



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de
Producto

**“Spiker,
una trituradora de plástico semi-industrial.
Diseño, montaje y fabricación”**

Autor:

Sánchez Santana, Alba

Tutor: Mansilla Gallo, Alberto

Dpto. Ciencia de los Materiales e Ingeniería
metalúrgica, Expresión gráfica en la ingeniería,
Ingeniería Cartográfica, Geodesia y
fotogrametría, Ingeniería Mecánica e ingeniería
de Procesos de Fabricación.

Valladolid, febrero de 2021.

A mis padres, Mariano y Fátima,
por apoyarme todos estos años y hacer
posible este proyecto.

RESUMEN

El presente trabajo Fin de Grado se centra en el diseño y posterior montaje y construcción de Spiker, una máquina destinada a triturar plásticos.

Se realizará un estudio de mercado sobre las diferentes tronzadoras de plástico existentes en el mercado. Se analizarán y combinarán los conceptos más convenientes de cada trituradora. Además, se aportarán ciertas mejoras respecto a modelos actuales.

El objetivo final será proponer una solución factible a escala local, con un coste asequible, así como unos resultados óptimos. Esto conlleva al uso de elementos comerciales normalizados dentro de lo posible, así como a buscar soluciones mecánicas de bajo coste de producción.

Spiker será una pieza clave de un proyecto a mayor escala, en el que se reciclarán plásticos para darles una nueva vida útil. Esto fomentará una mentalidad ecológicamente sostenible en todos aquellos que se vean involucrados en este proyecto.

PALABRAS CLAVE

Trituradora – Reciclaje – Plástico – Montaje – Modelado 3D

ABSTRACT

The present End of Studies Project is focused on the design and subsequent assembly and construction of Spiker, a machine destined to shred plastic.

A market survey of the different types of plastic shredders currently available on the market will be done. The most convenient concepts of each shredder will be analysed and combined. Moreover, some improvements will be added with respect to current models.

The end goal is to accomplish a plausible solution in local terms, with an affordable cost, in addition to optimal results. This implies using, as much as possible, standardized elements already available in the market, as well as searching for easy machining processes.

Spiker will be a key part of a bigger project, where waste plastic products will be recycled, giving them a new life. This will encourage an ecologically sustainable mentality among the people involved in this project.

KEY WORDS

Shredder – Recycling – Plastic – Assembly – 3D Modeling

ÍNDICE

1.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	15
1.1.	<i>Introducción.....</i>	<i>15</i>
1.2.	<i>Naturaleza del proyecto.....</i>	<i>16</i>
1.3.	<i>Descripción del proyecto</i>	<i>17</i>
1.4.	<i>Condicionantes y limitaciones</i>	<i>19</i>
1.5.	<i>Reparto del trabajo</i>	<i>21</i>
2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO	23
3.	ESTADO DE LA TÉCNICA	25
3.1.	<i>Estudio de mercado</i>	<i>25</i>
3.2.	<i>Patentes.....</i>	<i>35</i>
3.3.	<i>Productos de HDPE reciclado</i>	<i>39</i>
4.	ESTUDIO DE SUMINISTRADORES LOCALES.....	41
4.1.	<i>Empresas de láser</i>	<i>41</i>
4.2.	<i>Empresas de comerciales</i>	<i>42</i>
4.3.	<i>Talleres de mecanizado y otros proveedores</i>	<i>43</i>
4.4.	<i>Suministradores locales elegidos</i>	<i>43</i>
5.	CONCEPTOS INICIALES.....	44
5.1.	<i>Primer diseño</i>	<i>44</i>
5.2.	<i>Shredder Pro de Precious Plastics.....</i>	<i>48</i>
6.	DISEÑO FINAL	49
6.1.	<i>Montaje ejes y cuchillas</i>	<i>49</i>
6.2.	<i>Elección del motor-reductor</i>	<i>60</i>
6.3.	<i>Elección del acople</i>	<i>68</i>
6.4.	<i>Caja</i>	<i>71</i>
6.5.	<i>Rejillas</i>	<i>74</i>
6.6.	<i>Tolva.....</i>	<i>76</i>
6.7.	<i>Bastidor.....</i>	<i>78</i>
6.8.	<i>Montaje.....</i>	<i>86</i>
7.	MARCADO CE	97
7.1.	<i>Evaluación de riesgos.....</i>	<i>102</i>
7.2.	<i>Estudio básico de seguridad y salud</i>	<i>118</i>
7.3.	<i>Protección de los dispositivos eléctricos.....</i>	<i>121</i>
8.	MATERIALES.....	125
9.	MANTENIMIENTO	129

9.1.	<i>Rodamientos</i>	129
9.2.	<i>Engranajes</i>	130
9.3.	<i>Reductor</i>	130
9.4.	<i>Zona de corte</i>	130
9.5.	<i>Equipo Eléctrico</i>	131
9.6.	<i>Herramientas necesarias</i>	131
10.	TRANSPORTE	132
11.	IMAGEN CORPORATIVA	135
12.	IMÁGENES	138
13.	CONCLUSIONES Y LINEA FUTURA	141
13.1.	<i>Conclusiones sobre fabricación</i>	143
13.2.	<i>Resultados de corte</i>	146
13.3.	<i>Línea Futura</i>	146
14.	BIBLIOGRAFÍA	149

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Producción mundial de plásticos en m.t. [88]	16
Figura 2: Diagrama de flujo para el reciclado de plásticos. Elaboración propia.	17
Figura 3: Demanda de plástico en Europa en 2015. [87]	19
Figura 4: Bobina de HDPE para Impresora 3D. [4].....	20
Figura 5: Filastruder. [7]	25
Figura 6: Partes Filastruder Kit. [7].....	26
Figura 7: Tronzadora Precious Plastic. [10]	27
Figura 8: Extrusora de Precious Plastics. [11]	28
Figura 9: Inyectora Precious Plastic. [12].....	28
Figura 10: Prensa Precious Plastic. [13]	29
Figura 11: Ciclo 3Devo. [15]	29
Figura 12: Extrusora de filamento 3Devo. [16]	30
Figura 13: Shr3d it shredder. [17]	30
Figura 14: Recicladora con cortadora y compactadora. [72]	31
Figura 15: Recicladora HNT-V. [72]	32
Figura 16: Recicladora SNT-V. [73].....	32
Figura 17: extrusora de tres capas (ABA) HDPE. [74]	33
Figura 18: Trituradora de Filabot. [22]	34
Figura 19: Patente ES 2047789. [77]	35
Figura 20: Patente ES2272686. [75]	36
Figura 21: Patente ES2005355. [76]	36
Figura 22: Patente ES0275857. [78]	37
Figura 23: Patente US20180200723. [79].....	37
Figura 24: The confetti family. [82]	39
Figura 25: Maceta confetti. [80]	39
Figura 26: Paragüero Confetti. [81].....	39
Figura 27: Back to nature. [83].....	40
Figura 28: Tabla de cortar, hecha con HDPE reciclado [84].....	40
Figura 29: Palé de HDPE [85]	40
Figura 30: Trituradora previa. Elaboración propia.....	44
Figura 31: Comparación motor 2,2 kW y trituradora previa. Elaboración propia.	45
Figura 32: Partes tolva exterior y guías perímetro. Elaboración propia.	45
Figura 33: Encaje tolva interior con tolva exterior. Elaboración propia.	46
Figura 34: Perfil cuchilla previa y montaje de éstas. Elaboración propia.	46
Figura 35: Perfil de los dos tipos de cuchilla fija. Elaboración propia.....	46
Figura 36: Caja previa en perspectiva y planta. Elaboración propia.	47
Figura 37: Rejilla previa. Elaboración propia.	47
Figura 38: Eje conducido y eje motriz. Elaboración propia.	49

Figura 39: Tuerca DIN 1804. Elaboración propia.....	50
Figura 40: Perfil cuchilla previa. Elaboración propia.....	51
Figura 41: Radio para la herramienta láser. Elaboración propia.....	52
Figura 42: Perfil cuchillas con muescas. Elaboración propia.....	52
Figura 43: Holgura entre las cuchillas móviles. Elaboración propia.....	54
Figura 44: Muecas guía de cuchillas del eje corto. Elaboración propia.....	55
Figura 45: Patrón numerado de cuchillas del eje corto. Elaboración propia...	55
Figura 46: Ejes con las cuchillas montadas. Elaboración propia.....	56
Figura 47: Esquema distancia entre ejes. Elaboración propia.....	56
Figura 48: Perfil separadores. Elaboración propia.....	57
Figura 49: Espesores de separadores. Elaboración propia.....	58
Figura 50: Montaje de eje. Elaboración propia.....	58
Figura 51: Perfiles cuchillas fijas. Elaboración propia.....	59
Figura 52: Posición de cuchillas fijas. Elaboración propia.....	59
Figura 53: Placa de características del motor. Elaboración propia.....	60
Figura 54: Superficie de corte de una cuchilla. Elaboración propia.....	61
Figura 55: Diagrama par-velocidad motor asíncrono. Elaboración propia.....	62
Figura 56: Diagrama par-velocidad motor asíncrono con variador de frecuencia. Elaboración propia.....	64
Figura 57: Conexión de la potencia en el variador. [89].....	65
Figura 58: Funciones por defecto de los terminales. [89].....	65
Figura 59: Esquema unifilar para Spiker. Elaboración propia.....	66
Figura 60: Disposición del cuadro de distribución eléctrica en Spiker. Elaboración propia.....	66
Figura 61: Cuadro de mandos de Spiker. Elaboración propia.....	67
Figura 62: Alargador para enchufar Spiker. Elaboración propia.....	67
Figura 63: Parte elástica acople. Elaboración propia.....	68
Figura 64: Parte metálica acople. Elaboración propia.....	68
Figura 65: Factores de servicio del acople. [50].....	68
Figura 66: Power ratings del acople. [50].....	69
Figura 67: Dimensiones físicas y características del acople a utilizar. [50]....	69
Figura 68: Tipo de acople seleccionado. [50].....	70
Figura 69: Dimensiones físicas y características. [50].....	70
Figura 70: Código de la orden de la elección. [50].....	70
Figura 71: Acople. Elaboración propia.....	70
Figura 72: Caja. Elaboración propia.....	71
Figura 73: Piezas caja. Elaboración propia.....	72
Figura 74: Explosión caja. Elaboración propia.....	73
Figura 75: Rejilla pequeña. Elaboración propia.....	74
Figura 76: Rejilla grande. Elaboración propia.....	74
Figura 77: Piezas rejilla pequeña. Elaboración propia.....	75
Figura 78: Piezas rejilla grande. Elaboración propia.....	75
Figura 79: Explosión rejillas. Elaboración propia.....	75

Figura 80: Pegatinas zonas de corte. Elaboración propia.	76
Figura 81: Tolva. Elaboración propia.	77
Figura 82: Explosionado tolva. Elaboración propia.	77
Figura 83: Perfiles del bastidor. Elaboración propia.	78
Figura 84: Conector de cabeza redonda. Elaboración propia.	79
Figura 85: Inserción de conector de cabeza redonda. Elaboración propia.	79
Figura 86: Montaje conector de cabeza redonda con el perfil. Elaboración propia.	79
Figura 87: Agujeros en perfiles. Elaboración propia.	80
Figura 88: Escuadra 43x43x30. Elaboración propia.	80
Figura 89: Tuerca y tornillo cabeza martillo. Elaboración propia.	80
Figura 90: Esqueleto del bastidor con escuadras. Elaboración propia.	81
Figura 91: Unión chapa a perfil. Elaboración propia.	82
Figura 92: Pie anti-vibratorio. Elaboración propia.	82
Figura 93: Esqueleto bastidor con pies. Elaboración propia.	83
Figura 94: Chapón común. Elaboración propia.	83
Figura 95: Bastidor. Elaboración propia.	84
Figura 96: Piezas bastidor. Elaboración propia.	85
Figura 97: Altura de la salida del reductor respecto a la bancada. Elaboración propia.	86
Figura 98: Altura de la entrada de Spiker respecto a la bancada. Elaboración propia.	87
Figura 99: Espesores de espaciadores. Elaboración propia.	87
Figura 100: Perfil placa niveladora. Elaboración propia.	88
Figura 101: Propiedades físicas de la tolva. Elaboración propia.	88
Figura 102: Tolva en posición abierta. Elaboración propia.	89
Figura 103: Perfil de la tolva junto a su centro de gravedad. Elaboración propia.	89
Figura 104: Amortiguador. Elaboración propia.	90
Figura 105: Escuadra en U. [52].	90
Figura 106: Dimensiones escuadra en U. [52].	90
Figura 107: Medidas escuadra plana. [52]	91
Figura 108: Escuadra plana. [52].	91
Figura 109: Bisagra. [53]	91
Figura 110: Medidas bisagra. [53]	92
Figura 111: Cierre acodado. [53].	92
Figura 112: Dimensiones del cierre. [53]	93
Figura 113: Tolva - caja. Elaboración propia.	94
Figura 114: Proporciones del anagrama del marcado CE. [86]	98
Figura 115: Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados.	123
Figura 116: Camión de transporte. [73].	132
Figura 117: Medidas palé europeo. [72]	134

Figura 118: Simulación transporte. Elaboración propia.	134
Figura 119: Simulación caja común transporte. Elaboración propia.....	134
Figura 120: Logotipo Spiker. Elaboración propia.	135
Figura 121: Tipografía Khmer MN Regular. Elaboración Propia.....	135
Figura 122: Imagotipo final. Elaboración propia.	136
Figura 123: Logotipo invertido. Elaboración propia.	136
Figura 124: Logotipo azul. Elaboración propia.	136
Figura 125: Imagotipo azul. Elaboración propia.....	136
Figura 126: Imagotipo invertido. Elaboración propia.	136
Figura 127: Tipografía Khmer MN en azul. Elaboración propia.	137
Figura 128: Tipografía Khmer MN en blanco. Elaboración propia.....	137
Figura 129: Render 1. Elaboración propia.....	138
Figura 130: Render 2. Elaboración propia.....	138
Figura 131: Fotografía Spiker. Elaboración propia.....	138
Figura 132: Fotografía tolva abierta. Elaboración propia.	139
Figura 133: Fotografía unión caja-tolva. Elaboración propia.....	139
Figura 134: Fotografía de zona de corte. Elaboración propia.	139
Figura 135: Fotografía de rejillas. Elaboración propia.	140
Figura 136: Error de mecanizado del eje. Elaboración propia.	143
Figura 137: Placa 01-01-03 fabricada dos veces por error. Elaboración propia.	144
Figura 138: Rejilla plegada por el eje erróneo. Elaboración propia.....	145
Figura 139: Resultados máquina. Elaboración propia.....	146
Figura 140: Spiker, trituradora de plásticos. Elaboración propia.....	147
Figura 141: Ubicación de la báscula en Spiker. Elaboración propia.....	148

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Bonificaciones según el rango de material aportado.	18
Tabla 2: Distribución de tareas del proyecto 'Spiker'.	21
Tabla 3. Suministradores elegidos.	43
Tabla 4 Especificaciones técnicas de Shredder Pro [46]	48
Tabla 5: N° de cuchillas móviles de Spiker.	53
Tabla 6: Pedido Fasten.	85
Tabla 7: Elementos normalizados.....	96
Tabla 8: Valores asociados a probabilidad/severidad.	102
Tabla 9: Valores combinados probabilidad/severidad.....	103
Tabla 10: Relación riesgo/valor.....	103
Tabla 11: Plazos de implantación.....	104
Tabla 12: Materiales, tratamiento y cantidad de piezas.....	128

1.JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.1. INTRODUCCIÓN

Este documento constituye la memoria del Proyecto Spiker, una trituradora de plástico, elaborada como Trabajo Fin de Grado durante los cursos 2019/20 y 2020/21 por Alba Sánchez Santana y Víctor Ciordia Asenjo; Estudiantes en Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto y Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales respectivamente. Ambos grados impartidos en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Valladolid.

Se propone diseñar, desarrollar y fabricar una trituradora destinada a cortar desechos plásticos. Este material triturado servirá como alimentación a otras máquinas, las cuales conseguirán darle una segunda vida útil.

El resultado final constará de un bastidor, una caja que albergará los elementos necesarios para cumplir su función como tronzadora, un motor con su respectivo acople para transmitir la potencia a Spiker, un controlador de frecuencia que gobernará el funcionamiento del motor y una tolva que evite el contacto directo del usuario con la zona de corte.

En este documento se recoge el enunciado del proyecto y una descripción detallada del mismo, especificando aspectos técnicos, funcionales y estéticos del producto final, así como la justificación de las soluciones implementadas.

1.2. NATURALEZA DEL PROYECTO

Spiker es una máquina destinada a triturar desechos plásticos cotidianos de la población general, desde un primer momento pensada para dar una segunda vida al gran excedente de plástico de la sociedad moderna y producir un producto funcional a partir de estos sobrantes.

Hoy por hoy, el diseño eco-sostenible, que surgió como un ideal, se ha convertido en una necesidad imperante, siendo implementando tanto en los hogares de los ciudadanos como en la industria. Este cambio es clave, pues ha producido que la búsqueda de la sostenibilidad y la persecución de la “huella cero” no sea un añadido a un producto, sino una parte fundamental e intrínseca del mismo. En este contexto, con Spiker se apuesta por la reutilización de materiales, concretamente el plástico.

Este material es uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la sociedad actual y venidera. Constituye uno de los desperdicios más contaminantes y con mayor tiempo en biodegradarse. Además, su producción ha seguido un crecimiento exponencial en las últimas décadas, tal y como se puede observar en la Figura 1.

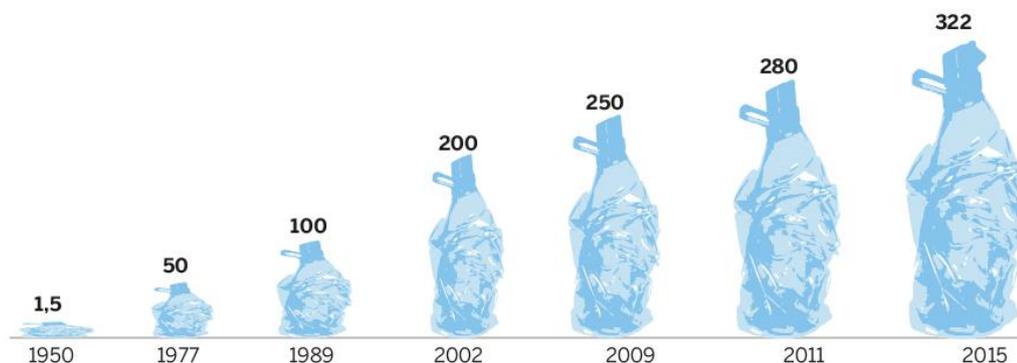


Figura 1: Producción mundial de plásticos en m.t. [88]

Cabe mencionar que el 79 % de plástico desechado se encuentra en vertederos o en el ecosistema y que solamente un 12 % se incinera, dejando un escaso 9% que sí se recicla [1]. Para ponerlo aún más en tesitura, cada segundo más de 200 kilogramos de plástico acaban en mares y océanos [2].

