mm de diámetro hecho a base de acero y una resina plástica que lo recubre, en la Figura 32 se muestra la sección del tubo y su apariencia exterior.

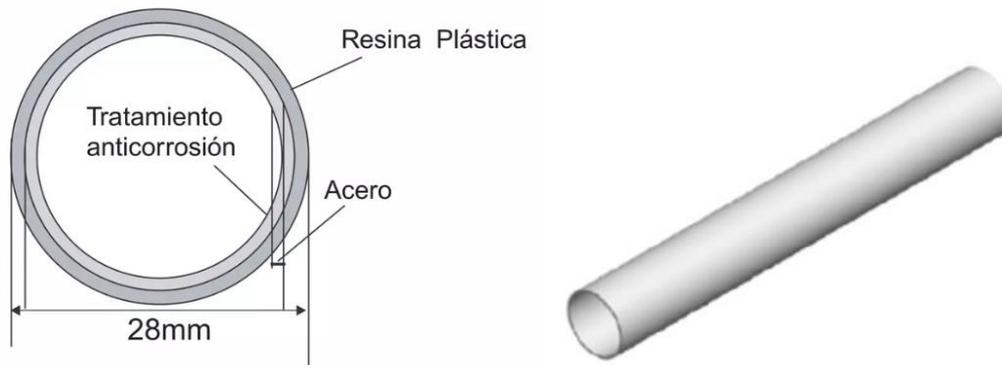


FIGURA 32. TUBO LEANFORM. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)

Para la unión de los tubos se utilizan elementos de unión metálicos que permiten unir los tubos en diferentes ángulos y formas. En las estructuras de la Escuela Lean se han utilizado principalmente estos 4 elementos de unión.

Dentro de estos 4, los 2 más utilizados son para hacer las esquinas y las uniones entre 2 tubos de manera perpendicular. Para las esquinas ha utilizado la unión para 3 tubos perpendiculares (Figura 33).



FIGURA 33. UNIÓN CU-2. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)

Para la unión de dos tubos de manera perpendicular se utiliza la unión U1 (Figura 34). Esta unión permite girar a uno de los tubos, por lo que se puede utilizar para hacer figuras, como alas, que pueden ocultarse fácilmente.

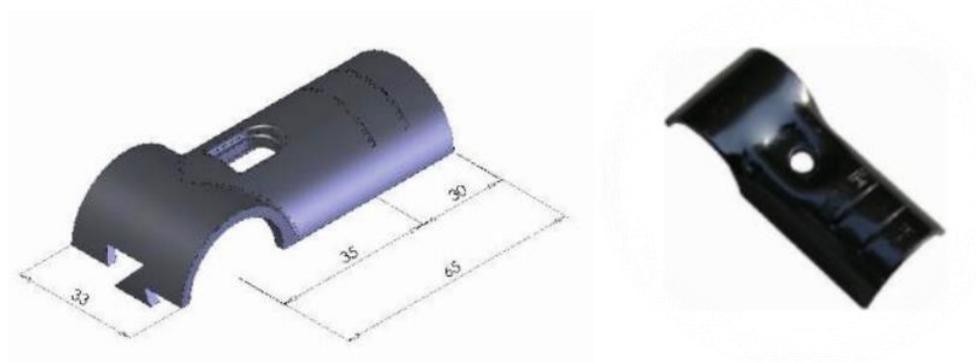


FIGURA 34. UNIÓN U1. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)



En los tubos utilizados para los refuerzos, que forman ángulos distintos de 90°, se usa el conjunto de unión CU-7 (Figura 35). Este es una articulación que permite la unión de dos tubos formando un gran número de ángulos.



FIGURA 35. CONJUNTO DE UNIÓN CU-7. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)

Al igual que la unión recién mencionada, se ha utilizado otro conjunto de unión que permite la unión de dos tubos en distintos ángulos a otro fijo (Figura 36). Este conjunto tiene el mismo funcionamiento que el CU-7.



FIGURA 36. CONJUNTO DE UNIÓN CU-12. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)

Todas las estructuras tienen ruedas giratorias de goma que permiten su transporte fácilmente, de las cuales, al menos 2 tienen freno. El tipo de rueda depende de la estructura que soporta, en las más ligeras se han utilizado ruedas con espárrago (Figura 37) y para las figuras más pesadas se utilizan las ruedas con soporte, que se pueden fijar a más de un tubo, haciendo la estructura más estable y fuerte (Figura 38).



FIGURA 37. RUEDAS GIRATORIAS CON ESPÁRRAGO. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)



FIGURA 38. RUEDAS CON SOPORTE. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)

Las ruedas con soporte necesitan una placa que permite la unión de las ruedas con los tubos (Figura 39).



FIGURA 39. PLACA DE REFUERZO. (CATÁLOGO LEANFORM V12.0)

Los elementos utilizados en la Escuela se pueden agrupar en dos tipos: mesas, en las que se incluyen los carritos además de todas las mesas utilizadas en los procesos productivos, y estanterías, que corresponden a los puestos y a la lavadora.

3.5.2. MESAS

3.5.2.1. CARRITO

El carrito es un elemento muy sencillo, similar a una mesa con una rueda en cada una de sus patas. Tiene una superficie rectangular de 87x68cm y una altura de 70cm, además, tiene una balda inferior del mismo tamaño que el tablero superior. La característica más importante, y que lo convierte en carrito, es el asa que tiene en uno de los lados de 65cm, de una anchura de 44cm.

Por último, y en relación a la estructura, en la Figura 40 se puede apreciar cómo, en la parte inferior y pegada a las ruedas, tiene unos tubos de refuerzo con el fin de que las patas no se comben y separen al colocar peso encima.

La Escuela Lean cuenta con 2 carritos.



FIGURA 40. CARRITO. (ELABORACIÓN PROPIA)

3.5.2.2. MESA PEQUEÑA

Como ya hemos mencionado anteriormente, al inicio y al final de cada línea se colocan unas mesas pequeñas sobre las que se colocan las piezas necesarias para el montaje o los productos terminados. En la Figura 41, destacado en rojo, podemos ver cómo se sitúan las 4 mesas en las líneas de producción.

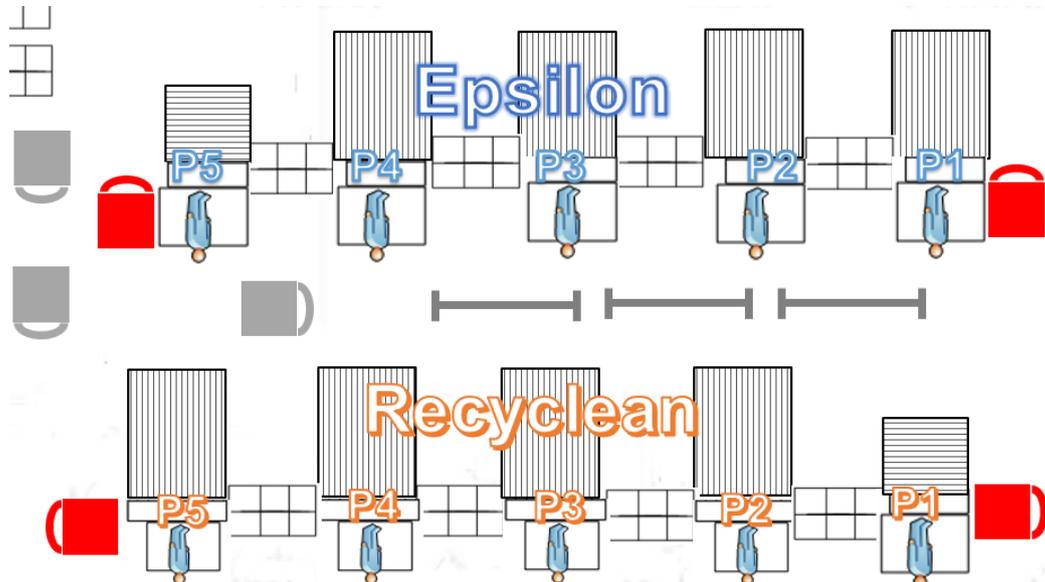


FIGURA 41. LAY-OUT DE LA ZONA DE PRODUCCIÓN. (ESCUELA LEAN, UVA)

La mesa (Figura 42) es una estructura cuadrada con una superficie de 80cm de lado y una balda inferior. Además, al igual que el carrito, en uno de los laterales cuenta con un asa que facilita el transporte y que, como se ve en la imagen, puede abatirse para ocultarla.

En adicción, y con el fin de acomodarse a la altura de los operarios, las ruedas están unidas a unos tubos huecos por los que se introducen las patas con el objetivo de que estas puedan regularse en altura.



FIGURA 42. MESA DE INICIO Y FINAL DE LA LÍNEA. (ELABORACIÓN PROPIA)



3.5.2.3. MESA DE BOLAS

Para los movimientos de material y productos entre los puestos, se utilizan unas mesas de bolas de gran tamaño situadas entre cada puesto (Figura 43). Puesto que solo se utiliza la parte de arriba de la mesa, no es necesaria una balda inferior, aunque esto hace necesario reforzar la parte inferior de las patas para que estas no se separen.

La estructura de las mesas tiene una altura no regulable de 80cm sobre la que se sitúa un tablero rectangular de 80 x 135cm con bolas transportadoras colocadas en varias filas. Con el fin de que esta mesa sea más funcional y se pueda utilizar para más que el transporte de material, se diseñó de forma que se pudiera colocar un tablero normal, sin bolas transportadoras (Figura 44).



FIGURA 43. MESA DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 44. TABLERO NORMAL Y DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

3.5.2.4. MESA DE MONTAJE

Como hemos visto en la fabricación del coche L34N, junto al puesto de montaje se colocaba una mesa (Figura 45) ya que el puesto no tenía espacio suficiente para el montaje del coche. Esta mesa tiene las mismas medidas que la anterior y, al igual que esta, tiene un tablero con bolas transportadoras con la posibilidad de sobreponer otro tablero. Asimismo, la Escuela tiene 4 mesas de este tipo, así como tiene otras 4 de las recién explicadas. Lo que la diferencia de la otra mesa es la balda inferior y las patas regulables



en altura, dado que se encuentra en un puesto de montaje y puede ser necesaria la adaptación a la altura de los operarios.



FIGURA 45. MESA PARA EL PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

3.5.3. ESTANTERÍAS

3.5.3.1. PUESTOS DE CONTROL

Los puestos de control son estructuras con caminos de rodillos sobre los que se colocan las bandejas con los productos, estos puestos solo se utilizan con el solectrón. Se trata de dos estructuras prácticamente iguales, en las que lo único que cambia es el lado hacia el que están inclinados los caminos de rodillos. La estructura en el que están hacia delante es el puesto de la línea de montaje (Figura 46), de forma que los productos son colocados en la parte de atrás y se deslizan hacia la delantera, desde donde el operario del puesto los coge.



FIGURA 46. PUESTO DE CONTROL DE LA LÍNEA DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Ambas estructuras tienen unas medidas de 187cm de alto, 82cm de ancho y 75cm de fondo, medida a la que hay que añadir el tablero de 28x82cm sobre el que se colocan los solectrones. Tienen 3 niveles de caminos de rodillos de distinta anchura cada uno sobre los que se colocan bandejas con huecos para 2, 3 y 4 solectrones (Figura 47). Por último, en la parte superior tienen un panel imantado destinado a la colocación de paneles informativos o Kanban, además de enganches en los tubos para colocar tarjetas informativas (Figura 48).

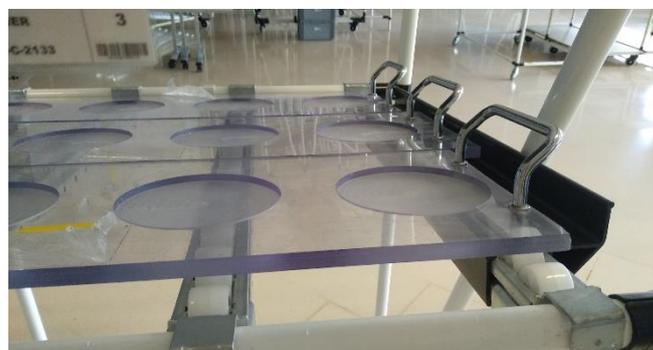


FIGURA 47. BANDEJA PARA SOLECTRONES. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 48. TARJETA INFORMATIVA. (ELABORACIÓN PROPIA)

La segunda estructura (Figura 49) es exactamente igual a la recién explicada, excepto que, en esta, utilizada en la línea de reciclaje del solectrón, los caminos de rodillos están orientados hacia atrás, de forma que al operario le llega el solectrón y luego este es colocado en el camino de rodillos, deslizándose hacia la parte trasera, desde donde un operario de logística los recoge.



FIGURA 49. PUESTO DE CONTROL DE LA LÍNEA DE RECICLAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)



3.5.3.2. PUESTO DE RECICLAJE/ABASTECIMIENTO

El siguiente elemento que describiremos debe ser versátil, dado que se utiliza de dos formas distintas, de frente, como se muestra en la Figura 50 como puesto en la línea de reciclaje del solectrón, y de reversa, como se muestra en la Figura 51 en el puesto de montaje del coche, de esta forma se utiliza cuando el puesto de montaje del coche no es suficiente para el abastecimiento de las piezas, por lo que se utiliza este de refuerzo.

Como hemos mencionado en el apartado del proceso de fabricación, tanto la línea de montaje como la de reciclaje cuentan con 4 puestos además de los puestos de control, por lo que son necesarias 4 de estas estructuras.



FIGURA 50. PUESTO DE RECICLAJE DEL SOLECTRÓN. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 51. PUESTO DE MONTAJE DEL COCHE. (ELABORACIÓN PROPIA)

La estructura, de 192cm de alto, 121cm de ancho y 135cm de fondo, tiene un tablero plegable de 25x121cm que se apoya en un brazo soporte (Figura 52), utilizado cuando hace de puesto de reciclaje y que se pliega cuando hace de puesto de montaje, dado que se usa del revés, para que ocupe menos espacio y facilite la carga de piezas.



FIGURA 52. BRAZO DE SOPORTE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Asimismo, y al igual que la estructura anterior y las siguientes, consta de un panel imantado en la parte superior. En las figuras, este se encuentra montado en el lado utilizado para el reciclaje del solectrón, sin embargo, en la imagen que muestra el puesto para el montaje del coche, se ve que los tubos verticales suben por encima de los caminos de rodillos, permitiendo el montaje del panel también en este lado.



La estructura tiene tres niveles de caminos de rodillos, divididos en secciones, con inclinaciones hacia ambos lados. El nivel superior e inferior están enfocados hacia lados distintos mientras que el intermedio tiene un camino hacia el frente y dos en sentido contrario. De esta forma, se optimiza el uso de los caminos en ambas formas. Como puesto de reciclaje, el operario deposita los cestos llenos en los caminos y estos se deslizan hacia el otro lado, desde donde el encargado de logística los recoge, además de tener un camino a través del cual puede abastecer al operario con cestos vacíos.

Este mismo funcionamiento, de manera inversa, es el que se tiene cuando funciona como puesto de montaje, el encargado de logística coloca los cestos con las piezas en los caminos, que son recibidos por el operario de montaje, que, una vez vaciados, puede devolver con el camino de rodillos restante.

3.5.3.3. PUESTO DE MONTAJE

El puesto de montaje (Figura 53) es una estructura, similar a la anterior, utilizada tanto para el montaje del solectrón como para el del coche L34N, al ser una estructura de montaje, y de acuerdo a lo mencionado en la estructura anterior, hay 4 estructuras de este tipo en la Escuela. Se trata de la estructura más grande, con 222cm de alto, 120cm de ancho y 166cm de fondo y una mesa, también plegable, de 80x120cm.



FIGURA 53. PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

El tablero, debido a su gran tamaño, tiene unas patas, plegables también, para soportar su peso cuando está desplegado. Al recoger la mesa, las patas quedan unidas al tablero y todo el conjunto queda apoyado en la estructura como se muestra en la Figura 54.



FIGURA 54. MESA PLEGADA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Al contrario que con las anteriores, esta mesa tiene un problema, y es que, a pesar de su gran tamaño, se necesita una mesa para el montaje del coche. Esto se debe a que parte de la superficie del tablero queda inutilizada por los caminos de rodillos que sobresalen sobre está a solo 28cm de altura, como se muestra en la Figura 55.



FIGURA 55. MESA DEL PUESTO DESPLEGADA. (ELABORACIÓN PROPIA)



La estructura consta de dos niveles de caminos de rodillos, cada uno dividido en 3 secciones, todos ellos inclinados hacia la mesa, exceptuando uno, inclinado hacia atrás y utilizado para colocar los cestos vacíos y que sean recogidos por los encargados de la logística.

Por último, en la parte superior, al igual que las estructuras anteriores, tiene un panel informativo imantado.

3.5.3.4. LAVADORA

Finalmente, el último elemento que describiremos de la Escuela Lean se trata de la Lavadora (Figura 56), una única estructura que hace de estantería para el transporte y almacén de piezas para fabricar el solectrón.

Se trata de una estructura sencilla, de 215cm de alto, 58cm de ancho y 130cm de fondo, que consta de 4 niveles de caminos de rodillos, todos inclinados hacia la parte delantera, dado que su propósito es el abastecimiento y almacenamiento de piezas y no es necesaria la devolución de los cestos, y un panel informativo, imantado como los del resto de estructuras, de 85x50cm.



FIGURA 56. LAVADORA. (ELABORACIÓN PROPIA)

IV. SITUACIÓN PROPUESTA. PARTE I

En la propuesta de rediseño de los elementos de mantenimiento de la Escuela Lean, se utilizarán los elementos de montaje de la empresa Bosch Rexroth, divididos en tres grandes bloques; los perfiles de aluminio, los elementos de unión y el resto de los accesorios especializados para los perfiles.

En este trabajo utilizaremos los denominados perfiles de soporte, los elementos principales de Bosch, que se caracterizan por su tecnología de montaje, que, al contar con unos canales, de 6, 8 o 10mm según el tamaño de la sección, situados en las caras de los perfiles facilitan la unión entre los perfiles y demás elementos de la gama de Bosch Rexroth al no necesitar modificaciones mayores que simples mecanizados.

4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE BOSCH REXROTH UTILIZADOS

4.1.1. PERFILES

La mayoría de los perfiles tienen una sección básica como la que se muestra en la Figura 57, con 4 ranuras, una en cada cara, y un núcleo central. Asimismo, también existen otros perfiles, como los que se muestran en la Figura 58, con secciones a base de una combinación de la básica o pudiendo tener varias de sus caras lisas, es decir, sin canal, dando al perfil, y por lo tanto a la estructura, un aspecto más limpio y elegante.

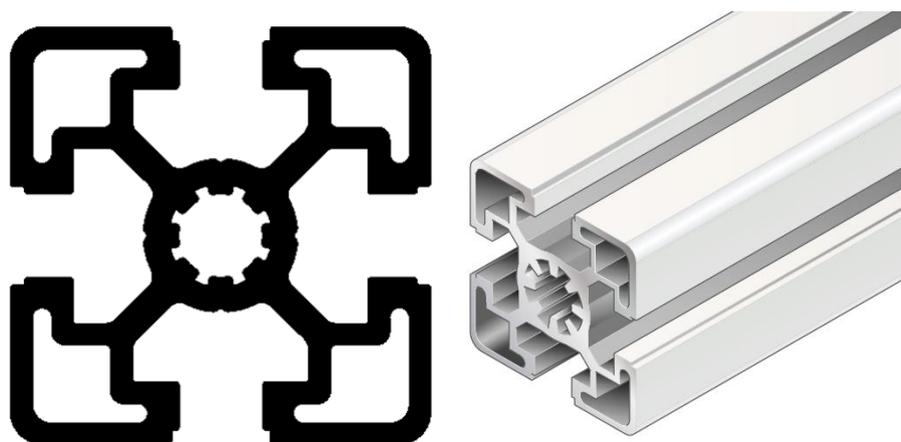


FIGURA 57. PERFIL 45X45. (BOSCH REXROTH. (2019))

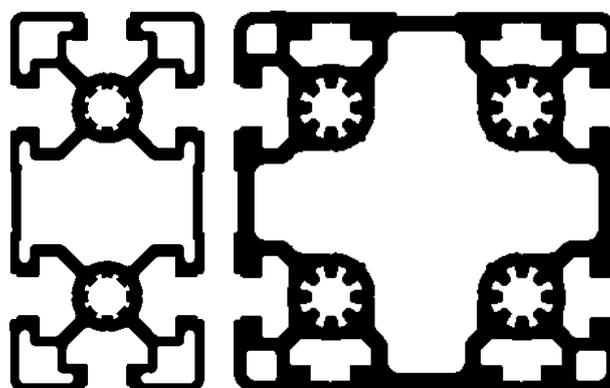


FIGURA 58. PERFIL 45X90 Y 90X90 CON DOS CARAS LISAS. (BOSCH REXROTH. (2019))



En las estructuras para la escuela utilizaré dos perfiles de canal 10mm, el perfil 40x40 para las estructuras más pequeñas y el perfil 45x45 para las estanterías, que me han parecido los más adecuados dado el tamaño y el peso de las estructuras a realizar. A continuación, en la Figura 59 y la Figura 60, se muestran las especificaciones técnicas de ambos perfiles.

40x40L

$$\begin{aligned} A &= 5,6 \text{ cm}^2 \\ I_x &= 9,1 \text{ cm}^4 \\ I_y &= 9,1 \text{ cm}^4 \\ W_x &= 4,5 \text{ cm}^3 \\ W_y &= 4,5 \text{ cm}^3 \\ m &= 1,5 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

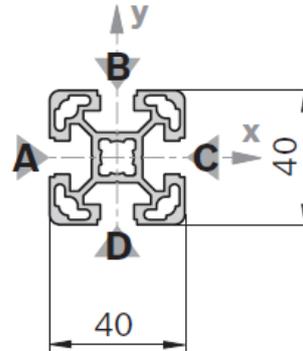


FIGURA 59. ESPECIFICACIONES DEL PERFIL 40x40. (BOSCH REXROTH. (2019))

45x45L

$$\begin{aligned} A &= 6,0 \text{ cm}^2 \\ I_x &= 11,7 \text{ cm}^4 \\ I_y &= 11,7 \text{ cm}^4 \\ W_x &= 5,2 \text{ cm}^3 \\ W_y &= 5,2 \text{ cm}^3 \\ m &= 1,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

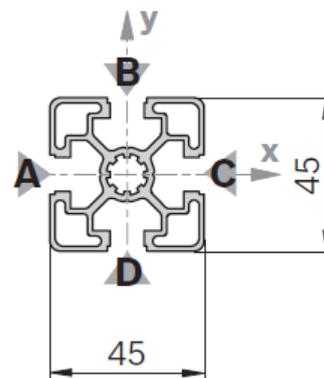


FIGURA 60. ESPECIFICACIONES DEL PERFIL 45x45. (BOSCH REXROTH. (2019))

4.1.2. ELEMENTOS DE UNIÓN

Para fijar los perfiles entre sí utilizaremos las uniones de apriete rápido (Figura 61), unos sencillos elementos de montaje que permiten la unión de perfiles en ángulos de 90° de forma fácil y sencilla. Entre sus ventajas, destaca su versatilidad, dado que permite el desplazamiento del perfil una vez montado o incluso su eliminación sin dañar el otro perfil al que estaba unido.



FIGURA 61. UNIÓN DE APRIETE RÁPIDO A 0° Y A 90°. (BOSCH REXROTH)

Estos elementos están compuestos de 3 piezas, según como se muestran en la Figura 62, y se montan en los extremos de los perfiles que se quieren unir en perpendicular a la cara de otro. La pieza sombreada en azul se corresponde al bulón de cabeza martillo y que se introduce en el núcleo del perfil, la zona de morado es el barrilete, este es el elemento que se mete a través del mecanizado y que es atravesado por el bulón. Por último, tenemos el tornillo prisionero, que se introduce por el barrilete y aprieta el agarre entre los dos perfiles.

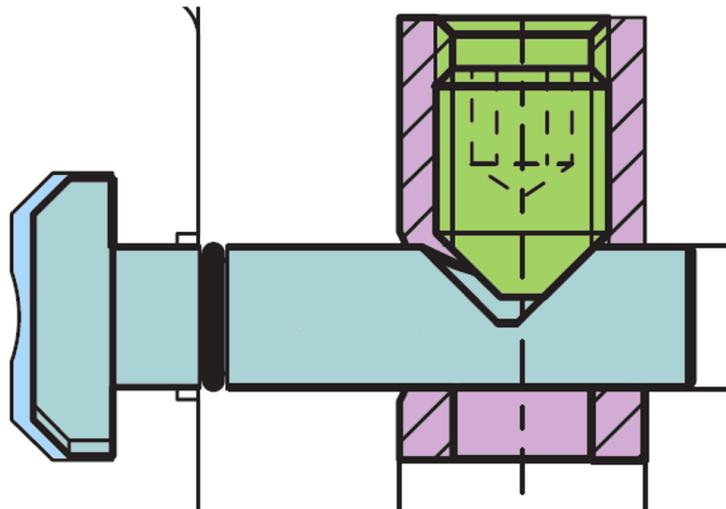


FIGURA 62. UNIÓN DE APRIETE A 0°. (BOSCH REXROTH. (2019))

Una vez que la unión está montada e insertada en el extremo de un perfil, este ya puede unirse a otro de acuerdo a la Figura 63, insertado la cabeza del bulón en el canal del perfil contrario y girando el perfil para que la cabeza quede encajada en el canal y no se mueva una vez apretado el tornillo. Este método de unión facilita los montajes ya que, como puede verse en la imagen, no es necesario que el perfil al que se va a sujetar tenga los extremos libres.

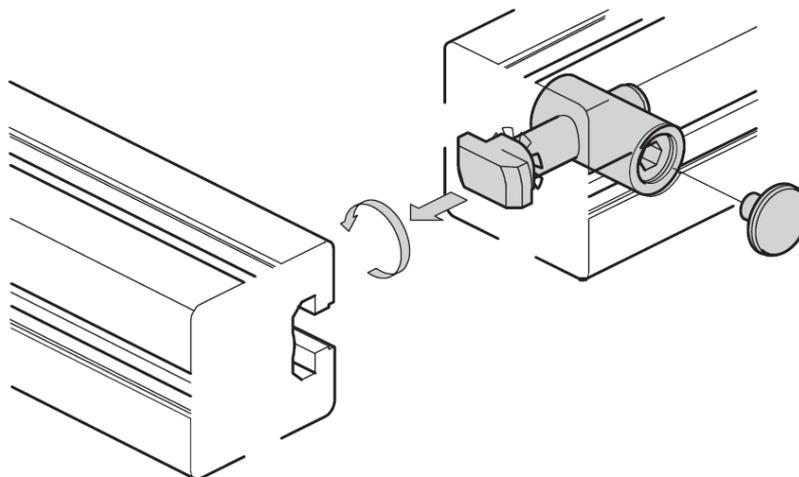


FIGURA 63. MONTAJE DE DOS PERFILES USANDO LA UNIÓN DE APRIETE A 0°. (BOSCH REXROTH. (2019))

La unión de apriete a 90° funciona de la misma manera que la recién explicada, siendo el único cambio respecto a esta la cara en la que se realiza el mecanizado.

4.1.3. RUEDAS

Todas las estructuras de la Escuela deben poder moverse para la realización de las prácticas, por lo que un elemento imprescindible de estas son las ruedas. En la propuesta, utilizaremos las ruedas giratorias de goma maciza (Figura 64) en todas las estructuras, que me ha parecido la rueda más adecuada dada la superficie de la Escuela y su capacidad de recuperación, que, incluso tras prolongados periodos en una posición, es capaz de recuperar su forma inicial.

Las ruedas irán unidas al perfil mediante un tornillo M12, que se enrosca al núcleo de este, de 10mm de diámetro interior.



FIGURA 64. RUEDA DE GOMA MACIZA. (BOSCH REXROTH. (2019))



4.1.4. SUPERFICIES DE TRABAJO

Para las superficies de las estructuras utilizaremos dos materiales. Las superficies de trabajo y de los carritos se harán con planchas de PVC de 20mm de espesor, que tiene grandes características, como su resistencias a pesar de su ligereza y su fácil mantenimiento. Para las mesas grandes se utilizará la placa de mesa Basic de Bosch, de 40mm de espesor, que supondrá un mejor material para la instalación de las bolas transportadoras y, al igual que el PVC, tienen una gran resistencia.

La unión de los tableros a los perfiles se realizará con la escuadra de aluminio de la Figura 65, sujeta al perfil mediante el tornillo cabeza de martillo M8x25 para canal de 10mm, como el que se muestra en la Figura 66 y al tablero de la mesa mediante un tornillo de cabeza avellanada.

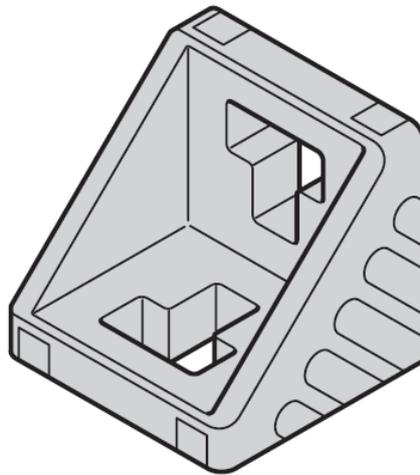


FIGURA 65. ESCUADRA DE ALUMINIO. (BOSCH REXROTH. (2019))

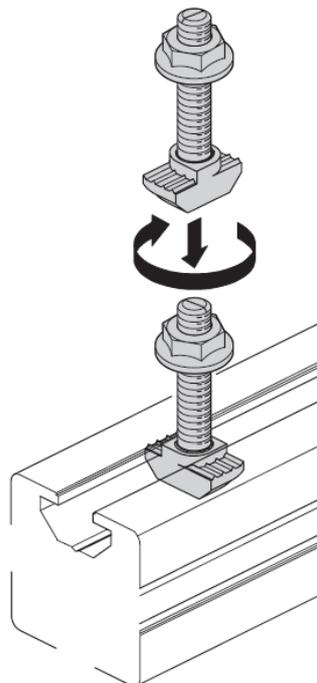


FIGURA 66. TORNILLO CABEZA MARTILLO + TUERCA CON COLLAR. (BOSCH REXROTH. (2019))



O mediante un tornillo que atraviese el tablero y se ajuste a la estructura con una tuerca martillo (Figura 67).

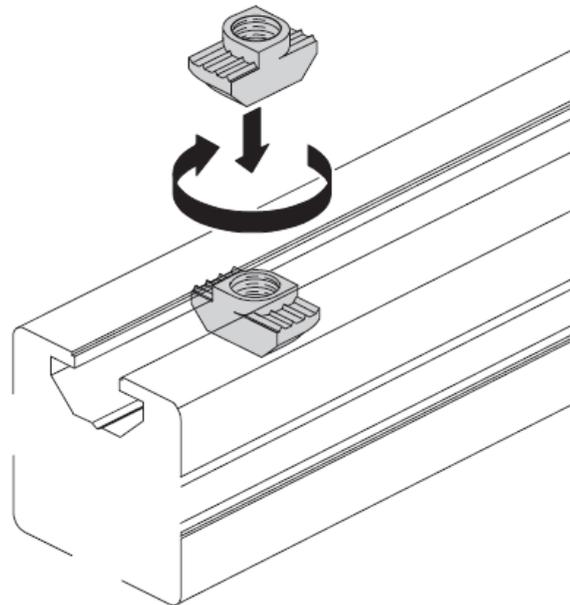


FIGURA 67. TUERCA MARTILLO. (BOSCH REXROTH (2019))

4.1.5. BOLAS TRANSPORTADORAS

Las bolas transportadoras son elementos muy útiles que permiten el transporte de materiales en todas las direcciones con el mínimo esfuerzo. En la Escuela Lean, los elementos que tienen bolas transportadoras son las 2 mesas grandes, la de bolas y la de trabajo, sobre las que, además, se puede colocar otro tablero para que también puedan hacer de mesa normal. En este proyecto utilizaremos las bolas transportadoras Eco Flow de acero de la Figura 68.

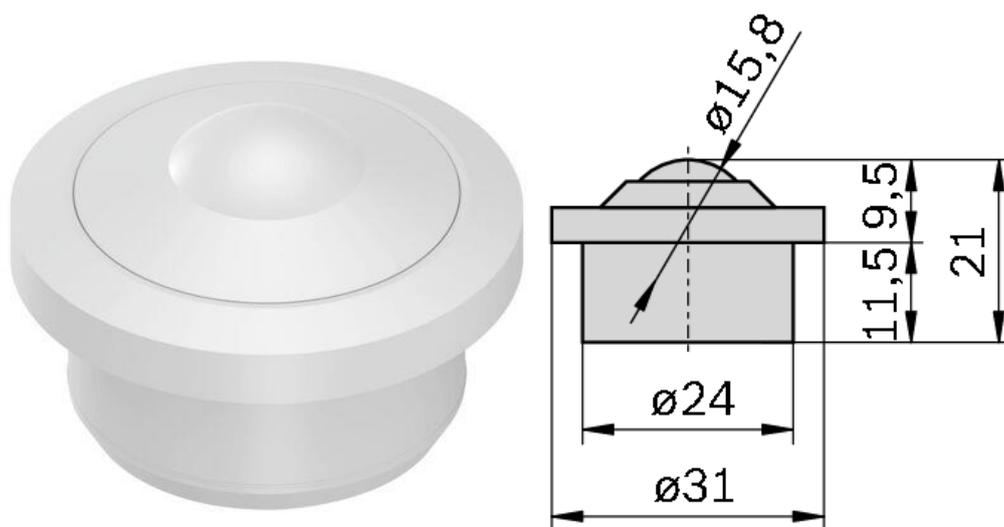


FIGURA 68. BOLA TRANSPORTADORA ECO FLOW. (BOSCH REXROTH. (2019))

La distancia de separación entre las bolas depende de la superficie de apoyo de los materiales a transportar, según el catálogo de bolas transportadoras de Bosch Rexroth, esta distancia viene dada por la anchura menor del material entre 2'5.



Los elementos de mantenimiento de la Escuela Lean deben tener versatilidad, ya que se fabrican dos productos distintos con sus respectivas variaciones, por lo que no se puede aplicar únicamente la regla anterior. Como propuesta para la distribución en la instalación de las bolas transportadoras utilizaremos el ejemplo propuesto por Bosch de la Figura 69, que sigue una distribución de triángulo equilátero, a la que reduciremos la distancia entre bolas a 80mm para que la mesa pueda adaptarse a los 2 productos.

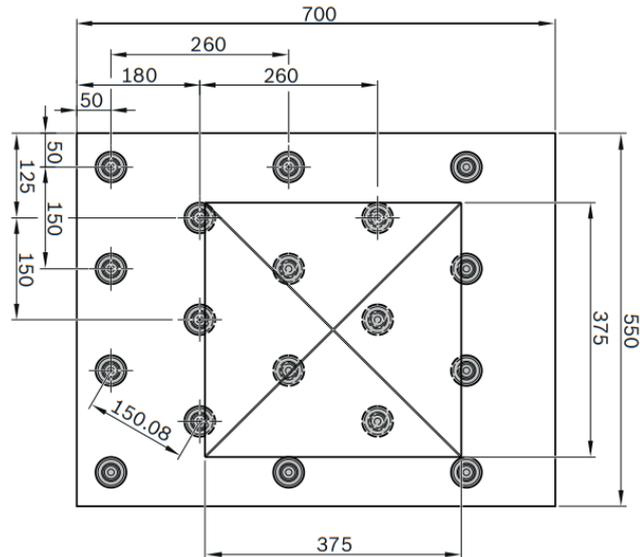


FIGURA 69. EJEMPLO DE MONTAJE PROPUESTO POR BOSCH REXROTH. (BOSCH REXROTH. (2016))

4.1.6. CAMINOS DE RODILLOS

Los caminos de rodillos son uno de los elementos que caracterizan a las estructuras que hemos denominado como estanterías, garantizando un abastecimiento FIFO a los puestos de trabajo y la lavadora y el retirado de las cestas vacías, FIFO también, en los puestos de reciclaje. Los caminos de rodillos están compuestos del perfil con las ruedas, junto con el travesaño, que los une a la estructura, y el elemento de unión entre el camino y el travesaño.

La gama Bosch Rexroth consta de elementos para la creación de una línea de transporte XLean, y son los que utilizaremos para los caminos de rodillos. Estos se componen de un perfil en U sobre los que se instalan las ruedas, que tienen dos variantes, la rueda central y la lateral, que tiene un aro exterior que hace de guía (Figura 70).

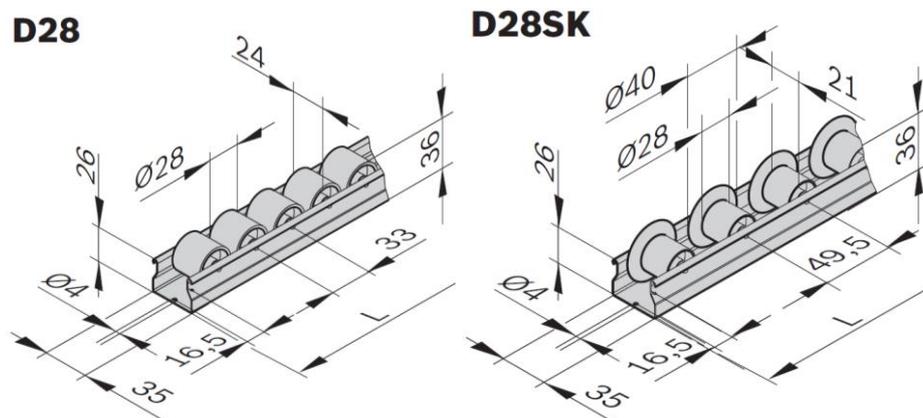


FIGURA 70. CAMINO DE RODILLOS CON RUEDA INTERIOR Y EXTERIOR. (BOSCH REXROTH. (2019))



Los caminos de rodillos se montan en la estructura a través de un tubo redondo de 28mm de diámetro (Figura 71) unido a los perfiles en horizontal mediante el empalmador en T (Figura 72), que fija el tubo a cualquier perfil de canal 10mm.