En España, pese a ser uno de los cinco países europeos que más plástico demandan, no existen muchas iniciativas que fomenten al reciclaje. Por ello, este país queda a la cola de Europa en cantidad de plástico reciclado [3].

1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Spiker forma parte de un proyecto más amplio, pensado para animar a reciclar a todo tipo de personas, independientemente de su edad u otros factores sociales. La idea principal es ofrecer una experiencia en la que, aportando los propios desechos de plástico cotidianos, el usuario pueda obtener un producto u objeto funcional listo para ser utilizado. Spiker y las posteriores máquinas del proceso están enfocadas para pequeños barrios o comunidades.

El proyecto general del que forma parte Spiker, la trituradora, constará de varias máquinas. El plástico que entre en el ciclo seguirá el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Diagrama de flujo para el reciclado de plásticos. Elaboración propia.

Como se puede observar, el propósito último del plástico triturado variará. Según la aplicación final, se optará por destinarlo a un proceso u otro. Por ejemplo, destinarlo a una extrusora y posteriormente, ser bobinado para crear filamento de impresoras FDM. Otra posible forma de transformar el plástico triturado puede ser mediante una calandradora para posterior termoconformado, el moldeo por inyección, etc.

Todos los productos o residuos resultantes de estas aplicaciones podrán volver a ser introducidos en Spiker y de esta forma cerrar el ciclo.

El destino final del plástico y, consecuentemente, el proceso a utilizar se determinará teniendo en cuenta las características técnicas, propiedades y las restricciones constructivas que tiene dicho plástico triturado.

Esto hace que a la hora de diseñar la tronzadora, haya que tener en cuenta el destino final del plástico que va a triturar. En la sección 6.5. Rejillas, se profundizará más sobre la solución adaptada para controlar el tamaño de granza conveniente para cada proceso.

La elección del post-procesado del plástico triturado según su aplicación no concierne a este proyecto. Al final de la memoria existe una sección (13.3.) donde se expondrá la línea futura de este proyecto.

Como se comentó previamente, la meta final de este gran proyecto es generar la experiencia completa de satisfacción al usuario, transformando los desechos plásticos que haya generado en un posible elemento funcional. En la Tabla 1 se muestra un posible ejemplo de bonificaciones para la persona que aporte material a reciclar.

Material aportado	Recompensa
0 a 250 g	Bolígrafo
251 a 500 g	Maceta
501 a 1000 g	Tabla de cortar

Tabla 1: Bonificaciones según el rango de material aportado.

En un primer momento no se ha pensado destinar el proyecto a una aplicación comercial extensiva, aunque sí que sienta las bases para una posterior industrialización del proceso.

Todo el diseño ha sido concebido teniendo como prioridad la seguridad del usuario, así como la ergonomía.

En resumen, Spiker es una trituradora de plástico pensada para solventar la necesidad creciente del reciclado de plásticos, concienciando a la población sobre el respeto hacia el medio ambiente y a la vez, proporcionando una experiencia positiva a la persona que lo utiliza e intentar promover un estilo de vida más sostenible y eco-responsable.

1.4. CONDICIONANTES Y LIMITACIONES

En este apartado se van a citar las limitaciones que se han impuesto al proyecto a la hora de su diseño y fabricación.

Una primera limitación que se presenta es definir el próximo proceso al que se verá sometido el plástico troceado. Es importante saber que rango de granza manejan las siguientes máquinas del ciclo. Según sea la alimentación de las siguientes máquinas, la trituradora deberá producir un tamaño de grano adecuado para éstas. Además, es importante determinar qué tipos de materiales es capaz de triturar.

Para acotar este proyecto, se definirá un material de corte como referencia. De esta forma, se podrá dimensionar y verificar correctamente ciertos elementos.

Tras considerar varias opciones, se concluyó ensayar el HDPE o polietileno de alta densidad. Se eligió este termoplástico porque es uno de los polímeros más demandados en Europa, tal y como se puede ver en la Figura 3. Además, es un plástico muy común en la vida cotidiana. Se puede encontrar en envases, juguetes, tapones de botellas, etc.

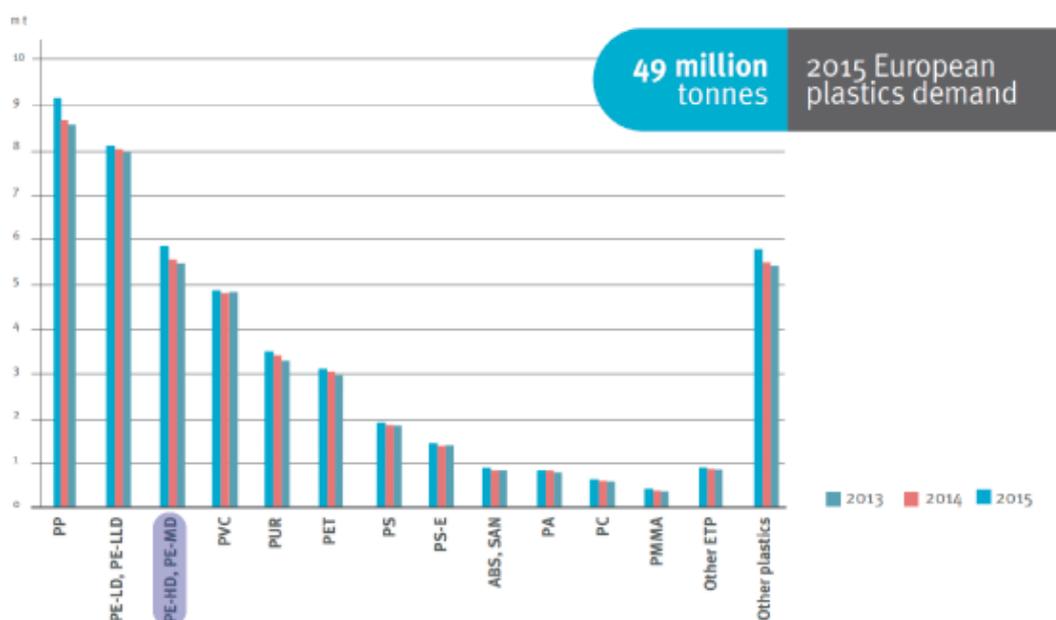


Figura 3: Demanda de plástico en Europa en 2015. [87]

Además, su temperatura de transición vítrea es relativamente baja comparada con otros polímeros. Esto hace que su procesabilidad sea muy buena, siendo apto para gran variedad de extrusoras e inyectoras.

Como se puede observar en la *Figura 4*, también existen filamentos de este material para impresora 3D (FDM) [4].

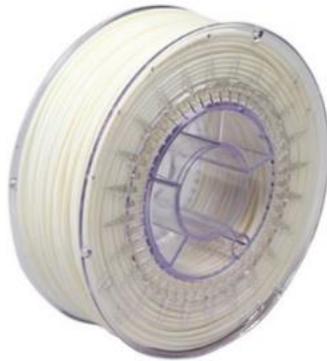


Figura 4: Bobina de HDPE para Impresora 3D. [4]

No solo esto, además es resistente ante la corrosión y presenta un límite elástico bastante bajo. Esto hace que las sollicitaciones de los elementos mecánicos sean reducidas y por ello, la vida útil de la máquina se verá prolongada.

Otra limitación es el hecho de que se va a construir de forma local. Es importante tener en cuenta la industria de la zona, lo que ofrecen y los precios/plazos que manejan, así como los materiales a los cuales pueden acceder.

Se ha decidido proyectar una trituradora de tamaño medio por el uso al que se verá destinada. Como se verá en la sección 3. ESTADO DE LA TÉCNICA, hay un gran vacío en el mercado de este tipo de máquinas, siendo la mayoría de carácter completamente industrial.

Por ello, no es mucha la documentación existente acerca de los fenómenos mecánicos que tienen lugar en máquinas como la que se va a construir. Esto ha conllevado a suponer hipótesis simplificativas varias. Por ejemplo, el modo de fractura que tendrá lugar en la máquina. En la sección “Anejos: 6. Hipótesis adoptadas.” se detallarán todas las hipótesis adoptadas.

Una vez ejecutado el proyecto se podrá verificar si dichas hipótesis se asemejan lo suficiente al modelo real o, por lo contrario, necesitan ser reconsideradas.

Por último, debido al tamaño de la máquina y la naturaleza de los elementos que constituirán Spiker, se intentará reducir costes en la manera de lo posible, pero, sin comprometer los plazos y la calidad del producto.

1.5. REPARTO DEL TRABAJO

Debido a la magnitud del proyecto, se han repartido las tareas según las competencias de los integrantes del equipo. Aun así, ciertas tareas de carácter más general se han hecho conjuntamente.

A continuación, la *Tabla 2* muestra el reparto de tareas para la consecución de este proyecto.

ALBA	VÍCTOR	CONJUNTO
Estado de la técnica	Elección de componentes basados en el estado de la técnica	Estudio de suministradores
Verificación de las dimensiones de las cuchillas	Hipótesis adoptadas	Primer diseño de la trituradora
Diseño de la tolva	Verificación de las dimensiones de los ejes	Geometría de las cuchillas
Diseño del bastidor	Verificación de las dimensiones de las ruedas dentadas	Elección de elementos normalizados
Elección del acople	Verificación de las dimensiones de los rodamientos	Mantenimiento
Marcado CE, Evaluación de Riesgos y Estudio básico de seguridad	Elección del motor-reductor	Ensamblaje general (Fusion360)
Imágenes	Instalación eléctrica (cumplimiento del ITC-BT)	Montaje
Imagen corporativa	Verificación de hipótesis	Presupuesto
Planos (análisis de tolerancias)	Referenciación	Conclusiones y línea futura
Manuales de montaje y manual de uso		
Materiales		
Transporte		

Tabla 2: Distribución de tareas del proyecto 'Spiker'.

2.OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto es el diseño, desarrollo, montaje y fabricación de una trituradora para el posterior reciclado de material plástico.

Se tomará como base el estado del arte y se añadirán mejoras desarrollando en profundidad la parte mecánica y eléctrica. Se diseñarán completamente de cero elementos como el bastidor y la tolva y se ajustarán ciertas medidas de partes como la caja. También se verificarán los elementos que vayan a implementarse tal cual se encontraron en otras máquinas, para así asegurar que van a cumplir con las exigencias que demande este proyecto.

Todas estas modificaciones se harán sin perder de vista el cumplimiento del marcado CE, además de otros reglamentos y normativas vigentes.

Adicionalmente, se adaptará el modelo a las limitaciones que presente la industria local.

Una vez establecida la tesitura general del proyecto se realizará un estudio de mercado y, basándose en el mismo, se combinarán los conocimientos obtenidos con el estudio paralelo de fabricantes locales para dar una solución de diseño final. Se mantendrá contacto con estos talleres y suministradores durante todo el desarrollo del proyecto.

Se realizará el modelado 3D, planos y toda la documentación necesaria para su adquisición y fabricación. Finalmente, se ensamblará para comprobar que la documentación redactada es correcta. Una vez ensamblada, se ensayará el tronzado de plástico HDPE. Se comprobarán los resultados, y si fuera necesario, se modificarán ciertas hipótesis adoptadas.

De forma paralela, se realizará una imagen de marca del producto final, así como una serie de renders para obtener un enfoque más profesional del proyecto.

El plástico resultante de la trituración tendrá diferentes salidas. En primer lugar, se lavará y se secará. Posteriormente, podrá ser destinado a diferentes procesos de transformación de plásticos, tal y como se pudo observar en la Figura 2.

Existen gran variedad de técnicas de transformación de plásticos, por lo que la elección del sistema a emplear se aleja del objetivo de este documento.

La idea del proyecto general del que forma parte este proyecto es crear un ecosistema de reciclaje circular. En éste, se transformarán los desechos plásticos en un producto funcional con material reciclado.

El enfoque principal de aplicación de este proyecto son pequeñas comunidades o barrios. Por ello, se creará un Manual de reciclaje y uso (Anejos) para ayudar al usuario general a entender como diferenciar los plásticos para separarlos antes de introducirlos a Spiker. También incluirá una referencia del producto que se va a poder obtener según los gramos de plástico que se trancen.

Otro enfoque podría ser similar al del 'Proyecto Lia', en Estados Unidos, el cual procura dar una segunda vida útil a desechos. Además, en este proyecto dan empleo a mujeres expresidarias, que de otra forma encontrarían muchas dificultades para encontrar un trabajo [5]. De esta forma, reutilizando sus propios desechos, podrán obtener productos útiles. Esta iniciativa puede fomentar vehementemente la cultura del reciclado en todos los sectores de la sociedad.

Se considerarán los límites ya mencionados para acotar el proyecto y poder ejecutarlo satisfactoriamente.

3. ESTADO DE LA TÉCNICA

3.1. ESTUDIO DE MERCADO

Actualmente en el mercado hay una falta de productos completamente desarrollados en el mundo del reciclado de plástico. A la hora de realizar el estudio de mercado, se ha centrado la búsqueda en diferentes empresas que tienen que ver de una manera u otra con el mundo del reciclaje de plástico.

3.1.1. FILASTRUER

Filastruder es una extrusora de filamento para impresión 3D. Actualmente cuesta 299.99\$. Se tarda sobre 2/3 horas en montar y para ello solo se necesitan herramientas básicas. Aporta la capacidad de elegir el diámetro del filamento, pudiendo ser este de 1.75mm o de 3.00 mm [6]. También se puede elegir una boquilla sin perforar para que el cliente la mecanice con el diámetro que desee. Por último, da la opción de definir el color del filamento. Para ello, puede que sea necesario el suministro de ciertos aditivos (pigmentos).

Recomiendan usar la boquilla de filtrado cuando se quieran conseguir diámetros inferiores a 5mm. Esta se puede comprar por separado. La función de esta boquilla es filtrar las inconsistencias del polímero. Incluye también un ventilador en la zona sellada donde se introduce el plástico [7].

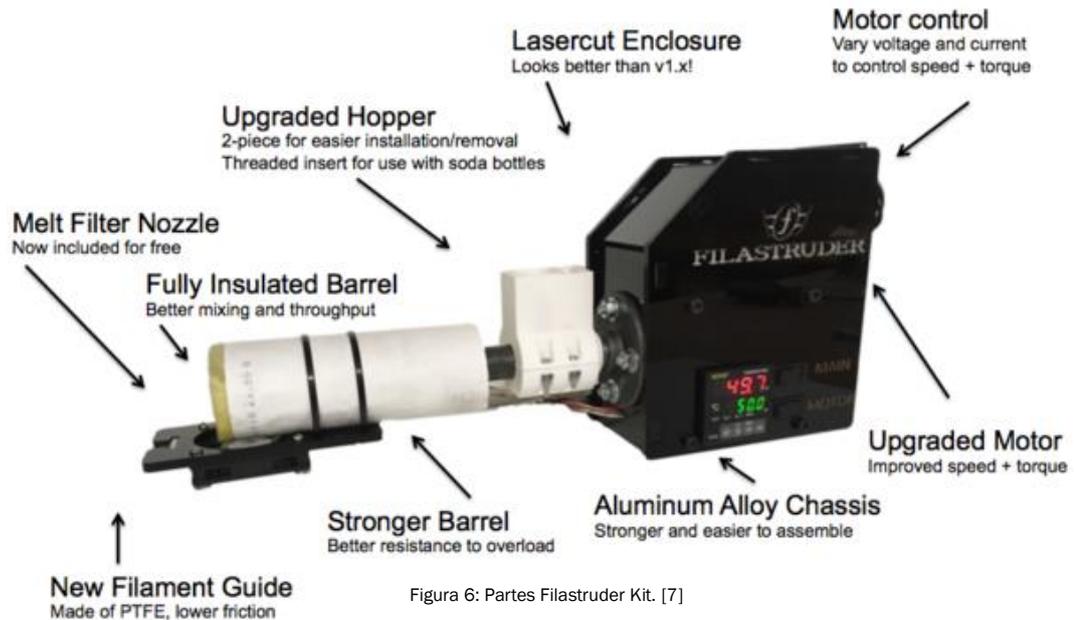


Figura 5: Filastruder. [7]

Para usarlo recomiendan establecer primero la temperatura deseada para la extrusión y dejar tiempo para que se caliente. Después, se llena la tolva con la grana, y si se desea, introducir colorante para el plástico. Una vez preparado el material, se puede alimentar el motor reductor. Automáticamente, cuando esté listo, el plástico comenzará a salir por el extrusor de filamento.

Posteriormente el filamento se puede enrollar en una bobina para darle el uso que se necesite.

Esta extrusora está constituida por los elementos que se pueden observar en la Figura 6. Las partes que la componen son el motor con su controlador, la carcasa de aleación de aluminio, una tolva, la boquilla de filtrado y una guía para el filamento.



Además de esto, proporcionan una lista de plásticos que han sido extruidos por la misma y sus tolerancias, incluyendo el polietileno de alta densidad, que será el referente para este proyecto.

- **ABS:** +/-0.02mm (en algún caso hasta +/-0.01mm)
- **PLA:** +/-0.03mm
- **Nylon:** +/-0.02mm
- **Policarbonato:** +/-0.04mm
- **PET:** +/-0.05mm
- **Polimetilmetacrilato:** +/-0.05mm
- **Polipropileno:** +/-0.07mm
- **HDPE:** +/-0.02mm
- Otros extruidos por usuarios: PMMA, PVA, PC, ABS/PC, TPU, TPE, PCL, PEEK, PAEK y LDPE.

Además, ofrece otras recomendaciones en el uso:

- i. Los trozos de plástico que se introduzcan en ella no pueden ser mayores de 5mm.

- ii. Recomiendan mezclar el plástico reciclado con plástico virgen ya que con cada recalentado el plástico pierde propiedades.
- iii. Antes de meter el plástico sugieren lavarlo y secarlo para prevenir posibles impurezas.

A la vista de esta extrusora, caben destacar las siguientes características de cara a proyectar Spiker: El tamaño de granza no deberá sobrepasar los 5mm. Además, se confirmará la necesidad de un paso previo de lavado y secado del plástico introducido.

3.1.2. PRECIOUS PLASTICS

Es una iniciativa holandesa “opensource” que se dedica a crear herramientas para facilitar el reciclado de plástico “en casa” [8].

Las diferentes máquinas que ofrece pueden ser reparadas, construidas o customizadas con herramientas y materiales básicos. Ofrecen gran variedad de máquinas [9]. Clasifican sus productos en ‘básicos’ y ‘pro’. Hay varias máquinas que no tienen versión ‘pro’. A continuación, se mostrarán las máquinas básicas que ofrecen, ya que las ‘pro’ siguen el mismo principio de funcionamiento, pero incorporando alguna mejora:

Tronzadora: Esta máquina se emplea para reducir trozos de plástico grandes en otros más pequeños. Esto facilitará su posterior lavado, secado, etc. El coste de los materiales (en Holanda) es de 1.100€ y pesa unos 150 kg. Emplea un motor de 2.2 kW, es alimentada a 400V y 16 A. El tamaño del plástico resultante puede ser modificado cambiando el tamiz [10].

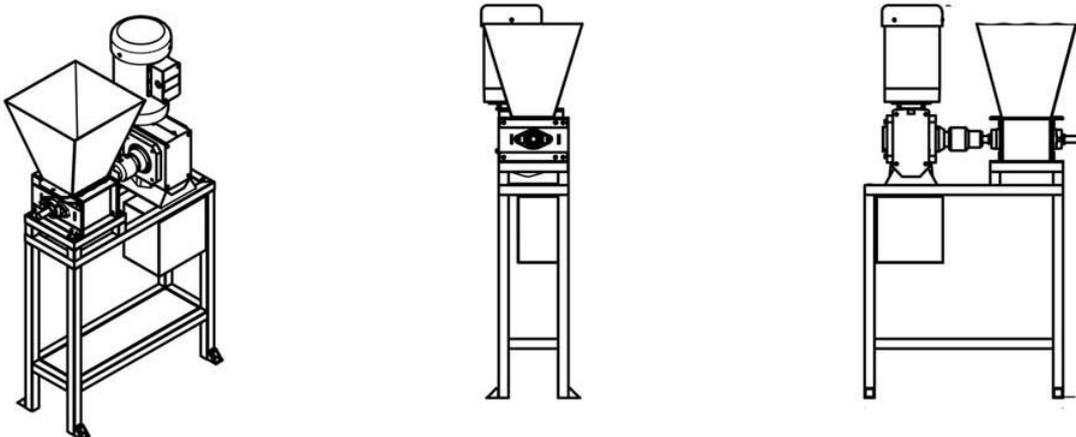


Figura 7: Tronzadora Precious Plastic. [10]

Como se puede observar en la Figura 7, el diseño de esta máquina presenta una tolva que no evita el acceso a la zona de corte. Esto puede conllevar a accidentes cuando la máquina esté funcionando.

Solamente consta de un eje, haciendo que el tamaño de la zona de corte no sea suficientemente grande. Por ello, la carga de plástico que puede procesar simultáneamente es pequeña.

Extrusora: A esta máquina la denominan de proceso continuo. Se introduce el plástico granulado en la tolva, se calienta y se extruye con un husillo. Con esta herramienta se obtiene un filamento continuo, el cual puede ser destinado para para impresión 3D, hacer plástico granulado, obtener plástico para moldearlo después, etc. El coste del material que constituye esta máquina ronda los 500€ y su peso unos 35 kg [11].

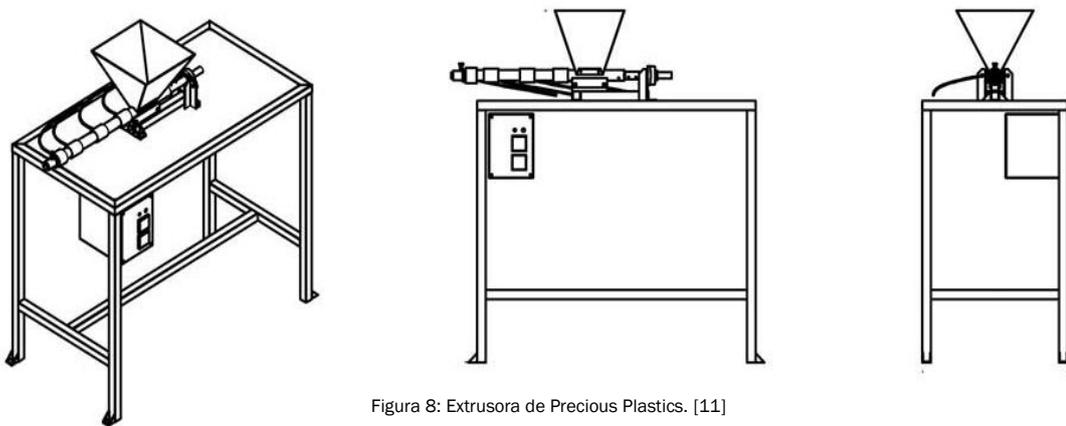


Figura 8: Extrusora de Precious Plastics. [11]

Inyectora: Con esta máquina, los residuos de plástico son calentados e inyectados en un molde. Su función principal es crear objetos pequeños, rápida y repetitivamente. Lo más costoso de este proceso será conseguir un molde con la geometría idónea para el plástico inyectado. El precio de adquisición de los materiales necesarios ronda los 300€ y su peso aproximado es 23 kg [12].

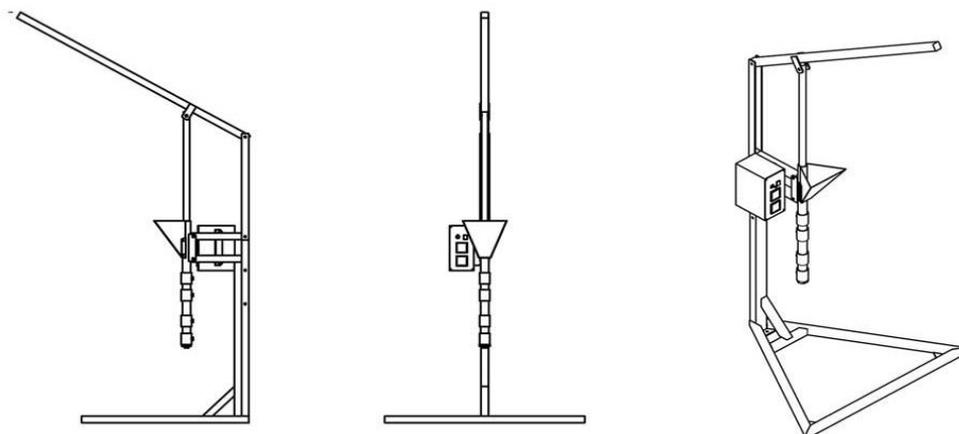


Figura 9: Inyectora Precious Plastic. [12]

Prensa: Básicamente este componente es un horno con resistencias eléctricas. Se calienta el plástico y se presiona lentamente en un molde. Esta compresión la consiguen mediante un mecanismo al alcance de cualquiera, un gato de coche. El coste de la materia prima es de unos 350€ y su peso es 30 kg aproximadamente [13].

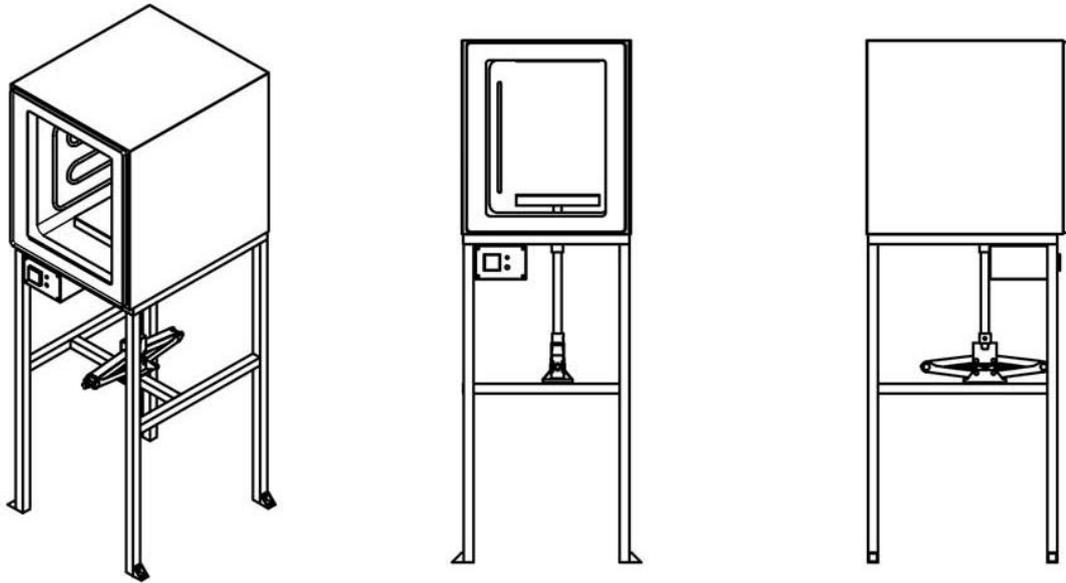


Figura 10: Prensa Precious Plastic. [13]

A la vista de todas las máquinas presentadas por esta ‘open source’, la principal desventaja se manifiesta en su diseño. Éste es muy rudimentario, sin proporcionar ningún tipo de especificación técnica sobre el plástico resultante. Además, el diseño presenta grandes fallos en la ergonomía y seguridad del usuario.

Todas las máquinas son fabricadas desde cero con el motivo de dar accesibilidad a ellas desde todo el mundo, pero a su vez hace que cada máquina esté en su forma más básica. Tampoco dan especificación alguna sobre mantenimiento o estimación de la vida útil de los mecanismos.

3.1.3. 3DEVO

Esta empresa fabrica extrusoras de filamento, tronzadoras y máquinas de secado de plástico. Además, proporciona una herramienta comparadora de extrusoras de filamento. Su filosofía es conseguir que el mundo de la impresión 3D no deje residuos [14] [15].



Figura 11: Ciclo 3Devo. [15]

Extrusora: Su enfoque está pensado para un nivel usuario. Es capaz de extruir una gran variedad de plásticos diferentes [16]. La más barata cuesta 5350 €. Aunque su diseño es menos rudimentario que Filastruder, el precio es bastante alto para ser asequible por el público general.



Figura 12: Extrusora de filamento 3Devo. [16]

Tronzadora: Shr3d it shredder. Recicla hasta 5.1 kg de plástico por hora. Diseño adaptado al usuario con posibilidad de cambiar los filtros. Se compone de un único eje que gira con las cuchillas para triturar el plástico [17].

Su precio es de 2975 €. Una vez más, el precio se ve comprometido por su diseño menos rudimentario.



Figura 13: Shr3d it shredder. [17]

3.1.4. POLYSTAR

Es una empresa que ofrece soluciones de reciclaje de plástico en un ámbito más general. Se puede adaptar a las diferentes necesidades del cliente dependiendo de la capacidad de producción, material, industrial, requerimientos de capacidad y las limitaciones del espacio [18]. Las máquinas que ofrecen son fáciles de instalar, operar y mantener.

Recicladora con cortadora y compactadora. Recicladora HNT-V.



Figura 14: Recicladora con cortadora y compactadora. [72]

Polystar ofrece diferentes modelos de este tipo de máquina. La productividad varía desde un mínimo de 80-140 kg/hora hasta 900-1200 kg/hora. El intervalo de diámetro de tornillo de la extrusora va de 65mm a 180mm. Este tipo de máquinas es capaz de reciclar una gran variedad de productos, como por ejemplo film de PLA, cuerdas de plástico, rollos de film de polietileno o polipropileno, bolsas de plástico, film de burbujas, etc. Los materiales que recicla son PEAD, PEBD, PELBD, PP, BOPP, EPS, PU, PC y ABS. Este puede venir en formas variadas como películas, bolsas, láminas, mallas, espumas, cintas, rafia, remolido, hojuelas, gránulos, scraps y bordes [19].

La máquina se compone de una parte donde se introduce el material, una zona de corte y compactado y una de desgasificación. Una vez desgasificado el plástico, va a la zona de filtrado y de ahí a la de peletización. La alimentación de residuos funciona con una banda transportadora que se controla automáticamente. También se puede alimentar al mismo tiempo rollos con rodillos de compresión.

El cortador y compactador funciona con cuchillos rotativos que cortan el material. En la misma zona se seca y se compacta el material lo que acelera el ritmo de alimentación de la máquina y hace que la extrusora reciba el material de manera estable. La desgasificación se realiza en dos zonas y esto permite que la máquina no falle si, por alguna casualidad, llegase agua a la máquina.

El filtro tiene un sistema de cambio con canal dual para que no haga falta parar la máquina en caso de necesitar sustituirlo. A parte, para finalizar, se hacen los pellets que son de alta calidad y listos para el procesamiento.

Si bien esta máquina es muy completa, se puede ver que es de carácter completamente industrial y no es el perfil buscado. El precio no está accesible de cara al público y hay que contactar con la empresa para obtenerlo. Aun así, se puede suponer que superará en gran cuantía al resto de las opciones vistas.

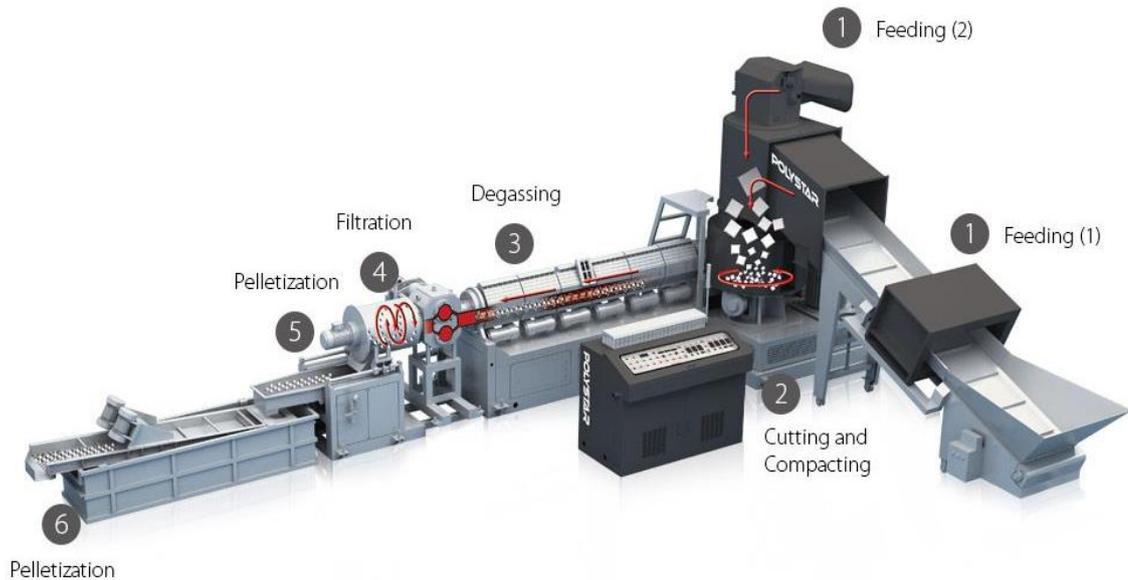


Figura 15: Recicladora HNT-V. [72]

Máquina de reciclaje con triturador. Recicladora SNT-V.

Esta máquina de reciclaje lleva incluida un triturador de un solo eje. También puede reciclar una gran cantidad de materiales como PEAD, PEBD, PELBD, PP, BOPP, EPS, PU, PC y ABS.



Figura 16: Recicladora SNT-V. [73]

El diámetro del tornillo varía entre 65 y 165 mm. La productividad varía entre 100 kg y 1000 kg dependiendo del modelo de la máquina.

La alimentación se realiza una vez más a través de una banda transportadora y un alimentador de rodillos. El tipo de corte final es por peletizado de placa caliente (anillo de agua). Los componentes de máquina son: un molino de un solo eje, la banda transportadora, el compactador, la extrusora, la unidad de peletizado, la unidad de enfriamiento y la de secado de pellets. Además de esto posee un tanque de almacenamiento [20].

Al poseer triturador se parece más a nuestro proyecto, pero, al igual que la recicladora con cortadora y compactadora, es de carácter mucho más industrial a los que buscamos y el precio seguramente sea mucho más elevado.

Extrusora de tres capas (ABA) HDPE.

La extrusora de tres capas es una máquina de soplado de película en coextrusión. El ancho de la película es personalizable y puede oscilar entre 150 mm y 2500 mm, así como el espesor puede variar entre 0.01mm y 0.2 mm. Puede funcionar con material reciclado, y sus productos pueden ser utilizados para agricultura, cubiertas de construcción o para polvo, bolsas para almohadas y colchones, etc. La productividad también es personalizable, variando entre 20 y 250 kg [21].

Es interesante esta extrusora porque maneja HDPE, el material que vamos a utilizar con nuestra trituradora. También podemos ver que el plástico HDPE reciclado tiene aplicaciones reales a nivel industrial.



Figura 17: extrusora de tres capas (ABA) HDPE. [74]

3.1.5. FILABOT

Filabot es una empresa estadounidense enfocada en la extrusión de plástico para su posterior utilización en impresión 3D.

Ofrece un amplio rango de productos, incluyendo una trituradora con dos zonas de corte. Además, distinguen entre la zona de tronzado y la zona de granulado.



Figura 18: Trituradora de Filabot. [22]

El grosor de las cuchillas en la zona gruesa es de 6,4mm. En esta zona, se asegura que el tamaño de los trozos de plástico triturado sea suficientemente pequeño. En concreto, las dimensiones de las piezas de plástico que abandonan la zona de corte son inferiores a los 75mm de diámetro.

Posteriormente, son dirigidos a la zona de granulación, donde el espesor de las cuchillas es de 5mm y el tamaño de granza obtenido es de 13mm.

La velocidad de funcionamiento de los ejes ronda las 37rpm. Esto lo consiguen con un reductor corona-sinfín. También tienen la opción de variar el rango de velocidades gracias a un variador de frecuencia.

Cabe destacar la potencia del motor empleado es de 1hp (0.75kW).

El precio de partida de la trituradora es de 5849\$, sumando posibles gastos de envío y gestión aduanera, al ser un producto americano [22].

3.2. PATENTES

Existen invenciones que presentan aspectos de su diseño relacionados con Spiker. A continuación, se muestran las patentes de dichas invenciones, incluyendo una breve descripción del producto e imágenes significativas. La búsqueda se ha realizado a nivel nacional e internacional, a través de Espacenet, Invenes, Patentscope y Google Patents.

Dispositivo triturador para residuos (ES2047789).

Es un dispositivo de trituración para desperdicios variados, entre ellos el plástico. Tiene un rotor con nervios y cada uno de estos está interrumpido por una bolsa. La herramienta tiene un perfil que sobresale, uniforme y radialmente por el perfil de los nervios. Es innovador ya que su forma y diseño permite que los topes de carga y los atascos no se produzcan mientras está en funcionamiento [23]. Esta característica podrá ser utilizada como referencia para el diseño de Spiker.