D28

A	= 2,4 cm ²
I _x	= 1,5 cm ⁴
I _y	= 1,5 cm ⁴
W _x	= 1,1 cm ³
W _y	= 1,1 cm ³
m	= 0,7 kg/m

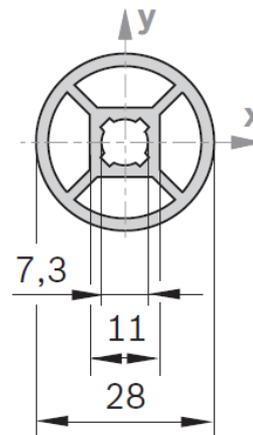


FIGURA 71. TUBO REDONDO. (BOSCH REXROTH. (2019))

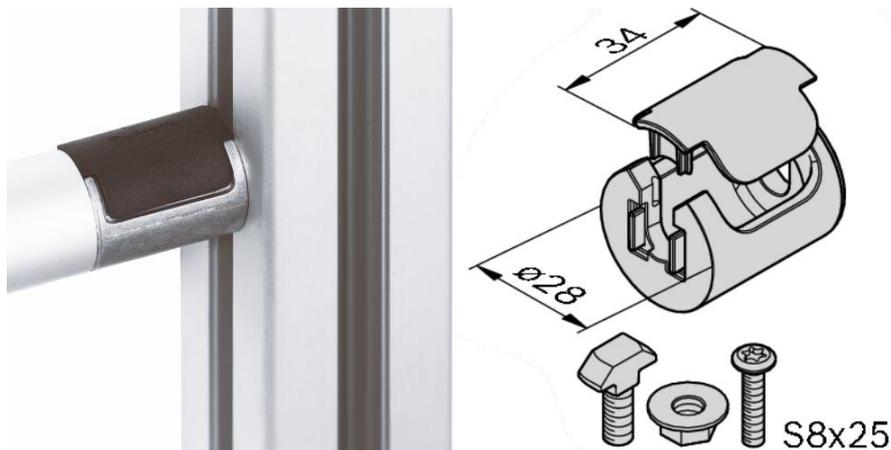


FIGURA 72. EMPALMADOR EN T. (BOSCH REXROTH. (2019))

Para fijar los caminos de rodillos al travesaño se utiliza el soporte de raíl. En la Figura 73 se muestra el soporte de raíl con tope que utilizaremos para la parte inferior y el soporte de raíl sin tope para la superior, en el que se encaja el perfil en U del camino y que posteriormente se encaja en el tubo.

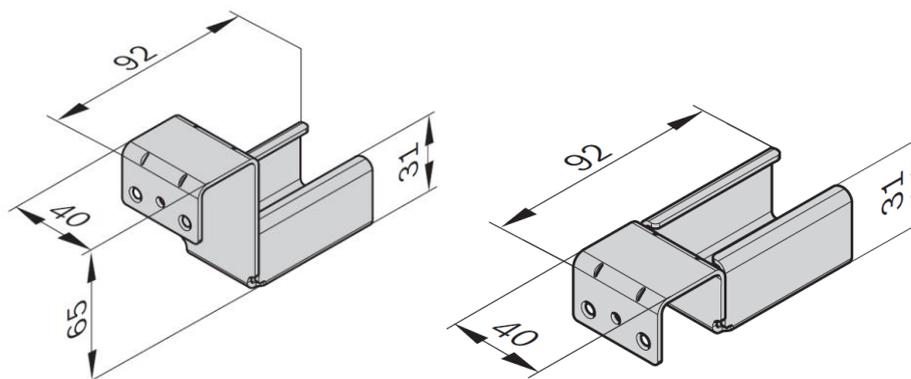


FIGURA 73. SOPORTES DE RAÍL CON Y SIN TOPE. (BOSCH REXROTH. (2019))

Adicionalmente, en lugar de las ruedas exteriores para guiar los materiales, se pueden usar separadores, colocados entre los caminos para separarlos (Figura 74).

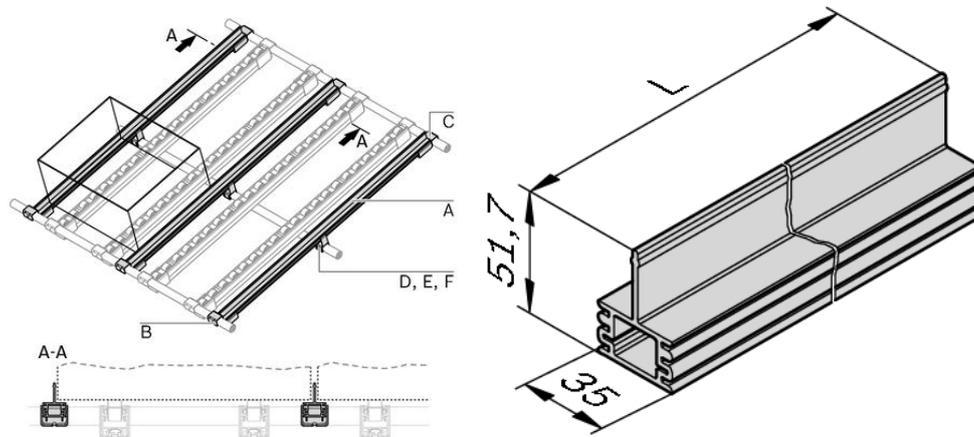


FIGURA 74. PERFIL SEPARADOR. (BOSCH REXROTH)

4.1.7. PANELES INFORMATIVOS

La gama de Bosch Rexroth tiene varias opciones para la disposición de información en el puesto de trabajo como tablas informativas como la que se muestra en la Figura 75 o simples fundas transparentes con sus respectivos soportes, sin embargo, dadas las necesidades de la Escuela Lean, la mejor opción me ha parecido el método actual de la escuela, una pizarra magnética.

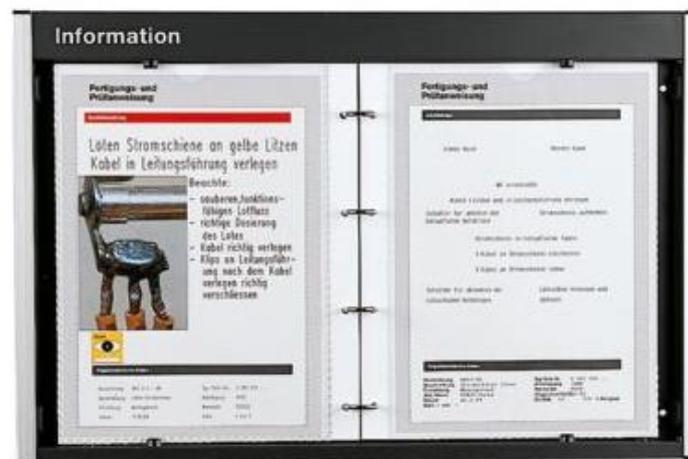


FIGURA 75. TABLA INFORMATIVA. (BOSCH REXROTH)

Para ello, utilizaremos el panel informativo de Bosch de la Figura 76, ajustado a las medidas de cada puesto y unido a estos mediante escuadras, que permiten su desplazamiento, en caso de ser necesario, de manera sencilla aflojando los tornillos.



FIGURA 76. PANEL INFORMATIVO ECONOMIC-ROTULADOR MAGNÉTICO. (BOSCH REXROTH)

4.1.8. ELEMENTO PARA EL AJUSTE EN ALTURA

Bosch Rexroth cuenta con dos sistemas para la regulación en altura de los puestos de trabajo.

El primero es el módulo de elevación para regular la altura eléctricamente (Figura 77), que cuenta con los perfiles elevadores, el interruptor manual y la unidad de control eléctrico.

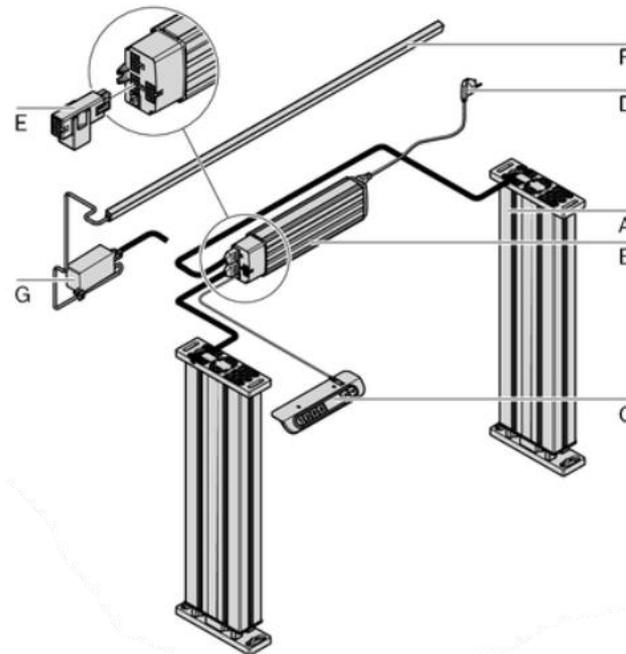


FIGURA 77. MÓDULO DE REGULACIÓN DE ALTURA ELÉCTRICO. (BOSCH REXROTH)

A pesar de la comodidad que puede suponer la regulación de altura eléctricamente, esta no resulta la mejor opción para la Escuela Lean, ya que este sistema necesita estar enchufado y, por lo tanto, fijo.



El segundo método se trata del ajuste de altura hidráulico mediante una manivela, compuesto por el módulo de elevación hidráulico (Figura 78), con dos tamaños de perfil que, al igual que estos, tiene al menos dos caras con canal que permiten unir el módulo a los perfiles, y la bomba y accionamiento (Figura 79) mediante una manivela, de distintos tamaños con distintas capacidades de carga.

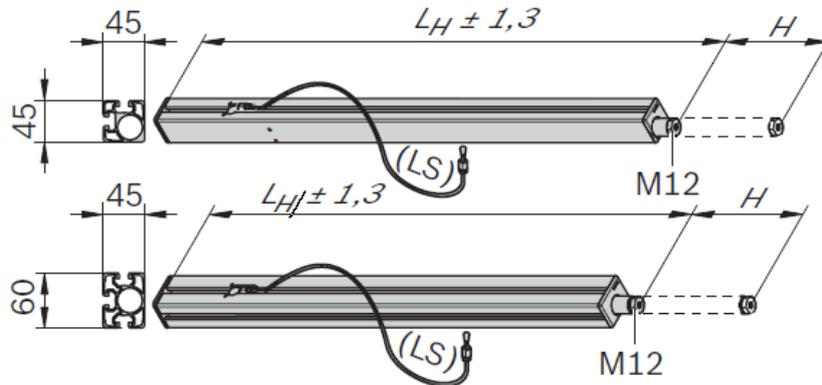


FIGURA 78. MÓDULO DE ELEVACIÓN. (BOSCH REXROTH (2019))

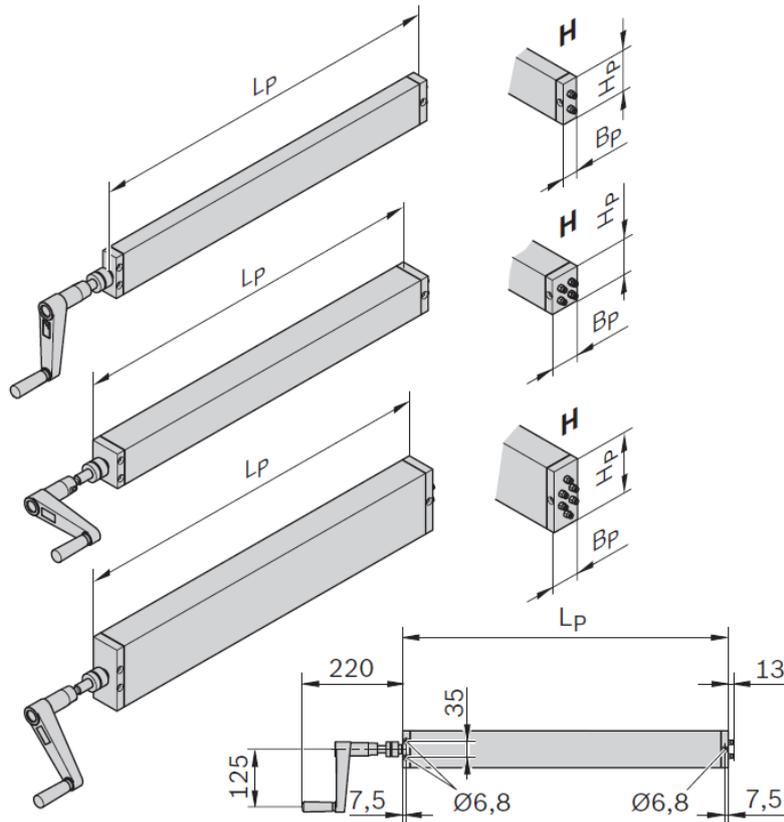


FIGURA 79. BOMBA Y ACCIONAMIENTO. (BOSCH REXROTH (2019))

Un ejemplo de montaje de este sistema se muestra en la Figura 80, además, al no estar enchufado, este es aplicable a la Escuela Lean y permite la movilidad que necesitan los puestos de trabajo.

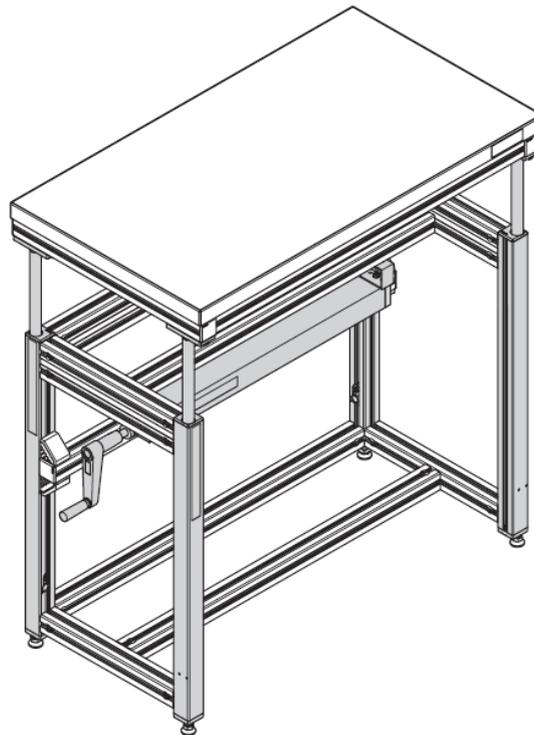


FIGURA 80. EJEMPLO DE MONTAJE DEL AJUSTE DE ALTURA HIDRÁULICO. (BOSCH REXROTH (2019))

4.2. SOFTWARE UTILIZADO

Para hacer los diseños de los elementos de mantenimiento, he utilizado la aplicación de software CAD Solidworks, a la que le he instalado el módulo de Bosch Rexroth FRAMEpro 1.3 para Solidworks, que cuenta con una amplia librería con sus productos, además de un sistema para la creación de armazones de forma rápida y sencilla.

En la Figura 81 se muestra la ventana desde la que se configura el boceto de la estructura, en la que se definen las medidas de esta y se duplica la estructura en cualquiera de las direcciones.

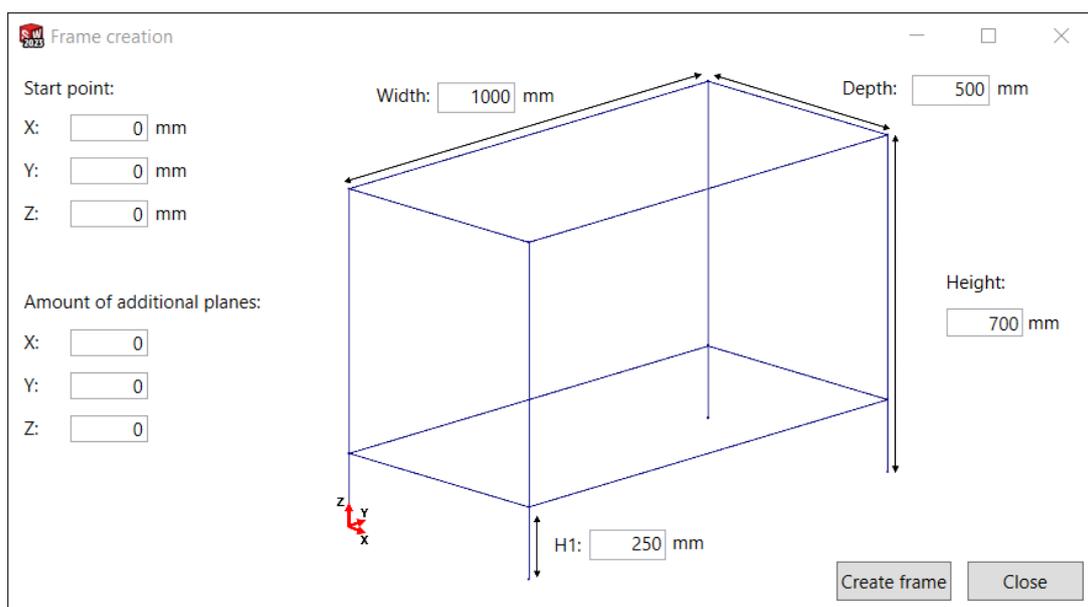


FIGURA 81. VENTANA DE CONFIGURACIÓN DE FRAMEPRO. (ELABORACIÓN PROPIA)



Tras crear el boceto de la estructura, se pueden insertar los elementos de la librería a través de la ventana de la Figura 82. En esta se escoge el perfil con el que se realiza la estructura y los perfiles dominantes de esta, junto con qué elementos de unión se utiliza en cada empalme. Además, se integran otros complementos, como las tapas para los extremos de los perfiles o las ruedas.

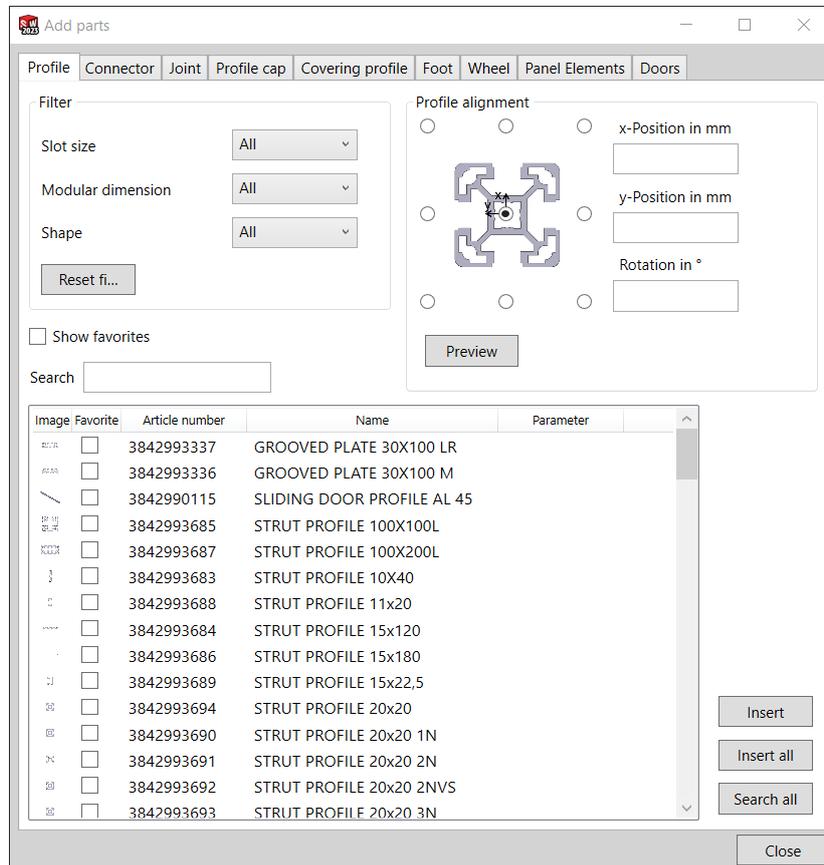


FIGURA 82. VENTANA PARA INSERTAR LOS ELEMENTOS BOSCH. (ELABORACIÓN PROPIA)

Adicionalmente, también he utilizado la biblioteca CAD 3D de la página de Bosch, donde se pueden descargar tanto piezas sueltas como estructuras parcialmente configurables.

4.3. ELEMENTOS DE MANUTENCIÓN

4.3.1. CARRITO

El carrito es un elemento sencillo cuyo propósito es el transporte de los elementos de los que se componen los productos, así como los productos en sí. Para el diseño de esta estructura, he utilizado mayoritariamente el módulo FRAMEpro, al que posteriormente he incorporado otros elementos.

Como alternativa al diseño actual, se propone una estructura fabricada con el perfil 40x40 y según las medidas que se muestran en la Figura 83, además, como se hará en todas las estructuras, siempre que sea posible, los perfiles verticales serán los dominantes, y a estos se les instalarán las ruedas en el núcleo. En este caso, he utilizado las ruedas giratorias de goma maciza de diámetro 80mm, poniendo dos con freno en la parte delantera y otras dos sin freno en la parte posterior.

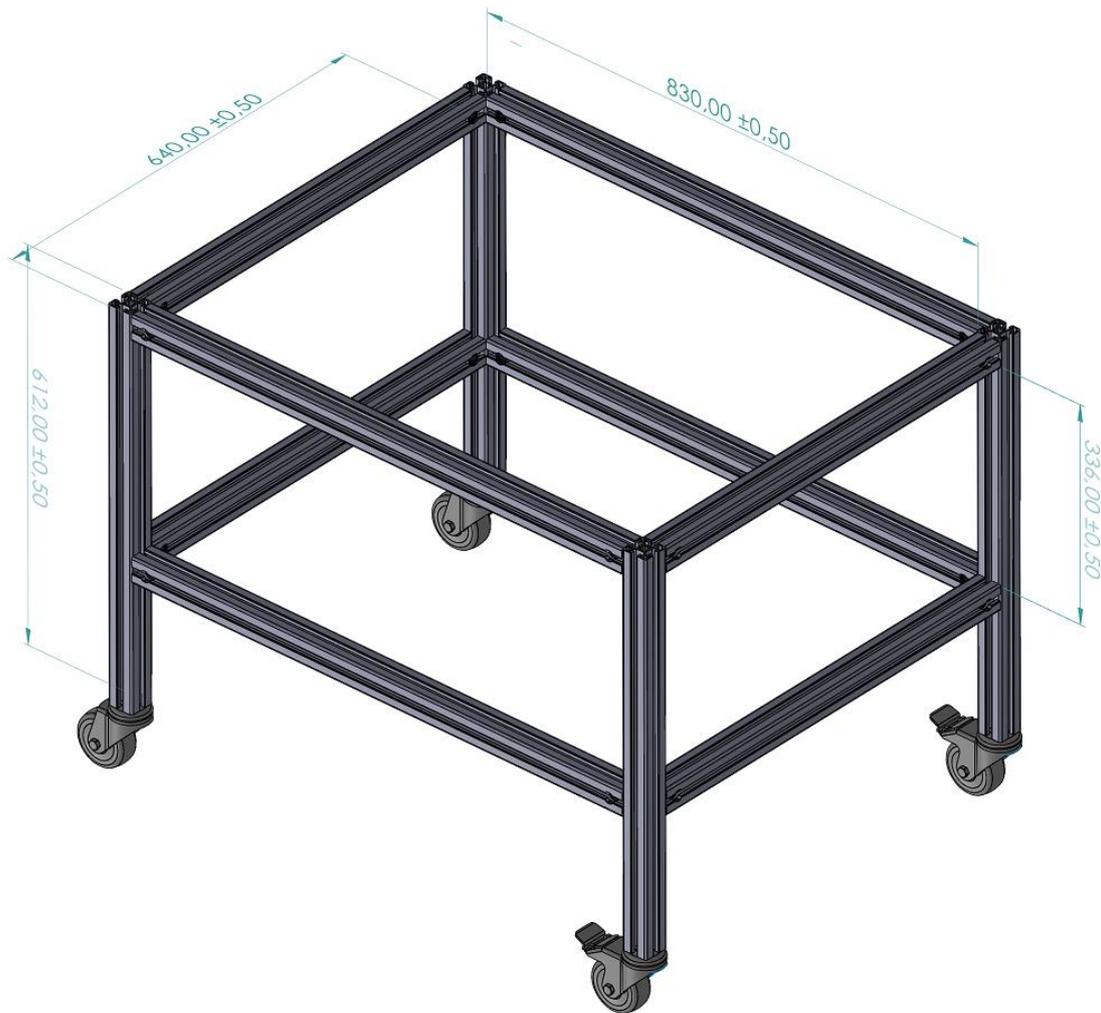


FIGURA 83. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA BASE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Los perfiles se han unido mediante los elementos de unión explicados anteriormente, las uniones de apriete, que han sido escogidos de forma que estos queden ocultos en la cara interna del perfil de la forma que se muestra en la Figura 84, en este caso, todas las uniones se han realizado con la unión de apriete a 0°.

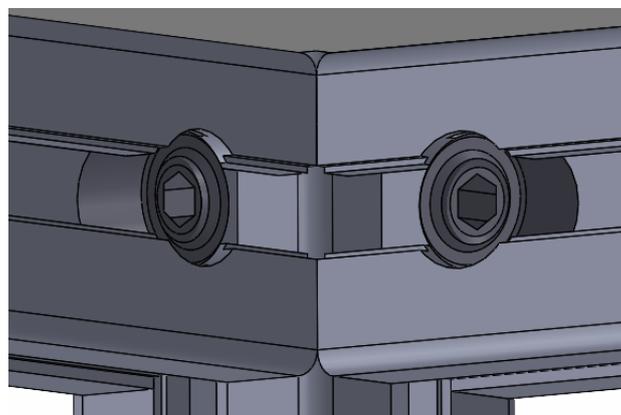


FIGURA 84. UNIÓN DE APRIETE A 0° POR LA CARA INTERNA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Las superficies se han realizado con tableros de PVC de 20mm de espesor y que se han instalado en la cara superior de los perfiles, atornillados y sujetos con tuercas martillo.



Por último, para empujar el carrito, he utilizado la empuñadura de seguridad (Figura 85) que he descargado de la página de Bosch a modo de manillar, y he modificado el tubo, de 28mm de diámetro, hasta los 600mm de largo, de forma que el manillar ocupe toda la anchura del carrito. Este se ha unido a la estructura, en el lado de las ruedas con freno, a través de dos tornillos cabeza de martillo insertados al canal del perfil.

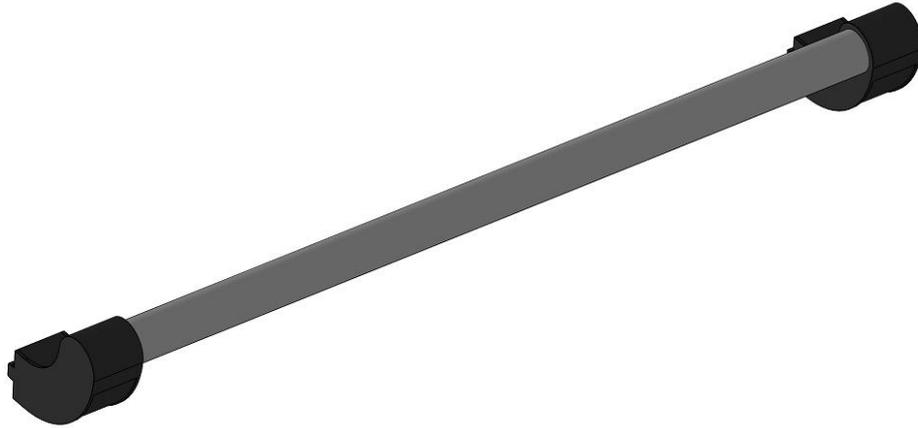


FIGURA 85. MANILLAR. (ELABORACIÓN PROPIA)

En la Figura 86 se muestra la estructura resultante tras ensamblar todas las piezas.



FIGURA 86. CARRITO. (ELABORACIÓN PROPIA)



Lista de materiales

A continuación, se muestra la lista de materiales correspondiente a un carrito (Tabla 1). Los precios de los elementos utilizados se han obtenido de la página de Bosch, exceptuando el tablero de PVC, que no es un elemento de Bosch, al que se le ha puesto un precio orientativo obtenido de empresas de venta de planchas de PVC.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 40x40	3 842 993 120	2,56m	4 de 612mm 4 de 830mm con un mecanizado en cada extremo 4 de 640mm con un mecanizado en cada extremo	14,21 €/m	36,38 €
Unión de apriete a 0º	3 842 535 458	16		2,9 €/ud	46,40 €
Rueda de goma maciza D80 sin freno	3 842 541 234	2		16,53 €/ud	33,06 €
Rueda de goma maciza D80 con freno	3 842 541 226	2		20,67 €/ud	41,34 €
Tablero de PVC e=20mm	-	1,31m ²	2 de 910x720mm	99,75 €/m ²	130,67 €
Empuñadura de seguridad	3 842 555 564	1	Tubo de 600mm	23,36 €/ud	23,36 €
Tuerca martillo	3 842 530 281	16		0,38 €/ud	6,08 €
Precio total por carrito					317,29 €

TABLA 1. LISTA DE MATERIALES DEL CARRITO. (ELABORACIÓN PROPIA)

4.3.2. MESA PEQUEÑA

La mesa pequeña se utiliza para almacenar las piezas de los productos al inicio de la línea y los productos terminados al final, así como para el transporte de estos.

Para su diseño, al igual que con el anterior, he utilizado el módulo de Bosch, FRAMEpro, y he realizado la base de la estructura, que se muestra en la Figura 87. Se trata de una estructura cuadrada de 845mm de lado, realizada con el perfil 45x45, con altura variable



mediante el sistema de regulación de altura hidráulico, que incorporaremos manualmente. Dadas las características del módulo de elevación, los perfiles verticales no pueden ser los dominantes, por lo que para el soporte de la superficie superior he escogido dos de los perfiles horizontales como dominantes, a los que he colocado tapas en los extremos, y he unido a los otros dos perfiles horizontales superiores con la unión de apriete a 90° por la cara interna, como se puede ver en la Figura 88.



FIGURA 87. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA DE LA MESA USANDO FRAMEPRO. (ELABORACIÓN PROPIA)

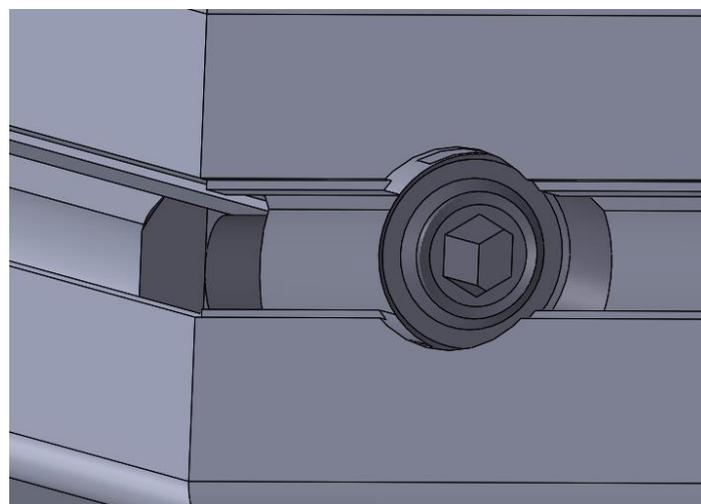
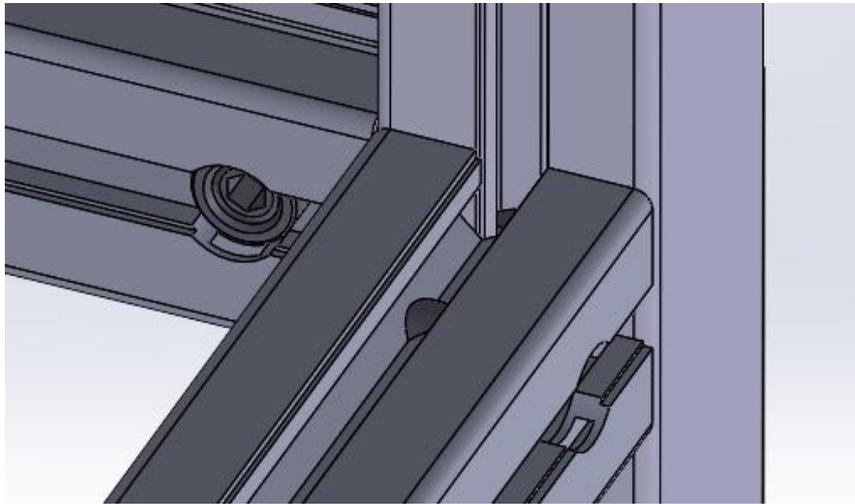


FIGURA 88. UNIÓN DE APRIETE A 90° POR LA CARA INTERNA. (ELABORACIÓN PROPIA)



Para el sistema de regulación de altura, he descargado de la página de Bosch el módulo de elevación estándar de 45x45 y lo he unido al resto de la estructura mediante la unión de apriete a 0°, usando los canales del módulo (Figura 89), con los perfiles horizontales inferiores.



**FIGURA 89. UNIÓN ENTRE LOS PERFILES Y EL MÓDULO MEDIANTE LA UNIÓN DE APRIETE A 90°.
(ELABORACIÓN PROPIA)**

El funcionamiento de este módulo se basa en una bomba, a la que se le conectan las mangueras de cada módulo, junto con la manivela que acciona el movimiento. La elección de esta bomba se basa en la cantidad de módulos de elevación, por lo que, para este caso, se ha escogido la bomba para 4 módulos elevadores. Tras la instalación tanto de la bomba con la manivela, utilizando el adaptador de conexión, se obtiene la estructura de la Figura 90.

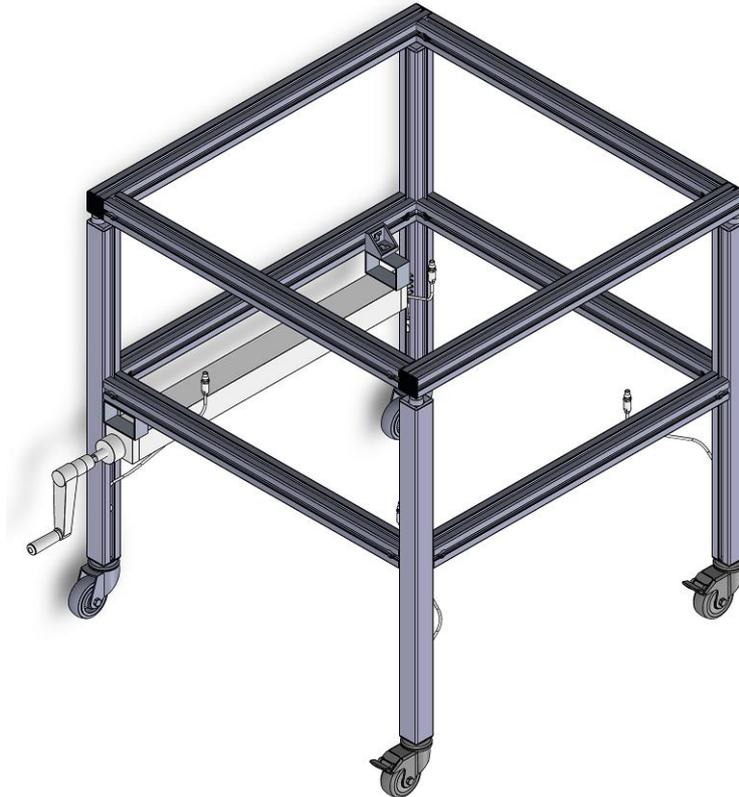


FIGURA 90. MESA PEQUEÑA CON EL MÓDULO DE ELEVACIÓN INSTALADO. (ELABORACIÓN PROPIA)

Por último, incorporamos a la estructura los elementos finales. Para permitir el movimiento, he añadido 4 ruedas de goma maciza de 80mm de diámetro, 2 con freno en la parte delantera y 2 sin freno en la trasera con ayuda de unas placas adaptadoras (Figura 91) situadas en la base de los módulos elevadores. Además, con el fin de facilitar su manejo, he insertado el manillar de la estructura anterior al canal del perfil superior de la cara delantera.

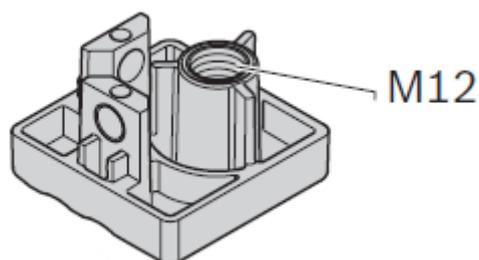


FIGURA 91. PLACA ADAPTADORA. (BOSCH REXROTH. (2019))

Para finalizar, he puesto dos tableros de PVC de 20mm de espesor a modo de superficies de trabajo, fijados mediante tuercas martillo, dando como resultado la estructura final que se muestra en la Figura 92.

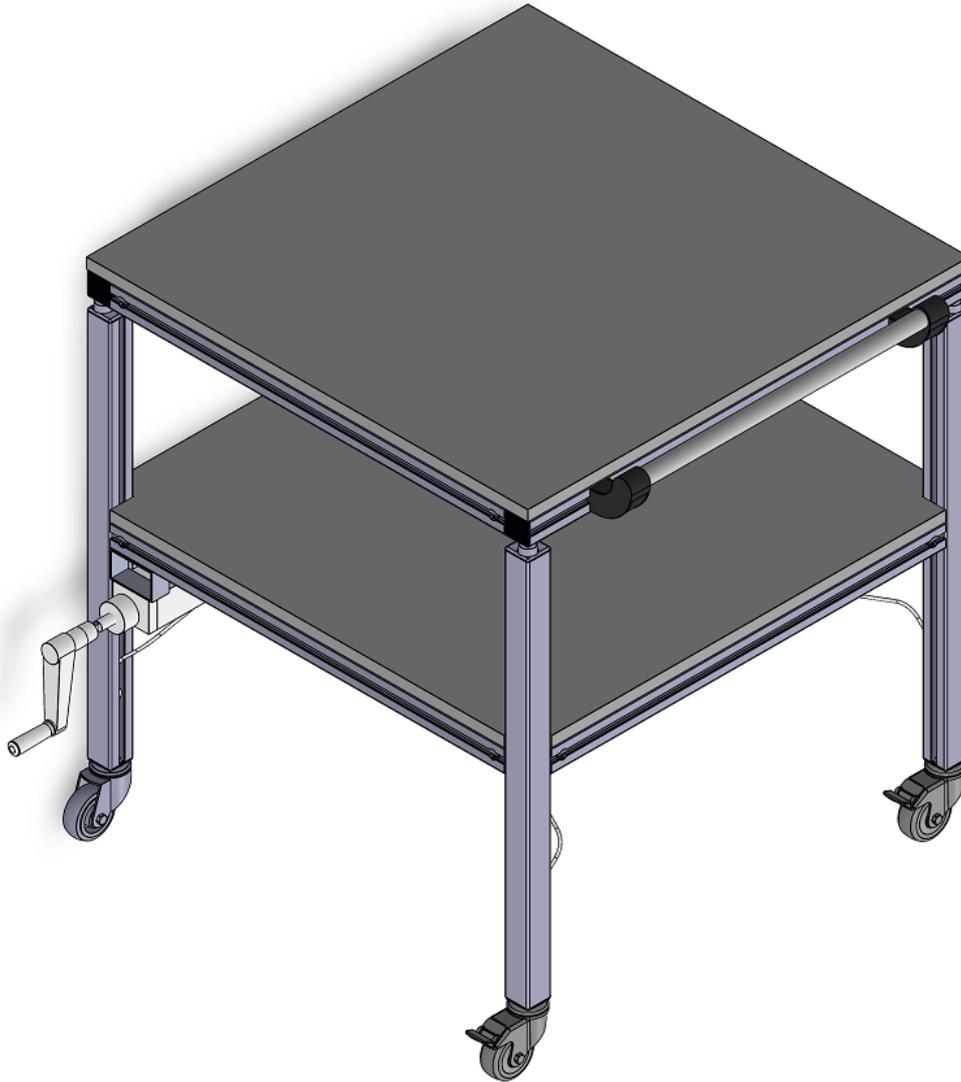


FIGURA 92. MESA PEQUEÑA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Lista de materiales

A continuación, se muestra la lista de materiales para la elaboración de una mesa pequeña (Tabla 2). La mayoría de los precios se han obtenido de la página de Bosch, exceptuando el tablero de PVC, como ya se ha mencionado antes, y algún elemento de Bosch, que el precio no viene en la página, y que se ha obtenido del distribuidor de Bosch.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 45x45	3 842 553 618	6,204m	2 de 837mm 6 de 755mm con un mecanizado en cada extremo	15,19 €/m	94,24 €



Módulo de elevación estándar	3 842 552 131	4			
Bomba y accionamiento	3 842 552 134	1			
Adaptador de conexión	3 842 552 177	2			
Unión de apriete a 0°	3 842 535 458	8		2,9 €/ud	23,20 €
Unión de apriete a 90°	3 842 535 466	4		2,9 €/ud	11,60 €
Tapa 45x45 negra	3 842 548 753	4		1,1 €/ud	4,40 €
Rueda de goma maciza D80 sin freno	3 842 541 234	2		16,53 €/ud	33,06 €
Rueda de goma maciza D80 con freno	3 842 541 226	2		20,67 €/ud	41,34 €
Tablero de PVC e=20mm	-	1,43m ²	2 de 845x845mm	99,75 €/ud	142,64 €
Empuñadura de seguridad	3 842 555 564	1	Tubo de 600mm	23,36 €/ud	23,36 €
Tornillo cabeza martillo	3 842 528 715	2		3,82 €/ud	7,64 €
Escuadra 45x45	3 842 523 561	1		3,82 €/ud	3,82 €
Tuerca martillo	3 842 530 281	16		0,38 €/ud	6,08 €
Precio total por mesa pequeña					391,38 €

TABLA 2. LISTA DE MATERIALES DE LA MESA PEQUEÑA. (ELABORACIÓN PROPIA)

4.3.3. MESA DE MONTAJE

El diseño de la mesa de montaje se ha realizado de la misma forma que la mesa pequeña. Primero he realizado el diseño de la base de la estructura con FRAMEpro, un rectángulo de 845x1395mm, al que he añadido dos perfiles horizontales en la mitad del lado más largo para reforzar las superficies de trabajo y que los tableros no se comben.

Para hacer las patas, al igual que con la estructura anterior, he descargado los módulos elevadores de la página de Bosch y los he ensamblado en la estructura, junto con la bomba para 4 módulos, y la manivela mediante el adaptador de conexión, formando la estructura de la Figura 93.

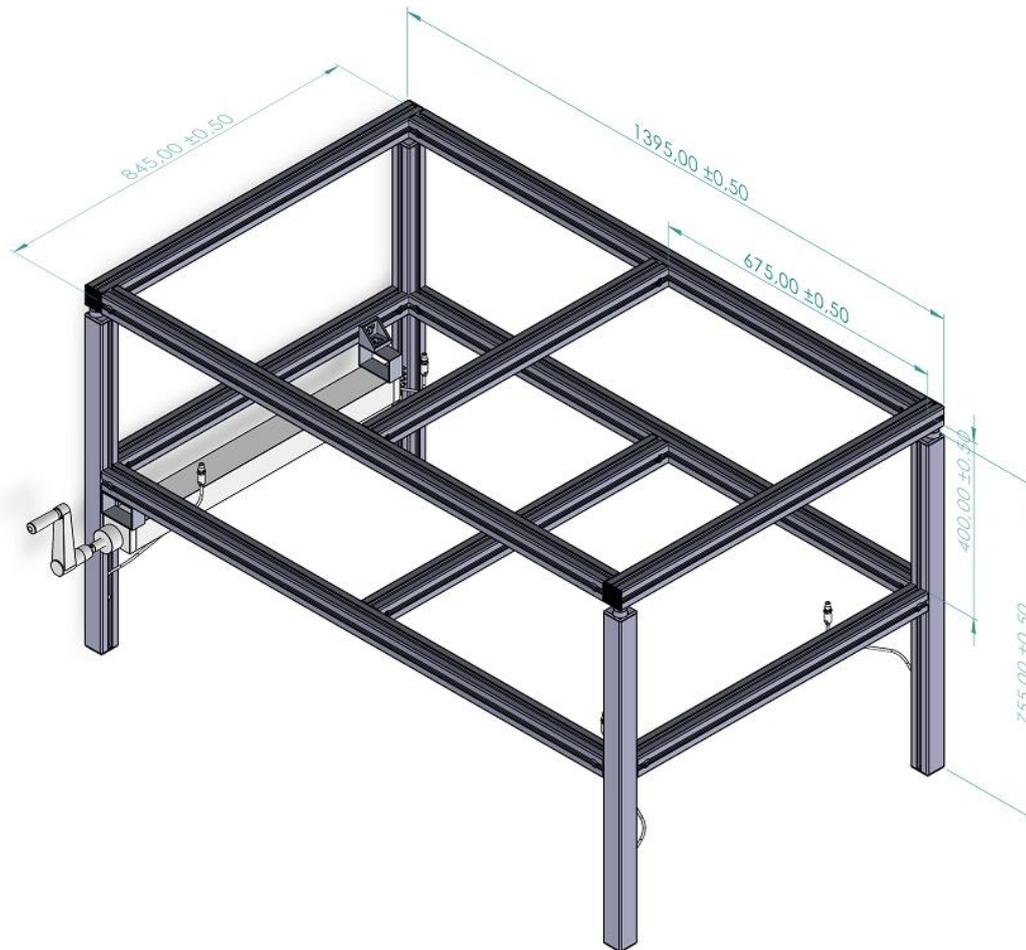


FIGURA 93. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA BASE. (ELABORACIÓN PROPIA)

A continuación, he insertado a la estructura el tablero de PVC de la balda inferior y las ruedas giratorias, de goma maciza de 80mm de diámetro, dos con freno y dos sin freno, a los módulos elevadores (Figura 94).



FIGURA 94. ESTRUCTURA CON TABLERO INFERIOR Y RUEDAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

La superficie de la mesa está cubierta de bolas transportadoras. Para su diseño, he creado un tablero de 40mm de espesor con las medidas de la mesa, 845mm por 1395mm, a modo del tablero Basic de Bosch, al que he hecho agujeros pasantes de 24mm de diámetro, distribuidos en forma de triángulos equiláteros de 80mm de lado y en los que, posteriormente, he insertado las bolas transportadoras Eco Flow, dando como resultado la Figura 95.

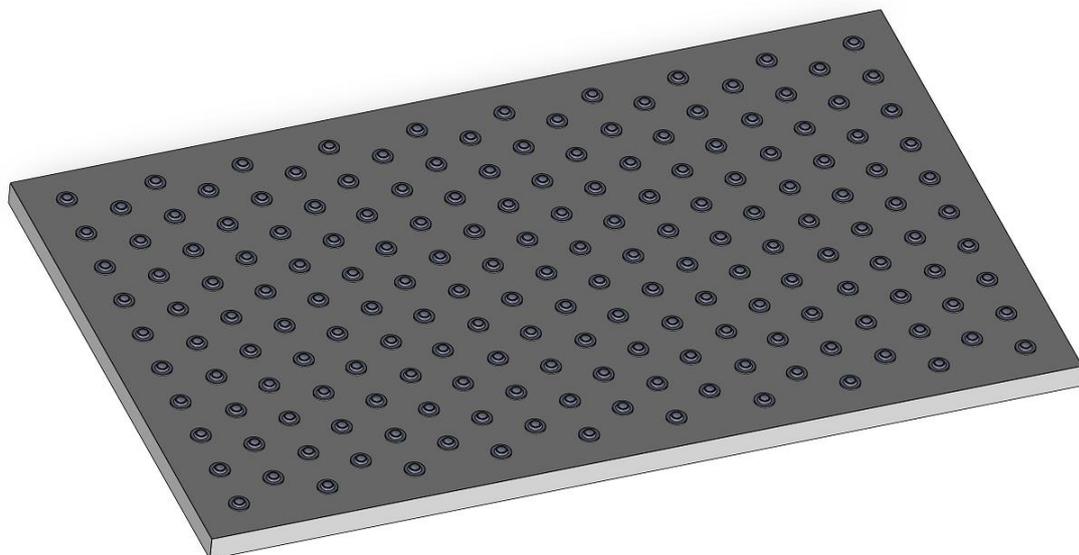


FIGURA 95. TABLERO DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

Una vez realizado el tablero de bolas transportadoras, lo he insertado en la estructura sujeto mediante escuadras de 45x45 en la parte inferior, tal y como se muestra en la Figura



96. Con este elemento se completa una de las versiones de la mesa de montaje, la mesa de montaje con superficie de bolas transportadoras de la Figura 97.

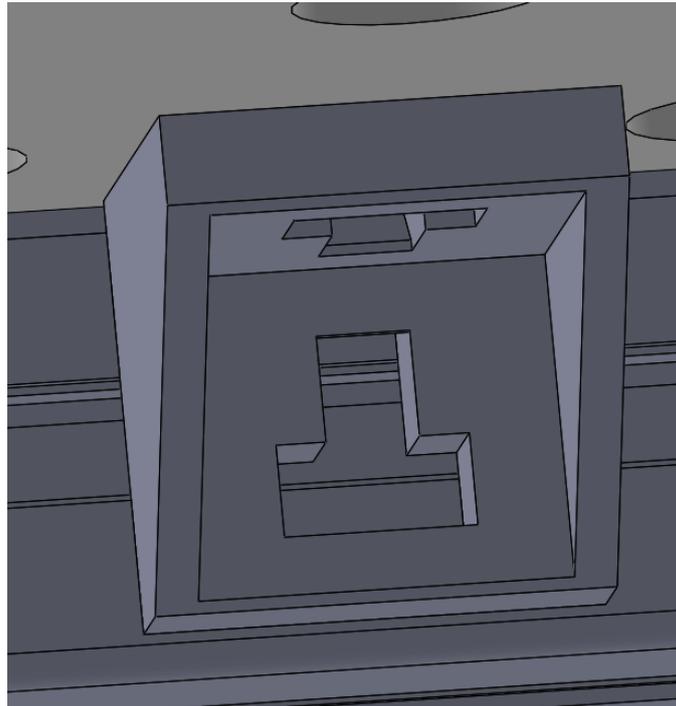


FIGURA 96. ESCUADRA 45X45 PARA EL SOPORTE DEL TABLERO DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 97. MESA DE MONTAJE CON TABLERO DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)



Como se ha mencionado anteriormente, tanto la mesa de montaje como la mesa de bolas deben tener la posibilidad de colocar un tablero por encima del de bolas para poder hacer montajes u otras actividades sobre ella.

Como propuesta de rediseño me he planteado un modelo de este tablero de forma que este esté permanentemente unido a la mesa y con cierta movilidad que permita apartarlo para dejar la superficie de bolas libre, sin embargo, me he decidido por hacerlo completamente desmontable, de la misma forma que el método actual de la Escuela Lean. Esta me ha parecido la forma más adecuada, dado que para las practicas puede ser necesaria la disposición de estas mesas de forma contigua y pegadas unas a otras, por lo que no deberían tener ningún elemento voluminoso en los laterales que impida su unión y que sería necesario con el tablero liso como parte integral de la mesa.

Para el diseño del tablero, he creado una base rectangular con FRAMEpro en el perfil 45x45 con las medidas de la mesa, sobre la que montar el tablero liso, en este caso de PVC de espesor 20mm (Figura 98), y que posteriormente se encaja sobre la estructura de la mesa.

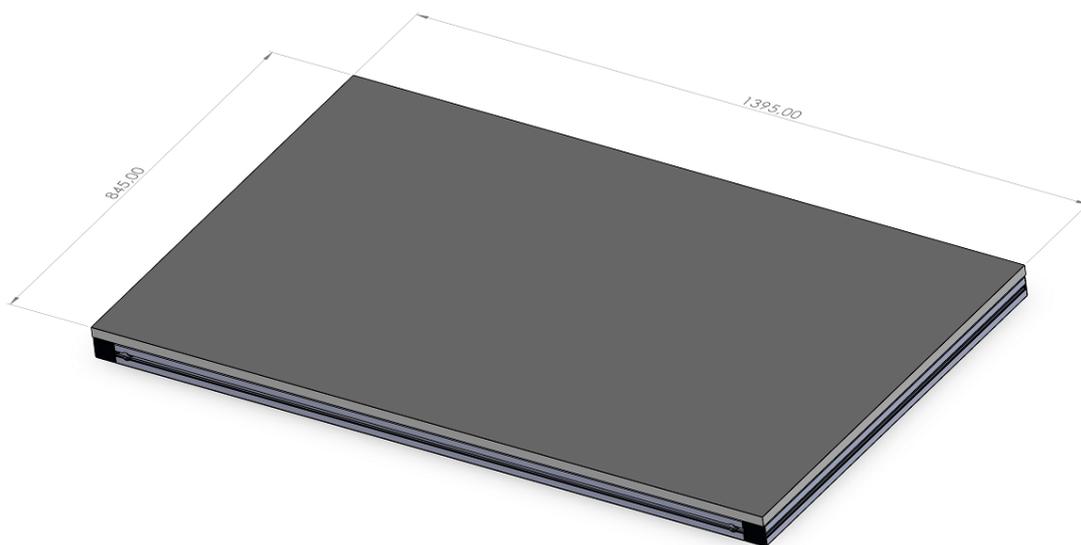


FIGURA 98. TABLERO DESMONTABLE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Esta estructura se coloca sobre el tablero de bolas, de forma que los perfiles se apoyan en el tablero sin tocar ninguna de las bolas transportadoras para no dañarlas. Para sujetar la estructura del tablero a la mesa, y que este no se mueva con el uso, he instalado en esta la escuadra de inglete para canal 10 de Bosch, a pesar de que este no es el uso para el que están diseñadas, en dos de sus esquinas, de forma que, al colocar el tablero sobre la mesa, estas impidan el movimiento del tablero en cualquier dirección, como se muestra en la Figura 99.

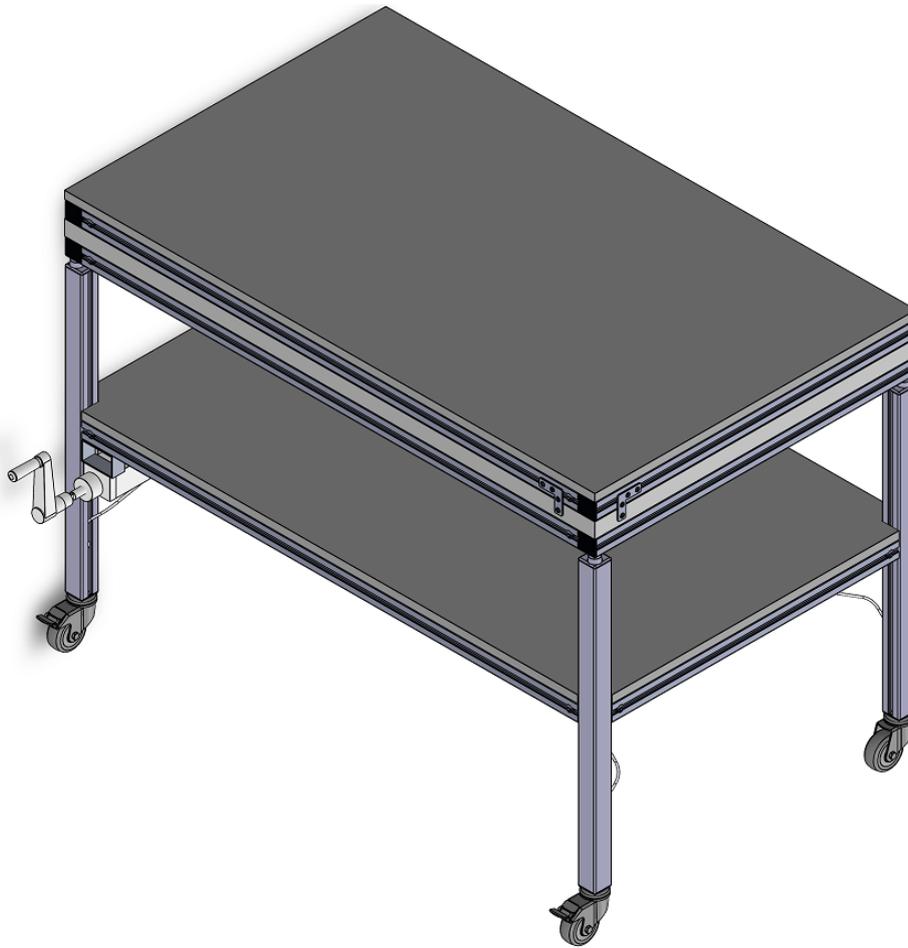


FIGURA 99. MESA DE MONTAJE CON TABLERO DE TRABAJO. (ELABORACIÓN PROPIA)

Lista de materiales

La lista de materiales de a continuación corresponde al conjunto de la mesa de montaje y el tablero de trabajo (Tabla 3). Los precios, al igual que la estructura anterior, se han obtenido de la página de Bosch, del proveedor para los productos de Bosch, y de otras empresas para, en este caso, el PVC.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 45x45	3 842 553 618	14,2m	4 de 837mm	15,19 €/m	215,70 €
			6 de 1305mm con un mecanizado en cada extremo		
			4 de 755mm con un mecanizado en cada extremo		



Módulo de elevación estándar	3 842 552 131	4			
Bomba y accionamiento	3 842 552 134	1			
Adaptador de conexión	3 842 552 177	2			
Unión de apriete a 0°	3 842 535 458	8		2,9 €/ud	23,20 €
Unión de apriete a 90°	3 842 535 466	8		2,9 €/ud	32,20 €
Tapa 45x45 negra	3 842 548 753	4		1,1 €/ud	4,40 €
Rueda de goma maciza D80 sin freno	3 842 541 234	2		16,53 €/ud	33,06 €
Rueda de goma maciza D80 con freno	3 842 541 226	2		20,67 €/ud	41,34 €
Tablero PVC e=20mm	-	2,36 m ²	2 de 845x1395mm	99,75 €/m ²	235,41 €
Tablero de mesa Basic e=40mm	3 842 998 250	1,18 m ²	1 de 845x1395mm	499,58 €/m ²	589,5 €
Bola transportadora Eco Flow	3 842 541 008	182		14,5 €/ud	2639 €
Tornillo cabeza martillo	3 842 528 715	17		3,82 €/ud	64,94 €
Escuadra 45x45	3 842 523 561	17		3,82 €/ud	64,94 €
Tuerca martillo	3 842 530 281	16		0,38 €/ud	6,08 €
Escuadra de inglete canal 10	3 842 563 228	4		4,47 €/ud	17,88 €
Precio de una mesa de montaje con tablero de trabajo					3.967,65 €

TABLA 3. LISTA DE MATERIALES DE LA MESA DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

4.3.4. MESA DE BOLAS

La mesa de bolas tiene un diseño casi idéntico al de la mesa de montaje, dado que cumplen las mismas funciones, teniendo la mesa de bolas un diseño más sencillo al carecer de balda inferior y altura regulable.



Para su diseño, he utilizado FRAMEpro, realizando la estructura con las mismas medidas que la mesa de montaje en el perfil 45x45, reforzando la superficie de apoyo del tablero de bolas, y uniendo los perfiles mediante las uniones de apriete. Asimismo, he incorporado 4 ruedas giratorias de goma maciza de 80mm de diámetro en el núcleo de los perfiles, al igual que en todas las mesas, dos de ellas con freno y otras dos sin, como se muestra en Figura 100.

A pesar de no tener balda inferior, he incorporado perfiles horizontales en la parte inferior con el fin de reforzar la estructura y que las patas no cedan y se acaben abriendo, permitiendo, además, la instalación de una balda inferior en caso de ser necesario.



FIGURA 100. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA BASE. (ELABORACIÓN PROPIA)

A continuación, he añadido a esta estructura el tablero de bolas transportadoras, fijado a los perfiles de la estructura mediante 16 escuadras 45x45 colocados en la superficie inferior. De esta forma se obtiene la estructura final como mesa de bolas sin tablero de trabajo de la Figura 101.



FIGURA 101. MESA DE BOLAS CON TABLERO DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

Al igual que se ha hecho con la mesa anterior, a la estructura con el tablero de bolas se le debe poder poner un tablero liso de trabajo, que he montado de la misma forma que anteriormente. Apoyando la estructura sobre el tablero de bolas y sujetándolo a la mesa mediante 4 escuadras de inglete colocadas en dos de sus esquinas para impedir su movimiento, como se muestra en la Figura 102.



FIGURA 102. MESA DE BOLAS CON TABLERO DE TRABAJO. (ELABORACIÓN PROPIA)

Lista de materiales

A continuación, se muestra la lista de materiales correspondiente a una mesa de bolas con el tablero de trabajo (Tabla 4). Los precios se han obtenido de la página de Bosch y de su proveedor, además de otras empresas para los productos que no son de Bosch.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 45x45	3 842 553 618	12,25m	4 de 1305mm con un mecanizado en cada extremo	15,19 €/m	186,08 €
			5 de 755mm con un mecanizado en cada extremo		
			4 de 814,5mm con un mecanizado en cada extremo		
Unión de apriete a 0º	3 842 535 458	16		2,9 €/ud	46,40 €



Unión de apriete a 90°	3 842 535 466	2		2,9 €/ud	5,80 €
Tapa 45x45 negra	3 842 548 753	4		1,1 €/ud	4,40 €
Rueda de goma maciza D80 sin freno	3 842 541 234	2		16,53 €/ud	33,06 €
Rueda de goma maciza D80 con freno	3 842 541 226	2		20,67 €/ud	41,34 €
Tablero PVC e=20mm	-	1,18 m ²	1 de 845x1395mm	99,75 €/ud	117,70 €
Tablero de mesa Basic e=40mm	3 842 998 250	1,18 m ²	1 de 845x1395mm	499,58 €/ m ²	589,5 €
Bola transportadora Eco Flow	3 842 541 008	182		14,5 €/ud	2639 €
Tornillo cabeza martillo	3 842 528 715	16		3,82 €/ud	61,12 €
Escuadra 45x45	3 842 523 561	16		3,82 €/ud	61,12 €
Tuerca martillo	3 842 530 281	16		0,38 €/ud	6,08 €
Escuadra de inglete canal 10	3 842 563 228	4		4,47 €/ud	17,88 €
Precio de una mesa de bolas con tablero de trabajo					3.809,48 €

TABLA 4. LISTA DE MATERIALES DE LA MESA DE BOLAS. (ELABORACIÓN PROPIA)



V. SITUACIÓN PROPUESTA. PARTE II

5.1. PUESTOS DE TRABAJO

5.1.1. PUESTOS DE CONTROL

Los puestos de control son dos estructuras iguales con una pequeña mesa de trabajo y 3 niveles de caminos de rodillos, inclinados en cada puesto hacia caras opuestas, dado que un puesto está pensado para que le lleguen productos y el otro para depositarlos.

El diseño de estos puestos se ha realizado con el módulo FRAMEpro, al que se le han añadido manualmente los 3 niveles de rodillos junto con el resto de los accesorios, descargados de la página de Bosch.

Al ser ambos puestos iguales se ha realizado la base de ambos y posteriormente se les han incorporado los caminos.

Para hacer la estructura he creado tres bocetos con las diferentes alturas y medidas para hacer las distintas partes de la estructura. Los dos primeros pertenecientes a la parte principal de la estructura, con la zona en la que se pondrán los caminos y los dos perfiles verticales más altos para instalar la pizarra, y el tercero, que sobresale por delante, para hacer la mesa.

En la Figura 103 se muestra la base de la estructura, en perfil 45x45 unido con uniones de apriete en su cara oculta, con sus medidas correspondientes y 6 ruedas de goma maciza de 125mm de diámetro insertadas en el núcleo de cada uno de los perfiles verticales. En este caso he puesto ruedas con freno en las 4 esquinas, dado que, al ser un puesto de trabajo, este va a estar fijo y solo se va a mover en los cambios de distribución de las líneas, y en los perfiles interiores he colocado las ruedas sin freno.



FIGURA 103. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA BASE. (ELABORACIÓN PROPIA)

En esta estructura, dada su altura, he visto necesaria la instalación de escuadras de 45x90 además de las uniones de apriete, en cada una de las esquinas de la parte más alta como se muestra en la Figura 104, con el fin de reforzar la estructura y que, con el tiempo, la estructura no pierda su integridad y estabilidad.



FIGURA 104. ESTRUCTURA DEL PUESTO DE CONTROL CON ESCUADRAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

A continuación, he añadido el resto de los elementos comunes, las tapas en los extremos de los perfiles verticales, el tablero para la mesa de trabajo, de PVC de 20mm de espesor, y la pizarra.

Esta última, la he diseñado basándome en una de las propuestas de pizarras de Bosch, realizada en perfil 30x30 2N con dos de sus caras opuestas lisas, pero usando un método distinto para la unión de los perfiles, el conector cúbico 30/2 e insertando, finalmente, he insertado el panel de pizarra magnética en el canal. En la Figura 105 se muestra la pizarra. Una vez terminada la pizarra la he unido al resto de la estructura mediante las escuadras para pizarra de Bosch.

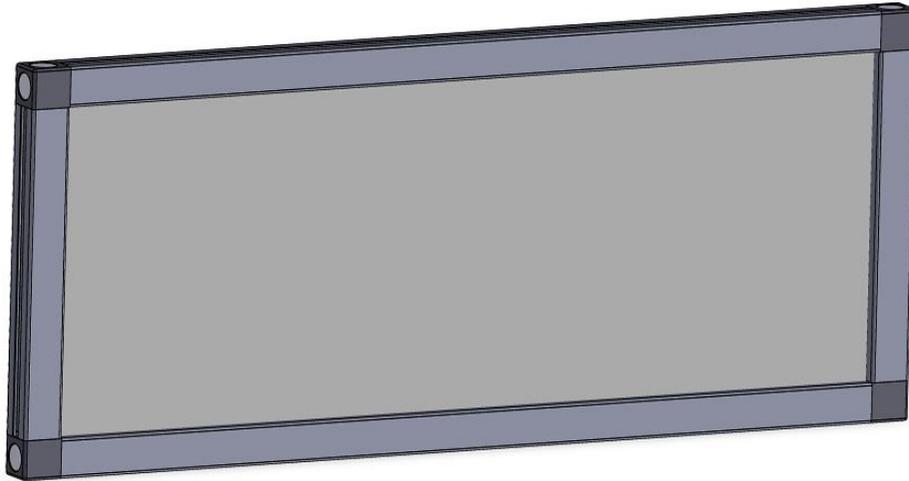


FIGURA 105. PIZARRA PARA LOS PUESTOS DE CONTROL. (ELABORACIÓN PROPIA)

Adicionalmente, y con el fin de facilitar su movimiento, he añadido un asa a cada lado de la estructura para poder tirar de esta y poder moverla con facilidad. En la Figura 106 se muestra la estructura base que ambos puestos tendrán en común.

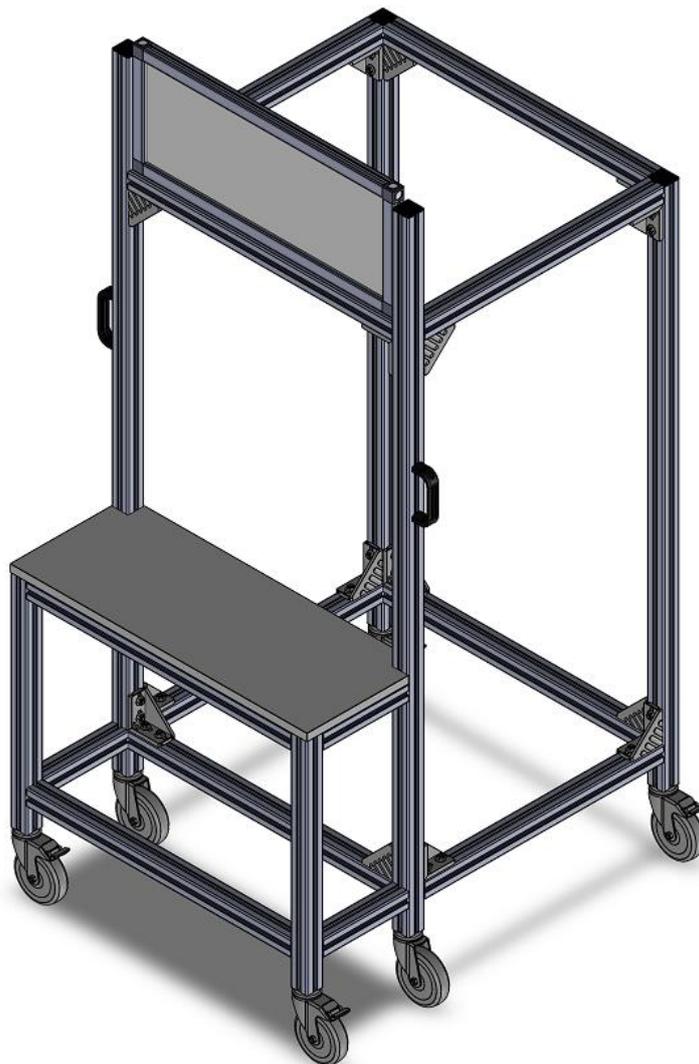


FIGURA 106. ESTRUCTURA BASE COMÚN DE LOS PUESTOS DE CONTROL. (ELABORACIÓN PROPIA)



Una vez terminada la estructura común para las dos estructuras, la he duplicado para poder montar en cada una los caminos de rodillos correspondientes.

Primero he creado el puesto de control de la línea de montaje, en la que los caminos de rodillos están dispuestos de forma que los productos se deslizan hacia la parte delantera.

Para ello, he insertado en el canal de los perfiles verticales los travesaños tubulares, sobre los que se ponen los caminos, mediante el empalmador en T, a una distancia de 240mm entre ellos, de la forma que se muestra en la Figura 107.



FIGURA 107. TRAVESAÑOS PARA LA COLOCACIÓN DE LOS CAMINOS. (ELABORACIÓN PROPIA)

Colocados sobre los travesaños, he añadido 4 caminos de rodillos con una inclinación del 10% en cada nivel, sujetos mediante los soportes de raíl, sobre los que van insertados los caminos y que se encajan en los travesaños, lo que permite que estos puedan montarse y desmontarse con facilidad en caso de ser necesario.

Por último, he insertado una guía de transporte a ambos lados de cada nivel, esta se trata de un perfil de plástico, unido a la estructura mediante los soportes de raíl, de la misma forma que los caminos de rodillos. Estas guías pueden hacer tanto de separador entre dos caminos como de guía para que los objetos que se colocan sobre estos no se caigan ni se salgan del camino que deben seguir. En la Figura 108 y Figura 109 se muestra el puesto de control finalizado.



FIGURA 108. PUESTO DE CONTROL DE LA LÍNEA DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 109. VISTA LATERAL DEL PUESTO DE TRABAJO DE LA LÍNEA DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Una vez terminado el puesto de control de la línea de montaje, he creado el de la línea de reciclaje de la misma manera. Colocando los travesaños, de nuevo a 240mm entre ellos, y, posteriormente, encajando los caminos de rodillos a una inclinación del 10% y los perfiles guía, pero en este caso inclinados hacia la parte trasera, de forma que el operario del puesto coloque los productos sobre los caminos y estos se deslicen hacia atrás, como se muestra en la Figura 110 y Figura 111.



FIGURA 110. PUESTO DE CONTROL DE LA LÍNEA DE RECICLAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 111. VISTA LATERAL DEL PUESTO DE CONTROL DE LA LÍNEA DE RECICLAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Lista de materiales

Ambos puestos comparten la lista de materiales, dado que su única diferencia es el lado de inclinación de los caminos de rodillos, pero estos son iguales en ambos casos. La lista de materiales que se muestra a continuación corresponde a un solo puesto (Tabla 5).



Los precios de los elementos de Bosch se han obtenido de la página y de sus proveedores, mientras que la pizarra y el PVC, que no son de Bosch, se han obtenido de empresas ajenas para poder obtener unos precios aproximados.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 45x45	3 842 553 618	16,15m	2 de 1742mm	15,19 €/m	245,32 €
			2 de 1464,5mm		
			2 de 614,5mm		
			7 de 730mm con un mecanizado en cada extremo		
			4 de 660mm con un mecanizado en cada extremo		
			4 de 190mm con un mecanizado en cada extremo		
Perfil 30x30 2N	3 842 992 399	1,82m	2 de 662mm 2 de 247mm	13,58 €/m	24,72 €
Tubo redondo D28	3 842 993 317	3,97m	6 de 662mm	7,48 €/m	29,70 €
Unión de apriete a 0º	3 842 535 458	30		2,9 €/ud	87,00 €
Conector cúbico 30/2	3 842 549 862	4		5,63 €/ud	22,52 €
Unión en T D28	3 842 532 879	12		8,062 €/ud	96,74 €
Tapa 45x45 negra	3 842 548 753	4		1,1 €/ud	4,40 €
Rueda de goma maciza D125 sin freno	3 842 547 837	2		28,96 €/ud	57,92 €
Rueda de goma maciza D125 con freno	3 842 547 838	4		35,15 €/ud	140,60 €



Tablero PVC e=20mm	-	0,27 m ²	1 de 325x820mm	99,75 €/m ²	26,93 €
Pizarra magnética	-	0,18 m ²	1 de 265x682mm	110,63 €/m ²	19,91 €
Juego de escuadra 45x90	3 842 523 570	16		8,54 €/ud	136,64 €
Tuerca martillo	3 842 530 281	16		0,38 €/ud	6,08 €
Empuñadura de puente	3 842 525 481	2		3,31 €/ud	6,62 €
Perfil guía transporte	3 842 993 615	4,04 m	Longitud: 673mm	13,71 €/m	55,39 €
Soporte riel con tope	3 842 538 051	6		9,857 €/ud	59,14 €
Soporte riel sin tope	3 842 538 050	6		9,334 €/ud	56,00 €
Carril transporte Economic XLean	3 842 998 196	12	Distancia horizontal travesaños: 705mm Desnivel: 10%	44,25 €/ud	531,00 €
Precio de una mesa de bolas con tablero de trabajo					1.361,31 €

TABLA 5. LISTA DE MATERIALES DEL PUESTO DE CONTROL. (ELABORACIÓN PROPIA)

5.1.2. PUESTO DE RECICLAJE/ABASTECIMIENTO

El puesto de reciclaje/abastecimiento es un elemento muy versátil de la Escuela, utilizado tanto en la línea de reciclaje del solectrón, de frente con la mesa de trabajo desplegada, como en la línea de montaje del coche como abastecimiento añadido al ofrecido por el puesto de montaje.

La estructura actual de la Escuela está diseñada de tal forma que el tablero que hace de superficie de trabajo se puede abatir cuando la estructura hace de puesto de abastecimiento, dado que, de esta forma, esta mesa no sería necesaria y solo entorpecería las labores del encargado de logística. En mi propuesta, diseñaré la mesa de forma que esta se deslice, como explicaré más adelante.