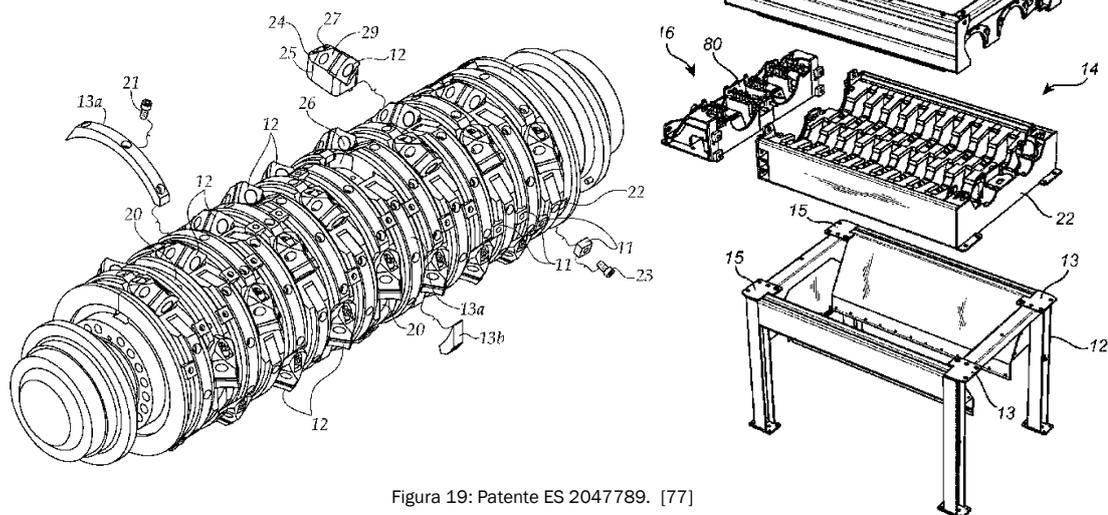


Figura 19: Patente ES 2047789. [77]

Dispositivo para la trituración de material plástico de desecho (ES2272686).

La invención tiene por objeto un dispositivo para la trituración de material plástico de desecho, con una carcasa en la que está alojado de forma giratoria al menos un rotor en torno a un eje preferentemente horizontal mediante un motor.

Dicho rotor está dotado de herramientas de trituración que actúan en el plástico introducido, en particular unas cuchillas a las que están asignadas, un túnel de alimentación de gran volumen que forma la carcasa, unas cuchillas fijas contrarias a las cuchillas asignadas y un dispositivo de alimentación que presenta un empujador. Este ejerce fuerza contra el rotor en

el material que se encuentra en el túnel de alimentación. El empujador está compuesto por dos partes superpuestas que pueden moverse independientemente entre sí [24]. Esta última característica resulta especialmente llamativa.

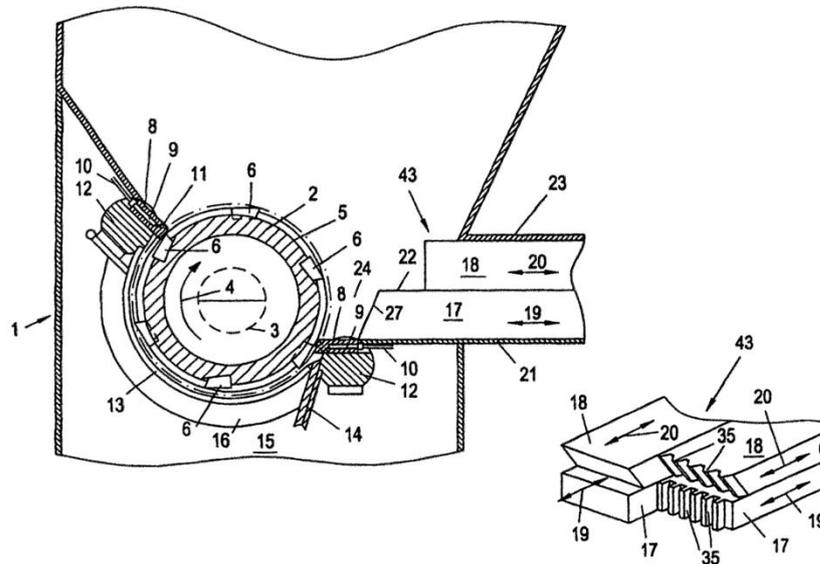


Figura 20: Patente ES2272686. [75]

Molino triturador de material plástico (ES2005355).

Posee una abertura de carga en forma de tolva simple, por la que el material entra a un recinto cerrado. La parte que tritura está compuesta de varias cuchillas móviles dispuestas radialmente y estas a su vez están montadas sobre un eje. Está provista de un dispositivo separador que está unido a la pared del recinto mencionado anteriormente. Esto permite que los medios de giro estén alejados de la pared [25].

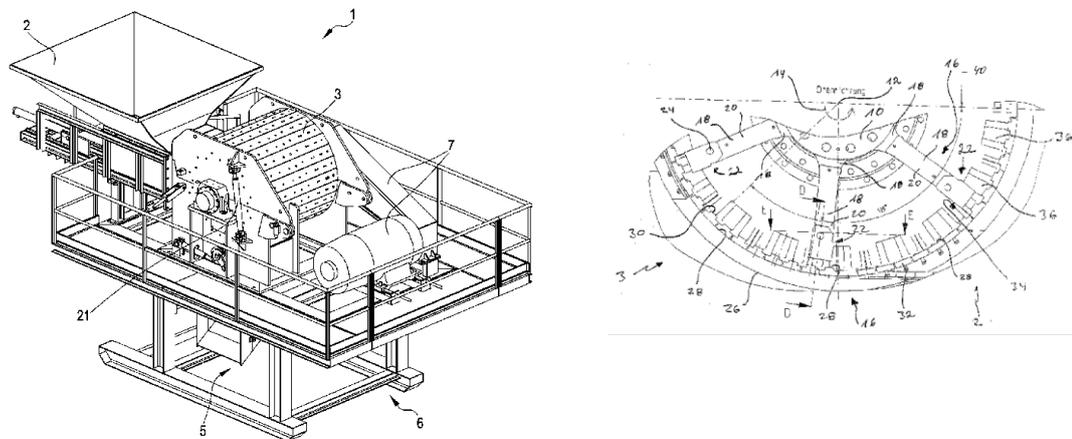


Figura 21: Patente ES2005355. [76]

Máquina trituradora-granuladora para el desmenuzado de piezas termoplásticas de grandes dimensiones (ES0275857).

Esta patente es la más antigua que se ha encontrado en los archivos de Invenes, presentando una máquina rudimentaria de lo que existe ahora en el mercado. Está pensada para procesar termoplásticos grandes, de ahí su gran tamaño. Posee una plataforma para acceder a la máquina. Tiene una parte que tritura y otra que granula, separadas horizontalmente. La superior pegada a la tolva es la que posee una fila de ruedas dentadas en forma de estrella que se mueven mediante un motor reductor. De ahí, gracias a un embudo interno pasan a la zona de granulado, que contiene un eje con cuchillas que rotan. Todo este proceso desemboca en una caja debajo de la bancada donde estarán los medios que recogen ya el plástico desmenuzado [26].

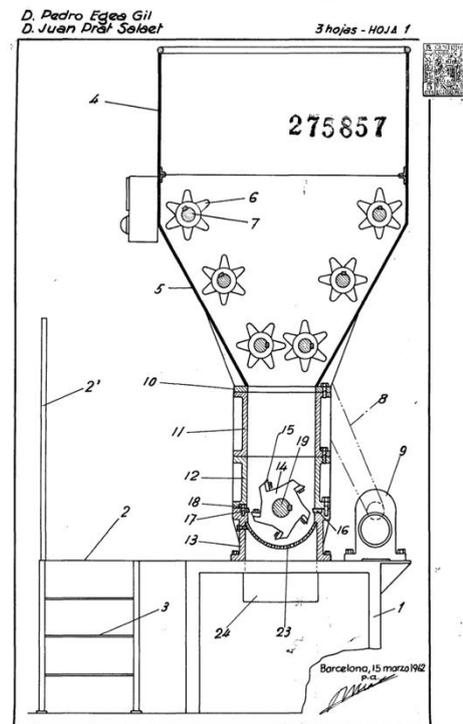


Figura 22: Patente ES0275857. [78]

La parte de las cuchillas en la tolva es una característica que no ha aparecido en ninguno de los diseños/patentes vistos hasta ahora.

Special grinder for plastics (US20180200723).

La carcasa superior de esta trituradora de botellas de plástico puede abrirse y cerrarse. Incluye un soporte que tiene una cuchilla que rota y esta está fijada a la carcasa inferior. La parte del soporte está diseñada para que sea capaz de moverse con respecto al cuerpo principal de la trituradora y que se pueda extraer. Al tener esta forma, hace que sea más fácil realizar funciones de limpieza para el mantenimiento de la máquina [27].

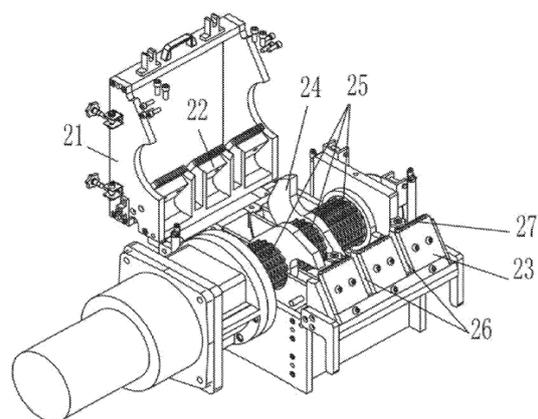


Figura 23: Patente US20180200723. [79]

Esta función de poder abrir alguna parte de la trituradora es interesante ya que hace tener en cuenta el factor mantenimiento a la hora de diseñar el

modelo. Sin embargo, al solo poseer un único eje con cuchillas, no valdría para plásticos más resistentes.

Se puede concluir, por tanto, que el estado de la técnica actual está bastante desarrollado. Sin embargo, cada diseño tiene partes claras que llaman a un rediseño de este tipo de máquinas.

3.3. PRODUCTOS DE HDPE RECICLADO

En este apartado se va a realizar una búsqueda de productos que han sido obtenidos a partir del reciclado de HDPE. De esta forma, se introducen unas primeras ideas para el uso del plástico triturado por Spiker.

“The Confetti Family”, diseñado por GibsonKarlo.

Fabricada en Australia, la colección Confetti captura la naturaleza multicolor vibrante del plástico 100% reciclado y la traduce en una forma llamativa y visualmente distintiva. Esta se compone de mesas, taburetes, paragüeros, macetas, sofás, sillones, etc.

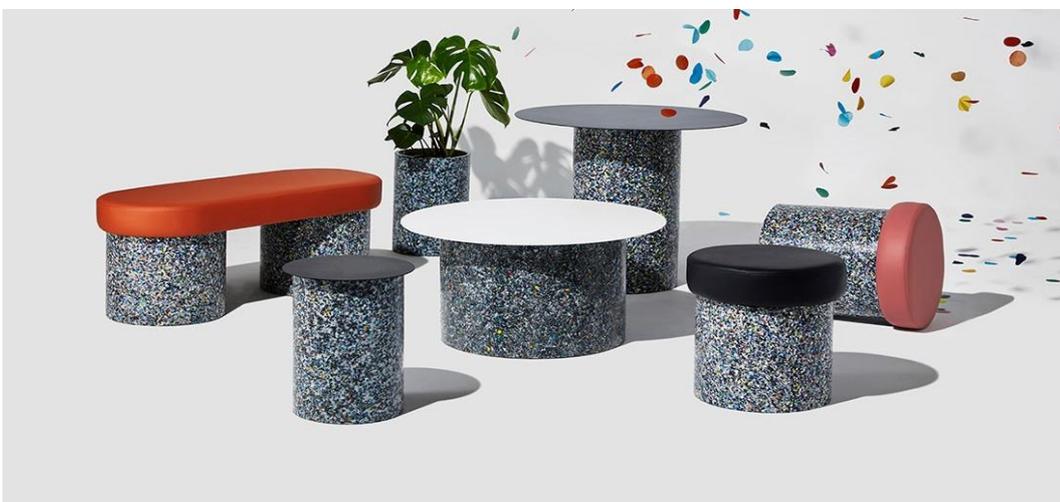


Figura 24: The confetti family. [82]



Figura 25: Maceta confetti. [80]



Figura 26: Paragüero Confetti. [81]

“Back to nature”, diseñado por Andrea Mangone.

Este proyecto es un conjunto de 3 productos fabricados con envases y bolsas de plástico reciclado, para ser utilizados no por humanos sino por animales y

plantas silvestres. Son de HDPE y LDPE dependiendo del acabado que se quiera obtener.



Figura 27: Back to nature. [83]

A parte de estos productos de diseño, también se pueden obtener otro tipo de productos más fáciles de fabricar como bolígrafos, tablas de cortar, palés...



Figura 28: Tabla de cortar, hecha con HDPE reciclado [84]



Figura 29: Palé de HDPE [85]

4. ESTUDIO DE SUMINISTRADORES LOCALES

Un punto de inflexión de nuestro proyecto es el hecho de que se va a construir. Esto implica unas restricciones reales de fabricación y de presupuesto que dictarán en gran medida el avance que se va a llevar a cabo, tanto en diseño como en fabricación. De este modo es importante ver la industria local y prestar gran atención a los procesos de fabricación y la sencillez de las operaciones de mecanizado y montaje. Así mismo, la necesidad de disposición de comerciales en un plazo determinado hace que queramos buscar estas empresas de forma local.

4.1. EMPRESAS DE LÁSER

Se ha elegido el láser como medio principal de mecanizado por la rapidez en comparación con otros tipos de cortes. También se añade el factor de seguridad del operario, ya que este no tiene que estar en contacto en ningún momento con la pieza mientras se está mecanizando. Produce unos cortes limpios y de forma relativamente sencilla [28]. Es importante saber que el corte por láser es óptimo hasta chapas de espesor 25 mm a la hora de diseñar nuestro producto. La tolerancia alcanzable por esta tecnología se amolda a las necesidades de este proyecto ya que puede alcanzar tolerancias inferiores a 0.25mm.

A continuación, se van a mencionar algunas de las empresas locales (Valladolid y alrededores) que ofrecen el servicio del corte láser.

Laser Ebro: empresa fundada en 1998 con sede en Valladolid que se especializa en corte láser. Los materiales con los que trabajan son: acero al carbono de diferentes calidades (S235, S275, S355, F-114, anti-desgaste, etc.), galvanizado hasta 4mm, inoxidable (AISI 304, 316) y aluminio [29].

CMO, Cortes Metalúrgicos Oviedo: se dedican al corte y transformación de todo tipo de materiales. A parte de ofrecer corte por láser ofrecen otro tipo de mecanizados como oxicorte (lo que nos permite aumentar el espesor de chapa hasta 60mm), corte por plasma, corte por agua, plegado, curvado, etc. [30]. Tiene sede en Valladolid.

Lasercor: sede en Madrid. Ofrece todo tipo de servicios en relación con el láser, pasando por corte 2D y 3d, grabado, soldadura y corte de tubo 3d. También ofrecen plegado e insertos [31]. Trabajan con todo tipo de empresas desde automoción, electrodomésticos hasta construcción, infraestructuras y renovables.

4.2. EMPRESAS DE COMERCIALES

Para la ejecución del proyecto, se van a necesitar elementos de potencia, como motores-reductores y controladores de frecuencia. También elementos de transmisión de movimiento como rodamientos, acoples, engranes, etc. Por ello, se considera necesario investigar sobre las diferentes empresas que suministran este tipo de piezas. También se incluyen en este apartado todas las empresas de material eléctrico.

Las empresas que se barajan para los diferentes comerciales que habrá que utilizar son:

SFK: Con sede en Valladolid [32]. Posee una amplia gama de productos y servicios que pueden satisfacer casi cualquier necesidad, tanto de movimiento linear como rotativo en todos los sectores industriales. Sobre todo, prestamos atención a su apartado de rodamientos, ya que fue la empresa que inventó el rodamiento de bolas a rótula [33].

Fasten Sistemas: Se centra sobre todo en elementos de fijación y unión, así como perfilería de aluminio y plástico. También ofrecen corte láser sin mecanizados, todo esto orientado a proyectos de ingeniería mecánica [34]. Cuentan con una sede en Valladolid. Interesa sobre todo para el futuro bastidor que sujetará la trituradora.

Cantelec: Es una empresa bajo Fegime que suministra material eléctrico. Tienen departamentos específicos de Telecomunicaciones, Iluminación, Energías Renovables, pero también desarrollan instalaciones eléctricas [35]. Es líder de ventas en el mercado español. Posee sede en Valladolid.

ABB: Ofertan todo tipo de componentes de carácter tecnológico. Trabajan con servicios públicos, industria, transportes e infraestructuras [36]. Esta marca será considerada en este proyecto, ya que ofrece productos de gran fiabilidad.

RS Components: Es un distribuidor global de productos de electricidad, electrónica y mantenimiento industrial [37]. Tienen sede en Madrid, pero aseguran la entrega en 48h.

Brammer: Empresa que vende productos de mantenimiento, reparación y revisión para la industrial. Se especializa en los campos de transmisión mecánica, rotación, estanqueidad, transmisión eléctrica, neumática e hidráulica y herramientas y productos de mantenimiento [38]. Tiene sede en Valladolid.

MEB S.A.: Maquinaria Eléctrica Bilbao [39] lleva desde 1.940 dedicándose al suministro de componentes de transmisión mecánica, logística y apoyo

técnico al sector del movimiento industrial desde su oficina central en Bizkaia y numerosas delegaciones a nivel nacional.

Nidec Motors: Esta empresa, con sede en País Vasco, se especializa en fabricar motores eléctricos para todo tipo de aplicaciones. Tiene un departamento, ‘Control Techniques’, especializado en accionamientos y electrónica en general [40] . Además de otro departamento encargado de las aplicaciones de potencia ‘Leroy-Somer’ [41].

Leroy-Somer: Se centra en motores eléctricos y alternadores. Ofrecen servomotores, reductores-motorreductores, controladores y arrancadores, etc. Sus sedes están en Francia [41].

Brown Advance: Ofrece soluciones relacionadas con la transmisión de potencia mecánica. Es una empresa constituida en Reino Unido, pero tiene una sede en Barcelona. Como se verá en el apartado 4.3, hay proveedores en Valladolid que trabajan con esta marca [42].

4.3. TALLERES DE MECANIZADO Y OTROS PROVEEDORES

Para conseguir material de las empresas citadas en la sección 4.2., se contactará con ellos mismos o con suministradores representantes. Con éstos se conseguirán el resto de los componentes necesarios, como elementos normalizados, u otras piezas que no se hayan podido obtener mediante corte laser, se ha contactado con talleres de Valladolid.

Jesús suministros: Tiene en su catálogo todo tipo de elementos de carácter industrial [43].

Construcciones Mecánicas Casado S.A: Se dedican a dar soluciones de ingeniería a todo tipo de proyecto, orientado desde el punto de vista de la fabricación [44].

4.4. SUMINISTRADORES LOCALES ELEGIDOS

A continuación, se incluye una tabla con los suministradores de los que se han comprado elementos y en qué área de trabajo se encuentran.