La estructura base, diseñada con FRAMEpro en perfil 45x45 y unido mediante la unión de apriete, tiene una altura total de 2000mm, una anchura de 1200mm y una profundidad de 1350mm, como se muestra en la Figura 112. A diferencia de en la estructura anterior, en esta los cuatro perfiles verticales sobresalen por encima del resto de la estructura, esto se debe a que, puesto que esta estructura se usa por ambos lados, se debe poder montar la pizarra en ambos. Los dos perfiles colocados en ambos laterales a 772,5mm del suelo se utilizarán para el sistema de deslizamiento de la mesa de trabajo.

Por último, a la estructura base se le han incorporado 4 ruedas giratorias de goma maciza de 125mm de diámetro, dos con freno en la cara delantera, donde se pondrá la mesa, y dos sin freno en la cara posterior.



FIGURA 112. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA BASE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Para el refuerzo de la estructura, además de las uniones de apriete, he colocado escuadras de 45x90 en cada una de las esquinas como se muestra en la Figura 113.



**FIGURA 113. ESTRUCTURA DEL PUESTO DE RECICLAJE/ABASTECIMIENTO CON ESCUADRAS.
(ELABORACIÓN PROPIA)**

Para el diseño de la mesa, he creado con FRAMEpro la estructura que se muestra en la Figura 114, compuesta de dos perfiles de 478,5mm unidos entre sí por otros dos de 1145mm perpendiculares a estos, colocados en la zona delantera, y sobre los que he colocado el tablero de PVC, dejando 227,5mm de perfil lateral libre para instalar dos patines, que deslizarán por los perfiles laterales de la estructura para sacar la mesa o meterla.

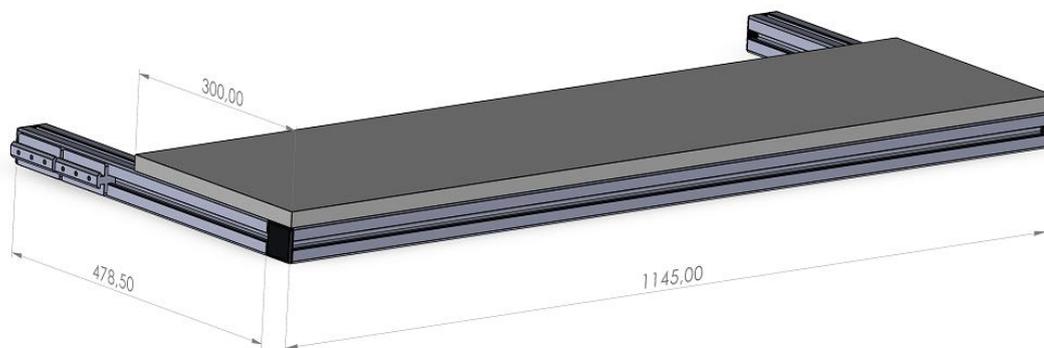


FIGURA 114. ESTRUCTURA DE LA MESA DESLIZANTE. (ELABORACIÓN PROPIA)



Esta estructura se ha montado en la del puesto insertando los patines de la mesa en el canal de la estructura como se muestra en la Figura 115. Estos permiten deslizar la mesa hacia fuera hasta sacar el tablero por completo, donde los patines harán tope entre el perfil de la estructura y la tapa del perfil, o deslizarla hacia adentro hasta que esta no asome, como se muestra en la Figura 116 y Figura 117.

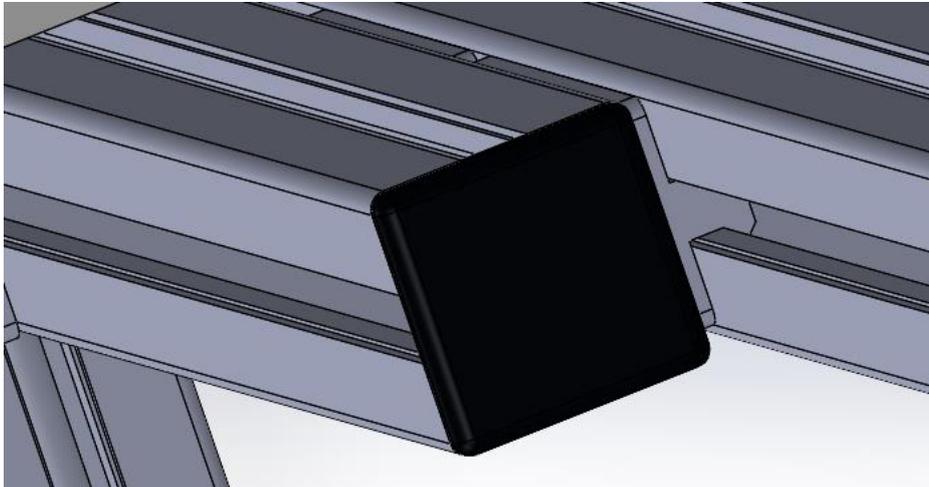


FIGURA 115. PATÍN INSERTADO EN LOS CANALES DE LA MESA Y EL PUESTO. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 116. PUESTO CON LA MESA DESLIZADA HACIA DENTRO. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 117. PUESTO CON LA MESA HACIA FUERA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Este puesto tiene tres niveles de caminos de rodillos, divididos cada uno en 3 secciones, con inclinación a ambos lados. El nivel inferior, con tramos de ruedas normales y con pestaña, inclinado hacia delante, el nivel intermedio a la altura de la mesa con dos secciones hacia delante y otro hacia atrás y, por último, el tramo superior, con todas las secciones inclinadas hacia atrás.

El nivel inferior, colocado a 110mm del perfil horizontal, por encima de las escuadras, está dividido utilizando una combinación de ruedas normales y ruedas con pestaña, teniendo cada sección 4 tramos de rodillos, 2 normales y 2 con pestaña a cada lado para delimitar, como se muestra en la Figura 118.

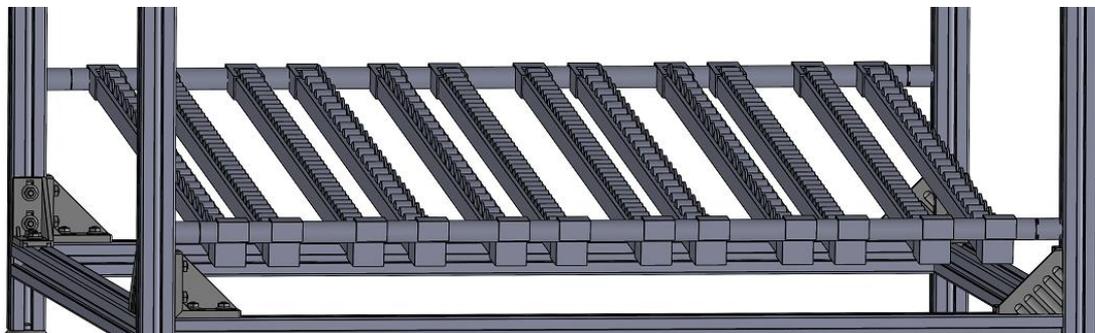


FIGURA 118. CAMINO DE RODILLOS INFERIOR CON SEPARACIÓN MEDIANTE RUEDAS CON PESTAÑA. (ELABORACIÓN PROPIA)



El nivel intermedio, al tener tramos con distintas inclinaciones, se ha diseñado utilizando 3 travesaños, aunque se podrían haber utilizado 4 quedando los caminos en forma de cruz, utilizando uno delantero para apoyar todos los caminos de rodillos y dos traseros para soportar los tramos de distintas inclinaciones. Para separar las diferentes secciones en este nivel, he utilizado el perfil separador, que en ciertas ocasiones puede ser más versátil, ya que este se puede quitar por completo y todos los rodillos pueden utilizarse tanto en el centro de la sección como en los laterales, lo que permite modificar el nivel con facilidad para amoldarlo a diferentes tamaños de cestas (Figura 119).

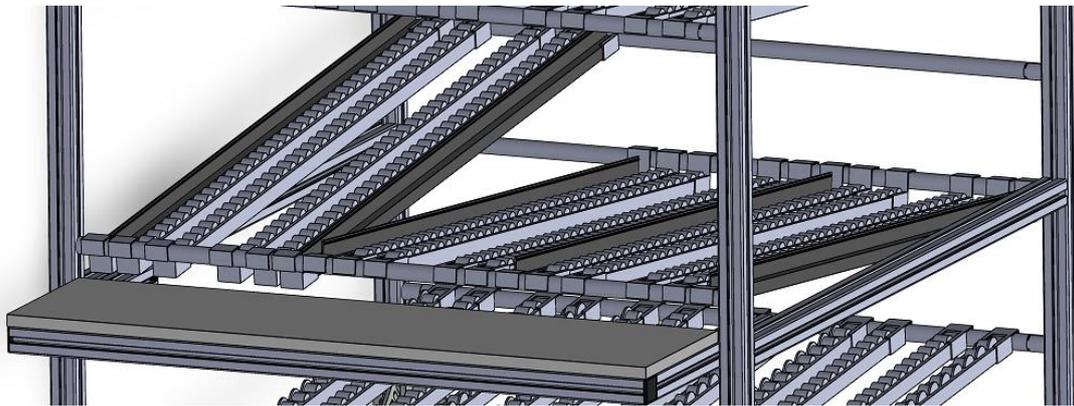


FIGURA 119. CAMINO DE RODILLOS INTERMEDIO CON SEPARADORES. (ELABORACIÓN PROPIA)

Por último, he colocado los caminos de rodillos del nivel superior, en este caso todos inclinados hacia atrás y separados, nuevamente, mediante los separadores del nivel intermedio.

Adicionalmente, he añadido en cada una de las esquinas una empuñadura de puente, dando como resultado la estructura de la Figura 120, que tendrán en común ambas versiones de este puesto, diferenciándose por el lado en el que está montada la pizarra, que diseñaremos a continuación.



**FIGURA 120. PUESTO DE RECICLAJE/ABASTECIMIENTO CON LOS CAMINOS DE RODILLOS.
(ELABORACIÓN PROPIA)**

Para la elaboración de la pizarra he seguido el mismo proceso que seguí para la pizarra del puesto de control. He creado el diseño con FRAMEpro en el perfil 30x30 con dos caras lisas, unidos mediante el conector cúbico con el tablero de pizarra insertado en el canal (Figura 121). Posteriormente, la he unido a la estructura del puesto mediante las escuadras del modelo de pizarra de Bosch.



FIGURA 121. PIZARRA DEL PUESTO DE RECICLAJE/ABASTECIMIENTO. (ELABORACIÓN PROPIA)

Una vez insertada la pizarra en la estructura, en función de en qué lado se monte, se utilizará como un puesto u otro. Si se monta en la cara delantera, de lugar al puesto de



reciclaje del solectrón (Figura 122), mientras que si se monta por la cara trasera se utiliza como puesto de abastecimiento de la línea de montaje del coche (Figura 123).



FIGURA 122. PUESTO DE RECICLAJE DEL SOLECTRÓN. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 123. PUESTO DE ABASTECIMIENTO DE LA LÍNEA DE MONTAJE DEL COCHE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Lista de materiales

Ambos puestos comparten la lista de materiales, dado que su única diferencia es el lado de inclinación de los caminos de rodillos, pero estos son iguales en ambos casos. La lista de materiales que se muestra a continuación corresponde a un solo puesto (Tabla 6).

Todos los precios de los elementos de Bosch se han obtenido de la página o de su proveedor, mientras que la pizarra y el PVC de otras empresas, por lo que se muestra un precio aproximado.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 45x45	3 842 553 618	20,37m	4 de 1842mm	15,19 €/m	309,42 €



			6 de 1305mm con un mecanizado por cada extremo		
			4 de 1155mm con un mecanizado por cada extremo		
			1 de 1145mm		
			1 de 1055mm con un mecanizado por cada extremo		
			2 de 478,5mm con un mecanizado en uno de sus extremos		
Perfil 30x30 2N	3 842 992 399	2,61m	2 de 1087mm 2 de 217mm	13,58 €/m	35,44 €
Tubo redondo D28	3 842 993 317	7,61m	7 de 1087mm	7,48 €/m	56,92 €
Unión de apriete a 0°	3 842 535 458	20		2,9 €/ud	58,00 €
Unión de apriete a 90°		4		2,9 €/ud	11,60 €
Conector cúbico 30/2	3 842 549 862	4		5,63 €/ud	22,52 €
Unión en T D28	3 842 532 879	14		8,062 €/ud	112,87 €
Tapa 45x45 negra	3 842 548 753	8		1,1 €/ud	8,80 €
Rueda de goma maciza D125 sin freno	3 842 547 837	2		28,96 €/ud	57,92 €
Rueda de goma maciza D125 con freno	3 842 547 838	2		35,15 €/ud	50,30 €
Tablero PVC e=20mm	-	0,34 m ²	1 de 1145x300mm	99,75 €/m ²	33,92 €
Pizarra magnética	-	0,26 m ²	1 de 235x1105mm	110,63 €/m ²	28,76 €
Juego de escuadra 45x90	3 842 523 570	16		8,54 €/ud	136,64 €



Tuerca martillo	3 842 530 281	6		0,38 €/ud	2,28 €
Empuñadura de puente	3 842 525 481	4		3,31 €/ud	13,24 €
Carril transporte Economic XLean	3 842 998 196	30	Distancia horizontal travesaños: 1350mm Desnivel: 10%	69,17 €/ud	2.075,1 €
Carril transporte Economic XLean con pestaña	3 842 993 322	6	Distancia horizontal travesaños: 1350mm Desnivel: 10%	77,82 €/ud	466,92 €
Perfil guía transporte	3 842 993 615	11,81 m	Longitud: 1321,3mm	13,71 €/m	161,92 €
Soporte riel con tope	3 842 538 051	9		9,857 €/ud	88,71 €
Soporte riel sin tope	3 842 538 050	9		9,334 €/ud	84,01 €
Patín	3 842 523 205	4		3,37 €/ud	13,48 €
Precio de un puesto de reciclaje/abastecimiento					3.519,35 €

TABLA 6. LISTA DE MATERIALES DEL PUESTO DE RECICLAJE/MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

5.1.3. PUESTO DE MONTAJE

El puesto de montaje es una estructura involucrada en el montaje de los dos productos, con una gran mesa desplegable y dos niveles de rodillos. La estructura actual de la Escuela tiene un problema, y es que la mesa una gran superficie de la mesa queda cubierta por el camino de rodillos inferior, que intentaremos solucionar en la estructura propuesta.

En la Figura 137 se muestra la estructura, creada con FRAMEpro en perfil 45x45, de 2100mm de altura en la parte delantera y 1800mm en la trasera, 1245mm de ancho y 1395mm de profundidad. Además de los perfiles horizontales en la parte inferior y superior, he colocado 3 en la zona intermedia que, además de reforzar la estructura, se utilizará para el sistema de la mesa desplegable, junto con el vertical de 505mm.

Junto con las tapas en los perfiles verticales, he colocado las 4 ruedas giratorias en el núcleo de los perfiles, 2 con freno en la cara delantera y 2 sin freno en la trasera.



FIGURA 124. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA BASE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Al igual que se ha hecho con el resto de las estructuras altas, he colocado escuadras de 45x90 en las esquinas para reforzar la estructura, como se muestra en la Figura 125.



FIGURA 125. ESTRUCTURA DEL PUESTO DE MONTAJE CON ESCUADRAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

La mesa deslizante tendrá un sistema similar al del puesto de reciclaje/abastecimiento, además de un brazo plegable para soportar el peso de la mesa una vez que esta está desplegada.

Para el diseño de la mesa, he creado un boceto con FRAMEpro similar al anterior en el perfil 45x45 unido con uniones de apriete, con una anchura de 1145mm y una profundidad de 1372,5mm, como se muestra en la Figura 126. Los 800mm de la zona delantera soportarán el tablero que hará de superficie de trabajo como se muestra en la Figura 127, reforzada por un perfil para que esta no se combe con el peso, mientras que la zona posterior estará unida a la estructura mediante 7 patines por cada lado y soportará parte del peso una vez que la mesa este desplegada.



FIGURA 126. ESTRUCTURA DE LA MESA DESLIZABLE DEL PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

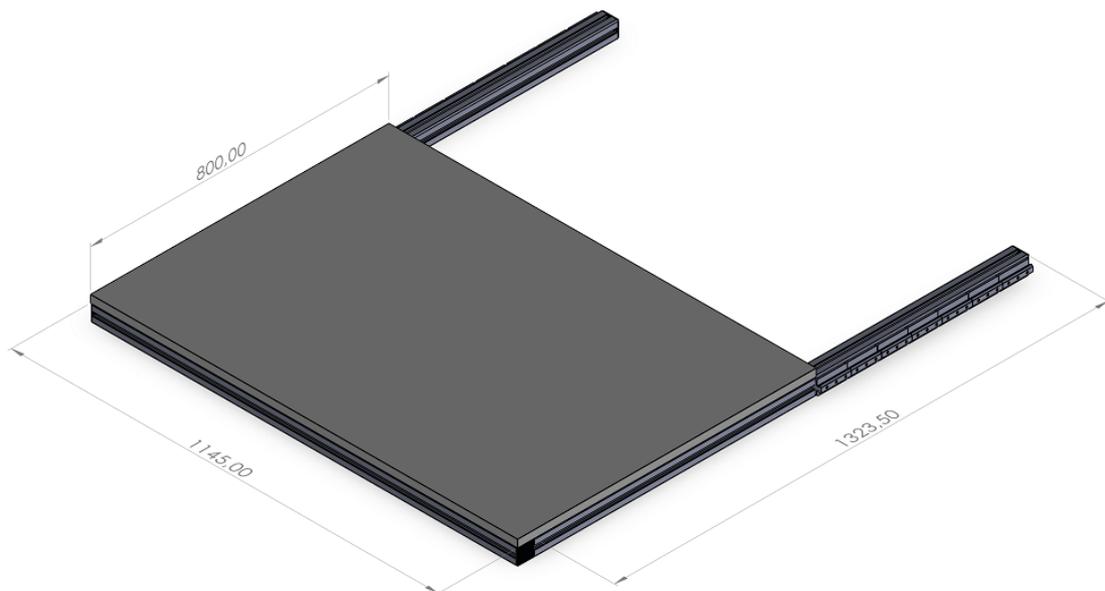


FIGURA 127. MESA DESLIZABLE DEL PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Una vez que la mesa está desplegada, puesto que la mayor parte de la estructura está en voladizo, necesita un apoyo para mantener su estabilidad, para ello he diseñado un brazo plegable, que se muestra en la Figura 128. El perfil vertical de este va insertado en el pedestal de cojinete mediante la inserción de los pernos del pedestal en el núcleo del perfil, como se muestra en la Figura 129.

Este mecanismo permite girar el brazo hasta pegarlo al puesto cuando la mesa esta recogida y que este no moleste y, cuando la mesa está desplegada, el brazo se gira hasta ponerlo en perpendicular a la estructura y que la mesa quede apoyada en el brazo (Figura 130).

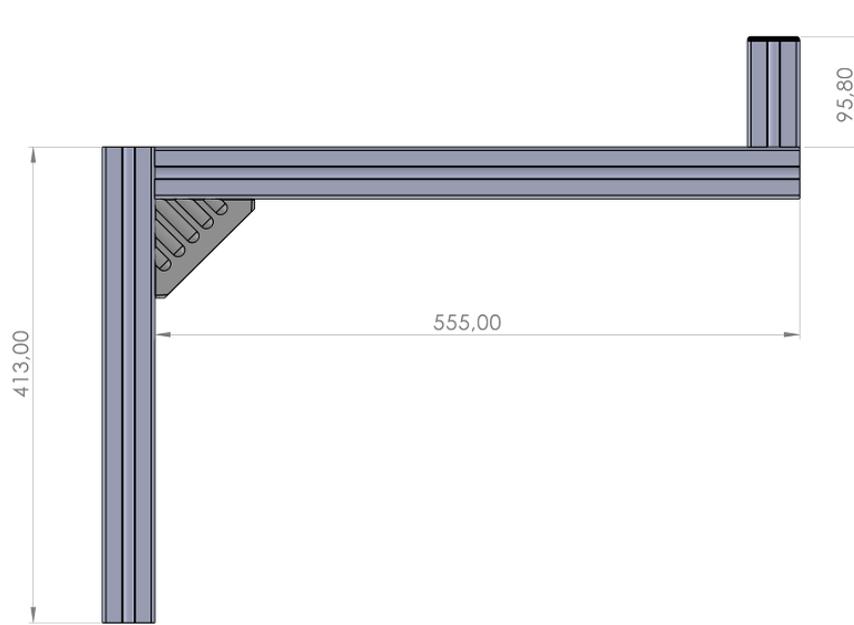


FIGURA 128. BRAZO PLEGABLE. (ELABORACIÓN PROPIA)

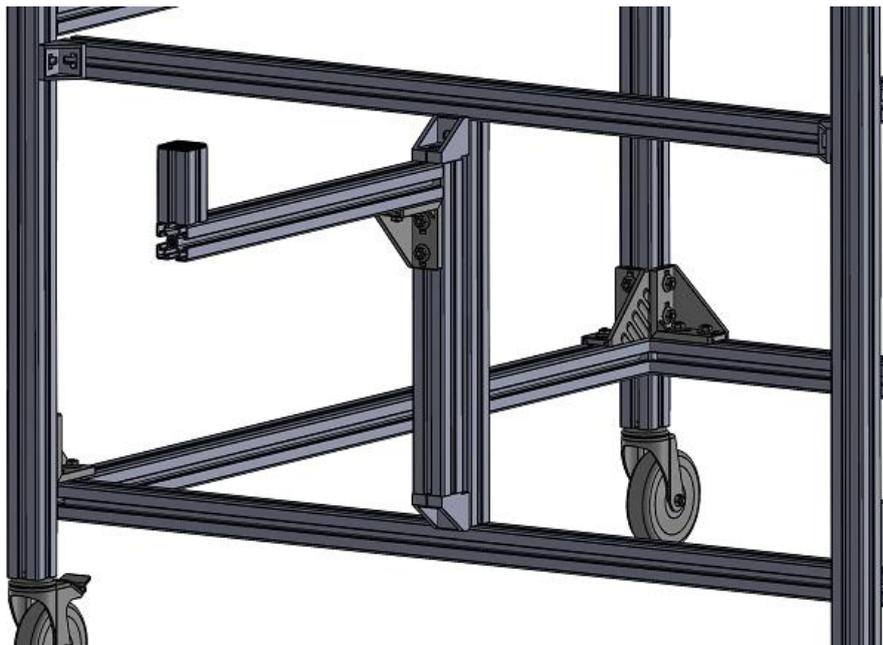


FIGURA 129. PEDESTAL DE COJINETE CON EL BRAZO INSERTADO. (ELABORACIÓN PROPIA)

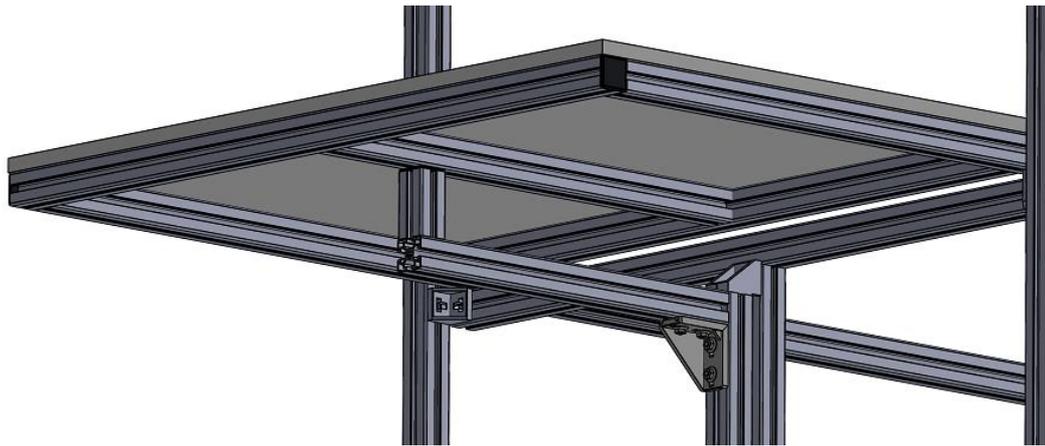


FIGURA 130. MESA DESPLEGADA APOYADA EN EL BRAZO. (ELABORACIÓN PROPIA)

Para instalar la mesa en la estructura, se insertan los patines de la mesa en el canal de los perfiles horizontales. Cuando la mesa esta recogida esta ocupa casi todo el largo de la estructura, y cuando se desliza hacia afuera, esta solo sobresale los 800mm del tablero, puesto que los patines hacen tope e impiden que la mesa se salga de estos. En la Figura 131 se muestra la mesa ya instalada y desplegada hasta el tope apoyada en el brazo de soporte. En la Figura 132 se muestra la estructura con la mesa recogida y el brazo plegado.



FIGURA 131. MESA DESPLEGADA INSERTADA EN EL PUESTO. (ELABORACIÓN PROPIA)



FIGURA 132. MESA RECOGIDA INSERTADA EN EL PUESTO. (ELABORACIÓN PROPIA)

A continuación de la mesa, he instalado los caminos de rodillos. El puesto de montaje está compuesto por 2 niveles de caminos de rodillos divididos en 3 secciones, una de ellas inclinada hacia atrás.

El nivel inferior, colocado a 82,8mm de la superficie del tablero, está dividida en 3 secciones inclinadas hacia delante. Cada sección está compuesta por 4 tramos de caminos de rodillos y separados por el perfil separador.

El nivel superior, a 250mm del inferior, está dividido en 3 secciones, dos de ellas inclinadas hacia delante, al igual que el nivel inferior, y la tercera inclinada hacia la parte trasera. Para montar los tramos con ambas inclinaciones, he instalado 3 travesaños, 1 en la cara trasera que soporta todos los tramos de rodillos, y 2 en la cara delantera, uno superior para sostener la sección inclinada hacia atrás y el inferior con los 2 tramos inclinados hacia delante. Todas las secciones están divididas por el perfil separador.

En la Figura 133 se muestra el puesto con los caminos de rodillos instalados.



FIGURA 133. PUESTO CON CAMINOS DE RODILLOS. (ELABORACIÓN PROPIA)

Finalmente, he diseñado la pizarra para colocar en la parte superior de los perfiles verticales delanteros, de la misma forma que se ha hecho en las estructuras anteriores. Con FRAMEpro, he creado un boceto de 1147mm de ancho por 277mm de alto en el perfil 30x30 con dos caras lisas, unidos mediante el conector cúbico, y con el tablero de pizarra insertado al canal de los perfiles, como se muestra en la Figura 134.



FIGURA 134. PIZARRA DEL PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Por último, he añadido 2 empuñaduras de puente a modo de asas para tirar de ellas y facilitar el movimiento, dando como resultado a la estructura final de la Figura 135.



FIGURA 135. PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Lista de materiales

Ambos puestos comparten la lista de materiales, dado que su única diferencia es el lado de inclinación de los caminos de rodillos, pero estos son iguales en ambos casos. La lista de materiales que se muestra a continuación corresponde a un solo puesto (Tabla 7).

Todos los precios que se muestran de los elementos de Bosch se han obtenido de la página o de su proveedor, mientras que la pizarra y el PVC de otras empresas, por lo que se muestra un precio aproximado.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 45x45	3 842 553 618	27,97m	2 de 1938mm 2 de 1660,5mm 6 de 1305mm con un mecanizado por cada extremo	15,19 €/m	424,86 €



			5 de 1155mm con un mecanizado por cada extremo 1 de 555mm con un mecanizado por cada extremo 2 de 1323,5mm con un mecanizado en uno de sus extremos 1 de 1055mm con un mecanizado por cada extremo 1 de 1137mm 1 de 710mm con un mecanizado por cada extremo 1 de 91,8mm con un mecanizado en uno de sus extremos 1 de 555mm con un mecanizado por cada extremo 1 de 413mm		
Perfil 30x30 2N	3 842 992 399	2,61m	2 de 1087mm 2 de 217mm	13,58 €/m	35,44 €
Tubo redondo D28	3 842 993 317	5,44m	5 de 1087mm	7,48 €/m	40,69 €
Unión de apriete a 0°	3 842 535 458	20		2,9 €/ud	58,00 €
Unión de apriete a 90°	3 842 535 466	9		2,9 €/ud	26,10 €
Conector cúbico 30/2	3 842 549 862	4		5,63 €/ud	22,52 €
Unión en T D28	3 842 532 879	10		8,062 €/ud	80,62 €
Tapa 45x45 negra	3 842 548 753	11		1,1 €/ud	12,10 €
Rueda de goma maciza D125 sin freno	3 842 547 837	2		28,96 €/ud	57,92 €
Rueda de goma maciza	3 842 547 838	2		35,15 €/ud	70,30 €



D125 con freno					
Tablero PVC e=20mm	-	0,92 m ²	1 de 1145x800mm	99,75 €/ m ²	91,77 €
Pizarra magnética	-	0,26 m ²	1 de 235x1105mm	110,63 €/ m ²	28,76 €
Juego de escuadra 45x90	3 842 523 570	15		8,54 €/ud	128,10 €
Escuadra 45x45	3 842 523 561	2		3,82 €/ud	7,64 €
Tuerca martillo	3 842 530 281	16		0,38 €/ud	6,08 €
Empuñadura de puente	3 842 525 481	2		3,31 €/ud	4,42 €
Carril transporte Economic XLean	3 842 998 196	24	Distancia horizontal travesaños: 1350mm Desnivel: 10%	69,17 €/ud	1.660,08 €
Perfil guía transporte	3 842 993 615	11,89 m	Longitud: 1321,3mm	13,71 €/m	163,01 €
Soporte riel con tope	3 842 538 051	9		9,857 €/ud	88,71 €
Soporte riel sin tope	3 842 538 050	9		9,334 €/ud	84,01 €
Patín	3 842 523 205	14		3,37 €/ud	47,18 €
Pedestal de cojinete	3 842 547 868	1		52,58 €/ud	52,58 €
Precio de un puesto de montaje					3.110,27 €

TABLA 7. LISTA DE MATERIALES DEL PUESTO DE MONTAJE. (ELABORACIÓN PROPIA)

5.1.4. LAVADORA

La lavadora es una estructura que tiene la misma función que los carritos, esta se utiliza en la producción de los solectrones, transportando las piezas para su fabricación hasta los puestos de montaje. Se trata de una sencilla estructura alta, con una gran pizarra, 4 niveles de caminos de rodillos y sin mesa de trabajo.

Para el diseño de la base de la estructura he usado FRAMEpro, creando dos bocetos con distintas medidas para añadir el perfil 45x45. La parte más alta, está compuesta por dos perfiles de 1600mm, a los que se sujetara la pizarra, además, he insertado dos perfiles horizontales en la mitad de la estructura con el fin de reforzarla, todos ellos unidos con las uniones de apriete por su cara oculta.

Para permitir el movimiento, he instalado 4 ruedas giratorias de 125mm de diámetro en las esquinas, dos con freno por delante, y dos sin freno por detrás según la Figura 136.



FIGURA 136. MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA BASE. (ELABORACIÓN PROPIA)

Adicionalmente a los perfiles horizontales, y con el fin de reforzar la estructura y que no pierda su estabilidad, he colocado escuadras de 45x90 en cada esquina (Figura 137), al igual que en las estructuras anteriores.



FIGURA 137. ESTRUCTURA DE LA LAVADORA CON ESCUADRAS. (ELABORACIÓN PROPIA)

Para el montaje de los caminos de rodillos he descargado, de nuevo, los travesaños y los tramos de rodillos de 737mm y 1300mm, respectivamente, de la página de Bosch y los he insertado en la estructura con una distancia de 250mm entre travesaños, como se muestra en la Figura 138.

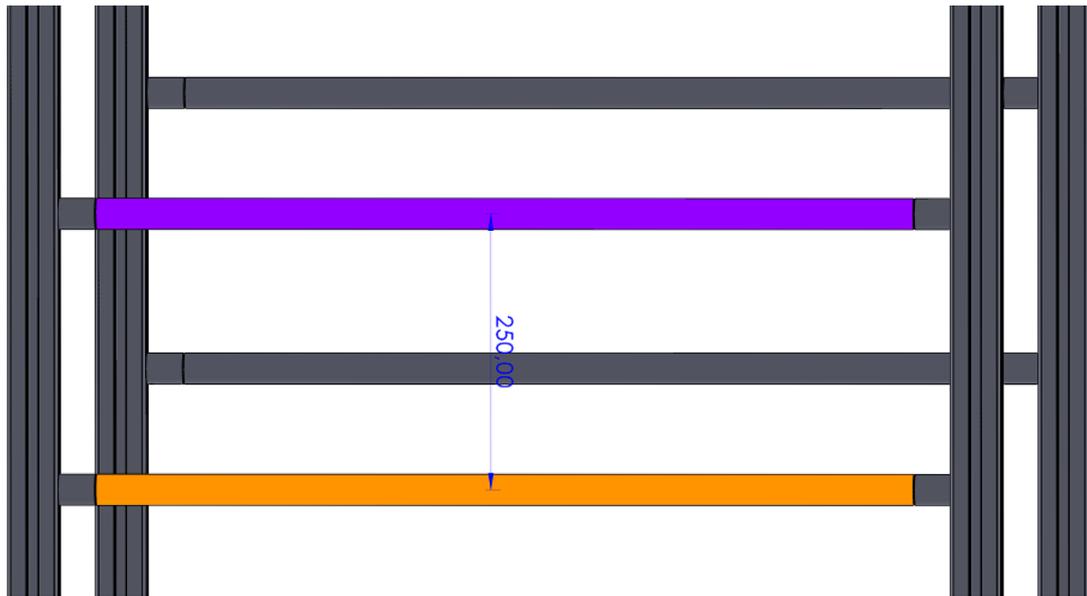


FIGURA 138. TRAVESAÑOS ESTRUCTURA LAVADORA. (ELABORACIÓN PROPIA)

En esta estructura, los niveles de rodillos están divididos en 4 secciones, cada uno con 3 tramos de caminos, para separar las secciones, en vez de separadores, he puesto ruedas con pestaña en los laterales, con el fin de optimizar el espacio y poder poner más caminos de rodillos y asegurar la estabilidad de las cestas. En la Figura 139 se muestra la lavadora con los 4 niveles con caminos de rodillos.



FIGURA 139. ESTRUCTURA DE LA LAVADORA CON LOS CAMINOS DE RODILLOS. (ELABORACIÓN PROPIA)

A continuación, para hacer el diseño de la pizarra seguimos mismo proceso que con las estructuras anteriores, realizando el marco con FRAMEpro y, posteriormente, insertando el tablero de pizarra en el canal.

La pizarra tiene una anchura de 797mm y una altura de 447mm, elaborada en perfil 30x30 con dos caras lisas unidos mediante el conector cúbico y al que he insertado el tablero al canal, como se muestra en la Figura 140.



FIGURA 140. PIZARRA DE LA LAVADORA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Una vez realizado el diseño de la pizarra, la he insertado en la estructura, sujetándolo a los dos perfiles verticales delanteros mediante las escuadras de Bosch para sujetar la pizarra, formando la estructura de la Figura 141.

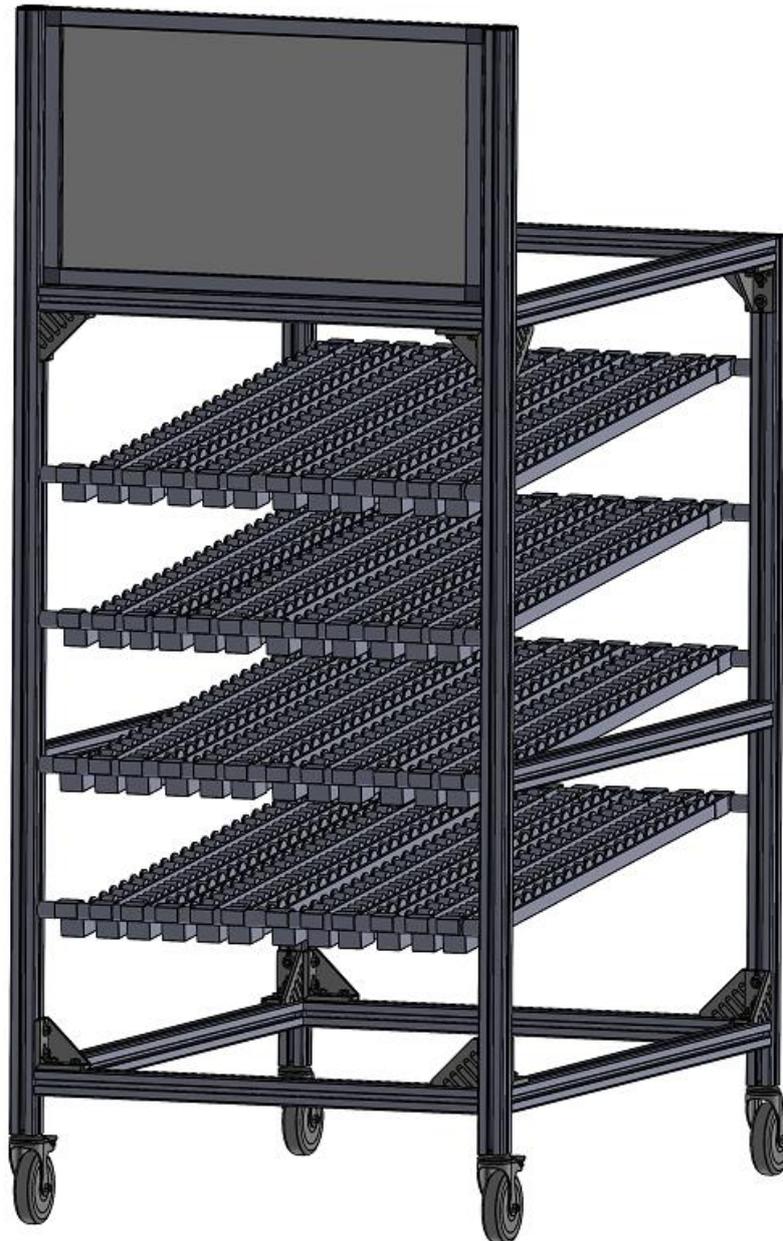


FIGURA 141. ESTRUCTURA CON PIZARRA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Esta estructura debe tener facilidad para moverse, dado que su finalidad es el transporte de las piezas para fabricar los productos. A pesar de que el mejor mecanismo para su movimiento sería el manillar del carrito o la mesa pequeña, este entorpecería el acceso a los caminos de rodillos, por lo que, en su lugar, he optado por poner dos empuñaduras de puente en los perfiles verticales, como en las estructuras anteriores, de forma que estas facilitan el movimiento de la estructura, tanto para tirar como empujar, permitiendo el acceso a los caminos de rodillos. En la Figura 142 se muestra la estructura final.

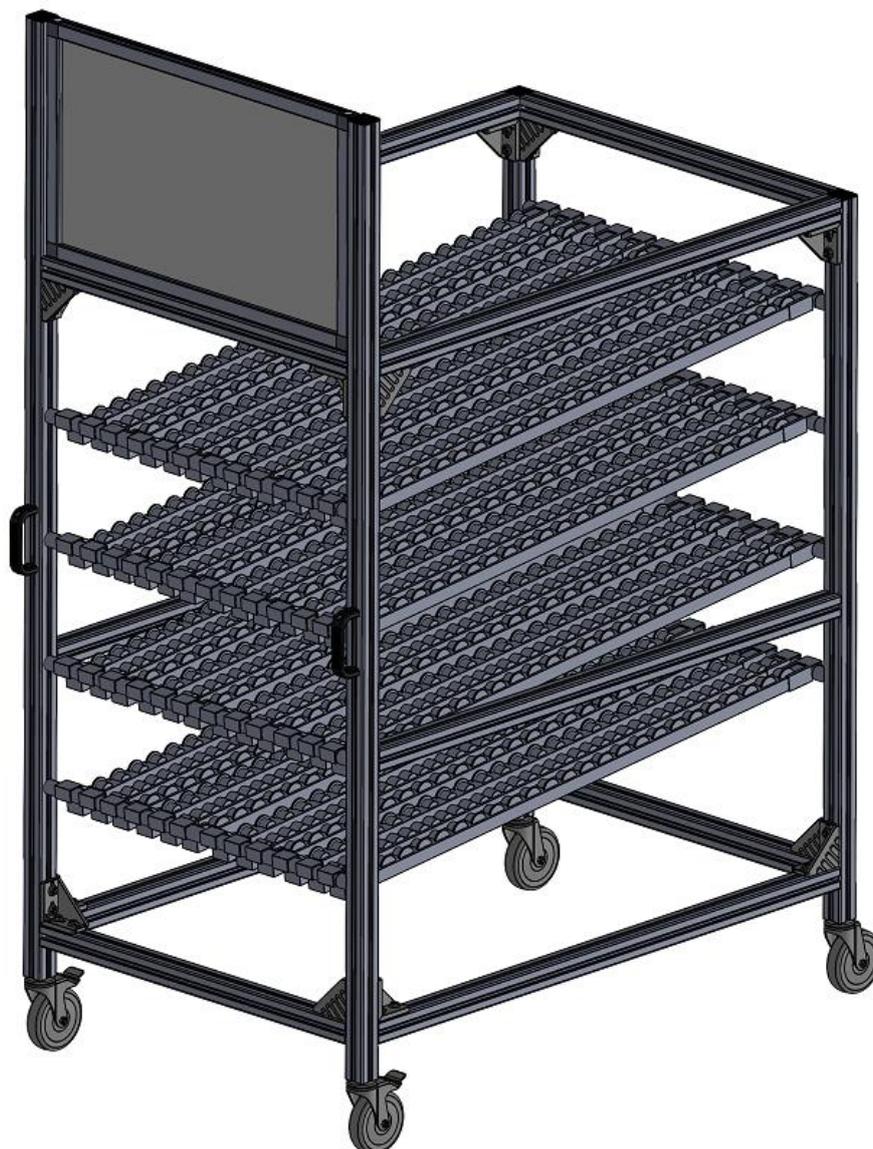


FIGURA 142. LAVADORA. (ELABORACIÓN PROPIA)

Lista de materiales

A continuación, se muestra la lista de materiales correspondiente a una estructura (Tabla 8).

Los precios de los materiales de Bosch se han obtenido tanto de la página como se proveedor, mientras que la pizarra y el PVC de otras empresas para poner un precio aproximado.

Elemento	Nº código	Cantidad	Notas	Precio unitario (€/ud)	Precio total (€)
Perfil 45x45	3 842 553 618	17,56m	2 de 1942mm 2 de 1464,5mm	15,19 €/m	266,74 €



			4 de 805mm con un mecanizado por cada extremo		
			6 de 1255mm con un mecanizado por cada extremo		
Perfil 30x30 2N	3 842 992 399	2,31m	2 de 737mm 2 de 417mm	13,58 €/m	31,37 €
Tubo redondo D28	3 842 993 317	5,9m	8 de 737mm	7,48 €/m	44,13 €
Unión de apriete a 0°	3 842 535 458	20		2,9 €/ud	28,00 €
Conector cúbico 30/2	3 842 549 862	4		5,63 €/ud	22,52 €
Unión en T D28	3 842 532 879	16		8,062 €/ud	128,99 €
Tapa 45x45 negra	3 842 548 753	4		1,1 €/ud	4,40 €
Rueda de goma maciza D125 sin freno	3 842 547 837	2		28,96 €/ud	57,92 €
Rueda de goma maciza D125 con freno	3 842 547 838	2		35,15 €/ud	70,30 €
Pizarra magnética	-	0,33 m ²	1 de 433x753mm	110,63 €/m ²	36,51 €
Juego de escuadra 45x90	3 842 523 570	16		8,54 €/ud	136,64 €
Empuñadura de puente	3 842 525 481	4		3,31 €/ud	13,24 €
Carril transporte Economic XLean	3 842 998 196	16	Distancia horizontal travesaños: 1300mm Desnivel: 10%	67,24 €/ud	1.075,85 €



Carril transporte Economic XLean con pestaña	3 842 993 322	32	Distancia horizontal travesaños: 1300mm	75,65 €/ud	2.420,8 €
			Desnivel: 10%		
Precio de una lavadora					4.202,42 €

TABLA 8. LISTA DE MATERIALES DE LA LAVADORA. (ELABORACIÓN PROPIA)

5.2. ACCESORIOS

Para finalizar, una vez vistas todas las estructuras propuestas para la Escuela Lean, me ha parecido relevante mencionar ciertos accesorios de Bosch compatibles con las estructuras y que pueden ser útiles para utilizar en la Escuela.

Para comenzar, se muestran los clips de rotulación, unas piezas de plástico a las que se les pueden poner etiquetas y que se pueden insertar tanto a los tubos para los caminos de rodillos como al canal de los perfiles (Figura 143). Como hemos visto en el capítulo de la Escuela Lean, ya se utilizan elementos similares para identificar las piezas y productos en las estructuras con caminos de rodillos.

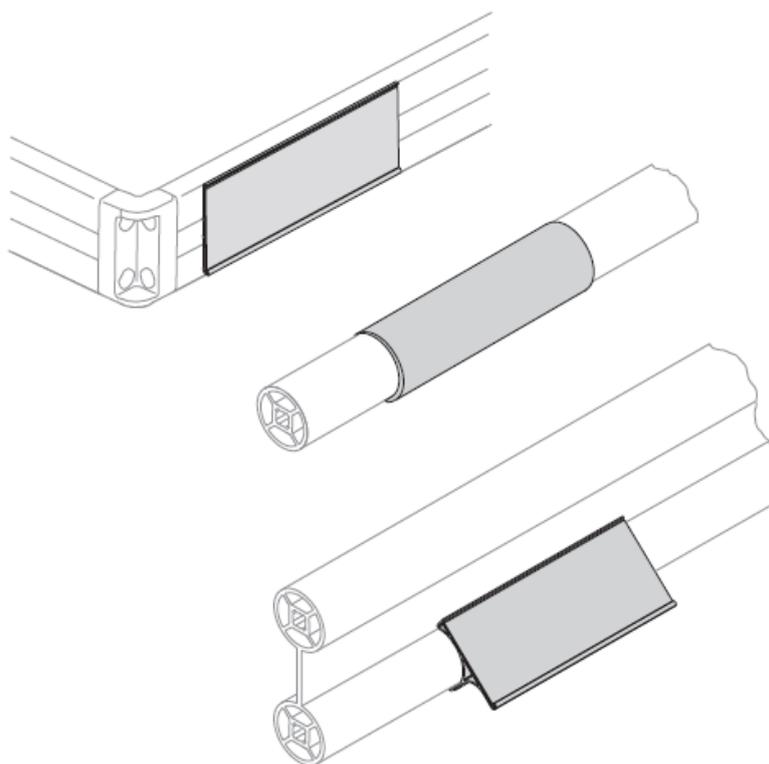


FIGURA 143. CLIP DE ROTULACIÓN. (BOSCH REXROTH. (2019))

Para instalar en los puestos de trabajo, Bosch cuenta con unos perfiles de suspensión, que pueden sujetarse a los perfiles verticales (Figura 144), y permiten la instalación de cajas para almacenar piezas pequeñas como tornillos o arandelas, además de ciertas herramientas, y que estas no se encuentren sueltas por la zona de trabajo, contribuyendo así a la herramienta Lean de las 5S.



Como se puede ver en la imagen, estas cajas pueden sujetarse fácil y rápidamente al perfil de suspensión mediante la introducción de la pestaña de la caja al canal del perfil.

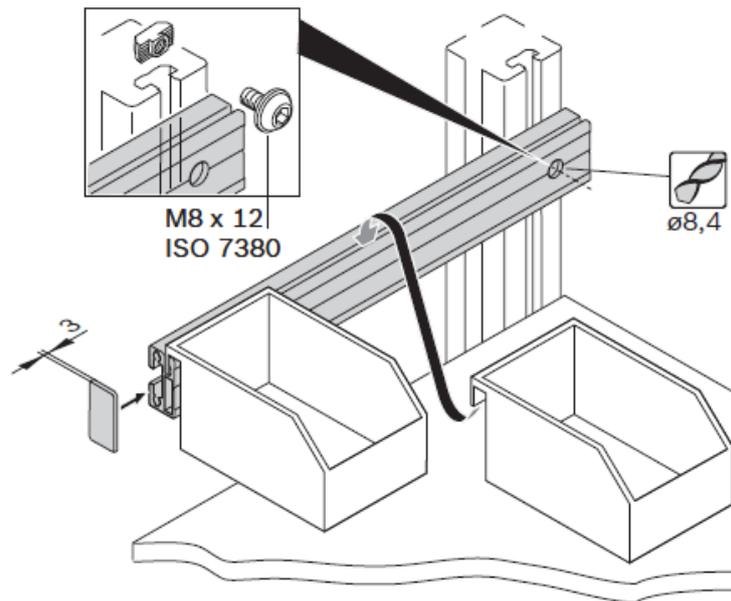


FIGURA 144. PERFIL DE SUSPENSIÓN. (BOSCH REXROTH. (2019))

Como alternativa al perfil de suspensión, Bosch también cuenta con elementos de fijación para las cajas (Figura 145). Estos son unos elementos que se fijan a los perfiles utilizados en las estructuras que permiten enganchar las cajas de la misma manera que el perfil de suspensión. Estos elementos pueden utilizarse tanto en los puestos, cerca de la pizarra para almacenar las tarjetas informativas o rotuladores para escribir en ella, como en las mesas de trabajo, para transportar herramientas u otros elementos de montaje.

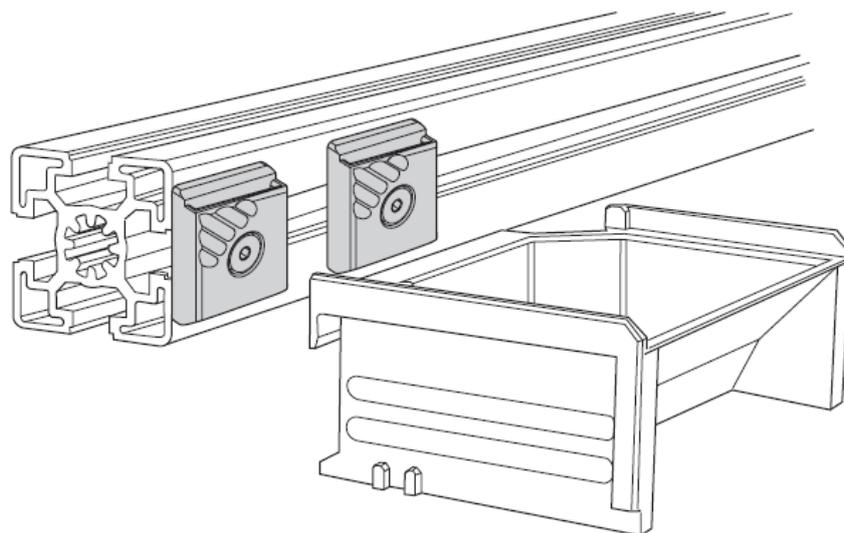


FIGURA 145. ELEMENTO DE FIJACIÓN PARA LAS CAJAS. (BOSCH REXROTH. (2019))

Por último, Bosch cuenta con distintos elementos portaherramientas, como los que se muestran en la Figura 146, que permite sostener distintas herramientas como pueden ser destornilladores, llaves inglesas, entre otros. Estos elementos pueden sujetarse de la



misma forma que las cajas ya mencionadas a los perfiles de suspensión o a los perfiles normales de Bosch mediante el elemento de fijación para cajas.

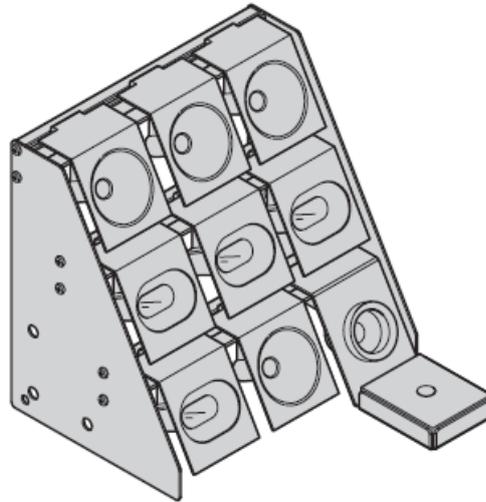


FIGURA 146. PORTAHERRAMIENTAS. (BOSCH REXROTH. (2019))



VI. ESTUDIO ECONÓMICO

El objetivo del trabajo presente es el rediseño de los elementos de manutención de la Escuela Lean, buscando tanto la mejora de los actuales como la resolución de los problemas que estos han presentado a lo largo de los años.

Este proyecto solo incluye el estudio y diseño de los elementos, por lo que a la hora de evaluar los costes no será necesario tener en cuenta los costes de los productos necesarios para su fabricación. Por lo que en este capítulo se incluirán los costes asociados al estudio y rediseño de los elementos, incluyendo las horas dedicadas y los recursos utilizados.

6.1. JERARQUÍA EN UN PROYECTO DE DISEÑO

En un proyecto de diseño industrial intervienen una serie de personas que pueden clasificarse de acuerdo a:

- Director
- Responsable de organización
- Encargado de diseño de los productos
- Responsable de departamento

Cada una de estas personas cumple con una obligación distinta. El director se encarga de planificar el proyecto y establece el presupuesto para este. Es el responsable de la idea del proyecto y, además, coordina al resto de personas que participan en este. Finalmente, es el encargado de revisar el proyecto a lo largo de todo su desarrollo y da el visto bueno al final.

El responsable de organización debe estar en constante contacto con el director a fin de asegurar un buen resultado final del proyecto. Se encarga de definir las características que deben cumplir los productos a diseñar, además de contribuir en el diseño junto con el encargado de diseño.

El encargado de diseño se encarga del diseño de los nuevos productos junto con el responsable de organización. Además, es el encargado de recopilar información, estudiando, tanto los elementos a rediseñar como, en este caso, las diferentes técnicas Lean que se pueden aplicar en el proyecto. Adicionalmente, un auxiliar administrativo puede ayudarle a la redacción de la memoria.

Finalmente, el responsable de departamento es el encargado de informar al resto del equipo acerca de las distintas circunstancias que pueden afectar al diseño de los productos finales.

6.2. FASES DE DESARROLLO

Se trata de un proyecto de diseño de producto, en el cual, el resultado final no se trata de un producto físico, sino el diseño de una serie de productos, por lo que los costes de planificación se van a limitar a las horas de ingeniería empleadas, sin contar con la fabricación de estos productos.

Este proyecto se basa en un diseño de 8 elementos de manutención, cuya vida útil va a ser considerablemente mayor a la de los productos físicos en sí, pero que ira degradándose con el paso del tiempo debido a la renovación de los elementos con los que se han



diseñado estas estructuras. Además, dado el uso final de estos, se seguirán encontrando fallos y opciones de mejora, que incurrirán en diferentes costes a futuro.

Las diferentes etapas que conllevan la realización de un proyecto de diseño son las siguientes:

- Necesidad del proyecto: esta etapa ha incluido el estudio y análisis básico de los elementos de mantenimiento actuales, lo que ha derivado en la necesidad de hacer un rediseño de estos con el fin tanto de mejorarlos como de solucionar ciertos problemas que estos presentan. A continuación, se busca al profesional adecuado para el diseño de los nuevos productos y, una vez recopilada la información y formulado el problema se realiza la planificación del proyecto y la asignación de recursos. Finalmente, se hace el estudio de viabilidad.
- Presentación del proyecto: en esta etapa, se presenta el proyecto a los responsables del departamento en cuestión y se solicita su colaboración, presentando a los demás integrantes del proyecto.
- Recopilación de información: ya en contacto con los responsables de departamento, se puede proceder al estudio y análisis de los elementos actuales con el fin de obtener la mayor información posible que facilite el rediseño de estos y asegure su utilidad una vez realizada su fabricación e implantación.
- Análisis y búsqueda: ya habiendo recopilado toda la información necesaria, se procede a la búsqueda de los recursos que serán necesarios para su desarrollo. Incluyendo el software necesario para el diseño como los catálogos en los que se muestran los elementos con los que se diseñarán los productos. En este se realiza la toma de fotos y medidas que se utilizarán para el diseño.
- Escritura, difusión e implantación: tras el diseño de los elementos, se realiza y se entrega la memoria, comentando los nuevos diseños, así como su funcionamiento y se recopilan las quejas o solicitudes de cambio.

6.3. ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se va a realizar el estudio económico de la realización del proyecto, incluyendo el desglose en las diferentes etapas en las que se ha realizado. Se van a evaluar los costes separados por actividades para poder analizar los costes que ha generado cada actividad en el producto final.

En este apartado se va a seguir la estructura a continuación:

- Cálculo de horas efectivas anuales y tasas de los salarios
- Amortización de los equipos
- Costes indirectos

6.3.1. HORAS EFECTIVAS ANUALES YA TASAS DE LOS SALARIOS

En la Tabla 9 a continuación, se muestran las horas efectivas anuales.

Concepto	Días/ horas
Año medio: 365	365 (días)
Sábados y domingos: (365*2/7)	104.29 (días)
Días efectivos de vacaciones	22 (días)
Días festivos reconocidos	12 (días)
Media de días perdidos por enfermedad	15 (días)
Cursillos de formación	4 (días)



Total de días efectivos	208 (días)
Total horas/año efectivas (8 h/día)	1.664 (horas)

TABLA 9. HORAS EFECTIVAS ANUALES. (ELABORACIÓN PROPIA)

A continuación, se muestran las semanas efectivas anuales en base a los datos anteriores (Tabla 10).

Concepto	Semanas
Año medio en semanas	52
Vacaciones y festivos	5
Enfermedad	2
Cursos de formación	1
Total semanas	44

TABLA 10. SEMANAS EFECTIVAS ANUALES. (ELABORACIÓN PROPIA)

En este proyecto se considera a un ingeniero titulado en Ingeniería en Organización Industrial, que hará de director de proyecto y responsable de organización, y para el diseño de los elementos, se considerará a un titulado en Ingeniería de Diseño. En lo que respecta al desarrollo de la documentación, se contará con un auxiliar administrativo. Finalmente, se tendrá a un responsable de departamento. A continuación, se muestran los costes de salario de los empleados mencionados (Tabla 11).

Concepto	Ingeniero Organización	Ingeniero de diseño	Responsable de departamento	Auxiliar administrativo
Sueldo	38.750€	31.000€	28.017€	21.000€
Seguridad social	13.562,5€	10.850€	9.805,95€	7350€
Total	52.312,5€	41.850€	37.822,95€	28.350€
Coste por hora	31,44 €/h	25,15 €/h	22,73 €/h	17,04 €/h

TABLA 11. SUELDOS DE LOS PARTICIPANTES. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.3.2. AMORTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS

Para la amortización de los equipos utilizados se ha considerado una amortización en 5 años. Los equipos utilizados en el desarrollo del proyecto se pueden separar en 2, uno destinado al estudio, investigación y redacción de la memoria y otro destinado al diseño.

Los costes relacionados al estudio, investigación y redacción se muestran a continuación (Tabla 12).

Concepto	Coste	Cantidad	Coste total
Portátil HP 15s-fq1xxx, Intel(R) Core(TM) i5-1035G1 CPU, 8 GB RAM	499€	1	499 €
Microsoft Office 365	99 €/año	1	99 €
Total a amortizar			598 €
	Tipo		Amortización
	Horaria		0,04 €
	Diaria		0,33 €
	Semanal		2,3 €

TABLA 12. AMORTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DESTINADOS AL ESTUDIO, INVESTIGACIÓN Y REDACCIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA)



Los costes relacionados al diseño se muestran a continuación (Tabla 13).

Concepto	Coste	Cantidad	Coste total
Portátil HP 15s-fq1xxx, Intel(R) Core(TM) i5-1035G1 CPU, 8 GB RAM	499€	1	499 €
Solidworks	10.950 €	1	10.950 €
FRAMEpro	0 €	1	
Total a amortizar			11.449 €
	Tipo		Amortización
	Horaria		0,78 €
	Diaria		6,27 €
	Semanal		44,03 €

TABLA 13. AMORTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DESTINADOS AL DISEÑO. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.3.3. COSTES INDIRECTOS

Los costes indirectos se refieren a los que no se pueden asociar directamente al coste del producto final. A continuación, en la Tabla 14 se muestran los costes indirectos asociados al proyecto.

Concepto	Coste
Electricidad	150 €
Alquiler de oficina	550 €
Teléfono	100 €
Transporte	90 €
Otros	200 €
Coste total	1.090 €
Coste horario	0,37 €

TABLA 14. COSTES INDIRECTOS. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.3.4. HORAS DE PERSONAL DEDICADAS AL DESARROLLO DEL PROYECTO

Tras la realización del proyecto, se puede hacer un análisis aproximado de las horas dedicadas por cada integrante del equipo al proyecto. Este análisis queda de la siguiente forma (Tabla 15):

Integrantes	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4
Ing. Organización	52 h	46 h	42 h	18 h
Ing. Diseño	-	-	5 h	205,75 h
Responsable departamento	-	-	10 h	-
Aux. Administrativo	35 h	24 h	27 h	35,5 h
TOTAL	87 h	70 h	84 h	259,25 h

TABLA 15. HORAS DE PERSONAL DEDICADAS AL DESARROLLO DE CADA ETAPA. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.4. COSTES ASIGNADOS A CADA ETAPA DEL PROYECTO

6.4.1. ESTUDIO DEL LEAN MANUFACTURING

He comenzado realizando el estudio del Lean Manufacturing, investigando principalmente en libros acerca del tema, además de otros artículos científicos. La principal dificultad que he tenido en este capítulo ha sido a la hora de encontrar ciertos libros o artículos acerca de temas que me resultaban relevantes para este trabajo. La información recogida para este capítulo la he obtenido de la biblioteca de la UVa, y libros y artículos de Google



scholar, por lo que el coste para la realización de este capítulo ha sido puramente de tiempo.

A la búsqueda de información le he dedicado un aproximado de 52 horas, mientras que para el resumen, entendimiento y redacción un aproximado de 35 horas.

En la Tabla 16, se muestra el esquema de los costes asociados a cada integrante y equipo.

Concepto		Horas	Coste/ hora	Coste total
Personal	Ing. Organización	52 h	31,44 €/h	1.634,88 €
	Ing. Diseño	-	25,15 €/h	-
	Responsable departamento	-	22,73 €/h	-
	Aux. Administrativo	35 h	17,04 €/h	596,4 €
Amortización	Equipo estudio, investigación y redacción	87 h	0,04 €/h	3,48 €
	Equipo diseño	-	0,78 €/h	-
Costes indirectos		87 h	0,37 €/h	32,19 €
			Coste total	2.266,95 €

TABLA 16. COSTES ASIGNADOS A LA ETAPA 1. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.4.2. ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS DE MANUTENCIÓN

El estudio de los elementos de manutención Lean se ha realizado mediante la búsqueda en libros y artículos obtenidos de la biblioteca de la UVa y de Google scholar. De nuevo, el coste que ha tenido este capítulo ha sido únicamente de tiempo, habiéndole dedicado menos tiempo que al recién mencionado, un aproximado de 70 horas, incluyendo tanto la búsqueda como la redacción.

A continuación, se muestra el esquema que relaciona los costes del proyecto a cada integrante y equipo de la etapa 2 (Tabla 17).

Concepto		Horas	Coste/ hora	Coste total
Personal	Ing. Organización	46 h	31,44 €/h	1.446,24 €
	Ing. Diseño	-	25,15 €/h	-
	Responsable departamento	-	22,73 €/h	-
	Aux. Administrativo	24 h	17,04 €/h	408,96 €
Amortización	Equipo estudio, investigación y redacción	70 h	0,04 €/h	2,8 €
	Equipo diseño	-	0,78 €/h	-
Costes indirectos		70 h	0,37 €/h	25,9 €
			Coste total	1883,9 €

TABLA 17. COSTES ASIGNADOS A LA ETAPA 2. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.4.3. LA ESCUELA LEAN

En este capítulo se ha descrito qué es la Escuela Lean y que procesos se llevan a cabo en ella, para la obtención de información he utilizado Trabajos de Fin de Carrera y Trabajos de Fin de Máster, obtenidos de la página de la UVa, además de cierta información propuesta por mi tutor del proyecto.

De nuevo, el coste de este capítulo ha sido únicamente de tiempo. A la primera parte de este capítulo le he dedicado aproximadamente 46 horas en total, unas 33 dedicadas a la búsqueda de información y las otras 13 a la redacción del capítulo.



Una vez visitada la escuela, y tras haber visto cómo son los elementos de manutención, he podido identificar de qué se componían estos, gracias a los conocimientos que he obtenido en las practicas curriculares. Una vez identificados, la búsqueda de estos ha sido rápida, teniendo únicamente que identificar cuáles eran los elementos que hay en la Escuela y posteriormente haciendo una pequeña descripción.

Gracias a conocer un poco estos elementos, la búsqueda de información y la redacción de este capítulo se ha podido llevar a cabo en poco tiempo, dedicándole aproximadamente 20 horas.

La descripción de los elementos de manutención que tiene actualmente la Escuela Lean se ha basado en la descripción física de los elementos y su utilidad en la Escuela, apoyado de imágenes de los elementos en cuestión tomadas por mí. Para ello, acudí en dos ocasiones a la escuela, para tomar las fotos y medidas de las estructuras, necesarias para su descripción y para su diseño más adelante, así como para algunas explicaciones por parte del tutor tanto de su aplicación en la Escuela como algunos problemas que han surgido con estos a lo largo del tiempo.

De nuevo, el coste de este capítulo ha sido en tiempo, dedicando 2 horas a los trayectos hasta la escuela y 5 horas de estancia en la Escuela para las medidas y explicaciones. A la redacción del capítulo le he dedicado un aproximado de 11 horas, haciendo un total de tiempo dedicado de 18 horas.

En la Tabla 18, se muestran los costes de la etapa 3 asignados a cada integrante y equipo.

Concepto		Horas	Coste/ hora	Coste total
Personal	Ing. Organización	42 h	31,44 €/h	1.320,48 €
	Ing. Diseño	5 h	25,15 €/h	125,75 €
	Responsable departamento	10 h	22,73 €/h	227,3 €
	Aux. Administrativo	27 h	17,04 €/h	460,08 €
Amortización	Equipo estudio, investigación y redacción	84 h	0,04 €/h	3,36 €
	Equipo diseño	-	0,78 €/h	-
Costes indirectos		84 h	0,37 €/h	31,08 €
Coste total				2.168,05 €

TABLA 18. COSTES ASIGNADOS A LA ETAPA 3. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.4.4. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS PROPUESTOS

En el capítulo de descripción de los elementos de Bosch se ha hecho una recopilación de los principales elementos de Bosch Rexroth que se han utilizado para el diseño de los elementos de manutención. Gracias a las practicas curriculares, que he realizado en una empresa dedicada a la fabricación de estructuras con los elementos de montaje de Bosch Rexroth, ya conocía de antemano la mayoría de los elementos que iba a utilizar en el diseño, por lo que el tiempo que he necesitado dedicar a este capítulo ha sido reducido.

Tanto la información como las imágenes de los elementos se han obtenido de la página de Bosch Rexroth, que cuenta con una amplia biblioteca de sus elementos con sus descripciones y acceso a la descarga de sus CAD 3D de forma gratuita, además, desde la página está disponible la descarga de diversos catálogos, también de forma gratuita.

Conociendo esto, el coste de este capítulo ha sido en tiempo, dedicándole aproximadamente 32 horas a la búsqueda y redacción.



Para el diseño de los elementos, además de la biblioteca de Bosch Rexroth, se necesitaba la utilización de un programa de CAD 3D que permitiera el uso y manipulación de los elementos propuestos por Bosch.

El programa elegido para el diseño ha sido Solidworks, un software CAD que permite el diseño en 2D y 3D, compatible con los elementos de Bosch. El precio de la licencia de este programa va desde los 6.930€ hasta los 11.492€, a parte de su mantenimiento, sin embargo, Solidworks cuenta con una versión para estudiantes, que permite su uso por un tiempo limitado, por 49€. Este programa es compatible con el plug-in gratuito de Bosch FRAMEpro, disponible para Solidworks y Autodesk Inventor.

Una vez con el programa y el plug-in, con el fin de aprender su funcionamiento y a utilizarlo correctamente, dedique unas 8 horas a investigar y hacer pruebas con el programa y así hacer el diseño de las estructuras de manera más ágil y rápida.

Finalmente, el coste principal de realización de este capítulo ha sido del tiempo dedicado al diseño. Aproximadamente, he dedicado 216,75 horas al diseño y descripción de todas las estructuras. A continuación, se muestra desglosado el tiempo dedicado a cada diseño.

Tras los diseños, he incluido un apartado con accesorios que se pueden utilizar en las estructuras, dedicándole un aproximado de 2 horas y media a la búsqueda de los elementos y a la redacción.

A continuación, se muestran los costes asociados a cada integrante y equipo en la etapa 4 (Tabla 19).

Concepto		Horas	Coste/ hora	Coste total
Personal	Ing. Organización	18 h	31,44 €/h	565,92 €
	Ing. Diseño	205,75h	25,15 €/h	5.174,61 €
	Responsable departamento	-	22,73 €/h	-
	Aux. Administrativo	35,5 h	17,04 €/h	604,92 €
Amortización	Equipo estudio, investigación y redacción	53,5 h	0,04 €/h	2,14 €
	Equipo diseño	205,75h	0,78 €/h	160,47 €
Costes indirectos		259,25h	0,37 €/h	95,92 €
			Coste total	6.603,98 €

TABLA 19. COSTES ASIGNADOS A LA ETAPA 4. (ELABORACIÓN PROPIA)

6.5. CÁLCULO TOTAL DE COSTES

Los costes totales se obtienen de la suma de los costes totales de cada etapa de desarrollo del proyecto calculados en el apartado anterior. A continuación, se muestran los costes totales desglosados por etapas. A estos costes se le deben aplicar los impuestos, además del margen comercial.

A continuación, se muestra la Tabla 20 con los costes totales del proyecto.

Etapa	Horas	Coste	
Estudio del Lean Manufacturing	87 h	2.266,95 €	
Estudio de los elementos de manutención	70 h	1883,9 €	
La Escuela Lean	84 h	2.168,05 €	
Diseño de los elementos propuestos	259,25 h	6.603,98 €	
		Coste total	12.922,88 €

TABLA 20. COSTES TOTALES. (ELABORACIÓN PROPIA)



VI. CONCLUSIONES

6.1. CONCLUSIONES

El objetivo principal perseguido en este proyecto ha sido el rediseño de los elementos de mantenimiento de la Escuela Lean, buscando realizar unas estructuras más resistentes que las actuales, ya deformadas debido al uso, y solucionando los problemas que tienen.

Las estructuras propuestas están realizadas con los perfiles de aluminio de Bosch Rexroth, más resistentes y duraderos y que asegurarán que las estructuras no se deformen con el paso del tiempo.

Estas nuevas estructuras se han diseñado buscando facilitar el movimiento de los puestos, sin entorpecer el uso para el que estos están diseñados, así como la modificación de las estructuras que tienen más de una disposición. Se ha buscado hacer unas estructuras más eficientes, optimizando el espacio disponible, tanto en las superficies de trabajo como en los caminos de rodillos, para que esta pueda usarse en su totalidad, además, se han mejorado algunos de los sistemas actuales a otros más cómodos, como los sistemas de regulación de altura y las mesas desplegadas de los puestos de trabajo.

Para el diseño de las estructuras se han tenido en cuenta las herramientas Lean relacionadas tanto con el diseño de las estructuras como las aplicables en las prácticas de la Escuela.

6.2. FUTUROS DESARROLLOS

Como desarrollos a futuro se propone el análisis estructural de los puestos para determinar los efectos de las cargas sobre estos y, de esta forma, poder evitar pandeos y deformaciones.

En relación con el desarrollo recién mencionado, y a continuación, se propone la fabricación e implantación de las estructuras propuestas, para lo que se han incluido las listas de materiales necesarios para su fabricación, así como el precio de los materiales con el fin de tener el coste aproximado de cada estructura.

En cuanto a mejoras a futuro de las estructuras propuestas se plantean las siguientes:

Altura regulable en todos los elementos de mantenimiento de la Escuela. A pesar de la comodidad que supondría la regulación en altura en todos los elementos de mantenimiento, esto plantea ciertos problemas que deben ser resueltos antes de su planteamiento e implantación. El principal, y más importante, es la altura de los operarios de los puestos, y es que, puede haber años en los que los estudiantes pueden tener alturas muy dispares, que afectan a la altura de los puestos, dado que todos ellos deben estar a la misma altura con el fin de facilitar el trayecto de los productos.

Otro problema relevante es la falta de estabilidad que podrían tener los puestos con mayor altura al implementar los sistemas de regulación de altura, puesto que estos sistemas no solo tendrían que regular la altura de las superficies de trabajo, sino de toda la estructura, incluyendo los caminos de rodillos y las pizarras, esto supone diseñar, no solo una estructura distinta a las actuales, sino de encontrar la forma de que el sistema de regulación asegure la estabilidad de la estructura sin que esta bambolee con el movimiento de esta o con su uso, dado que, en caso de utilizar los módulos propuestos,



estos no podrían formar parte de la estructura integral, sino que serían elementos adicionales.

Solución para los tableros desmontables en la mesa de montaje y de bolas. Como ya se ha mencionado en el diseño de los productos, se ha estudiado la forma de diseñar el tablero de trabajo como parte integral de la mesa, sin embargo, no se ha podido implementar dada la imposibilidad de encontrar una solución que no implicara la instalación de elementos voluminosos en los laterales de la mesa y que impidiera la unión de estas durante las prácticas de la Escuela.



VII. BIBLIOGRAFÍA

- Bermejo, M. (2011). El Kanban. Barcelona, España: UOC, 8.
- Carreras, M. R. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos.
- Castillo Álvarez, A. (2020). Estandarización del reciclado de coches L34N en la Escuela Lean. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Valladolid.
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/41179>
- Catálogo Bosch Rexroth. (2016). Bolas transportadoras.
<https://www.boschrexroth.com/es/es/download-center/>
- Catálogo Bosch Rexroth. (2019). Elementos básicos de mecánica 14.0.
<https://www.boschrexroth.com/es/es/download-center/>
- Catálogo Leanform (2013). *The lean manufacturing system V12.0*.
https://issuu.com/almacenes-jj/docs/leanform_catalogo_2013_07_09
- Chavez, I. A., & de la Institución, S (2022). HERRAMIENTA DE CONTROL ANTIERROR: APLICACIÓN DE POKA-YOKE EN UN PROCESO DE ENSAMBLE. Academia.edu.
- Curso de Carretillero. (2024, 5 enero). MANUAL DE CURSO DE TRANSPALETAS Y APILADORAS. <https://cursodecarretilleros.com/carretillero-pemp-transpaletas/>
- Escudero Serrano, M. J. (2019). Logística de almacenamiento 2. Ediciones paraninfo, SA.
- Europa Press. (s. f.). Renault Consulting abre en Valladolid la primera Escuela Lean. europapress.es. <https://www.europapress.es/motor/sector-00644/noticia-renault-consulting-abre-valladolid-primera-escuela-lean-20140129130720.html>
- Fujimoto, T. (1999). *The evolution of a manufacturing system at Toyota*. Oxford university press.
- Gaete, J., Villarroé, R., Figueroa, I., Cornide-Reyes, H., & Muñoz, R. (2021). Enfoque de aplicación ágil con Serum, Lean y Kanban. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 29(1), 141-157.
- Iglesias, A. (2012). Manual de gestión de almacén. Balanced Life SL.
- Ignoto, M. T. S. A., Soler, V. G., & Molina, A. I. P. (2018). Herramientas lean. Técnica SMED. Reducción de tiempos de cambio de herramienta. In Cuadernos de investigación aplicada (pp. 57-68). 3ciencias.
- Imai, M. (1989a). Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa. Grupo Editorial PATRIA
- Ishikawa, K. (1994). Introducción al control de calidad. Ediciones Diaz de Santos S.A.
- López Díez, P. (2022). Control de calidad para el solectrón de la Escuela Lean. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Valladolid. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/55725>
- Machuca, J. A. D. (1994). Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. McGraw Hill.