Suministrador	Área de trabajo	Encargado de comunicación
Laser Ebro	Laser	Alba
Fasten	Perfilería, comerciales	Alba
Jesús Suministros	Comerciales, Electricidad	Víctor
Cantelec	Electricidad	Víctor
Construcciones Mecánicas Casado	Ejes	Alba

Tabla 3. Suministradores elegidos.

5. CONCEPTOS INICIALES

5.1. PRIMER DISEÑO

Una vez realizado el estudio de mercado y la investigación sobre las empresas de la zona, se procedió a concebir una primera idea (Figura 30).

Se tomó la decisión de escoger el láser como el tipo de mecanizado principal, ya que ofrece una buena relación calidad precio.

Inicialmente, se buscaba una trituradora cuyo uso fuese enfocado a un nivel usuario. Se buscó un diseño compacto y atractivo, de tamaño relativamente pequeño.

Para ello, se emplearon chapas cortadas por láser, cuya geometría facilitase el montaje, además de aligerar la fabricación.

La máquina constaba de dos ejes. Se procuró reducir el tamaño de los filos de las cuchillas. Haciendo este cambio, se generan menos esfuerzos internos y la vida útil de las cuchillas se ve prolongada.

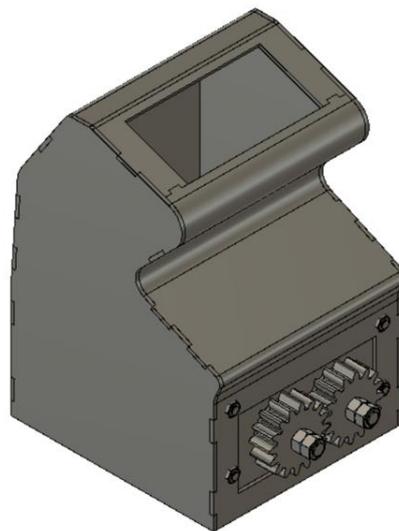


Figura 30: Trituradora previa. Elaboración propia.

Además, se incluía una tolva completamente diferente a las vistas en el estudio de la técnica, con el objetivo principal de restringir el acceso a la zona de corte.

Hasta este punto no se concibió la idea de diseñar un bastidor. Esto es debido al reducido tamaño que presentaba la trituradora. Sin embargo, esta idea fue desechada cuando se introdujo la elección del motor.

Para obtener una velocidad de giro del eje adecuada, se necesita un reductor de velocidad a la salida del motor. Hay que tener en cuenta que un motor asíncrono tiene un régimen de giro nominal muy elevado. Si se transmitiese dicho giro a las cuchillas directamente, podrían darse problemas de sobrecalentamiento del plástico en la zona de corte.

No solo esto, además, el par resistente a vencer será considerablemente elevado, lo que hace que la potencia del motor, y, por lo tanto, su tamaño, sean relativamente grandes.

En la Figura 31 se puede observar una comparación entre el tamaño de un motor-reductor de potencia 2,2kW y este primer diseño de trituradora.

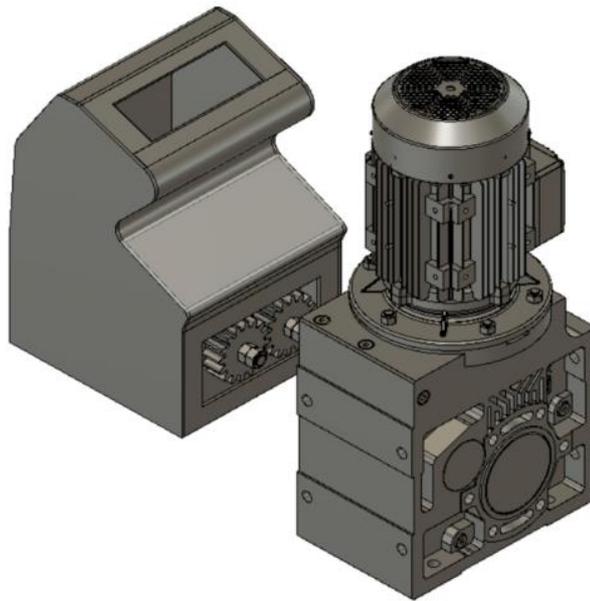


Figura 31: Comparación motor 2,2 kW y trituradora previa. Elaboración propia.

En definitiva, esta diferencia entre el tamaño del motor y el de la trituradora previa supuso que no se pudiese prescindir de una bancada a la que acoplar el motor y la caja trituradora, por lo tanto, este diseño compacto tuvo que ser descartado. Aun así, sí que se reutilizaron otros conceptos en la concepción final de la máquina.

El ensamblaje del conjunto que funciona como tolva está consituido de dos partes soldadas, una tolva exterior y otra interior, cuyas piezas será cortadas por láser y posteriormente plegadas. Además, tienen unas guías por todo su perímetro para facilitar la labor del montaje (Figura 32).

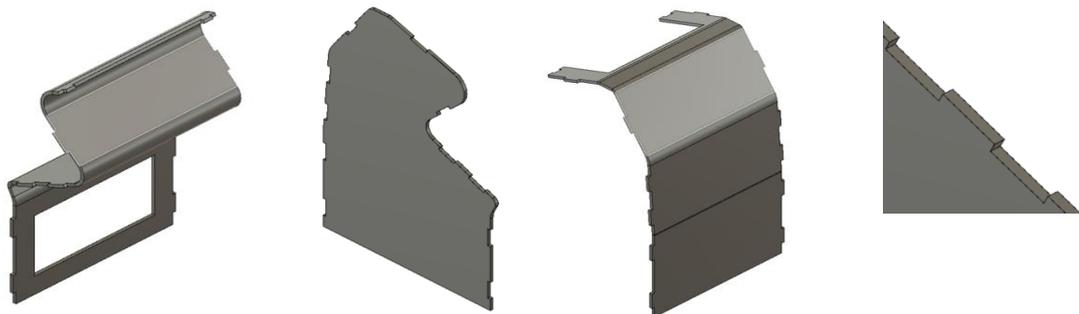


Figura 32: Partes tolva exterior y guías perímetro. Elaboración propia.

En cuanto a la tolva interior, su montaje será similar al de la tolva exterior, dejando una parte sobresaliente. Este saliente se usará para soldarlo con la tolva exterior, asegurando así que la geometría produzca un espacio cerrado, por donde no pueda colarse el plástico entre sus dos partes (Figura 33).

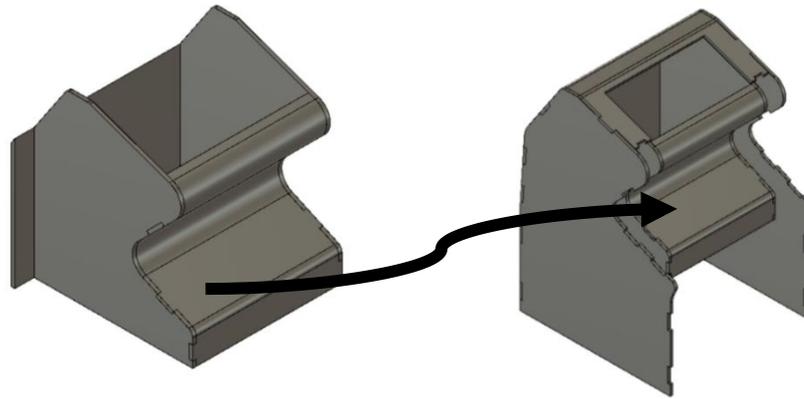


Figura 33: Encaje tolva interior con tolva exterior. Elaboración propia.

Respecto a las cuchillas, se ha decidido diseñarlas con doble punta. La justificación de este aspecto viene motivada por el supuesto en el que la máquina se atasque. En dicho caso, con invertir la polaridad del motor no solo se desatascaría, sino que seguiría triturando en el otro sentido, sin necesidad de volver a invertir el sentido de giro de nuevo.

Las cuchillas se introducirán en el eje con un desfase de 60° entre una y la siguiente, consiguiendo así una distribución de cargas progresiva. Se puede observar en la Figura 34 por colores como van rotando sobre el eje.

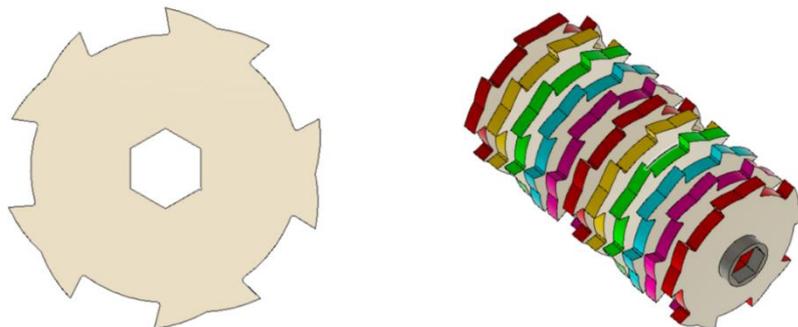


Figura 34: Perfil cuchilla previa y montaje de éstas. Elaboración propia.

Para que el sistema de corte funcione se necesita un sistema de cuchillas fijas, de tal forma que el plástico introducido no puede pasar por este sin asegurar que tengan un tamaño determinado. Estas cuchillas fijas van complementadas con unos separadores que van en el eje entre las cuchillas que rotan y que realizan la misma función (Figura 35).

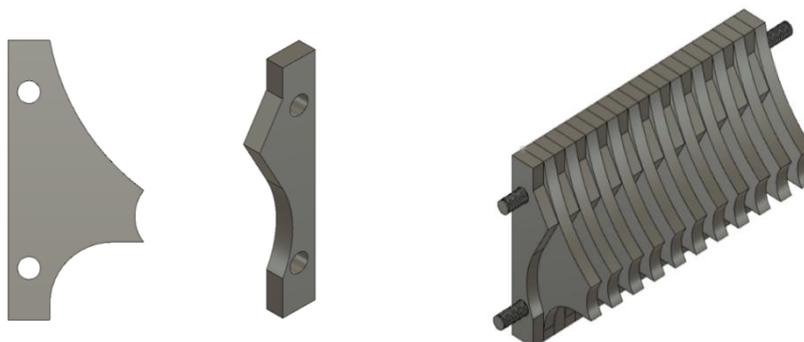


Figura 35: Perfil de los dos tipos de cuchilla fija. Elaboración propia

La caja final montada queda reflejada en la Figura 36:

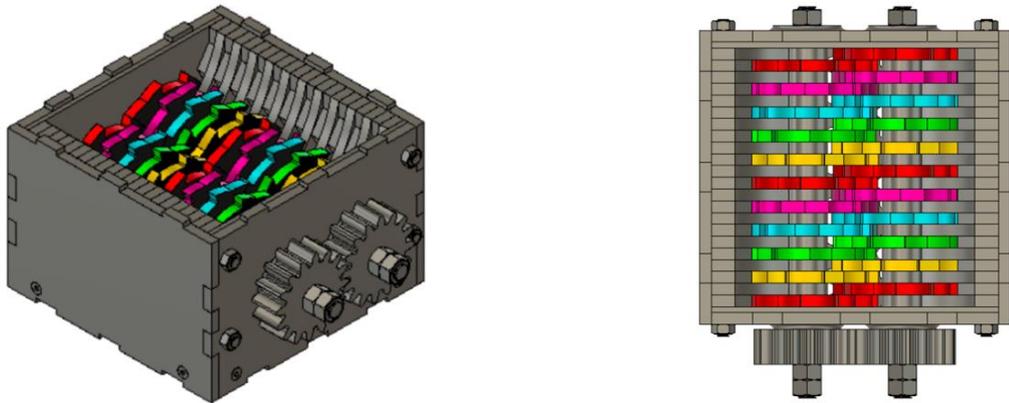


Figura 36: Caja previa en perspectiva y planta. Elaboración propia.

El motor iría unido al eje con uno de los engranajes mediante un sistema de acople y chaveta. La caja exterior, que encierra todo el mecanismo, está diseñada para que ningún residuo escape o interrumpa el funcionamiento de la máquina. Como se puede apreciar, todas las chapas de la caja tienen un sistema de guías como el de la tolva, para facilitar su montaje.

Para finalizar el diseño, se creó una rejilla (Figura 37) que actúa de tope entre los trozos de plástico que salen sin tener el tamaño adecuado y los vuelve a introducir al circuito para ser triturados hasta que lo alcancen. Esta pieza va unida a la parte inferior de la caja, mediante un sistema simple de tornillo, arandela y tuerca, que facilitará su retirada en caso de atasco o mantenimiento.



Figura 37: Rejilla previa. Elaboración propia.

La curva de las chapas es concéntrica con el centro del eje, para que se acople lo mejor posible geométricamente y realice su función correctamente.

A la vista de las limitaciones mencionadas en este proyecto inicial, y con las ideas de diseño comentadas, se implementarán varios cambios en ciertos componentes.

El enfoque final será una trituradora más robusta, con un carácter semi-industrial.

5.2. SHREDDER PRO DE PRECIOUS PLASTICS

Debido a lo mencionado en el apartado anterior, se ha decidido que lo que más interesante será realizar una trituradora de mayor tamaño, con un bastidor y una zona adecuada para el motor. Una de las empresas ya mencionadas anteriormente, Precious Plastic, lanzó al mercado en enero de 2020 la trituradora 'Shredder Pro' [45]. Al ser una empresa opensource, publicó en su página web toda la documentación necesaria para replicar su máquina. En este TFG se tomará como referencia, añadiendo mejoras en varios aspectos.

En la Tabla 4 se observan las especificaciones técnicas de esta trituradora.

Especificaciones técnicas	
Tipo	Doble eje
Coste	2200€ + motor
Peso	340 kg
Dimensiones	1205 x 550 x 1512
Anchura de cuchillas	6 mm
Potencia	De 2,2 a 4 kW (Según motor)
Voltaje	400 V
Amperaje	16 A

Tabla 4 Especificaciones técnicas de Shredder Pro [46]

Para decidir el dimensionamiento de la máquina se han definido en Anejos "6. Hipótesis adoptadas" los diferentes fenómenos físicos que pueden ocurrir cuando se tronza el plástico y se han detallado todas las hipótesis tomadas para acotar el diseño de Spiker. Una vez definidos los mismos, se procede a realizar el diseño final de la máquina.

A continuación, se van a definir todos los elementos del diseño definitivo. Para comprobar que los componentes de Precious Plastics están bien dimensionados, se efectuarán varias verificaciones. En caso de encontrar alguna posibilidad de mejora, se plasmarán las mismas a lo largo del proyecto.

6. DISEÑO FINAL

6.1. MONTAJE EJES Y CUCHILLAS

6.1.1. EJES

A la vista de todas las máquinas analizadas en el estado de la técnica, se ha escogido la geometría hexagonal para la parte central del eje. De esta forma se garantiza un acople suficientemente rígido entre el eje y las cuchillas, sin necesidad de elementos de unión como chavetas. Además, esta geometría permitirá distribuir las cargas soportadas por las cuchillas entre la totalidad de la superficie del eje.

El eje motriz será más largo para poder acoplar la salida del reductor a éste y así transmitir la potencia del motor. El movimiento axial del eje motriz queda restringido al acoplarlo al motor, como se verá en la sección 6.3. Elección del acople. Por otro lado, la caja impide el movimiento axial del eje conducido, ya que la zona hexagonal hace tope con las paredes internas de la caja.

El grado de libertad ligado al movimiento radial será absorbido por los rodamientos. En el documento “Anejos: 7.4. Elección de rodamientos” se profundizará sobre estas fuerzas actuantes y se comprobará que los cojinetes cumplan con las sollicitaciones.

Para unir el acople del motor al eje, se utilizará una chaveta. Las dimensiones de esta chaveta dependerán de las especificaciones técnicas del acople, que a su vez dependen del diámetro del eje.

De la misma forma, los engranajes, los cuales transmiten el movimiento del eje motriz al eje conducido, hacen que se necesiten tallar otros dos chaveteros, uno en cada eje.

Recapitulando, la trituradora constará de dos ejes. El eje motriz, con dos chavetas, una para el engranaje y otra para el acople, y otro eje más corto con un chavetero para el engranaje (Figura 38). Para fabricarlo se partirá de un bruto hexagonal y se mecanizará con torno y fresadora para obtener la geometría deseada.



Figura 38: Eje conducido y eje motriz. Elaboración propia.

Cabe destacar que donde termina la zona hexagonal, ambos ejes estarán roscados. De esta forma, se acoplará una tuerca ranurada DIN 1804, que comprime las cuchillas y evita el movimiento axial de las mismas (Figura 39).

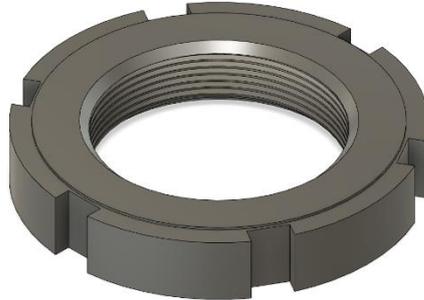


Figura 39: Tuerca DIN 1804. Elaboración propia.

En cuanto a las tolerancias dimensionales, la tolerancia de la parte cilíndrica del eje vendrá definida principalmente por los rodamientos escogidos. La tolerancia de la parte hexagonal se adjudicará a la fabricación de las cuchillas y no del propio eje, ya que es más sencillo y barato a la hora de la fabricación.

También se incluirá una tolerancia geométrica paralela de manera axial al eje, para asegurar su correcto montaje. Las tolerancias estarán acotadas principalmente dentro del rango de las décimas, ya que la función del eje no necesita de mayor precisión.

6.1.2. CUCHILLAS

En el diseño de cualquier trituradora de plástico, las cuchillas son unas de las piezas más importantes de toda la trituradora. Esto es debido a que son la parte que va a realizar la función de fracturar el material.

6.1.2.1. PERFIL DE LAS CUCHILLAS

Las cuchillas que fueron diseñadas en el estudio previo podrían presentar problemas en la zona que tritura el plástico, ya que no tenían el ángulo necesario para arrastrar el material correctamente. Añadido a esto, se consideró innecesario hacer una cuchilla de doble punta.

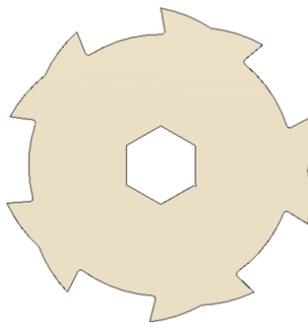


Figura 40: Perfil cuchilla previa. Elaboración propia.

La función de estas eran poder cortar en ambos sentidos, pero en el diseño final solo va a ser necesario que se corte en uno. Gracias al controlador de frecuencia que se va a incluir en el diseño final (6.2.1.), se puede invertir el sentido de giro de los ejes de manera rápida si se necesitara desatascar la máquina y seguidamente volver a invertir el sentido para continuar con el triturado.