Ohno, T. (1991b). El sistema de producción Toyota: Mas allá de la producción a gran escala. Productivity Press.

Sacristán, F. R. (2005). Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo. Fc editorial.

San José Cabezas, M. (2021). Definición y análisis de estanterías tipo Rexroth multipropósito para la Escuela Lean. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Valladolid.
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/46726>

Sánchez Nava, F. J. (2020). Parametrización de los almacenes de la Escuela Lean mediante el sistema EasyWMS". Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Valladolid.
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/41737>

Sanz Torrero, E. (2018). Estados de referencia de la fabricación de coches L34N en la Escuela Lean. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Valladolid.
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/34016>

Scaglia INDEVA. (2024, 4 junio). Estructuras modulares INDEVA Lean System®. Indeva Group. <https://www.indevagroup.es/products/estructuras-modulares-indeva-lean-system/>

Socconini, L. (2019). *Lean manufacturing. Paso a paso*. Marge books.

Soler, D. (2015). Unidades de carga en el transporte. Marge Books.

Vallhonrat, J. M., Bou, J. M. V., & Corominas, A. (1991). Localización, distribución en planta y manutención. Marcombo.



VIII. BIBLIOGRAFÍA DE IMÁGENES

Arilla, S. (2023, 10 julio). Vehículos de guiado automático (AGV): usos y ventajas | SCM Logística Barcelona. SCM Logística Barcelona. <https://www.scmlogistica.es/vehiculos-de-guiado-automatico-agv-tipos-y-caracteristicas/>

Grua, P. (2021, 11 mayo). Historia y origen de las grúas - PIMEG - Puentes Grúa. PIMEG - Puentes Grúa. <https://puentegrua.es/historia-y-origen-de-las-gruas>

KT15 series - Mesa de bolas by BS Rollen GmbH | DirectIndustry. (s. f.). <https://www.directindustry.es/prod/bs-rollen-gmbh/product-157072-1635838.html>

Makina-Online. (s. f.). Camino de rodillos ASLAK MSR 7. <https://makina-online.es/camino-de-rodillos/3700-camino-de-rodillos-aslak-msr-7-4030635011474.html>

MAROBERA. (2023, 23 junio). Cinta transportadora de banda - MAROBERA. <https://marobera.com/producto/cinta-transportadora-de-banda/>

Mecalux. (s. f.). La carretilla elevadora contrapesada. Mecalux.es. <https://www.mecalux.es/manual-almacen/carretillas/carretilla-elevadora-contrapesada>

Narváez, A. S. (2018, 31 mayo). Cajas de plástico perforadas, reutilizables, anidables y compatibles en apilamiento. Reduce, Reutiliza, Recicla. <https://www.e-tepsa.com/cajas-de-plastico-perforadas-reutilizables-anidables-y-compatibles-en-apilamiento/>

Palet americano: características, peso y medidas. (2021, 28 diciembre). Embalajes Nicolás. <https://www.embalajesdemadera.net/palet-americano-medidas/>

Redirect notice. (s. f.). https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.serviciosglobales.es%2Fes%2Fproduct%2F274549-ceston-metalico-de-malla&psig=AOvVaw1duFCKn_1jgLI3REUkXrRo&ust=1718993982568000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBEQjRxqFwoTCNirs-TI6oYDFQAAAAAdAAAAABAE

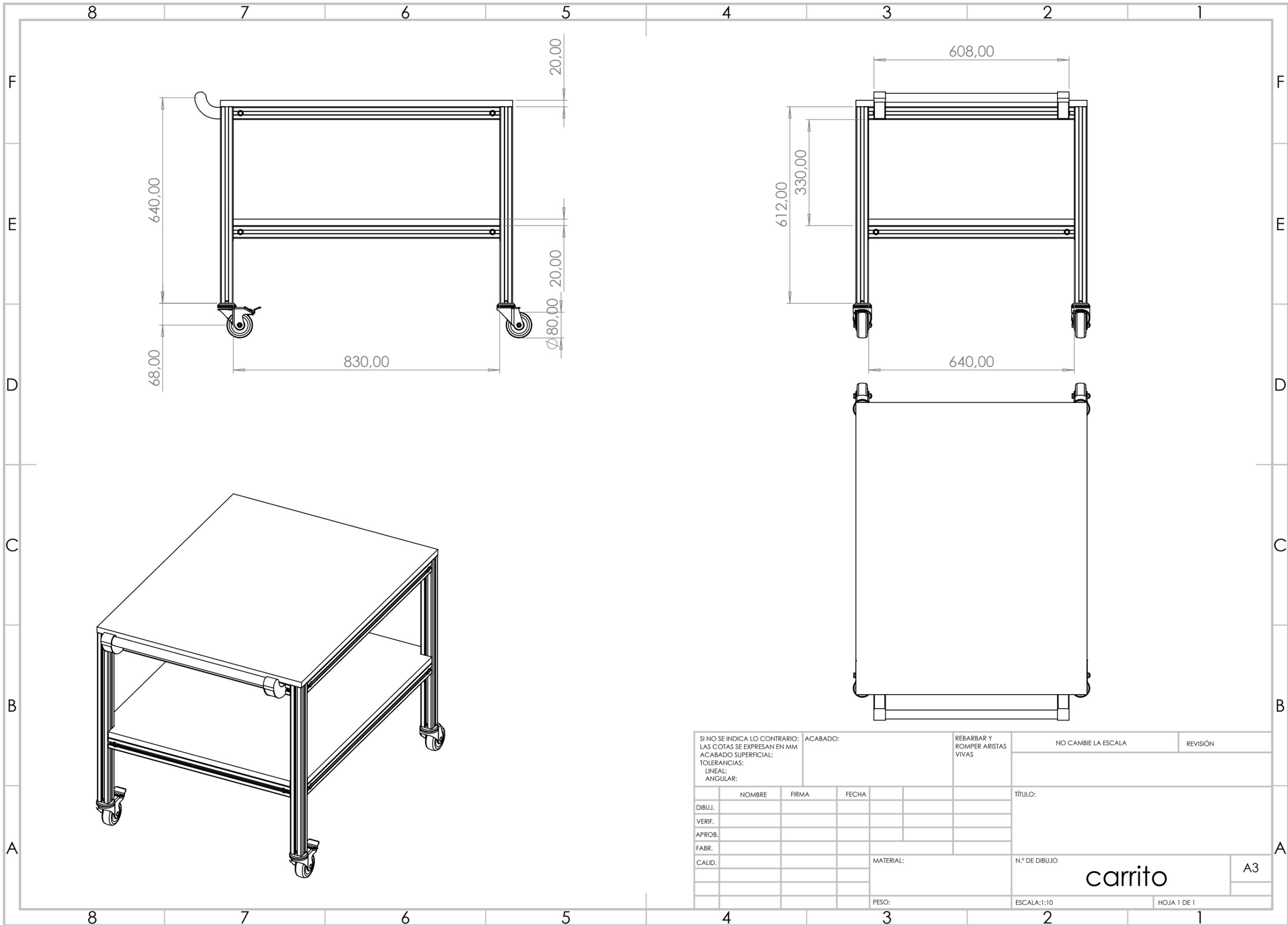
Transpaleta de traslación eléctrica y elevación manual para 1500kg. (2023, 10 julio). Disset Odiseo. <https://www.dissetodiseo.com/producto/transpaleta-de-traslacion-electrica-y-elevacion-manual-para-1500kg/>

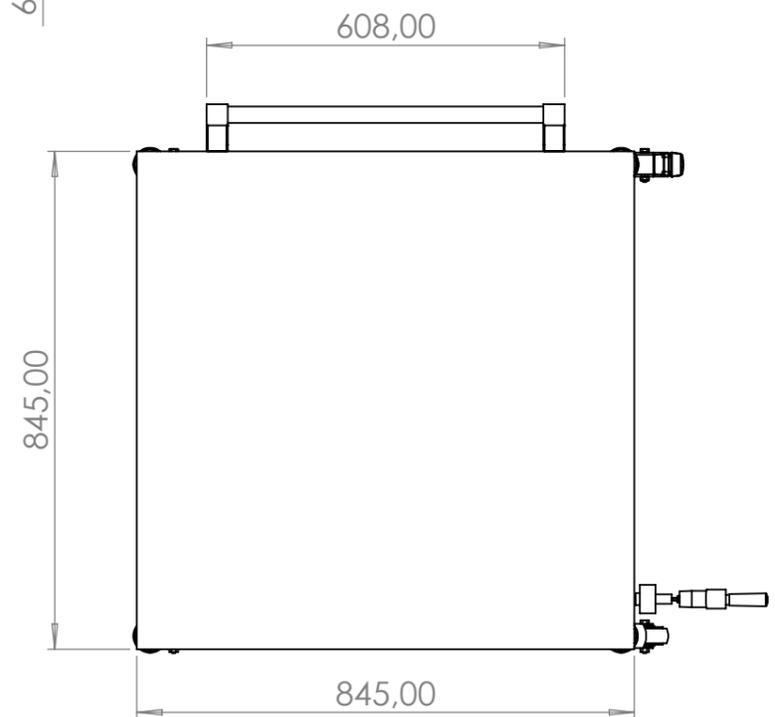
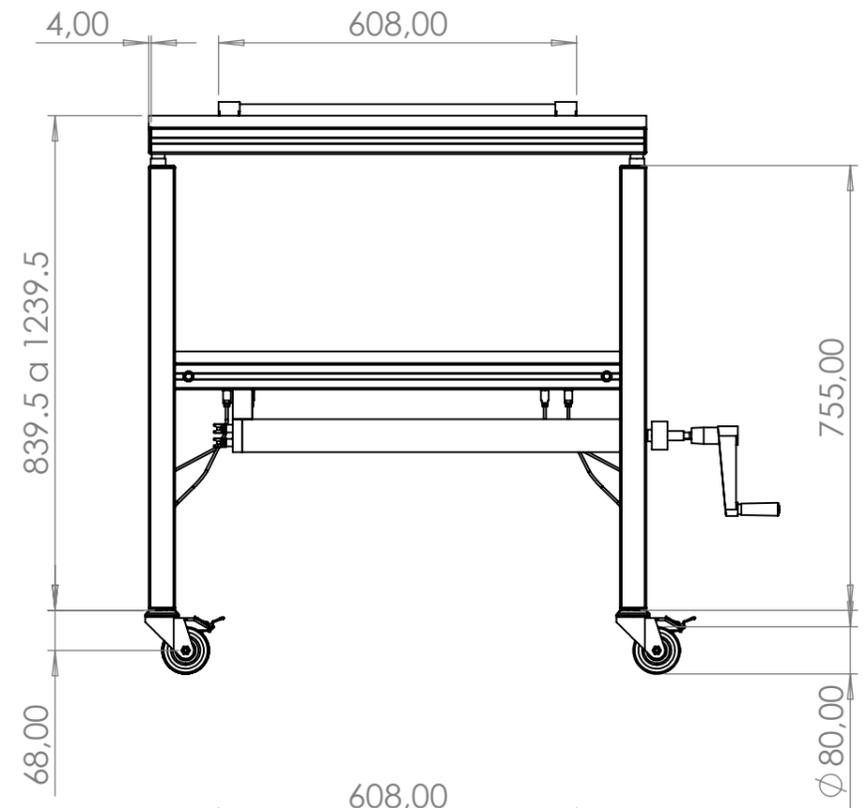
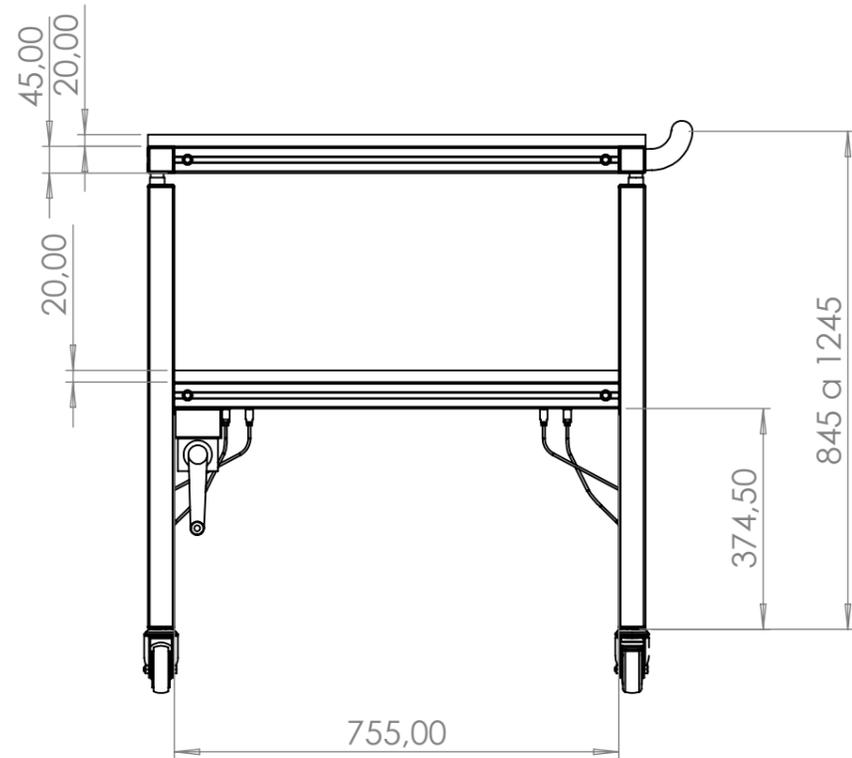
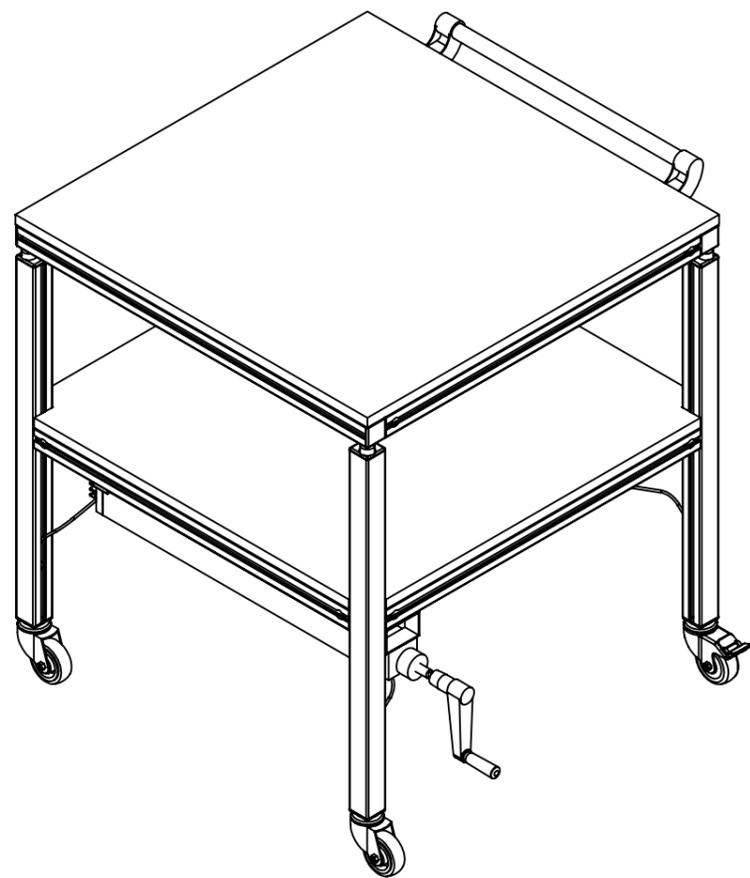
Transpaleta manual 2500 kg con ruedas de poliuretano. (s. f.). Airpress. <https://airpress.es/transpaleta-manual-72178>

Vallesana. (2021, 7 enero). Contenedor marítimo de 6 metros - Vallesana de maquinaria. <https://vallesana.es/producto/contenedor-maritimo-20/>



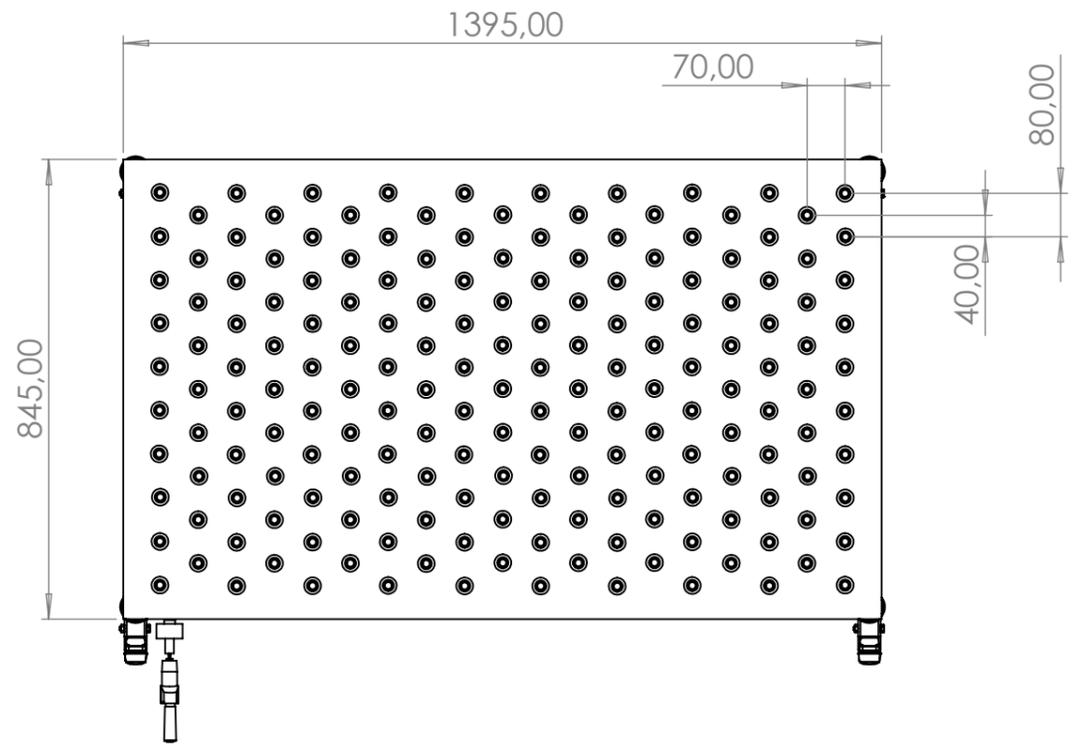
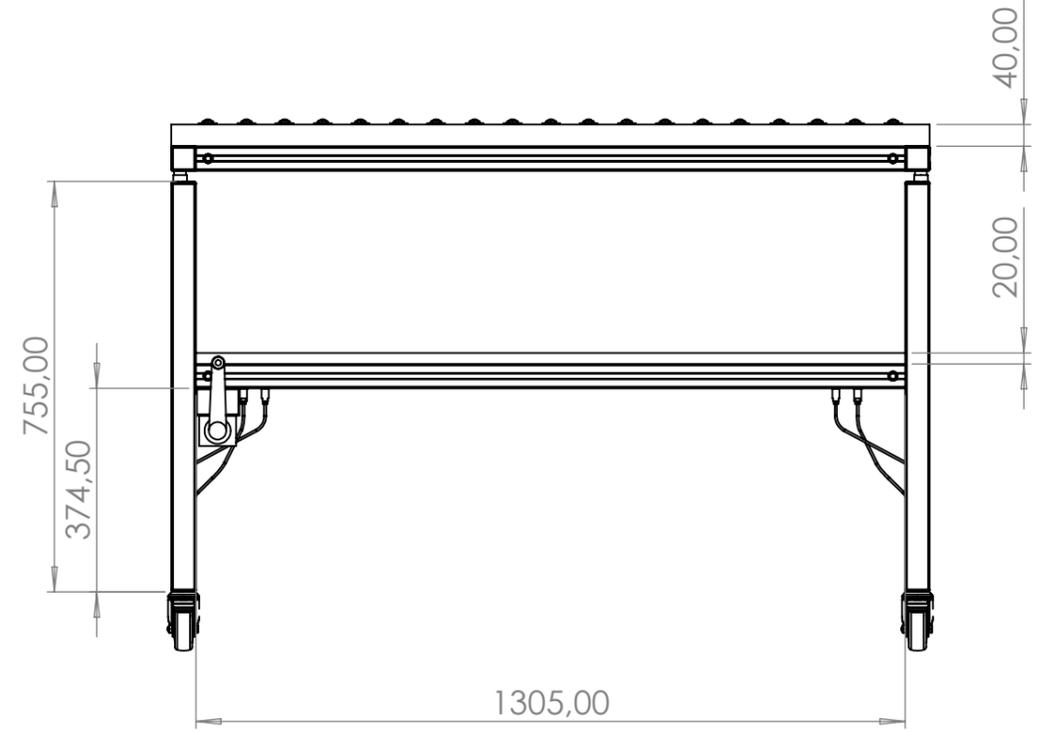
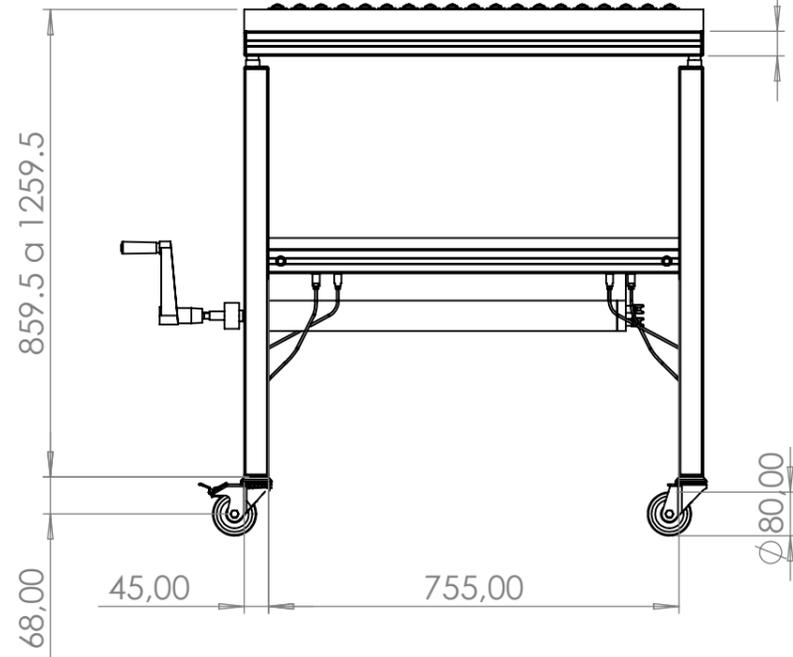
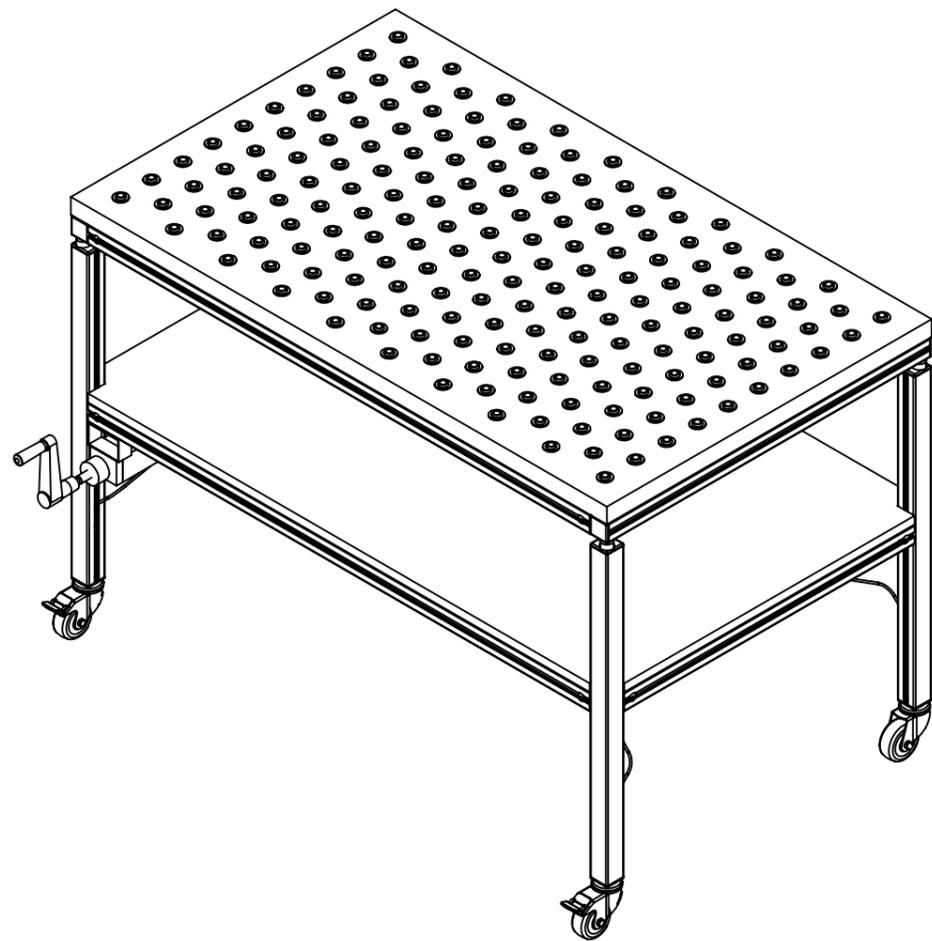
IX. ANEXO





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
VERIF.							
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	A3
				PESO:		ESCALA:1:12	HOJA 1 DE 1

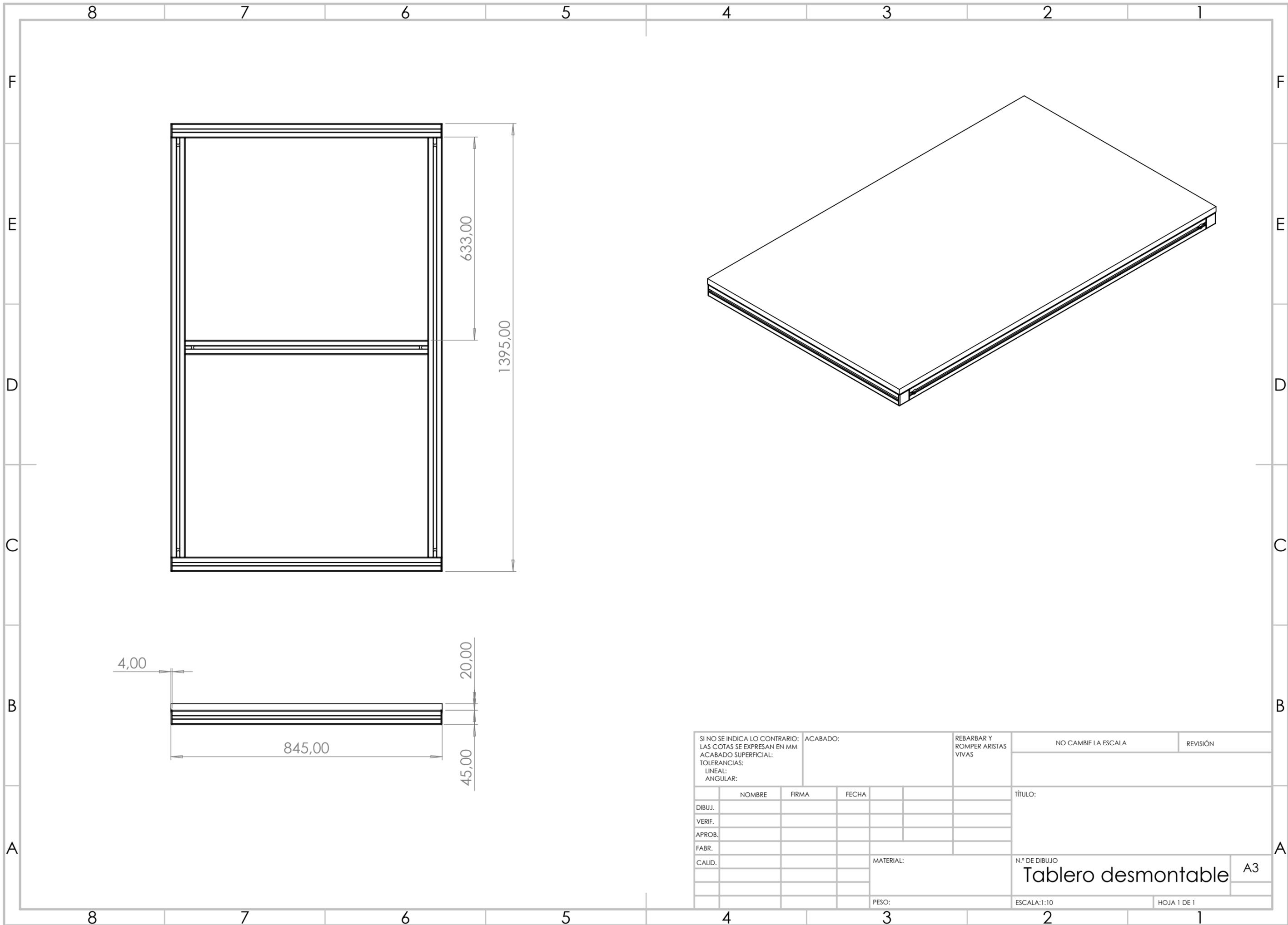
Mesa pequeña



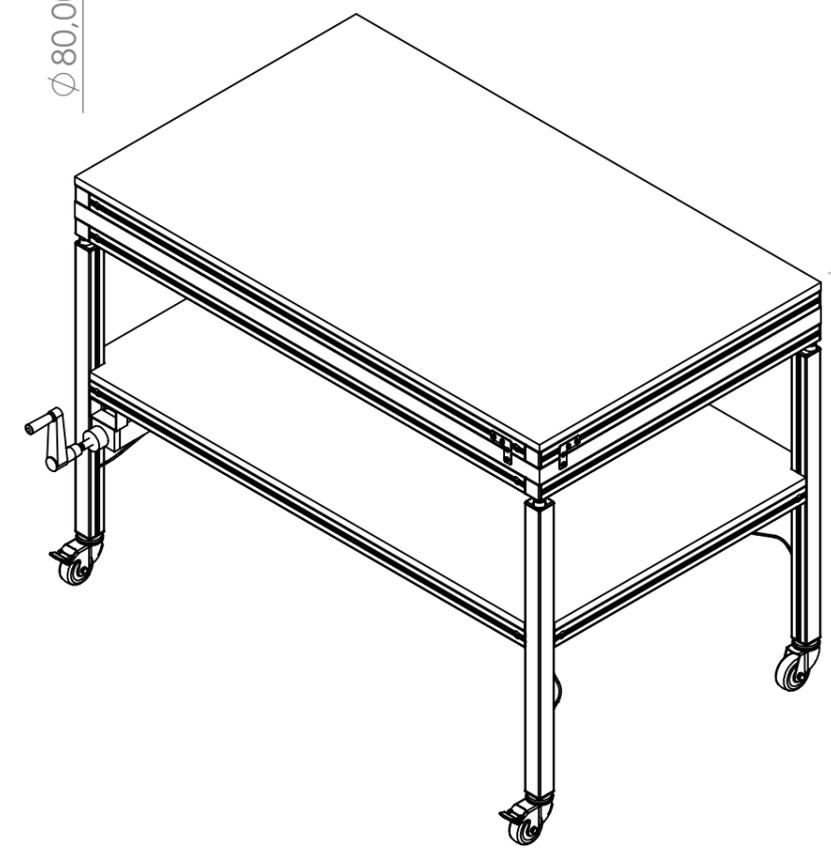
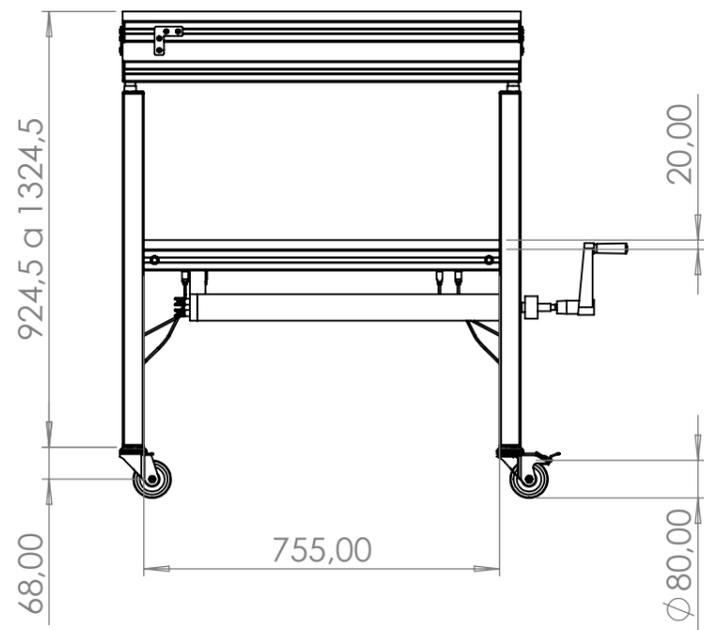
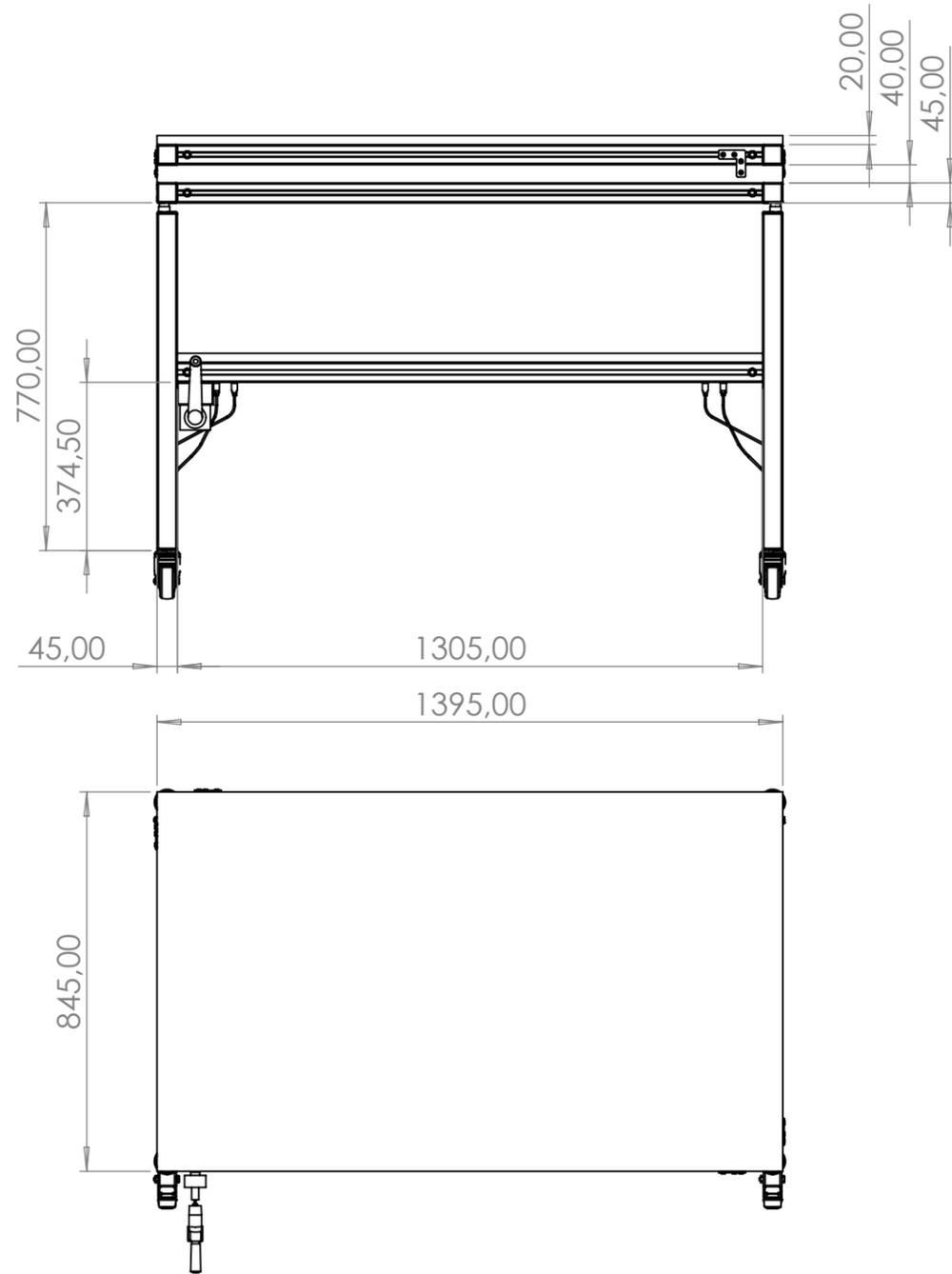
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
DIBUJ.		VERIF.		APROB.		FABR.		CALID.	
						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						PESO:		ESCALA:1:13	
								HOJA 1 DE 1	

Mesa de montaje
sin tablero

A3

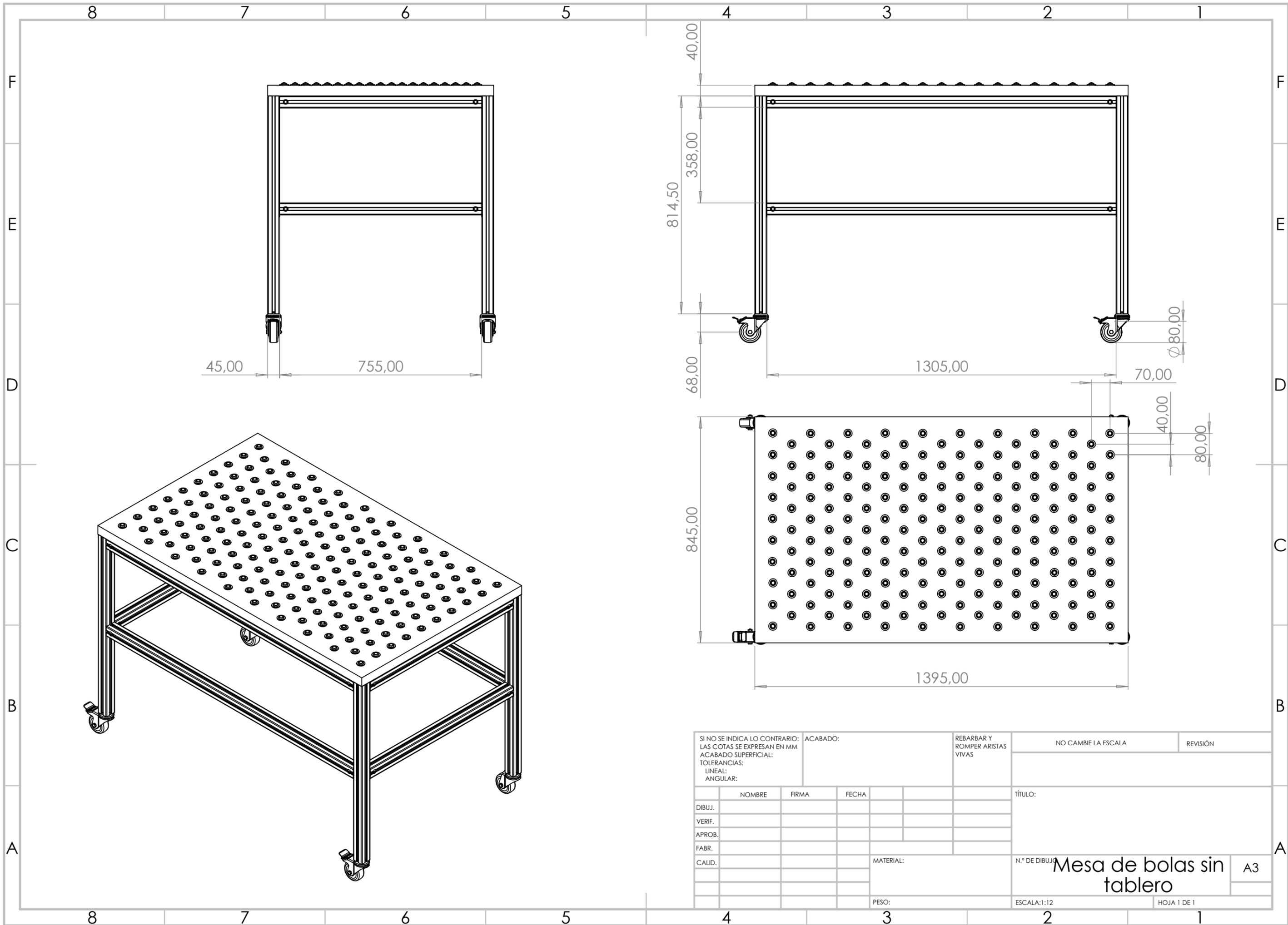


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
								Tablero desmontable A3	
						PESO:		ESCALA:1:10	
								HOJA 1 DE 1	



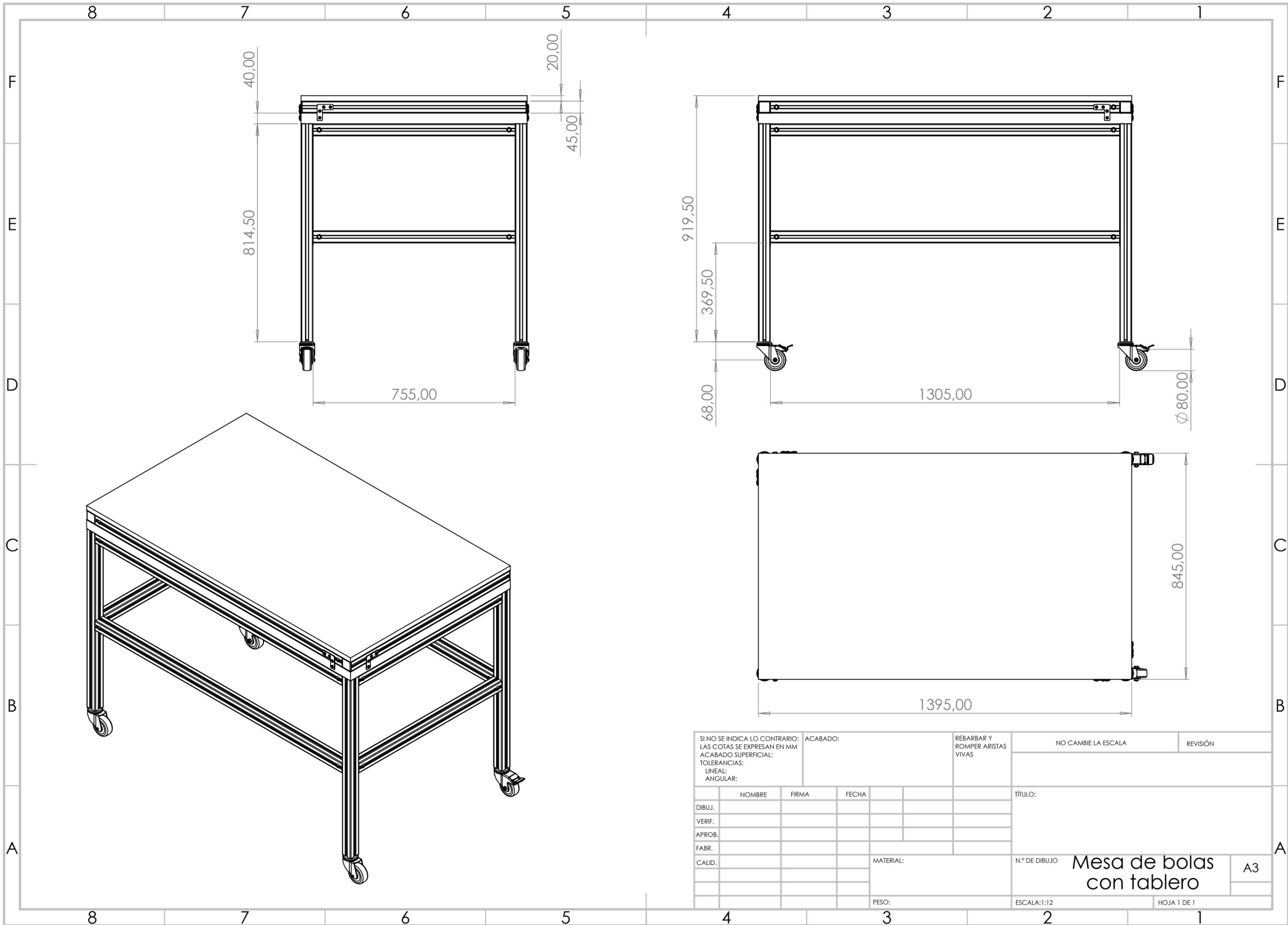
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				PESO:	ESCALA:1:15	HOJA 1 DE 1

Mesa de montaje con
tablero



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
VERIF.						N.º DE DIBUJO		A3	
APROB.						MATERIAL:			
FABR.						PESO:		ESCALA:1:12	
CALID.								HOJA 1 DE 1	

Mesa de bolas sin
tablero



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
						TÍTULO:	
						N.º DE DIBUJO	
						Mesa de bolas con tablero	
						A3	
						ESCALA:1:12	
						HOJA 1 DE 1	

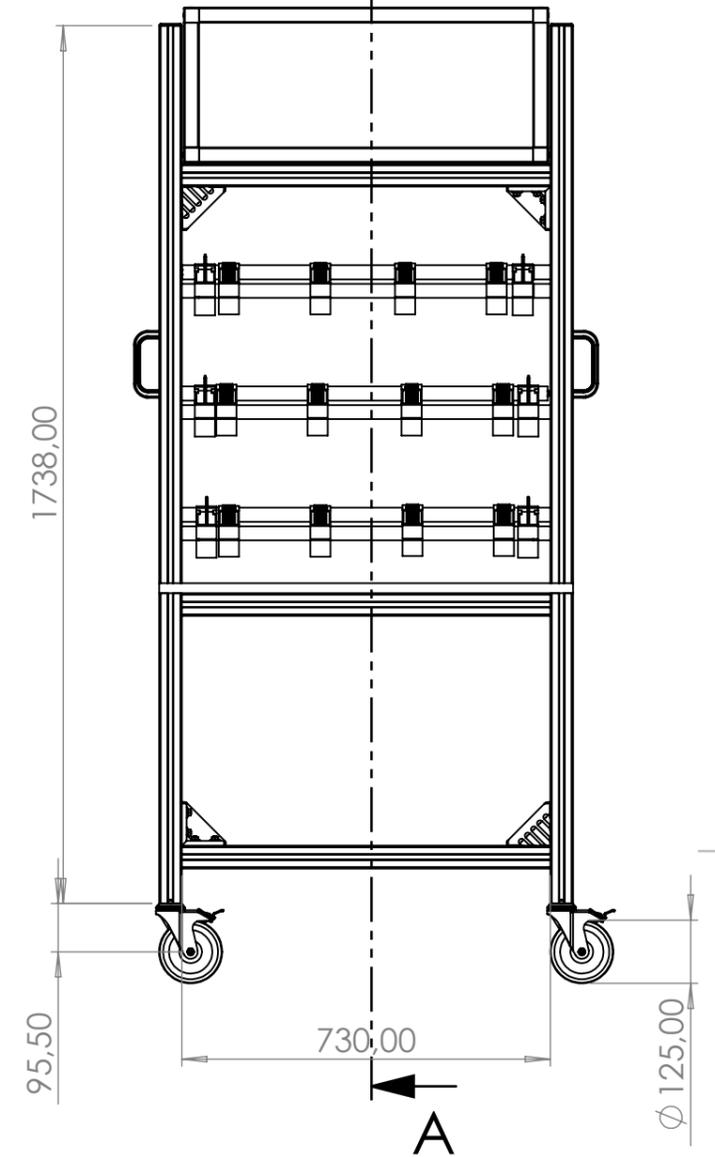
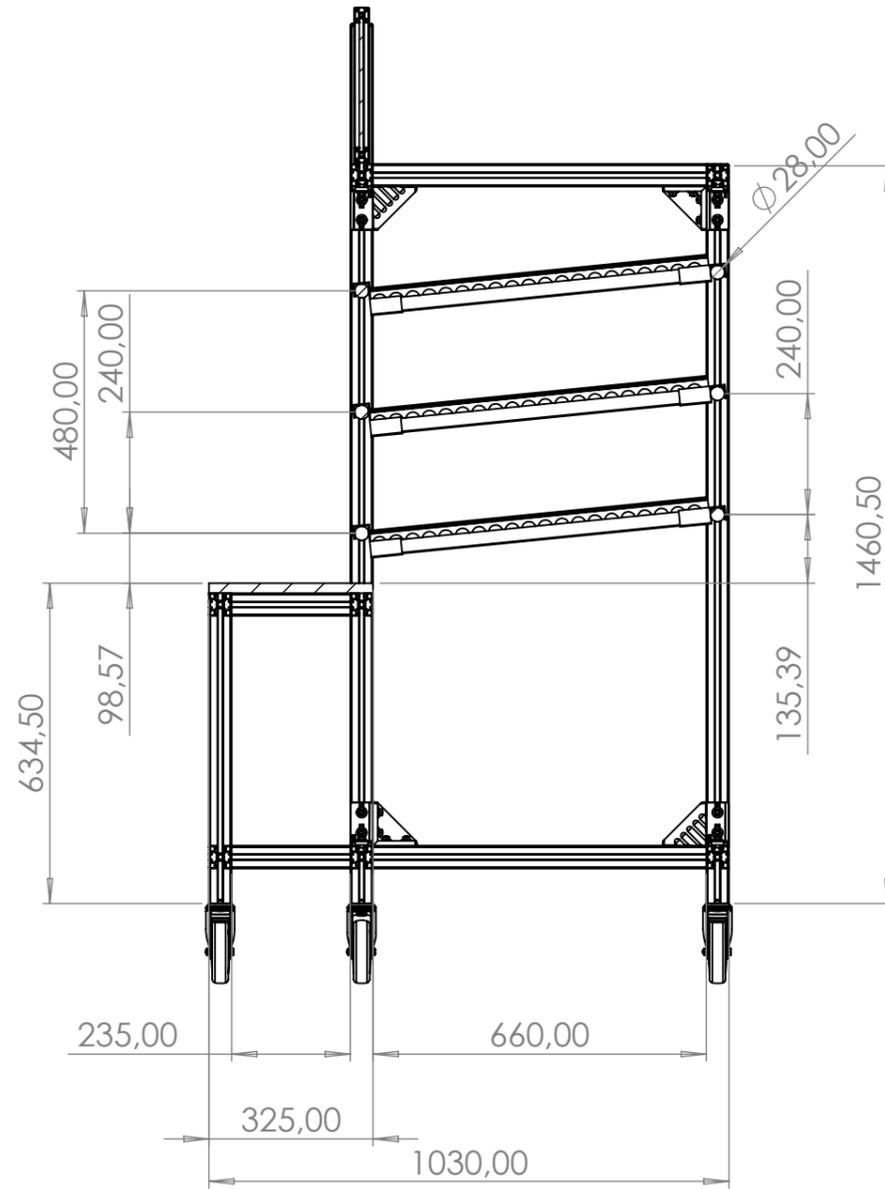
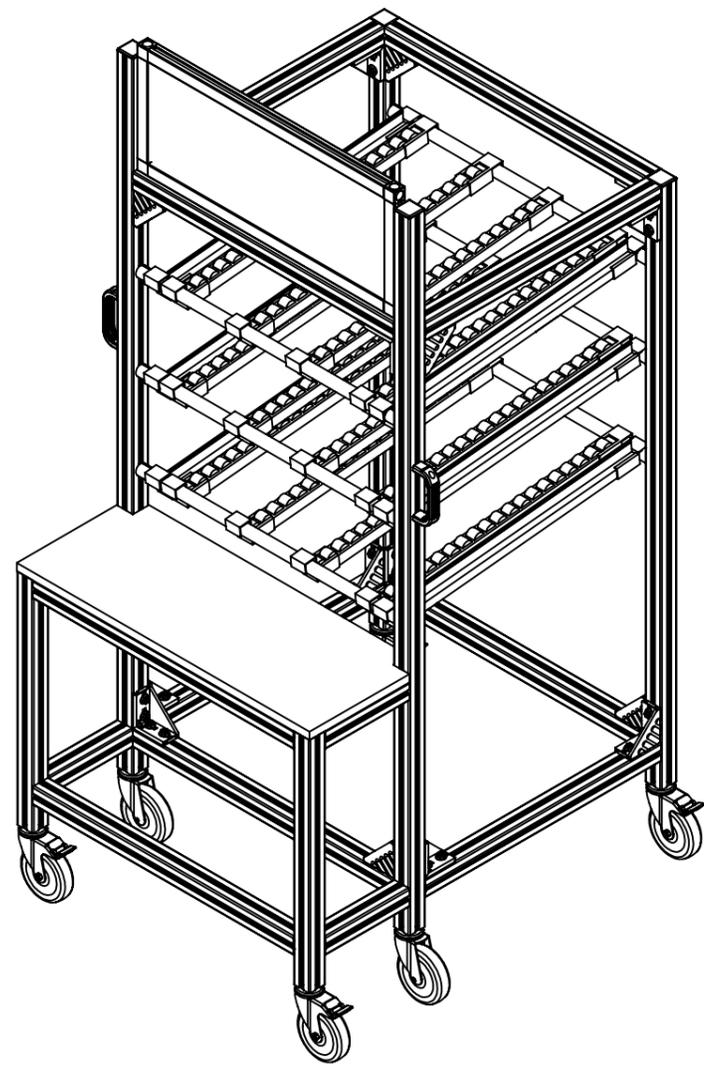
NOMBRE	FIRMA	FECHA			
DIBUJ.					
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					

MATERIAL:

PESO:

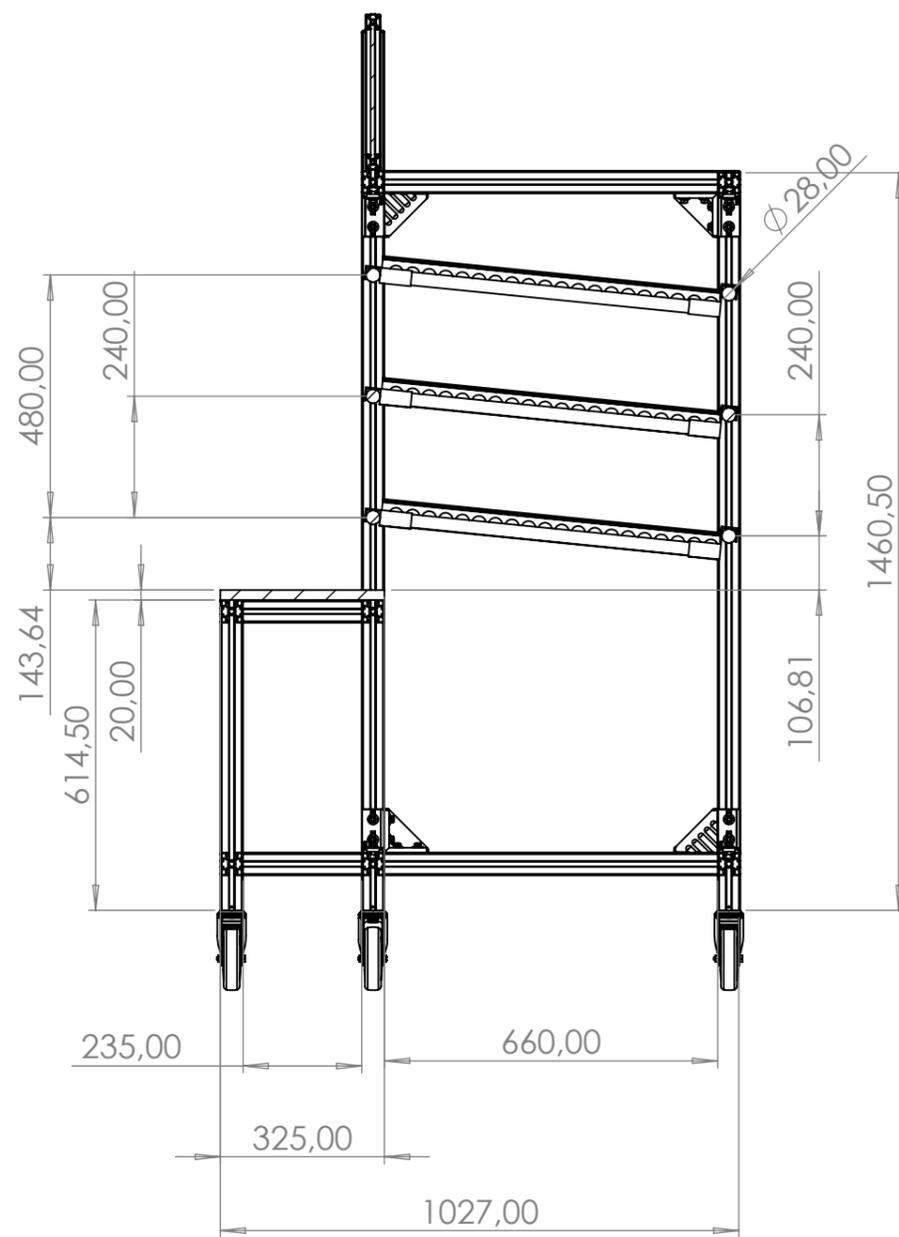
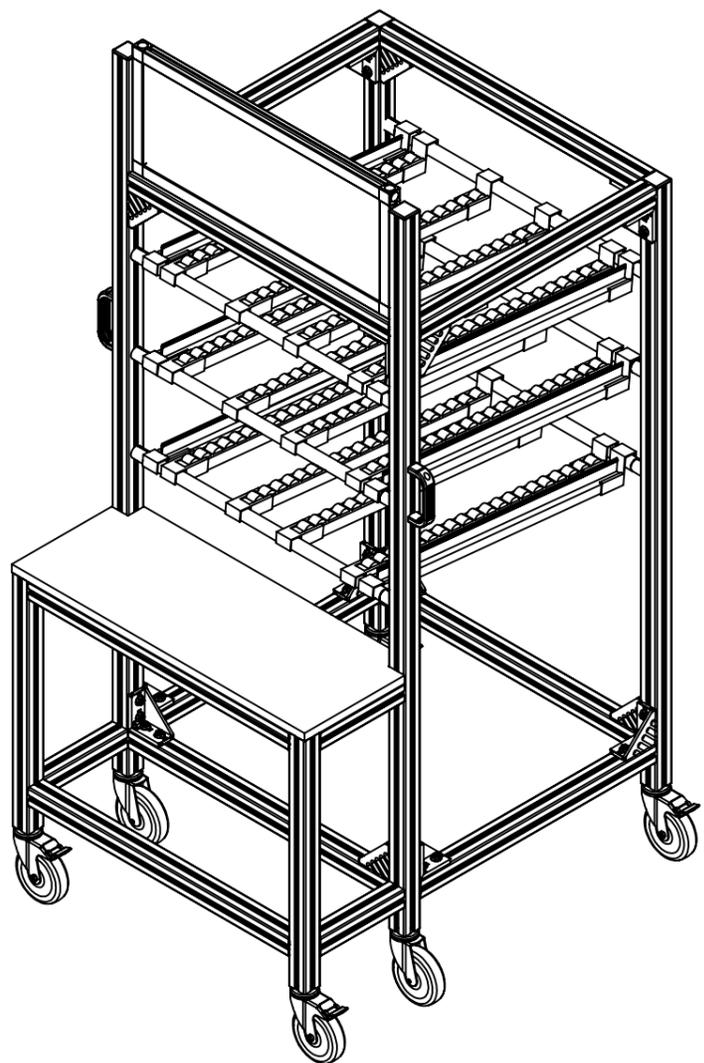
ESCALA:1:12

HOJA 1 DE 1

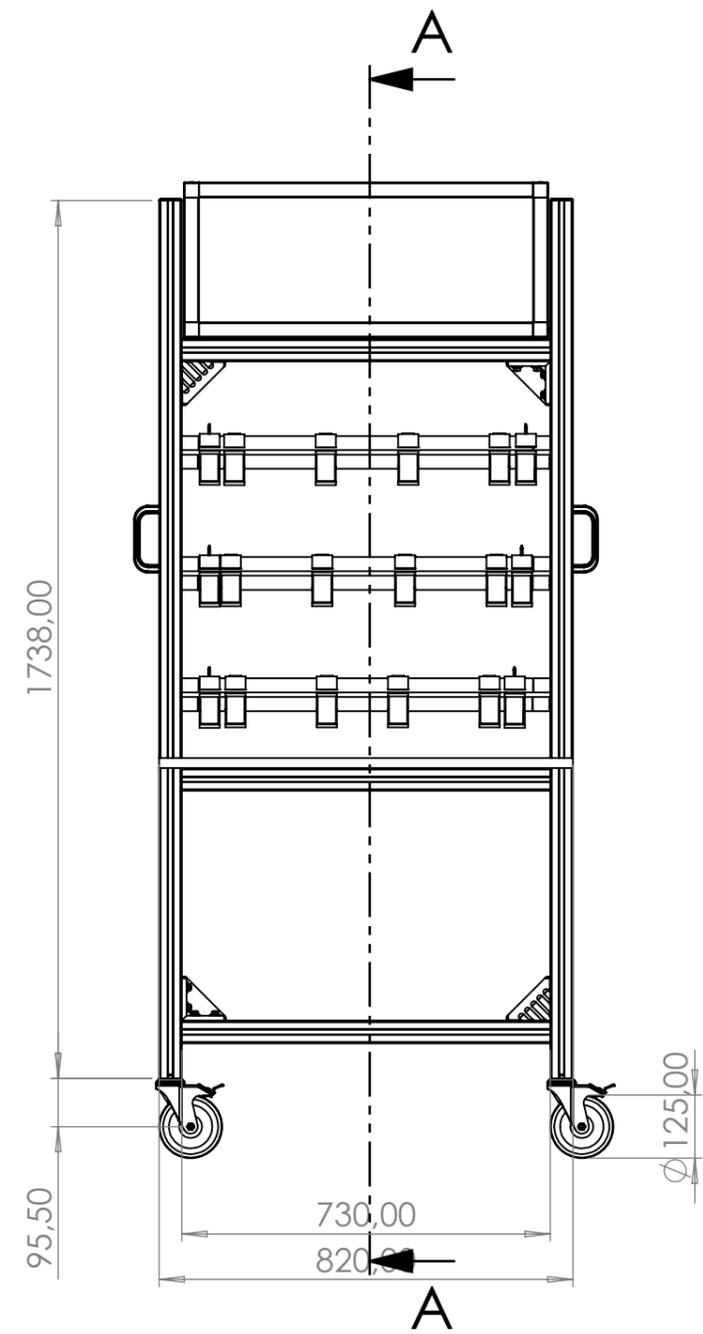


SECCIÓN A-A

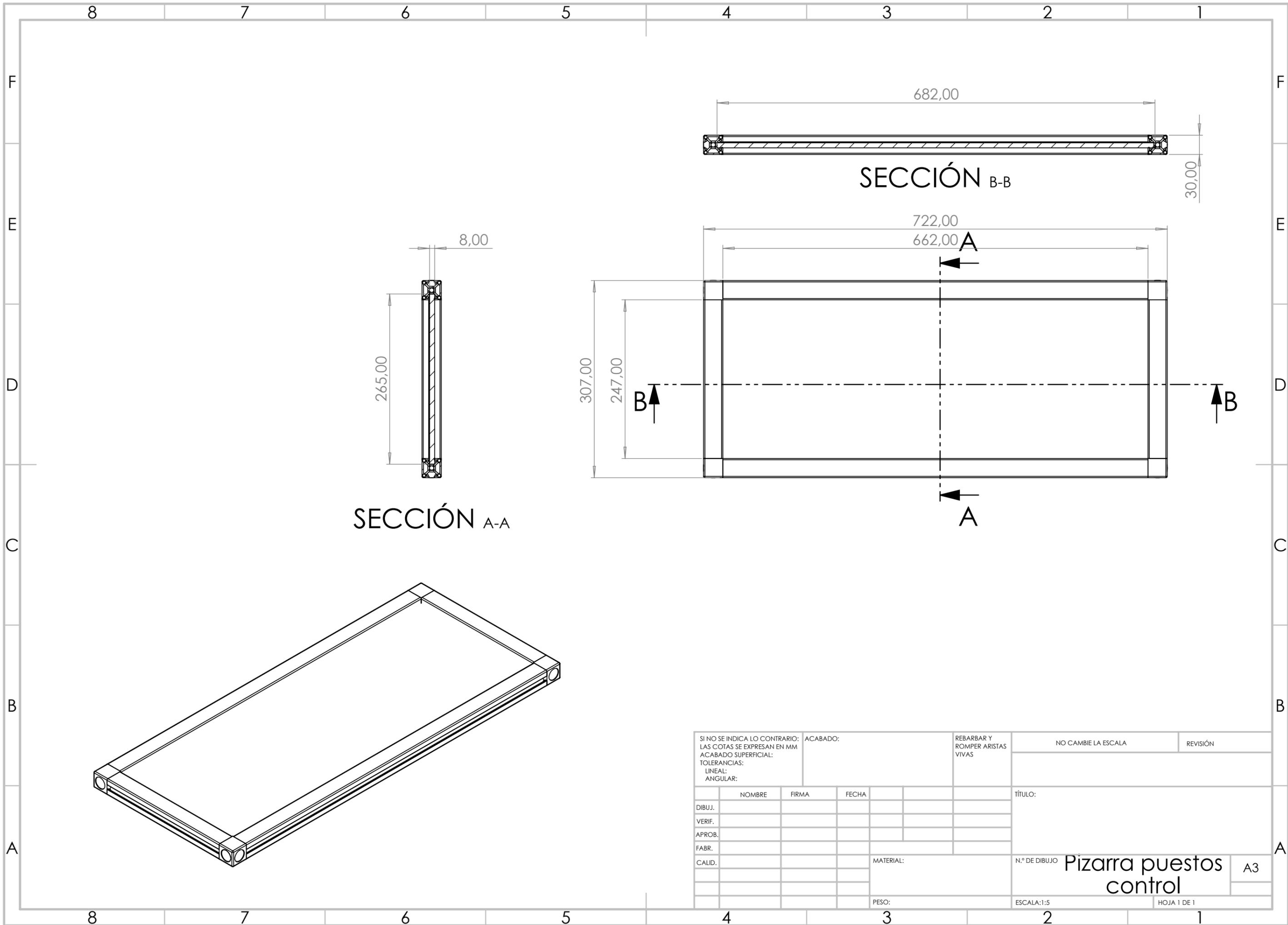
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	Puesto de control montaje
					ESCALA:1:14	A3
				PESO:	HOJA 1 DE 1	



SECCIÓN A-A



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	Puesto de control reciclaje
				PESO:	ESCALA:1:14	A3
					HOJA 1 DE 1	



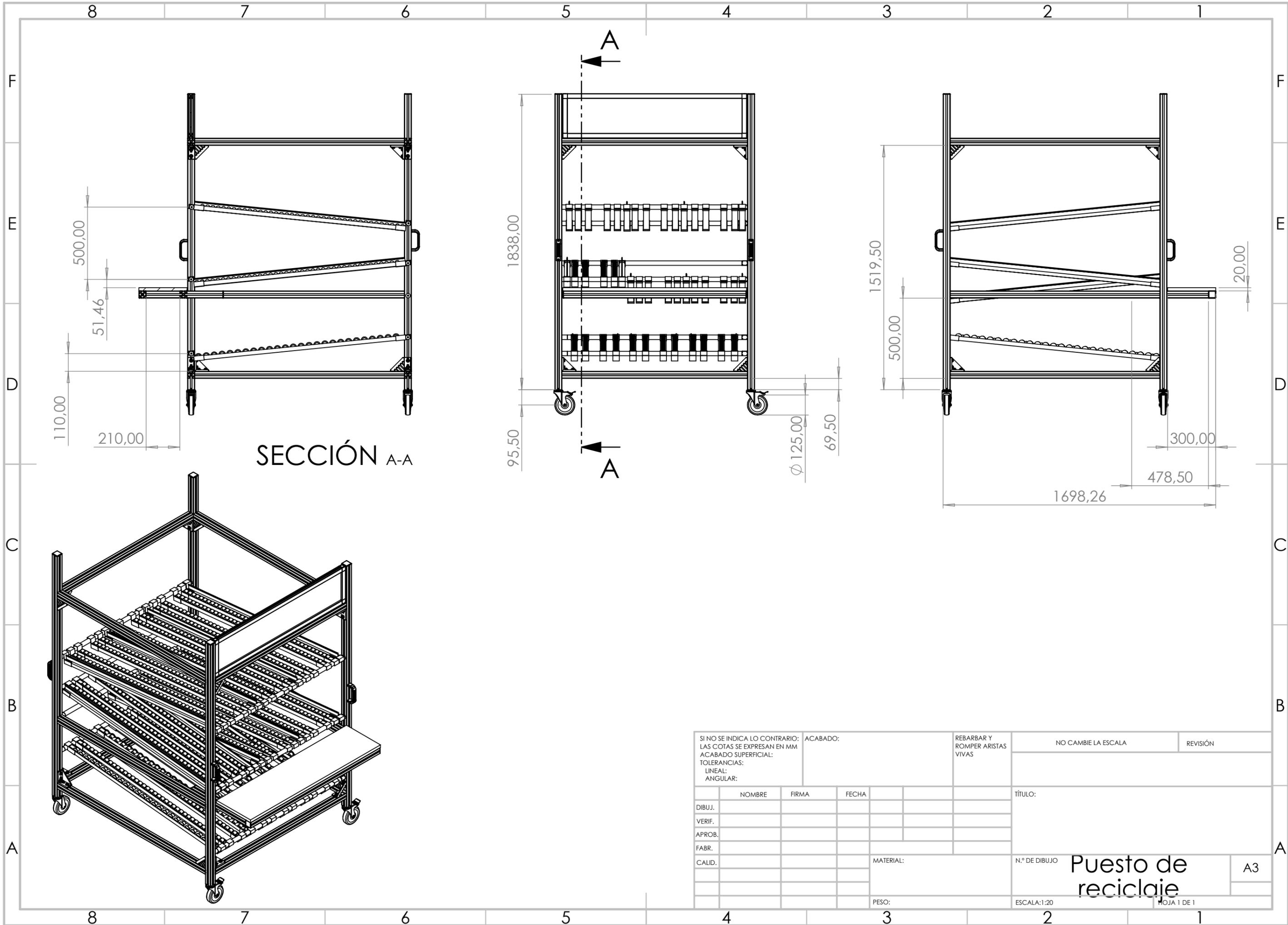
SECCIÓN A-A

SECCIÓN B-B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
DIBUJ.			NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:		
VERIF.											
APROB.											
FABR.											
CALID.							MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		
							PESO:		ESCALA:1:5		
									HOJA 1 DE 1		