Para solucionar todos los problemas encontrados, se buscaron diferentes tipos de cuchillas trituradoras y se analizaron hasta dar con la solución final adoptada en esta máquina.

La mayoría de las patentes mencionadas en el apartado 3. ESTADO DE LA TÉCNICA, constaban de cuchillas recambiables, como si se tratase de una herramienta de un torno.

Se descartó esta forma de constituir las cuchillas, ya que el propósito de esta máquina será cizallar HDPE, un material con un límite elástico bastante bajo. Esto se traduce en unas tensiones suficientemente bajas como para no dañar el material de las chuchillas.

Además, si se hubiese implementado el método visto en algunas de las patentes, las dimensiones generales de la máquina y la magnitud del proyecto se hubiesen visto muy afectados, ya que las cuchillas deberían ser mucho más anchas para poder albergar la herramienta de corte, además de tener que mecanizar cada una de ellas para preparar una zona roscada donde atornillar cada filo.

Finalmente, las cuchillas diseñadas tienen el filo cortante muy pegado a su cuerpo, lo que hace que disminuyan los momentos flectores y por consecuencia, sean más robustas. Para evitar posibles concentraciones de tensión que conllevarían a la fractura del diente, se trató de suavizar al máximo la unión del diente con el cuerpo incluyendo un redondeo (Figura 41). Además, este permitirá al laser poder hacer una trayectoria más limpia que si tuviese una esquina pronunciada.

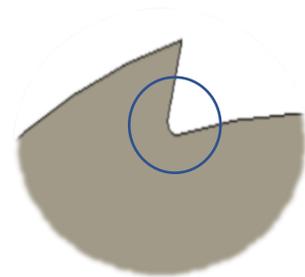


Figura 41: Radio para la herramienta láser. Elaboración propia.

A la hora del diseño fundamental de la trituradora, se ha decidido discernir dos zonas de corte. Una servirá para tronzar el bruto de plástico en fragmentos grandes y la otra granulará dichos trozos grandes. De esta forma, se consigue controlar mejor el tamaño de la granza de plástico resultante. Como ya se comentó en el apartado 1.4, según la aplicación final del plástico, interesará que este tamaño sea uno u otro.

La diferencia entre las zonas de corte recae en el espesor de las cuchillas de cada zona. El perfil de éstas será idéntico en ambas partes.

De este modo, tras barajar distintas opciones de espesor, y teniendo en cuenta el estado de la técnica y otros factores como interferencias, vibraciones, fabricación por láser, etc., se ha decidido que los espesores sean 6mm para la zona de corte grueso y 4 mm para la zona de granulado.

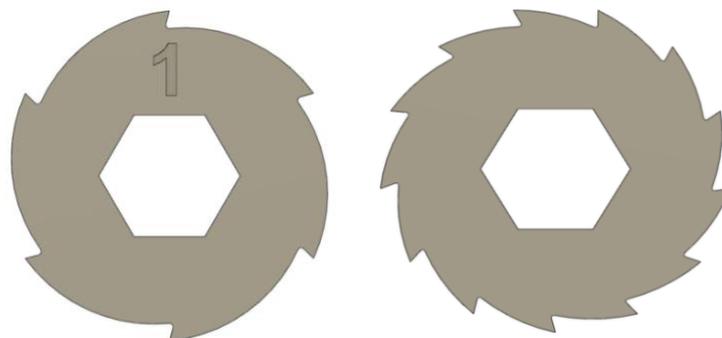


Figura 42: Perfil cuchillas con muescas. Elaboración propia.

Tal y como se puede observar en la Figura 42, las cuchillas de un eje son diferentes a las del otro. Las cuchillas del eje motriz tendrán 13 filos, mientras que las del eje conducido tendrán 6 puntas.

Para justificar esta elección, habrá que basarse en las fuerzas actuantes en el sistema. Si ambos ejes tuvieran cuchillas con muchos dientes, existirían más zonas de corte simultáneas, haciendo más exigentes los requerimientos del motor. De esta forma, se conseguiría el tamaño de granza deseado más rápidamente.

La desventaja que presentan las cuchillas con muchos filos es que, al tener menor superficie de corte, no se conseguirá un agarre del plástico tan bueno como con las de menor número de filos.

Otra característica a tener en cuenta es la velocidad de giro de cada eje. Para ello, hay que ir al documento “Anejos: 7.2. Comprobación de las ruedas dentadas”, donde se puede ver que la rueda dentada motriz tiene 18 dientes frente a los 20 dientes que tiene la conducida. Esto se traduce que la velocidad de giro del eje motriz es algo superior a la del eje conducido.

A la vista de los aspectos recién mencionados, se decidirá instalar un eje con cuchillas de 13 filos y el otro eje con cuchillas de 6 filos. De esta forma, se conseguirá una distribución de cargas más equilibrada a lo largo de los ejes.

Además, en la disposición final de Spiker, las cuchillas con mayor número de dientes girarán algo más rápido que sus opuestas.

Como se observa en la Tabla 5, Spiker tendrá un total de 53 cuchillas.

	Eje Motriz	Eje Conducido	TOTAL
Zona Gruesa	14	13	27
Zona Fina	13	13	26
TOTAL	27	26	53

Tabla 5: N° de cuchillas móviles de Spiker.

6.1.2.2. HOLGURA ENTRE CUCHILLAS

Como se mencionó en el apartado anterior (6.1.2.1), se ha considerado más factible imponer la tolerancia en las cuchillas y no en el eje. La tolerancia final entre caras del hexágono será de una décima de milímetro.

Uno de los factores más complejos de definir ha sido la holgura que debe existir entre cuchillas consecutivas. El espacio debe ser suficiente como para que no haya interferencias entre cuchillas opuestas, pero, por otra parte, esa holgura no debe ser muy grande, ya que, de lo contrario, se colaría el material por esas zonas sin conseguir nunca el tamaño de granza deseado.

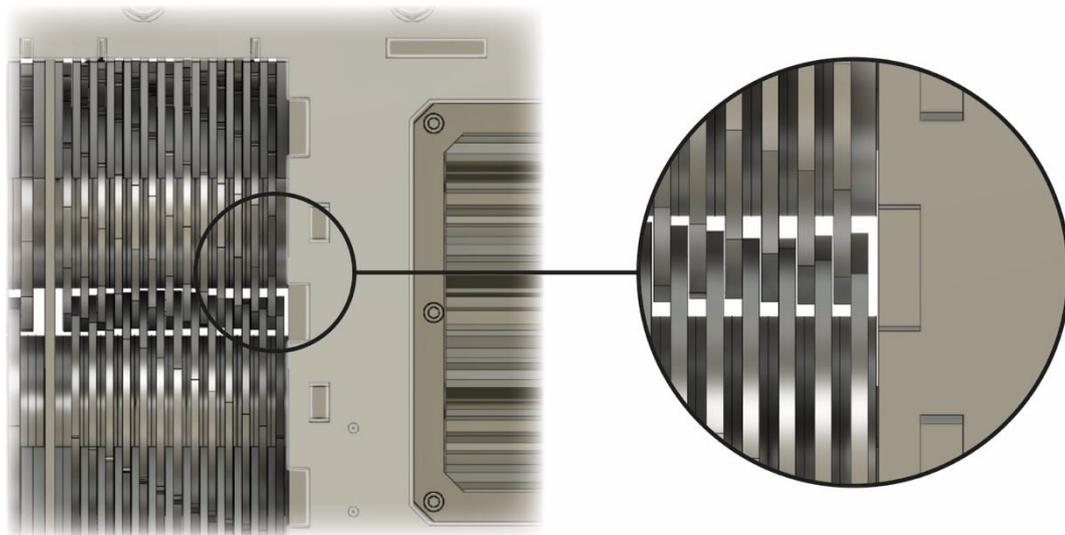


Figura 43: Holgura entre las cuchillas móviles. Elaboración propia.

En el diseño, dicha holgura se ha fijado en 0,5mm. Posteriormente, a la hora de ensayar la máquina, si se detecta que dicha holgura es muy baja, se podrán añadir separadores entre cuchillas para conseguir una mayor holgura entre cuchillas consecutivas. En la sección 6.1.4, se explicará más detalladamente el objetivo e instalación de los separadores.

6.1.3. COLOCACIÓN DE CUCHILLAS SOBRE EJE

A la hora del montaje en el eje, las cuchillas estarán dispuestas de tal forma que se creará un perfil de corte helicoidal. De esta forma, se conseguirá que arrastren el plástico de forma progresiva en el eje longitudinal.

Para facilitar esta tarea, en un principio, se pensó incluir en las cuchillas del eje corto un patrón de muescas para saber qué cuchilla meter cada vez y en qué sentido. Las muescas irían en incremento en sentido antihorario y de derecha a izquierda.

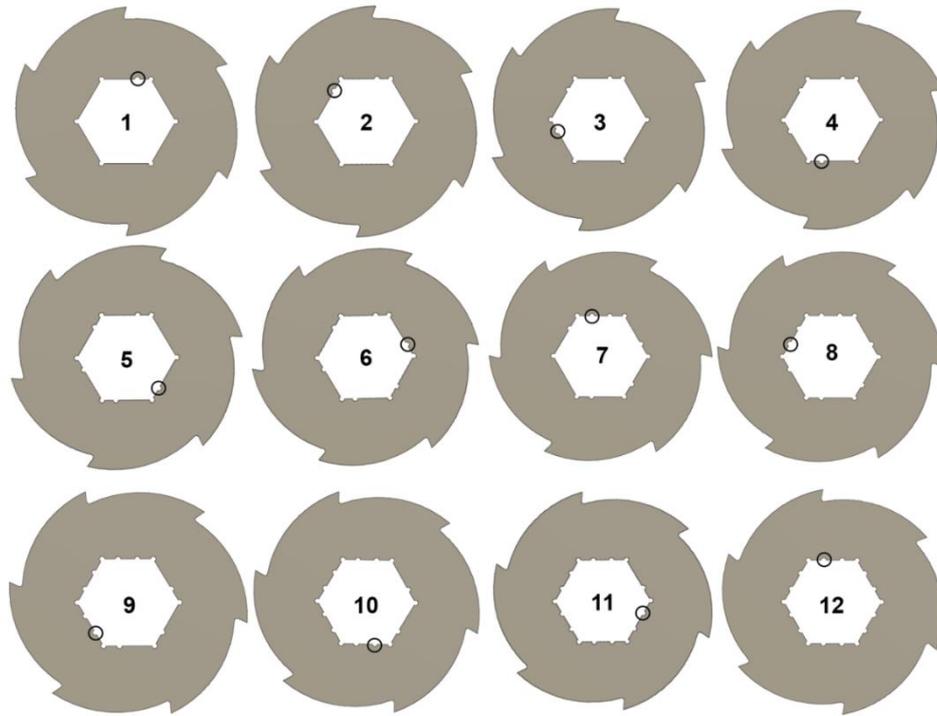


Figura 44: Muecas guía de cuchillas del eje corto. Elaboración propia.

Sin embargo, aunque esta idea es factible en cuanto al diseño, a la hora de fabricar las muescas interiores por laser, se encontraron problemas de precisión por su pequeño tamaño en comparación con la precisión que nos aporta este tipo de mecanizado.

Debido a esto, se decidió cambiar el patrón de muescas por un grabado superficial sencillo de números, de manera que al montar las cuchillas sobre el eje, los números van en orden (del 1 al 12) y repitiéndose la cuchilla 1, ya que hay que incluir 13 cuchillas de este tipo en el eje. Las características del grabado quedarán especificadas debidamente en los planos.

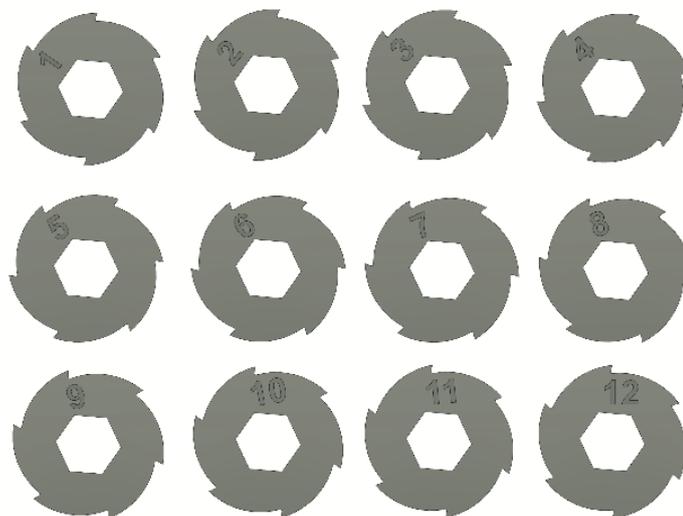


Figura 45: Patrón numerado de cuchillas del eje corto. Elaboración propia.

Por consistencia, este patrón ha de mantenerse tanto en la zona de corte grueso, con cuchillas de 6 mm como para la zona de granulado, con cuchillas de 4 mm de espesor.

Siguiendo este patrón de colocación, el conjunto de cuchillas forma una línea de acción helicoidal, como se puede observar en las siguientes figuras.



Figura 46: Ejes con las cuchillas montadas. Elaboración propia

Las cuchillas del eje largo son todas idénticas. Simplemente habrá que prestar atención a la hora de introducirlas en el eje, ya que cada una se introducirá en el eje con desfase de 60° (una cara del hexágono) respecto de la cuchilla anterior.

6.1.4. SEPARADORES

Entre las cuchillas se colocarán separadores de 91mm de diámetro exterior. Este diámetro se obtiene utilizando la distancia entre ejes, la holgura y el radio de las cuchillas.

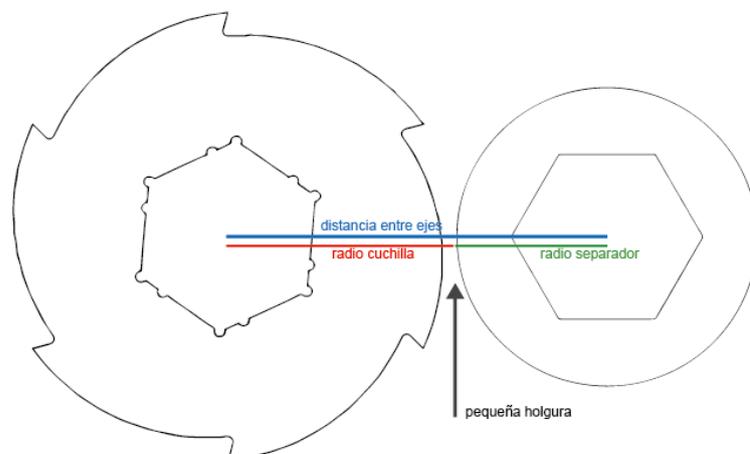


Figura 47: Esquema distancia entre ejes. Elaboración propia.

La distancia entre ejes, que viene definida por la *Fórmula 1*:

$$\text{distancia entre ejes} = \text{radio máximo cuchilla} + \text{radio separador} + \text{holgura}$$

Fórmula 1: Distancia entre ejes.

Despejando el radio del separador, la expresión resultante es:

$$\text{radio separador} = \text{distancia entre ejes} - \text{radio máximo cuchilla} - \text{holgura}$$

Fórmula 2: Radio de los separadores.

Dónde:

Distancia entre ejes = 114mm

Radio máximo cuchilla = 68mm

Holgura = 0.5 mm

$$\text{radio separador} = 114 - 68 - 0.5 = 45.5\text{mm}$$

La holgura de 0.5mm asegurará que no haya interferencias entre la chuchilla y el separador.

En la zona interior, al igual que en las cuchillas, se incluirá una tolerancia de una décima de milímetro, para así evitar posibles holguras y vibraciones.

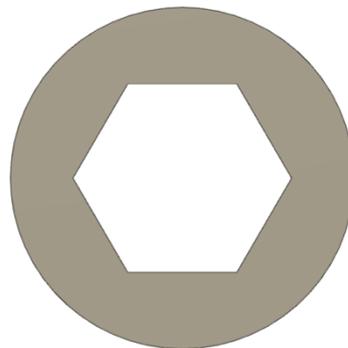


Figura 48: Perfil separadores. Elaboración propia.

El perfil de todos los tipos de separadores es el mismo, la diferencia se encontrará en los espesores. Éstos se elegirán según los espesores de chapas normalizadas. Al diseñarlos de esta forma, el fabricante tendrá mayor facilidad en proporcionar las chapas necesarias y el coste de producción de los separadores se verá aminorado.

Como se puede observar en la Figura 49, el diseño final incluirá cinco espesores diferentes, que serán 6mm, 4mm, 2.5mm, 2mm y 1mm. Su colocación se ve especificada en planos y manual de montaje.

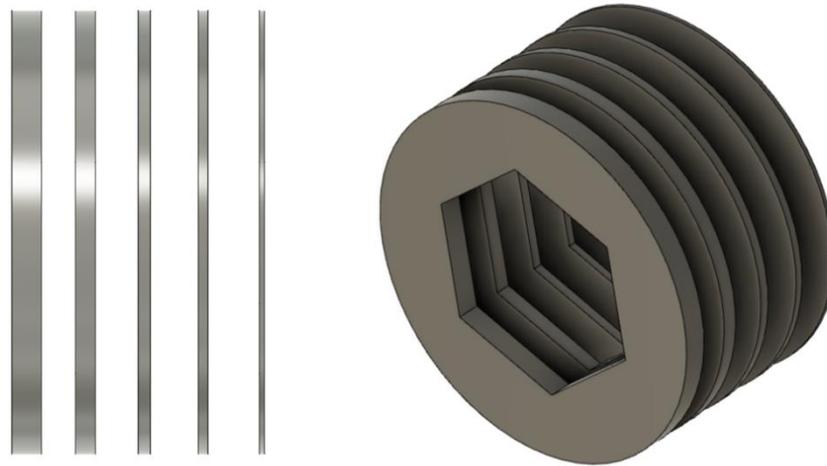


Figura 49: Espesores de separadores. Elaboración propia.

6.1.5. MONTAJE DEL EJE COMO CONJUNTO

Ambos ejes se montan siguiendo una sucesión de cuchillas y separadores similares. Se introducirán los separadores entre cuchillas y una vez llenado el eje se colocarán las tuercas DIN 1804 en los extremos para comprimir las cuchillas y así evitar posibles deslizamientos de estas.

Por último, se introducirá el engranaje que quedará fijo radialmente por la chaveta y axialmente por la geometría de la propia caja. El orden de montaje viene definido claramente en sus respectivos planos (01-02-00 y 01-03-00), contenidos en “Anejos: 3. Planos”.

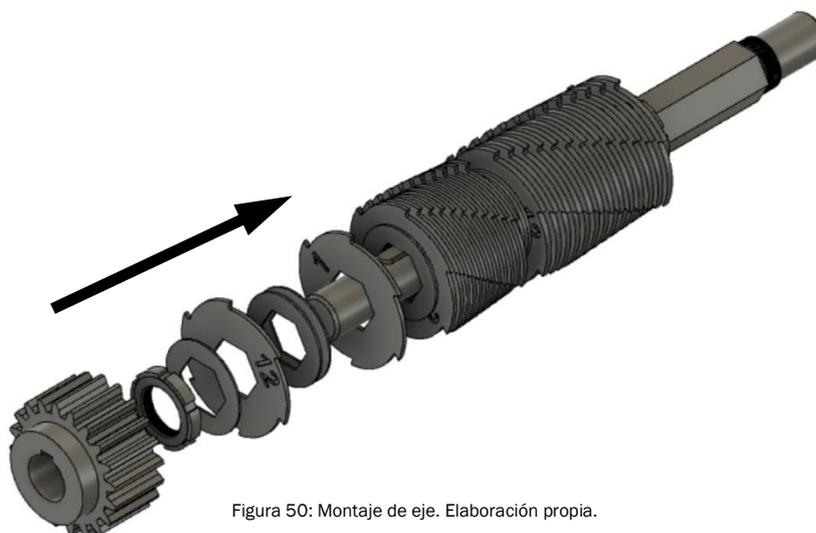


Figura 50: Montaje de eje. Elaboración propia.

6.1.6. CUCHILLAS FIJAS

El perfil de las cuchillas fijas está pensado para cerrar el espacio de corte. Se han incluido unos sets de cuchillas fijas, de la misma forma que en el diseño previo. Estas van encajadas con la caja por la zona superior, que tiene forma de gancho.

De la misma forma que los separadores, debido a que en el diseño final hay dos zonas de corte, se necesitan diferentes espesores. Además de esto, se han diseñado diferentes profundidades de gancho (*Figura 51*) para asegurarse de que a la hora del montaje siempre queden las cuchillas fijas en contacto con las paredes de la caja, y en ningún caso queden las propias cuchillas que cortan.

Las placas de cuchillas fijas 1 (01-01-03) y 2 (01-01-04), llevarán las muescas complementarias a estos ganchos, tanto en espesor como en profundidad, para que sea intuitivo donde van colocadas.

El resultado final son 7 cuchillas fijas diferentes, cuyos montajes vendrán especificado en anejos planos. Sus diferentes espesores variarán entre 6mm, 4mm, 2,5mm, 2mm y 1mm.

En cuanto a su perfil, este está pensado para realizar diferentes funciones. Una de ellas será guiar el material por su zona inclinada hacia el centro de la zona de corte, donde será agarrado y triturado por las cuchillas.

Otra función será asistir al corte de las cuchillas principales (6.1.2.), gracias a su geometría. El plástico que no haya alcanzado el tamaño adecuado para atravesar las rejillas (6.5.), volverá a ser arrastrado por las cuchillas móviles y será conducido hacia la parte inferior de estas cuchillas fijas, donde seguirá fracturándose. De esta forma quedará en la zona de corte hasta ser triturado a un tamaño óptimo.

A continuación, la *Figura 51* muestra sus dos perfiles diferentes y la *Figura 52* muestra su formación en el montaje.

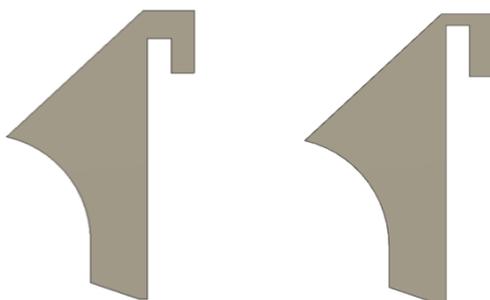


Figura 51: Perfiles cuchillas fijas. Elaboración propia

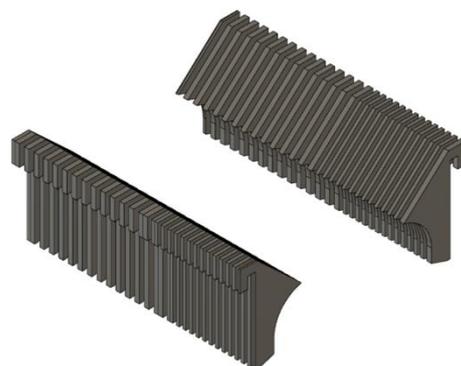


Figura 52: Posición de cuchillas fijas. Elaboración propia.

6.2. ELECCIÓN DEL MOTOR-REDUCTOR

Teniendo en cuenta el estado de la técnica, se buscará entregar un par motor al eje de la trituradora de al menos 500 N·m. Para ello, se optará por implementar un motor asíncrono de 4 polos (1500rpm), con una potencia de 2.2kW.

Además, se instalará un reductor de corona-sinfín con relación de transformación 1:40, quedando una velocidad de salida del reductor cercana a las 36 vueltas por minuto (Fórmula 4).

Teniendo en cuenta las hipótesis mencionadas en el documento “Anejos: 6. Hipótesis adoptadas”, se realizará un estudio para determinar qué tipo de materiales se podrán triturar.

Para ello, se supondrá que el motor trabaja a régimen, es decir, girando a sus revoluciones nominales y entregando así su par nominal

En primer lugar, habrá que consultar los valores nominales suministrados por el fabricante. En la Figura 53 se muestra la placa de características del motor empleado [39].

MOT. 3Ph		MODELO		TB 100L1-4		
V	Hz	A	kW	rpm	cosφ	EFF %
220/230/415Δ/Y	50	8.4/4.8	2.2	1420	0.81	82.5 83
230/240/440Δ/Y	60	8.2/4.7	2.55	1704	0.81	88.0
IP 55	Th.Cl.	F 80.60%	Peso kg:	3.0		
Rod LA: 6206	Rod LCA: 6206	Nº	0119M5821370			

Figura 53: Placa de características del motor. Elaboración propia.

Para obtener el par nominal, se dividirá la potencia nominal del motor, 2200W, entre la velocidad de giro del eje de la trituradora.

$$T_{nom} = \frac{H_{nom}}{\omega_{eje}}$$

Fórmula 3: Par nominal del motor (General).

Como el motor está acoplado en serie con una reductora de relación de transformación 1:40, la velocidad del eje de salida será la velocidad nominal del motor multiplicada por la relación de transmisión en la reductora, tal y como se observa en la Fórmula 4.

$$\omega_{eje} = \omega_n \cdot i_{reductor} = 1420 \frac{rev}{min} \cdot \frac{1}{40} = 35,5 \frac{rev}{min} \cdot \frac{2\pi rad}{1rev} \cdot \frac{1min}{60s} = 3,72 \text{ rad/s}$$

Fórmula 4: Velocidad de giro del eje de salida del reductor.

Una vez calculado el régimen de giro en el eje, el par nominal del motor queda como se muestra en la Fórmula 5.

$$T_{nom} = \frac{2200 \text{ W}}{3,72 \text{ rad/s}} = 591,8 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Fórmula 5: Par nominal implementado.

Obviamente, tal y como se menciona en “Anejos: 6. Hipótesis adoptadas.”, el par nominal no será en su totalidad par útil, ya que la eficiencia global del sistema no es del 100%. Así, el par útil se calculará como se indica en la Fórmula 6.

$$T_{\text{Útil}} = T_{nom} \cdot \text{Eficiencia} = 591,8 \text{ Nm} \cdot 0,575 = 340,39 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Fórmula 6: Par útil del sistema.

El par útil deberá ser igual o mayor que el par resistente para que la máquina funcione correctamente.

Una vez conocido el valor del par útil, se puede determinar la fuerza de corte máxima que se podrá vencer (Fórmula 7). Para ello, se necesitará conocer el punto de aplicación de la fuerza. Esta estará ubicada en el extremo del radio de las cuchillas, a 68mm del centro.

$$F_{\text{Corte,nom}} = \frac{T_{\text{Útil}}}{r_{\text{cuchillas}}} = \frac{340,39 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,068 \text{ m}} = 5005,74 \text{ N}$$

Fórmula 7: Fuerza de corte real.

Determinada la fuerza de corte, se comprobará cual será el material más resistente que se pueda cizallar bajo las hipótesis adoptadas.

Para ello, hay que conocer la superficie de corte presente en las cuchillas (Figura 54). Esta superficie será equivalente a la superficie de material a cizallar en cada ciclo.

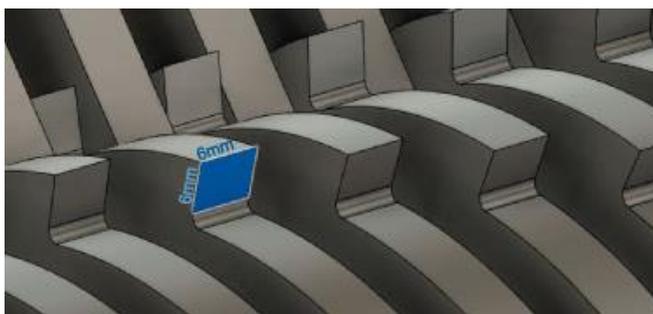


Figura 54: Superficie de corte de una cuchilla. Elaboración propia.

De la Fórmula 2 de “Anejos: 6. Hipótesis adoptadas.”, se puede deducir la tensión última del material que es posible cizallar con una fuerza de corte determinada.

$$\sigma_{\text{última,nom}} = \frac{F_{\text{Corte,nom}}}{A_{\text{cuchilla}}} \cdot 2 = \frac{5005,74 \text{ N}}{6\text{mm} \cdot 6\text{mm}} \cdot 2 = 278,1 \text{ MPa}$$

Fórmula 8: Limite elástico cizallable a régimen nominal.

A la vista de los resultados obtenidos, el sistema será capaz de cortar un material cuya tensión última a tracción ronde los 280MPa.

La aplicación de diseño de Spiker será cortar HDPE. Este material servirá como referencia, siendo su tensión última a tracción cercana a 50MPa.

Dado que para funcionar a par nominal deberá estar cortando materiales de límite elástico del orden de 280 MPa, el HDPE se queda muy por debajo del par nominal.

A primera vista, esto puede parecer bueno, ya que la trituradora podrá romper el HDPE con facilidad. Sin embargo, según la Figura 55, el funcionamiento ideal del motor (P_n) tiene lugar próximo a la velocidad nominal (curva verde). De esta forma, su eficiencia se verá maximizada, demandando menos energía, con un mejor rendimiento y por ello, prolongando la vida útil del motor.

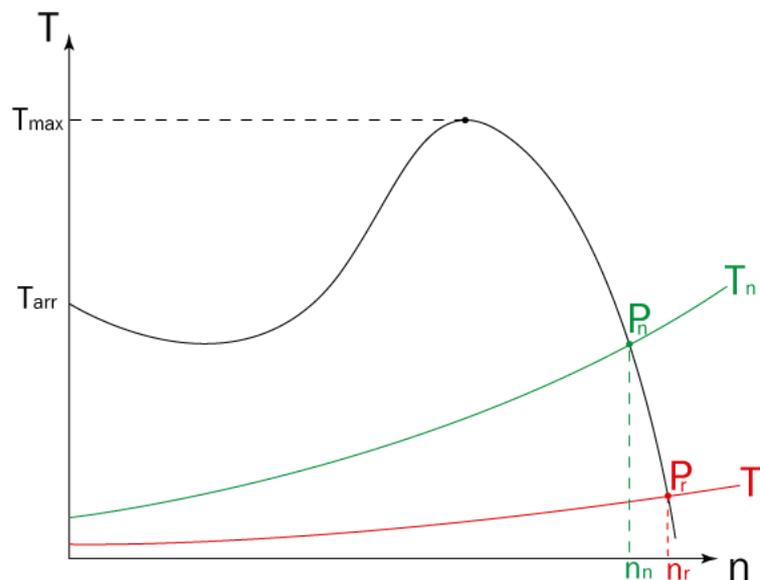


Figura 55: Diagrama par-velocidad motor asíncrono. Elaboración propia.

Puesto que el HDPE ofrece un par resistente (curva roja) menor al nominal, el punto de funcionamiento (P_r) se verá desplazado hacia la derecha en la curva, obteniendo así una velocidad de giro (n_r), superior a la nominal (n_n).

Si se quisiera triturar un material cuya tensión última a tracción supere los 280 MPa, sería el caso opuesto al recién mencionado, desplazando el punto de funcionamiento hacia la izquierda. La velocidad de giro se vería disminuida.

Para saber cuál es el par máximo que puede entregar el motor, habrá que basarse en los valores de la curva par-velocidad suministrada por el proveedor. En este caso, no ofrece una curva característica como tal, sino unos valores tabulados [39]. Se puede observar que el par máximo respecto al par nominal es 2,3 veces superior.

$$T_{m\acute{a}x} = T_{nom} \cdot 2,3 = 591,8Nm \cdot 2,3 = 1361,1 N \cdot m$$

Con este nuevo valor podemos deducir el par útil máximo:

$$T_{\acute{u}til,m\acute{a}x} = T_{m\acute{a}x} \cdot Eficiencia = 1361,1 \cdot 0,575 = 782,9 N \cdot m$$

Ahora ya se puede determinar el valor de la fuerza de corte máxima:

$$F_{Corte,m\acute{a}x} = \frac{T_{\acute{u}til,m\acute{a}x}}{r_{cuchillas}} = \frac{782,9 N \cdot m}{0,068 m} = 11.513,2 N$$

La tensión última del material que es posible cizallar con la fuerza de corte máxima será:

$$\sigma_{\acute{u}ltima,nom} = \frac{F_{Corte,m\acute{a}x}}{A_{cuchilla}} \cdot 2 = \frac{11.513,2 N}{6mm \cdot 6mm} \cdot 2 = 639,62 MPa$$

Spiker será capaz de fracturar materiales con una tensión última cercana a los 640MPa.

Como se mencionó previamente, no es una buena práctica alejar mucho el punto de funcionamiento del motor de su velocidad nominal. Por este motivo, se impondrá que el motor trabaje siempre lo más próximo a su régimen nominal. Para ello, se instalará un controlador de frecuencia.

6.2.1. ADICIÓN DE UN CONTROLADOR DE FRECUENCIA:

El sistema de potencia explicado en la sección anterior es poco flexible, ya que solamente podría funcionar en puntos de la curva característica del motor (Figura 55). Esto significa que la velocidad de giro del motor, y por consiguiente, su eficiencia, podrá verse comprometida según el tipo de carga introducida a la trituradora.

Para evitarlo, se instalará un variador de frecuencia que gobierne el funcionamiento del motor [47]. Esta inversión proporcionará ciertas ventajas respecto al sistema anterior.

En primer lugar, el propio variador servirá de protección del motor, sustituyendo así la instalación de posibles interruptores magnetotérmicos, entre otros [48]. Notar que, pese a que el motor no necesite de protección, el propio variador sí que necesitará de elementos de protección aguas arriba.

En la colección de anejos se podrá encontrar la protección empleada para los dispositivos eléctricos de potencia.

También, se encargará de hacer un arranque progresivo del motor, evitando los grandes picos de corriente que demandan estos dispositivos en su puesta en marcha.

En relación con la sección anterior, se impondrá una velocidad de giro como referencia. Obviamente, se procurará que esta sea lo más cercana a la velocidad nominal del motor, 1420rpm.

La misión principal del controlador de frecuencia será mantener siempre el régimen de giro lo más cercano a dicha velocidad de referencia, independientemente del par resistente que exista en el sistema.

Si la carga es más baja, en vez de aumentar la velocidad del motor, como sucedía en la sección anterior, el controlador actuará sobre la frecuencia y voltaje de alimentación del motor, consiguiendo modificar la curva par-velocidad.

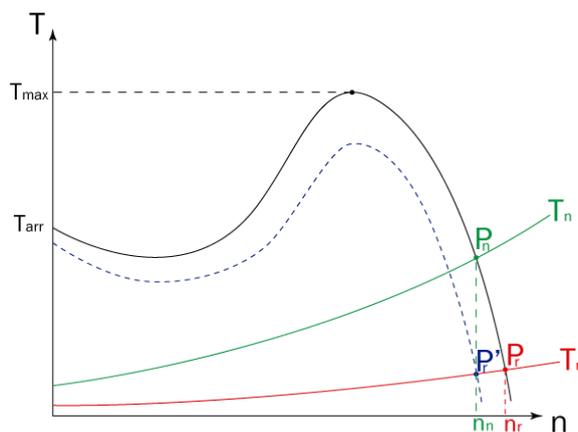


Figura 56: Diagrama par-velocidad motor asíncrono con variador de frecuencia. Elaboración propia.

Para modificar la curva par-velocidad del motor, se actúa sobre el flujo magnético en el estator, que a su vez induce unas corrientes en el mismo, cambiando así la velocidad síncrona. El variador mantiene constante la relación tensión-frecuencia [49].

$$\phi = \frac{V}{4,44 \cdot f \cdot N_s \cdot K_1}$$

Existe gran cantidad de bibliografía acerca del funcionamiento de estos dispositivos, sin embargo, se escapan del alcance de este documento.

Sin embargo, en caso de notar que la velocidad nominal no es la más adecuada para cizallar ciertos materiales, se podrá cambiar la consigna de velocidad de giro a través de un potenciómetro.

La decisión de haber añadido un variador de frecuencia no puede sustituir el reductor mecánico instalado en este proyecto.

A la vista de las curvas par-velocidad, no sería bueno desplazar el punto de funcionamiento del motor muy a la izquierda del diagrama (40rpm), ya que, en esa zona, el comportamiento del motor es inestable, siendo su eficiencia muy baja y la intensidad demandada muy elevada. Esto puede producir un sobrecalentamiento de los devanados por pérdidas de efecto Joule que terminarían quemando el motor.

A continuación, se muestra un esquema con las conexiones mínimas para la puesta en marcha del motor.

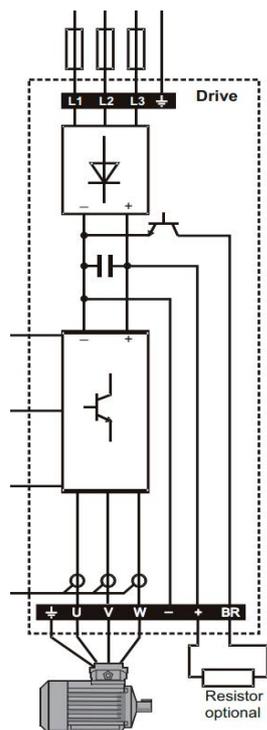


Figura 57: Conexión de la potencia en el variador. [89]

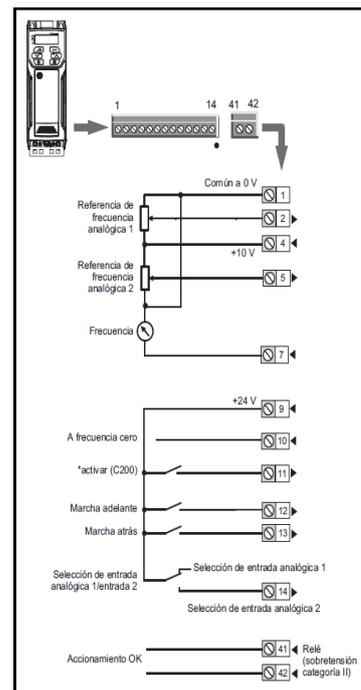


Figura 58: Funciones por defecto de los terminales. [89]

Una vez conocidas las funciones del bornero del variador, se propondrá un esquema de maniobra para controlar el funcionamiento del variador.