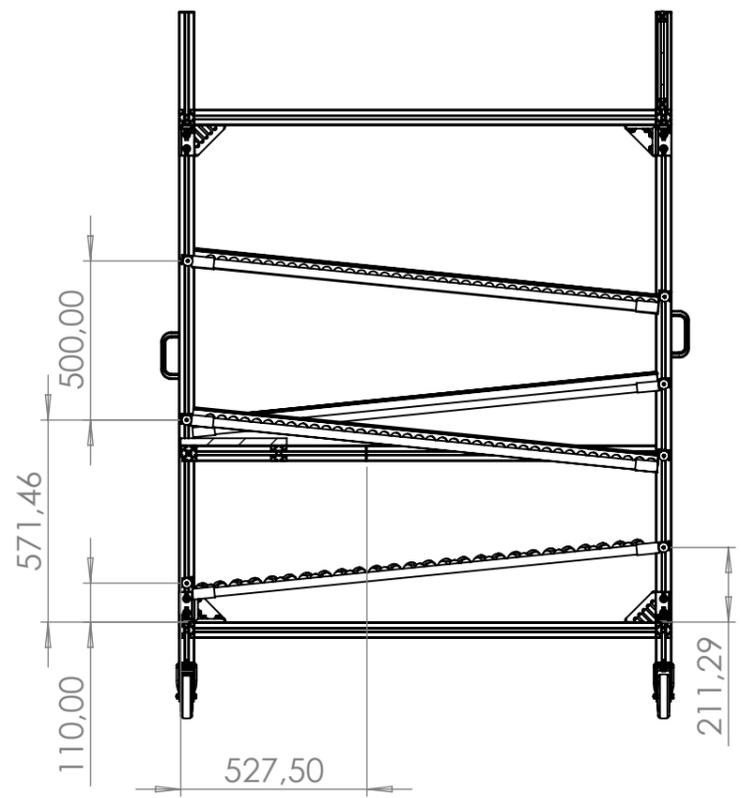
Pizarra puestos control

A3

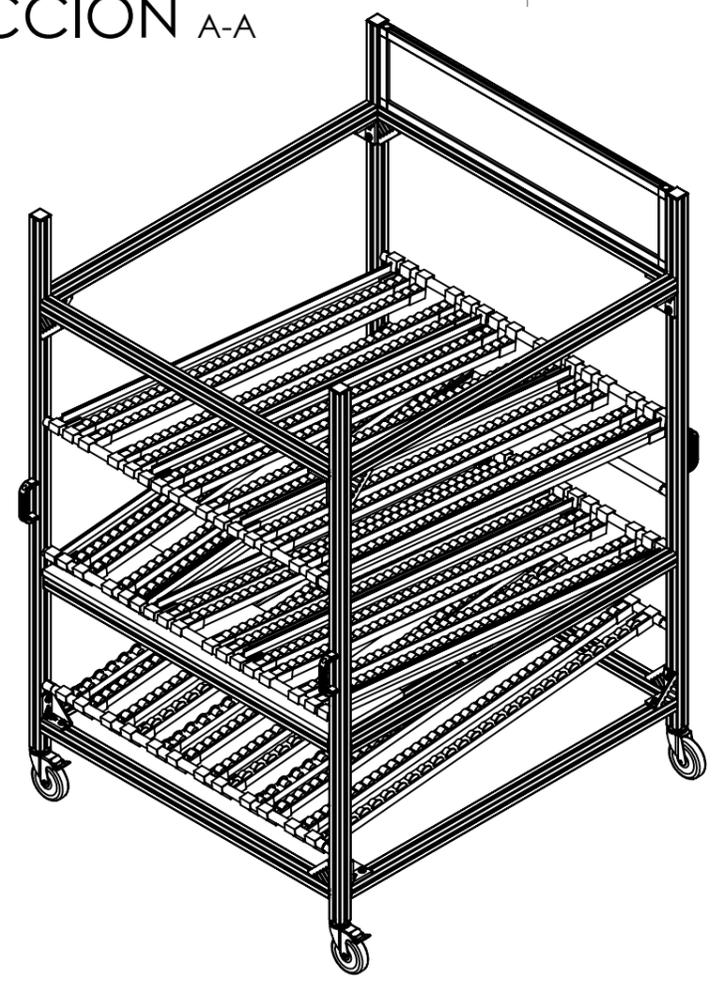
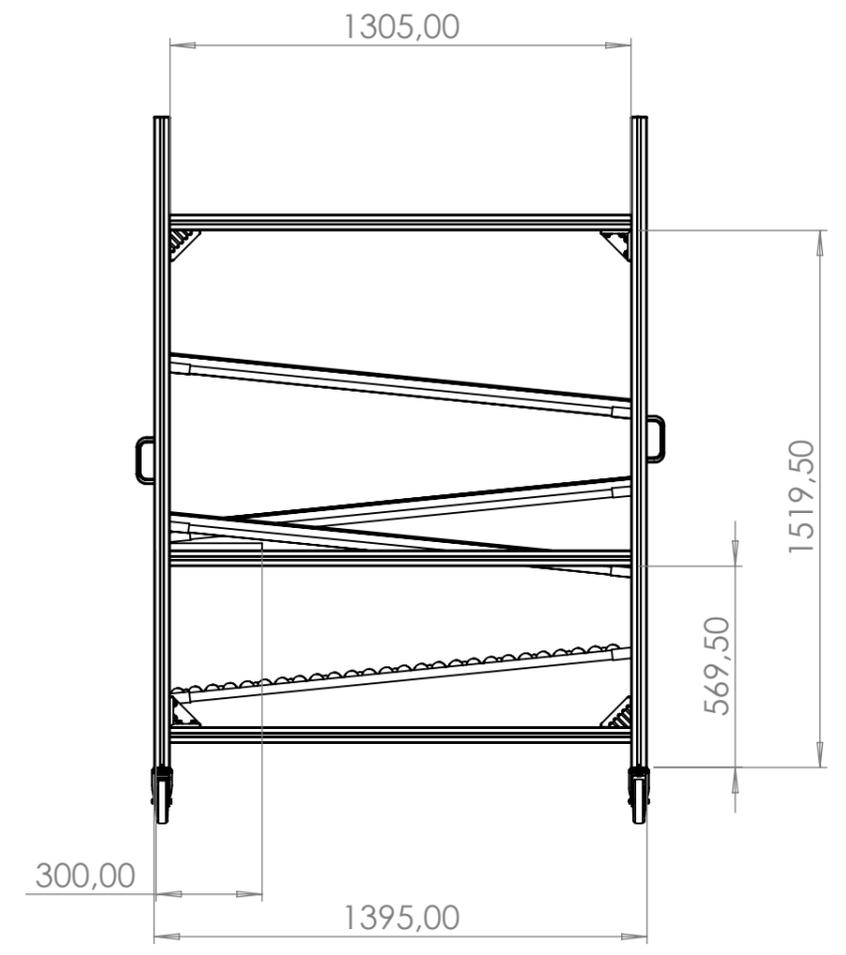
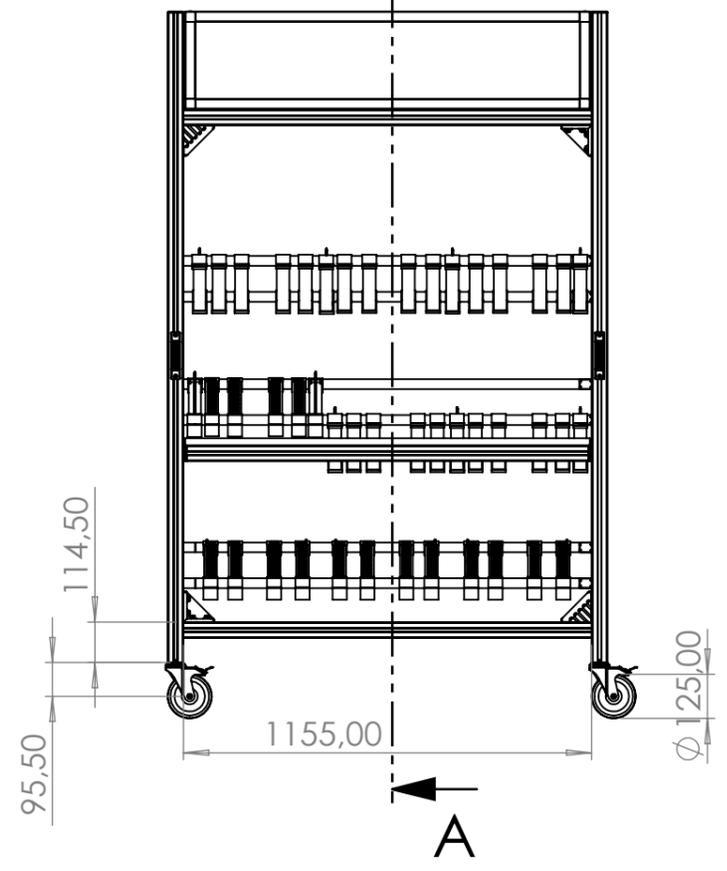


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				PESO:	ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1

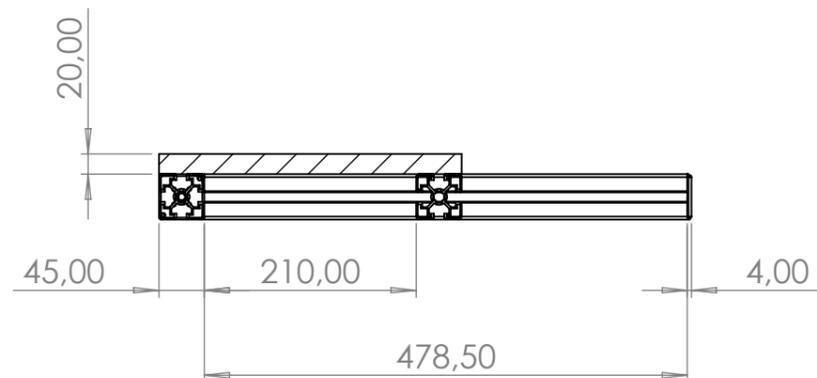
Puesto de reciclaje



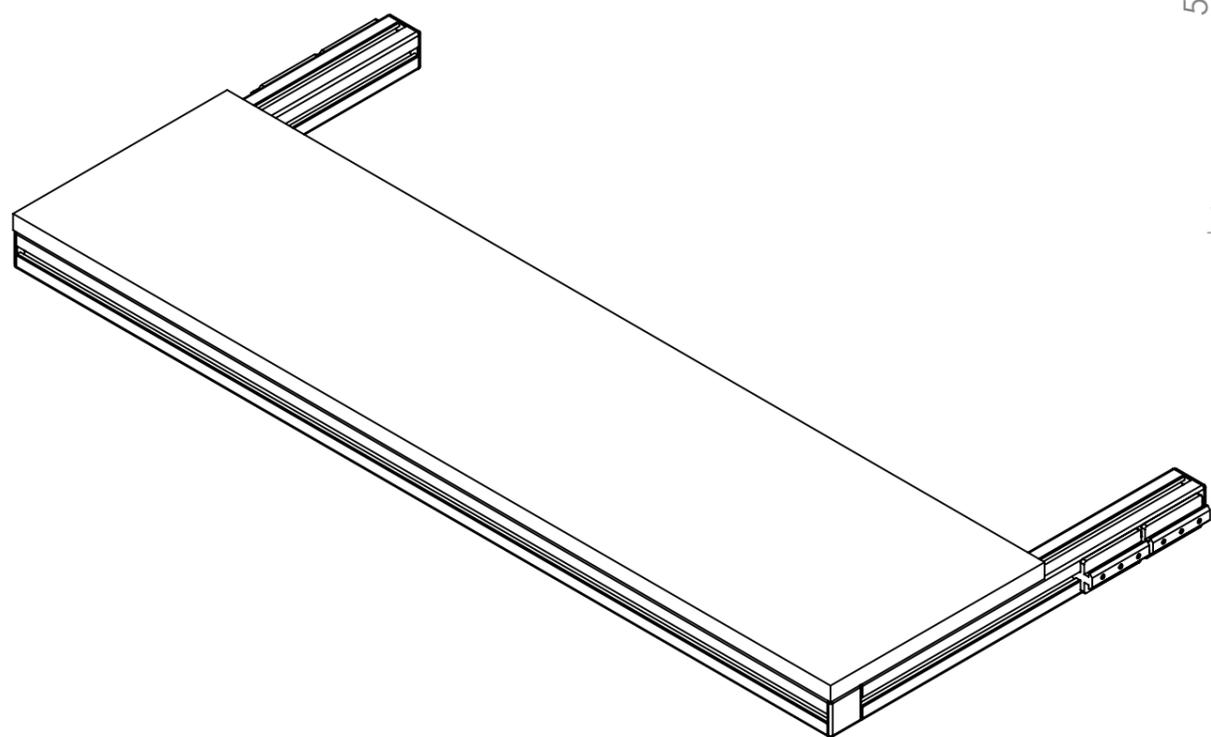
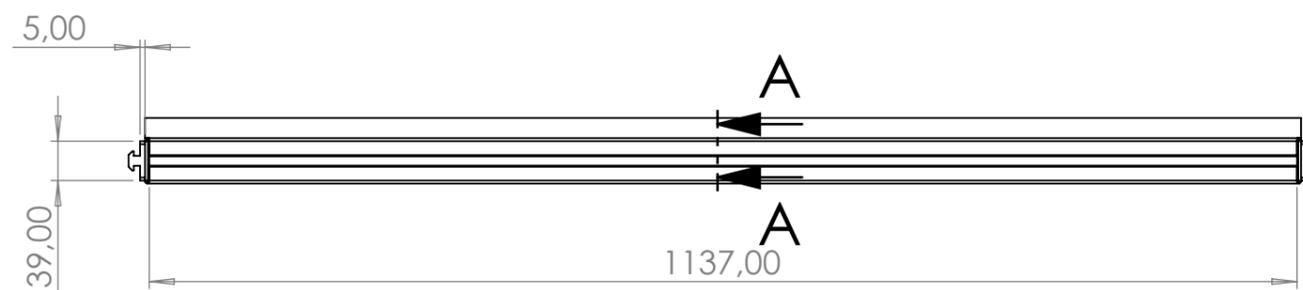
SECCIÓN A-A



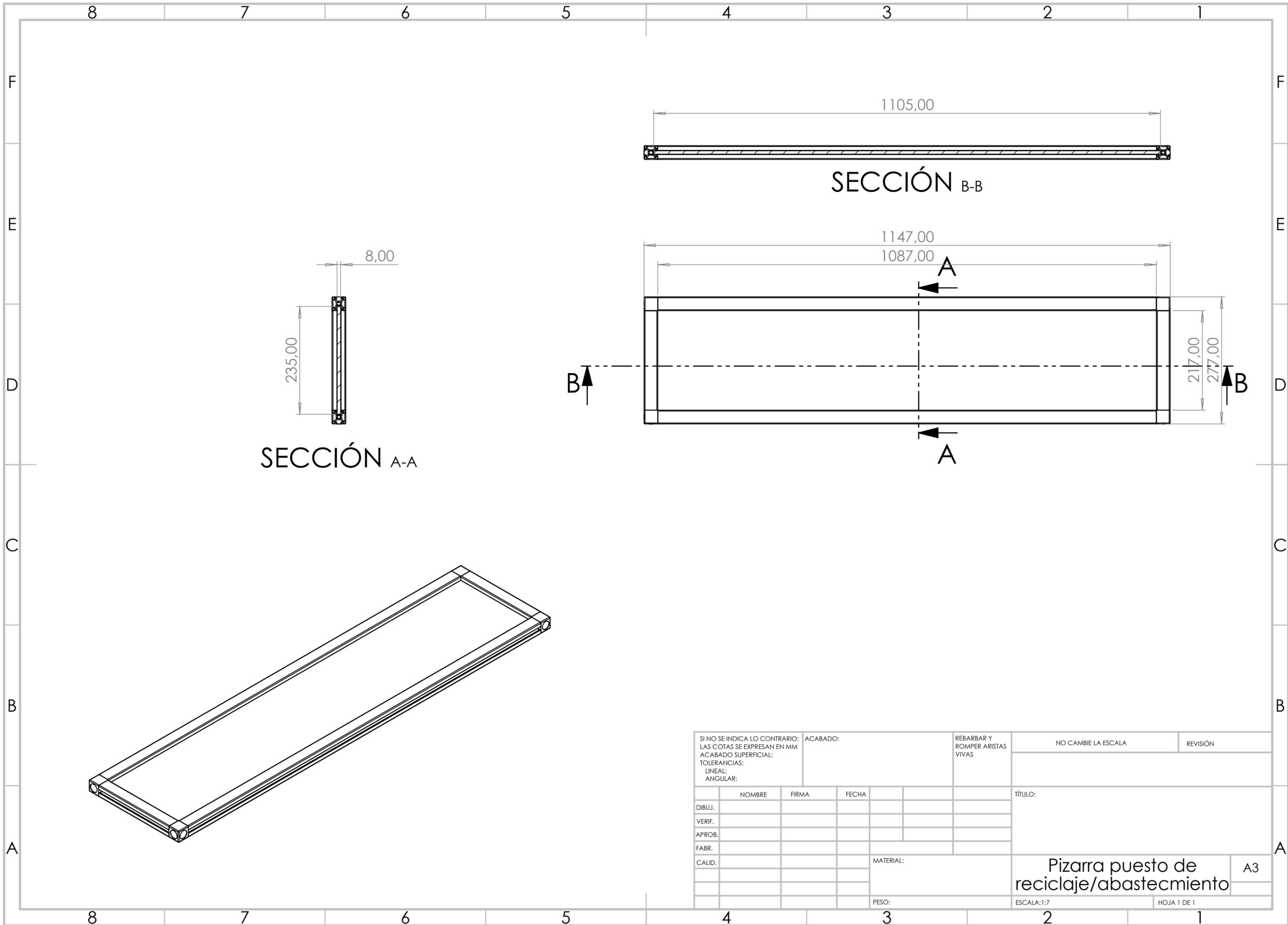
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	Puesto de abastecimiento
			PESO:	ESCALA:1:20	A3
				HOJA 1 DE 1	



SECCIÓN A-A

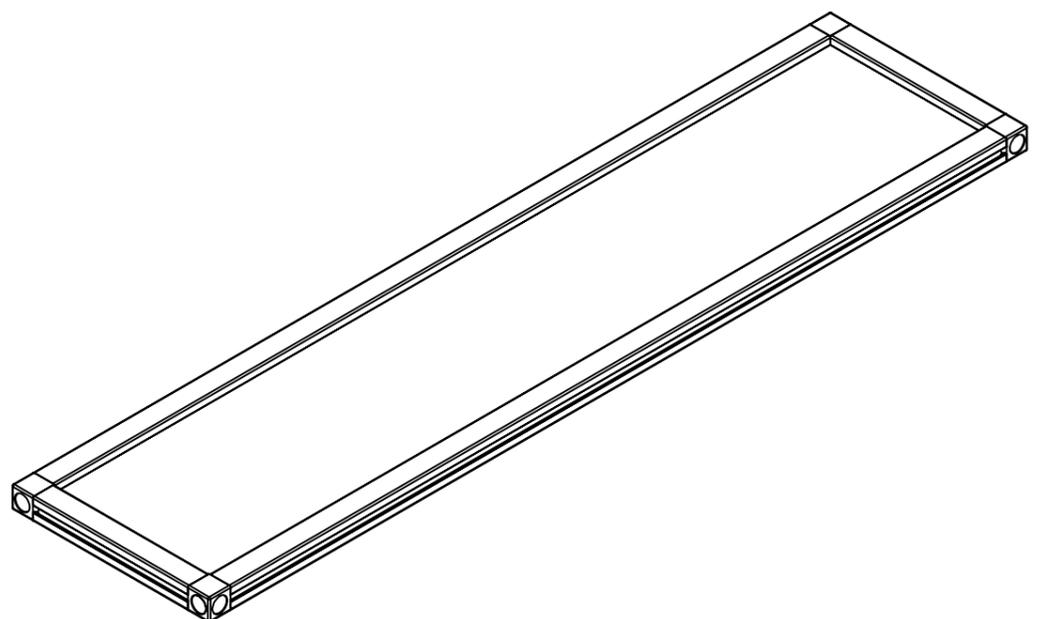


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						PESO:		Mesa deslizante puesto de abastecimiento/reciclaje A3	
								ESCALA:1:7	
								HOJA 1 DE 1	



SECCIÓN A-A

SECCIÓN B-B



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.						MATERIAL:		Pizarra puesto de reciclaje/abastecimiento	
						PESO:		ESCALA:1:7	
								HOJA 1 DE 1	

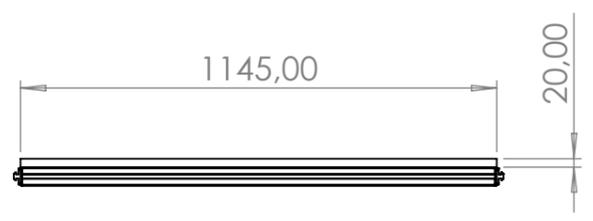
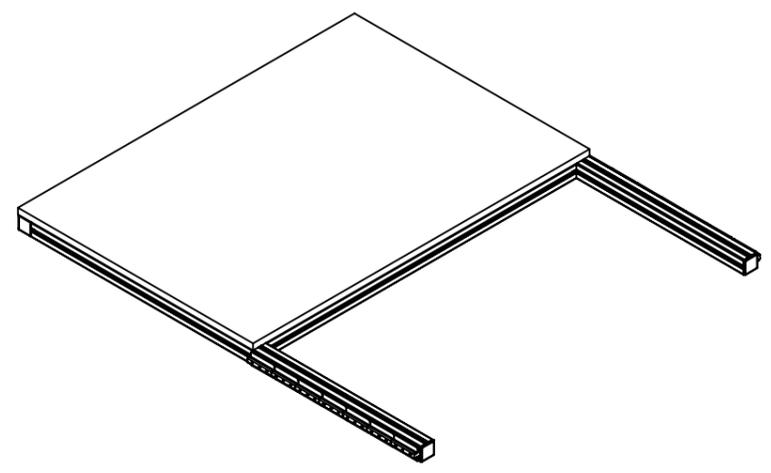
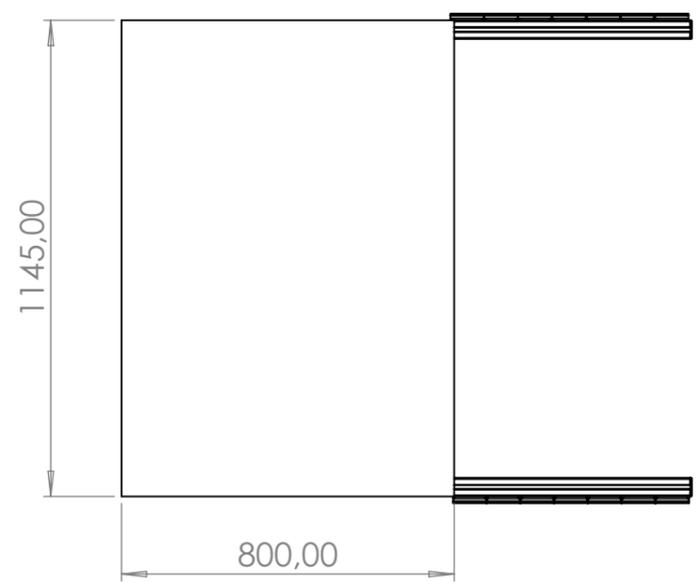
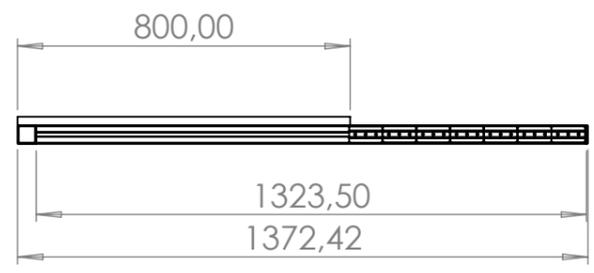
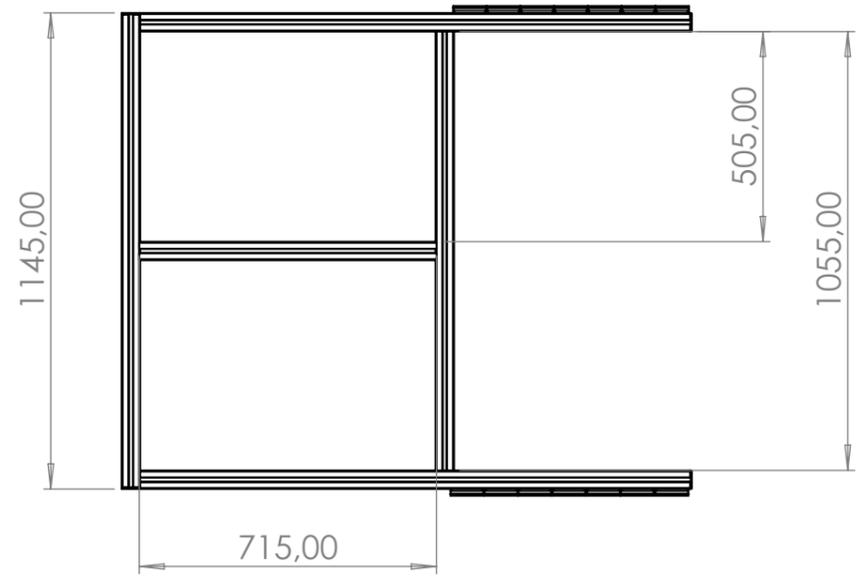
A3



SECCIÓN A-A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				PESO:	ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1

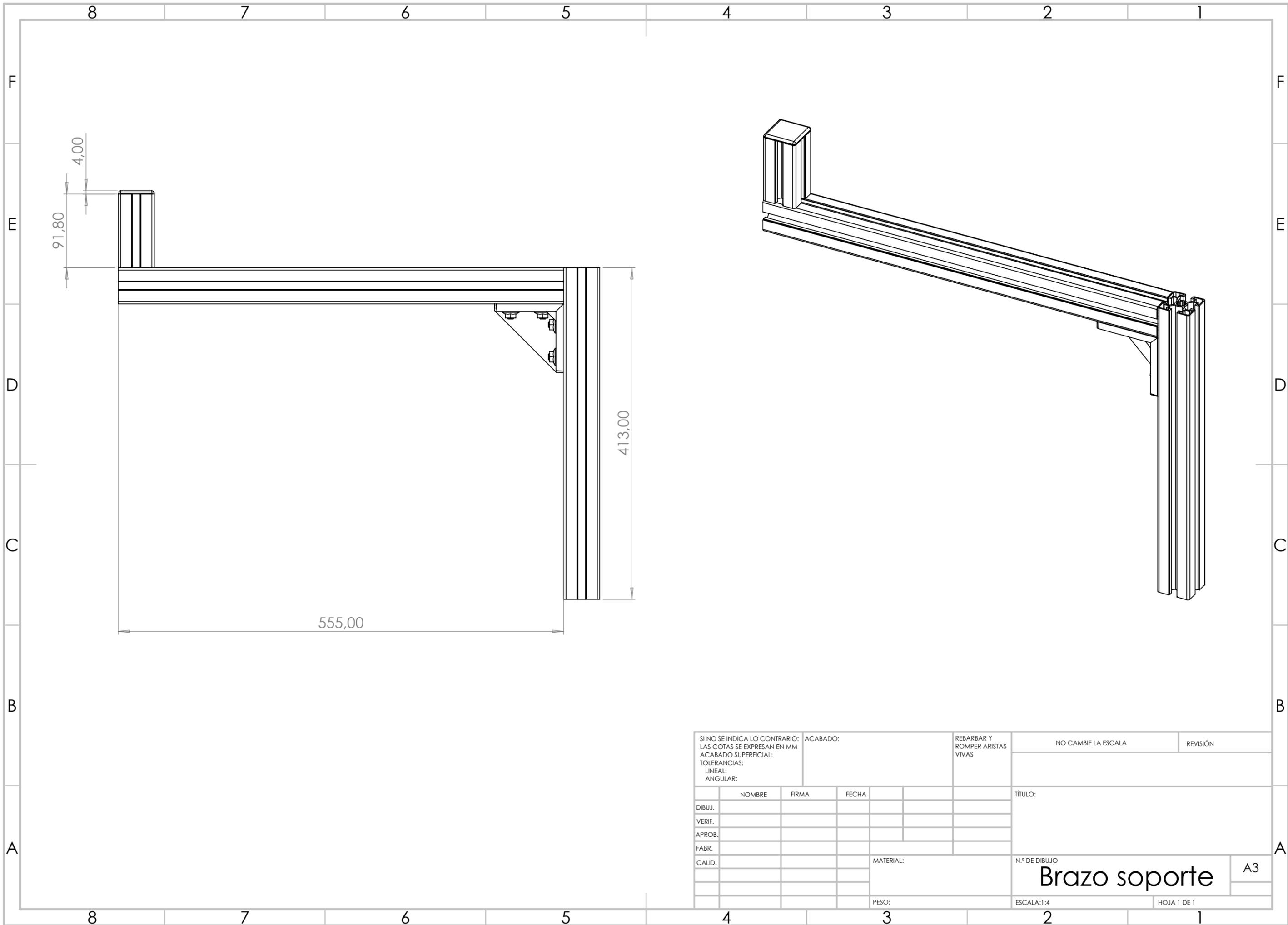
Puesto de montaje



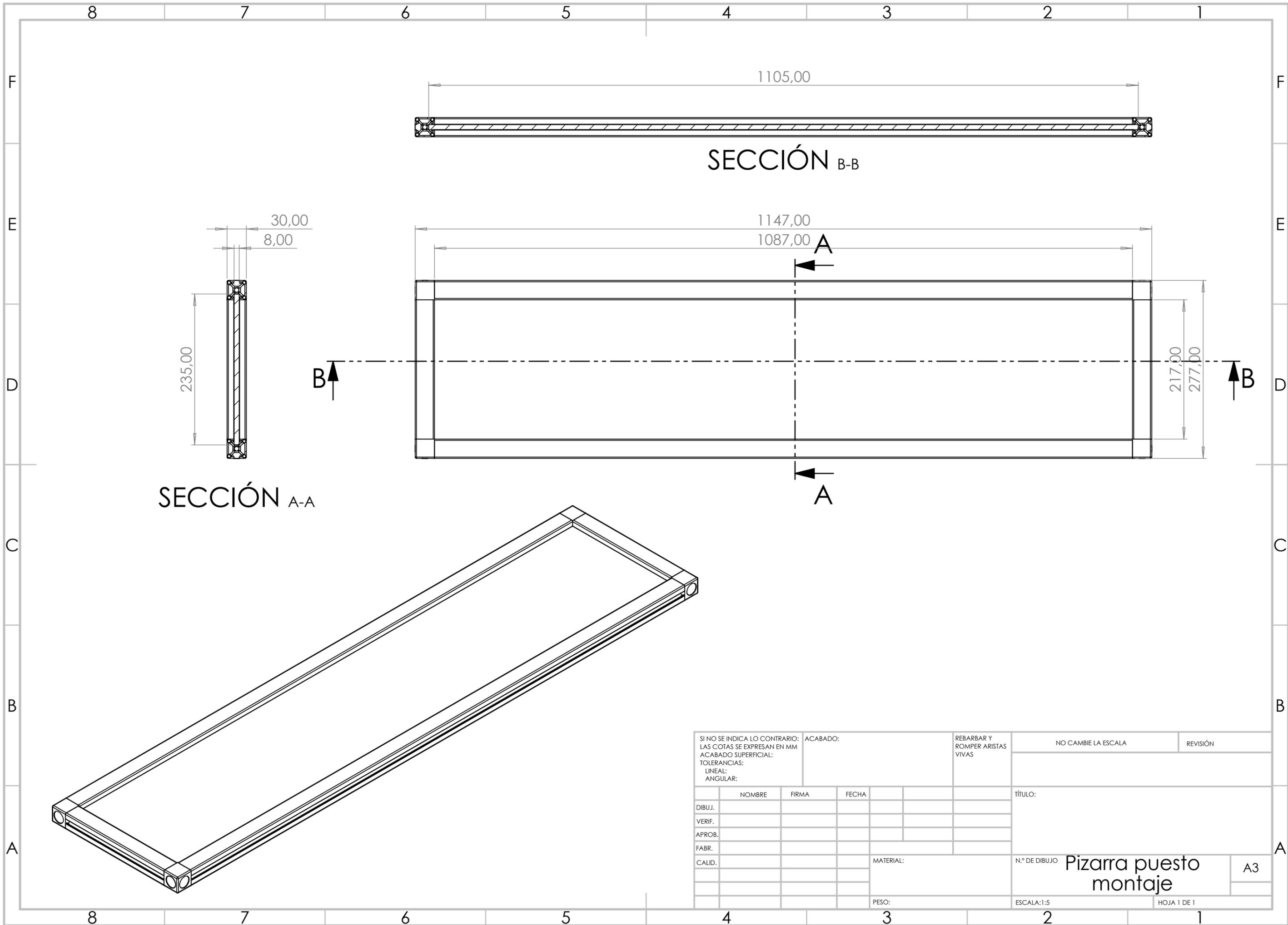
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		FIRMA		FECHA		TÍTULO:			
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						PESO:		ESCALA:1:17	
								HOJA 1 DE 1	

Mesa desplegable
puesto montaje

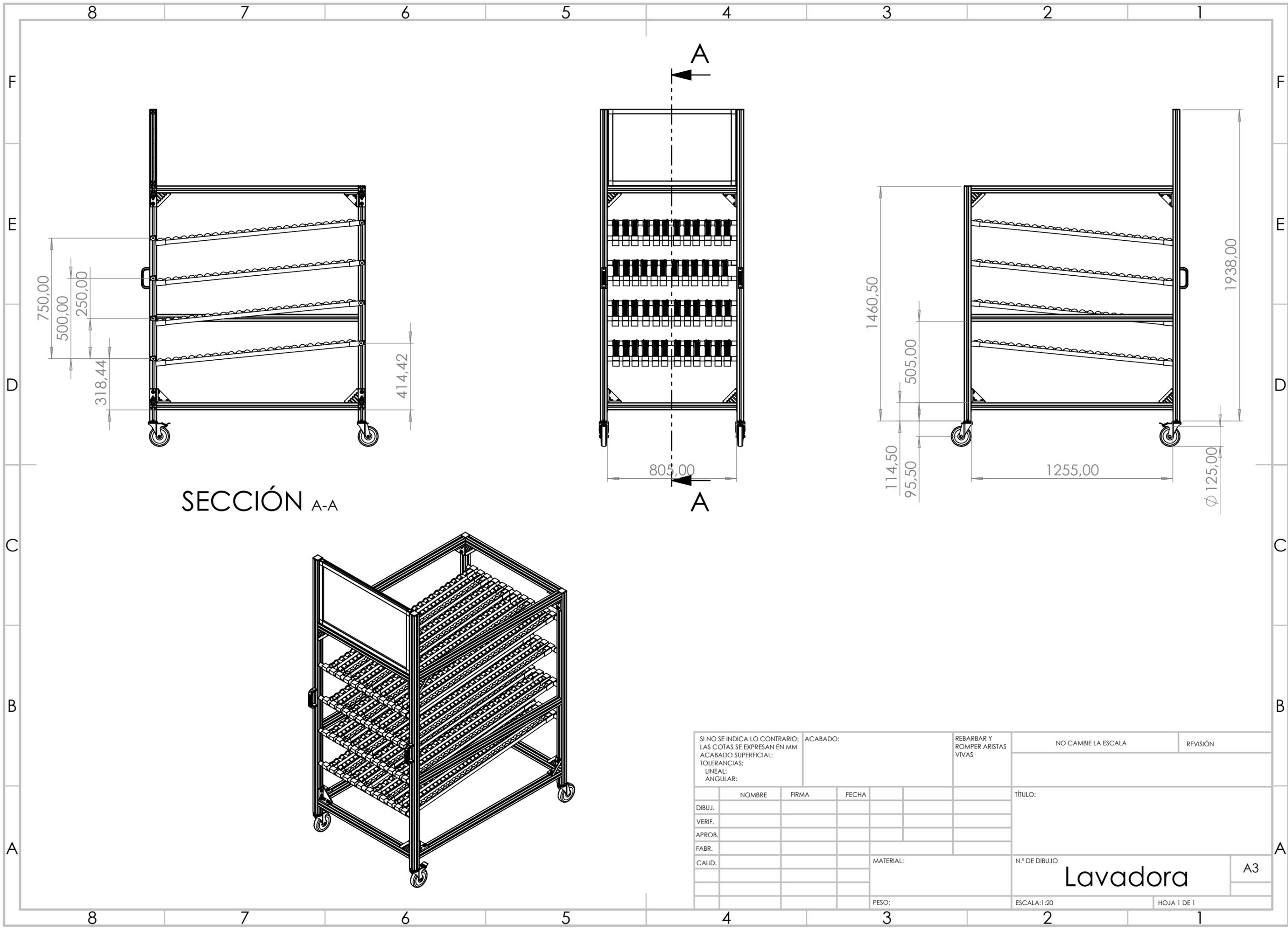
A3



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.		NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.									
APROB.									
FABR.									
CALID.						MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
								Brazo soporte	
						PESO:		ESCALA:1:4	
								HOJA 1 DE 1	
								A3	



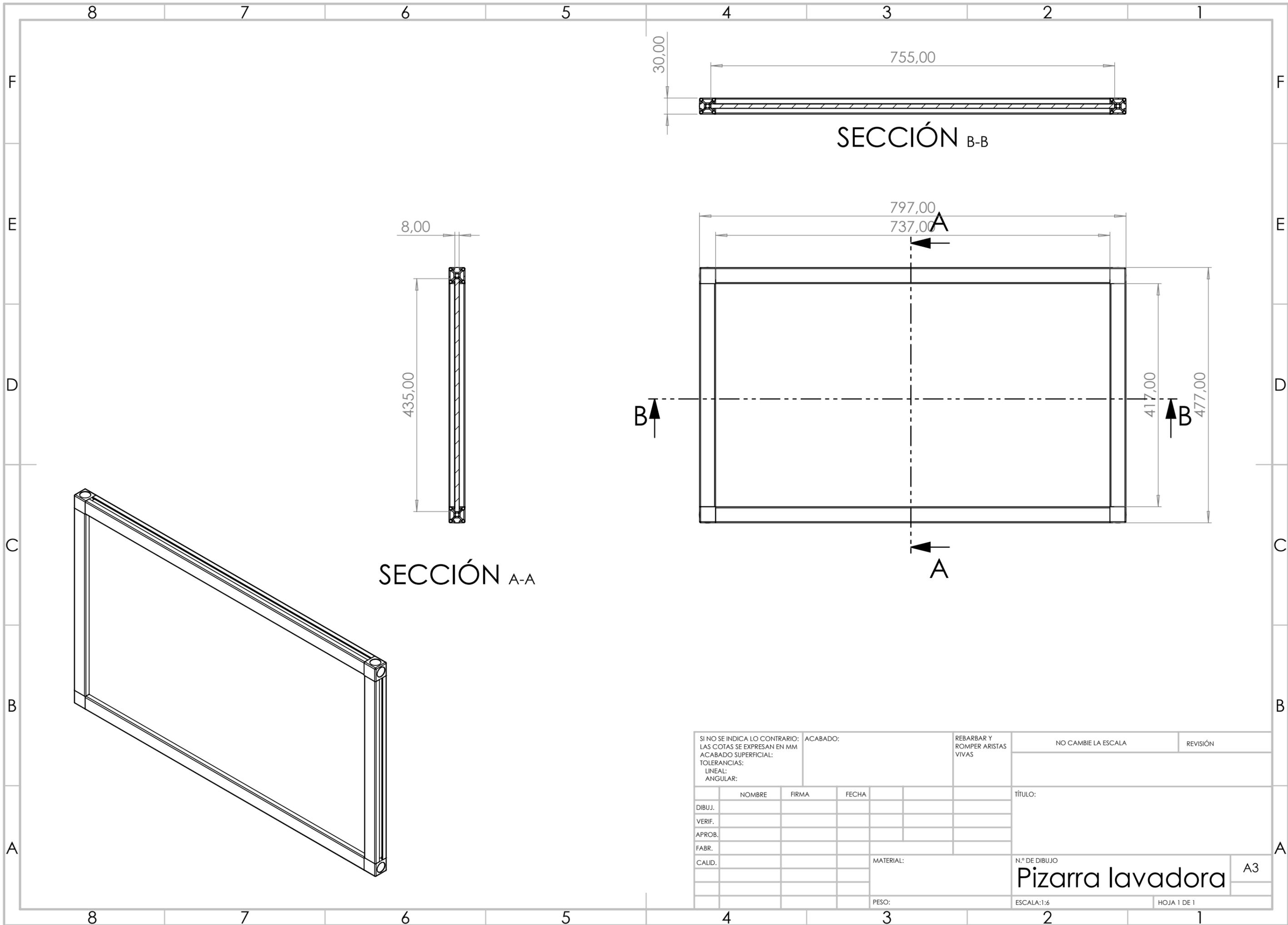
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
DIBUJ.			NOMBRE			FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.											
APROB.											
FABR.											
CALID.								MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
								PESO:		Pizarra puesto montaje	
								ESCALA:1:5		A3	
								HOJA 1 DE 1			



SECCIÓN A-A

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
VERIF.						
APROB.						
FABR.						
CALID.				MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				PESO:	ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1

Lavadora



SECCIÓN A-A

SECCIÓN B-B

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
						TÍTULO:					
DIBUJ.						N.º DE DIBUJO Pizarra lavadora A3					
VERIF.											
APROB.											
FABR.											
CALID.											
						MATERIAL:		ESCALA:1:6		HOJA 1 DE 1	
						PESO:					