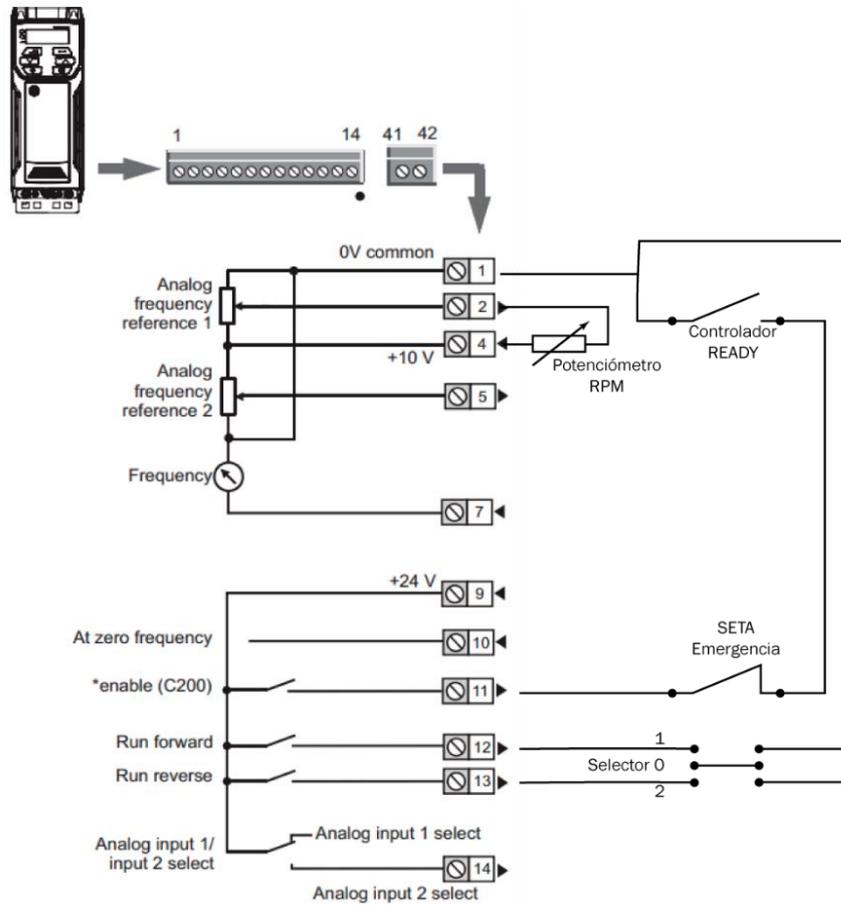


Figura 59: Esquema unifilar para Spiker. Elaboración propia.

La instalación de este esquema de maniobra, junto al resto de la distribución eléctrica, protecciones, etc. quedará dispuesta en la máquina como muestra la Figura 60.

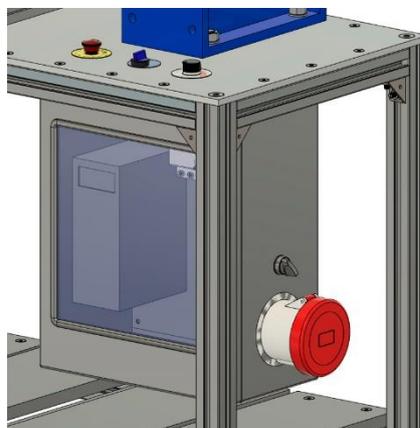


Figura 60: Disposición del cuadro de distribución eléctrica en Spiker. Elaboración propia.

Como se puede apreciar, el pulsador de emergencia queda en un lugar accesible, tal y como obliga la normativa. Además, en la superficie de la mesa se podrá acceder a la selección del sentido de giro y a la regulación de la velocidad, tal y como se muestra en la Figura 61.

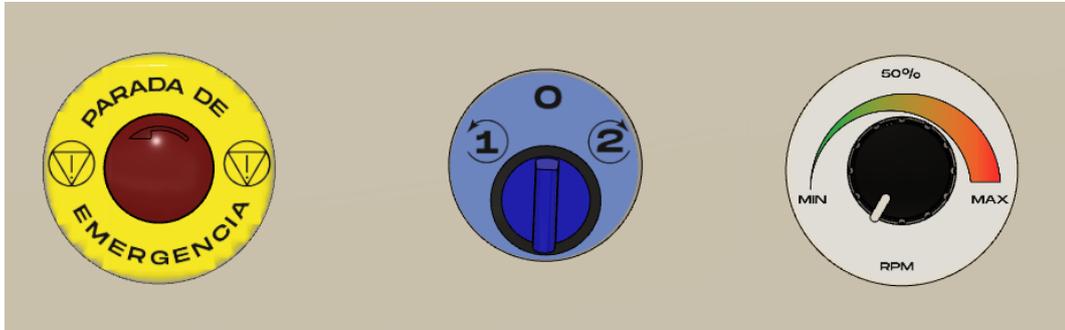


Figura 61: Cuadro de mandos de Spiker. Elaboración propia.

Para mayor comodidad, se ha decidido que la conexión con la red se haga mediante un alargador con enchufe macho en ambos extremos (Figura 62). De esta forma, en Spiker se instalará una clavija hembra, evitando así instalar una manguera de cable permanente.

En la parte superior del enchufe, estará el interruptor de encendido y apagado del variador de frecuencia. De esta forma, al tener que accionar mínimo dos interruptores para hacer girar las cuchillas, se consigue aumentar la seguridad de la máquina y evitar accidentes.



Figura 62: Alargador para enchufar Spiker. Elaboración propia.

6.3. ELECCIÓN DEL ACOPLE

Tras un análisis de proveedores, se ha elegido la marca Fenner por la variedad de acoples y porque el suministrador escogido en este proyecto para elementos normalizados y comerciales trabajaba con ellos.

Siguiendo su catálogo [50], se ha elegido los acoples del tipo HRC ya que están pensados para máquinas de uso general y permiten un montaje fácil y rápido.

Todos los acoples de este tipo se componen de tres partes. Dos de ellas irán acopladas a los ejes y su material será metálico (Figura 64). La tercera parte, que hace de punto de unión entre ambas, será de un material elástico (Figura 63).



Figura 63: Parte elástica acople. Elaboración propia.



Figura 64: Parte metálica acople. Elaboración propia.

Para elegir el acople adecuado primero hay que calcular el factor de servicio. La trituradora es maquinaria, funciona a través de un motor eléctrico y al irse a utilizar de forma no continua, se ha estimado que el tiempo diario de uso no excederá las 8h. Según la Figura 65, el factor de servicio será de 1,60.

SERVICE FACTORS						
Driven Machine Class	Type of Driving Unit					
	Electric motors Steam turbines			Internal combustion engines Steam engines Water turbines		
	Hours per Day Duty					
	8 and under	over 8 to 16 inclusive	over 16	8 and under	over 8 to 16 inclusive	over 16
UNIFORM Agitators, Brewing machinery, Centrifugal blowers, Centrifugal compressors†, Conveyors, Centrifugal fans and pumps, Generators, Sewage disposal equipment.	1.00	1.12	1.25	1.25	1.40	1.60
MODERATE SHOCK* Clay working machinery, Crane hoists, Laundry machinery, Wood working machinery, Machine tools, Rotary mills, Paper mill machinery, Textile machinery, Non-uniformly loaded centrifugal pumps.	1.60	1.80	2.00	2.00	2.24	2.50
HEAVY SHOCK* Reciprocating conveyors, Crushers, Shakers, Metal mills, Rubber machinery (Banbury mixers and mills), Reciprocating compressors, Welding sets.	2.50	2.80	3.12	3.12	3.55	4.00

Figura 65: Factores de servicio del acople. [50]

En el cálculo del “Design Power”, intervienen el factor de servicio previamente calculado y los kW del motor a utilizar. Esto nos da un resultado de 3,52kW.

$$Design\ Power = Service\ Factor \cdot Potencia_{Motor} = 1,6 \cdot 2,2 = 3,52\ kW$$

A la hora de elegir el tamaño del acople se usa la tabla de “Power Ratings”. Dado que la velocidad de giro en la trituradora es menor a las mostradas en la *Figura 66*, se entrará a la tabla con el par nominal del motor. Como se demostró en el apartado 6.2, el par nominal será de 518 N·m.

POWER RATINGS (KW)

Speed rev/min	Coupling Size							
	70	90	110	130	150	180	230	280
100	0.33	0.84	1.68	3.30	6.28	9.95	20.90	33.00
200	0.66	1.68	3.35	6.60	12.60	19.90	41.90	65.00
400	1.32	3.35	6.70	13.20	25.10	39.80	83.80	132.00
600	1.98	5.03	10.10	19.80	37.70	59.70	126.00	198.00
720	2.37	6.03	12.10	23.80	45.20	71.60	151.00	238.00
800	2.64	6.70	13.40	26.40	50.30	79.60	168.00	264.00
960	3.17	8.04	16.10	31.70	60.30	95.50	201.00	317.00
1200	3.96	10.10	20.10	39.60	75.40	119.00	251.00	396.00
1440	4.75	12.10	24.10	47.50	90.50	143.00	302.00	475.00
1600	5.28	13.40	26.80	52.80	101.00	159.00	335.00	528.00
1800	5.94	15.10	30.20	59.40	113.00	179.00	377.00	594.00
2000	6.60	16.80	33.50	66.00	126.00	199.00	419.00	660.00
2200	7.26	18.40	36.90	72.60	138.00	219.00	461.00	726.00
2400	7.92	20.10	40.20	79.20	151.00	239.00	503.00	
2600	8.58	21.80	43.60	85.80	163.00	259.00	545.00	
2880	9.50	24.10	48.30	95.00	181.00	286.00		
3000	9.90	25.10	50.30	99.00	188.00	298.00		
3600	11.90	30.10	60.30	118.00	226.00			
Nominal Torque (Nm)	31.5	80	160	315	600	950	2000	3150
Max Torque (Nm)	72	180	360	720	1500	2350	5000	7200

Fire Resistant/Anti-Static (FRAS) inserts available ex-stock.
For speeds below 100 rev/min, and intermediate speeds, use nominal torque ratings.
* Maximum coupling speeds are calculated using an allowable peripheral speed for the hub material. For selection of smaller sizes with speeds in excess of 3600 rev/min – Consult your local Authorised Distributor.

315 < 518.2 < 600

Figura 66: Power ratings del acople. [50]

El primer valor en superar el par nominal del motor se da en el acople de tamaño 150.

Como se muestra en la *Figura 66*, dicho acople puede transmitir un par máximo de 1500 Nm.

PHYSICAL DIMENSIONS AND CHARACTERISTICS

Size	Common Dimensions					Type F & H					Type B					
	A	B	E	F _‡	G	Bush size	Max Bore		C	D	J†	Bore Dia's		Screw Over Key	C	D
							mm	ins.				Max.	Pilot H9			
70	69	60	31	25.0	18.0	1008	25	1"	20.0	23.5	29	32	8	M 6	20	23.5
90	85	70	32	30.5	22.5	1108	28	1 1/8	19.5	23.5	29	42	10	M 6	26	30.0
110	112	100	45	45.0	29.0	1610	42	1 5/8	18.5	26.5	38	55	10	M10	37	45.0
130	130	105	50	53.0	36.0	1610	42	1 5/8	18.0	26.5	38	60	15	M10	39	47.5
150	150	115	62	60.0	40.0	2012	50	2	23.5	33.5	42	70	20	M10	46	56.0
180	180	125	77	73.0	49.0	2517	60	2 1/2	34.5	46.5	48	80	25	M10	58	70.0
230	225	155	99	85.5	59.5	3020	75	3	39.5	52.5	55	100	25	M12	77	90.0
280	275	206	119	105.5	74.5	3525	100	4	51.0	66.5	67	115	30	M16	90	105.5

† 'J' is the wrench clearance required for tightening/loosening the bush on the shaft. A shortened wrench will allow this dimension to be reduced.

‡ F_‡ refers to combinations of flanges: FF, FH, HH, FB, HB, BB.

Bore limits H7 unless otherwise specified.

Figura 67: Dimensiones físicas y características del acople a utilizar. [50]

Los ejes por acoplar son de 45 milímetros de diámetro y el máximo admisible para este tipo de acople es igual a 50 mm (“Max Bore” en la *Figura 67*). Esto significa que el acople calculado es viable para esta aplicación.

De todos los tipos que se ofertan, se ha elegido el tipo H porque la geometría es la más adecuada para el motor escogido (*Figura 68*).

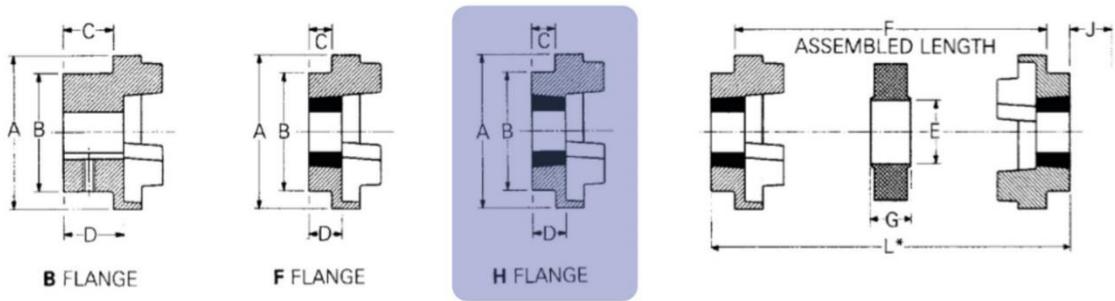


Figura 68: Tipo de acople seleccionado. [50]

La medida L es importante para el diseño del eje motriz, ya que variará la mecanización del eje y la posición axial de la chaveta, se ha elegido la L=107.

PHYSICAL DIMENSIONS AND CHARACTERISTICS

Size	Assembled Length (L*) Comprising Flange Types			Mass (kg)	Inertia Mr ² (kgm ²)	Dynamic Stiffness (Nm/r)	Maximum Misalignment		Nominal Torque (Nm)
	FF, FH, HH	FB, HB	BB				Parallel	Axial	
70	65.0	65.0	65.0	1.00	0.00085	—	0.3	+0.2	31
90	69.5	76.0	82.5	1.78	0.00115	—	0.3	+0.5	80
110	82.0	100.5	119.0	5.00	0.00400	65	0.3	+0.6	160
130	89.0	110.0	131.0	5.46	0.00780	130	0.4	+0.8	315
150	107.0	129.5	152.0	7.11	0.01810	175	0.4	+0.9	600
180	142.0	165.5	189.0	16.60	0.04340	229	0.4	+1.1	950
230	164.5	202.0	239.5	26.00	0.12068	587	0.5	+1.3	2000
280	207.5	246.5	285.5	50.00	0.44653	1025	0.5	+1.7	3150

All dimensions in millimetres unless otherwise stated.
All HRC couplings have an angular misalignment capacity of up to 1°.
 Mass is for an FF, FH or HH coupling with mid range Taper Lock Bushes.

Figura 69: Dimensiones físicas y características. [50]

El acople elegido para la aplicación que concierne a este proyecto es el de tamaño 150 y tipo H. Su nombre es HRC 150 H y su código 045R0003 (Figura 70).

ORDERING CODES

CÓDIGO: 045R0003

Size	Type F	Type H	Type B Unbored	Standard Element Tempr. -40°C/+100°C	FRAS Element Tempr. -20°C/+80°C
70	045L0002	045L0003	045L0004	045L0009	045L0006
90	045M0002	045M0003	045M0004	045M0009	045M0006
110	045N0012	045N0013	045N0004	045N0009	045N0006
130	045P0002	045P0003	045P0004	045P0009	045P0006
150	045R0002	045R0003	045R0004	045R0009	045R0006
180	045S0002	045S0003	045S0004	045S0009	045S0006
230	045T0002	045T0003	045T0001	045T0009	045T0006
280	045U0002	045U0003	045U0001	045U0009	045U0006

Note: For details of HRC couplings suitable for application to drives involving SAE engine flywheels, consult your local Authorised Distributor.
 Type B flanges can be supplied finished bored to H7 tolerance with keyway, if required.
 Hub material: GG25 grey cast iron.

Figura 70: Código de la orden de la elección. [50]

Se puede observar el acople real en la Figura 71.



Figura 71: Acople. Elaboración propia.

6.4. CAJA

A la hora de diseñar la caja se ha tomado de referencia la idea básica del diseño previo y Shredder Pro. La parte principal delimitante de la caja es la distancia entre ejes necesaria para que la máquina funcione adecuadamente, que como se ha definido anteriormente es de 114mm.

A parte de esta medida, se deben de tener en cuenta otros factores como incluir el espacio suficiente para poder hacer el mantenimiento de las ruedas dentadas y los rodamientos seleccionados. Para ello, en las zonas en las que quedan encerrados dentro de la caja, se ha incluido una ventana de plástico PMMA transparente que se puede abrir fácilmente, ya que va unida a la caja mediante tornillos Allen. Esta también permite ver el movimiento de los engranajes para cerciorarse de que todo funciona correctamente.

Por razones de montaje y mantenimiento, la caja debe permitir su desmontaje. Para ello, se han evitado hacer uniones fijas mediante soldadura u otras técnicas. Gracias a su geometría, las piezas encajan unas con otras y de esta manera se refuerzan las uniones. Además, se ahorra tiempo en documentación del montaje y se elimina la necesidad de hacer mediciones durante el ensamblaje.

Considerando estos condicionantes se procede a definir la caja en su totalidad.



Figura 72: Caja. Elaboración propia.

La caja se compone de doce chapas de acero cortadas por láser, siendo sus espesores de 5mm o 10mm. Estas chapas se encajan unas con otras para formar la geometría de la caja final. Como se puede apreciar en la Figura 72, se diferencian las dos zonas de corte mediante una chapa separadora.

Una vez montado el cuerpo con las piezas cortadas por láser, se reforzará la unión con diez varillas M12. Estas comprimirán la chapa superior de la caja (01-01-01) contra el chapón común (05-01-00). Se aseguran con un sistema de tuerca y arandela para facilitar su desmontaje en caso de necesitar cambiar las cuchillas o de necesitar cualquier tipo de ajuste interno. Las tuercas y arandelas de la parte inferior de las varillas se colocarán una vez situado el ensamblaje completo de la caja sobre el bastidor (6.7).

De esta forma las piezas finales que componen la caja, excluyendo elementos normalizados son las siguientes:

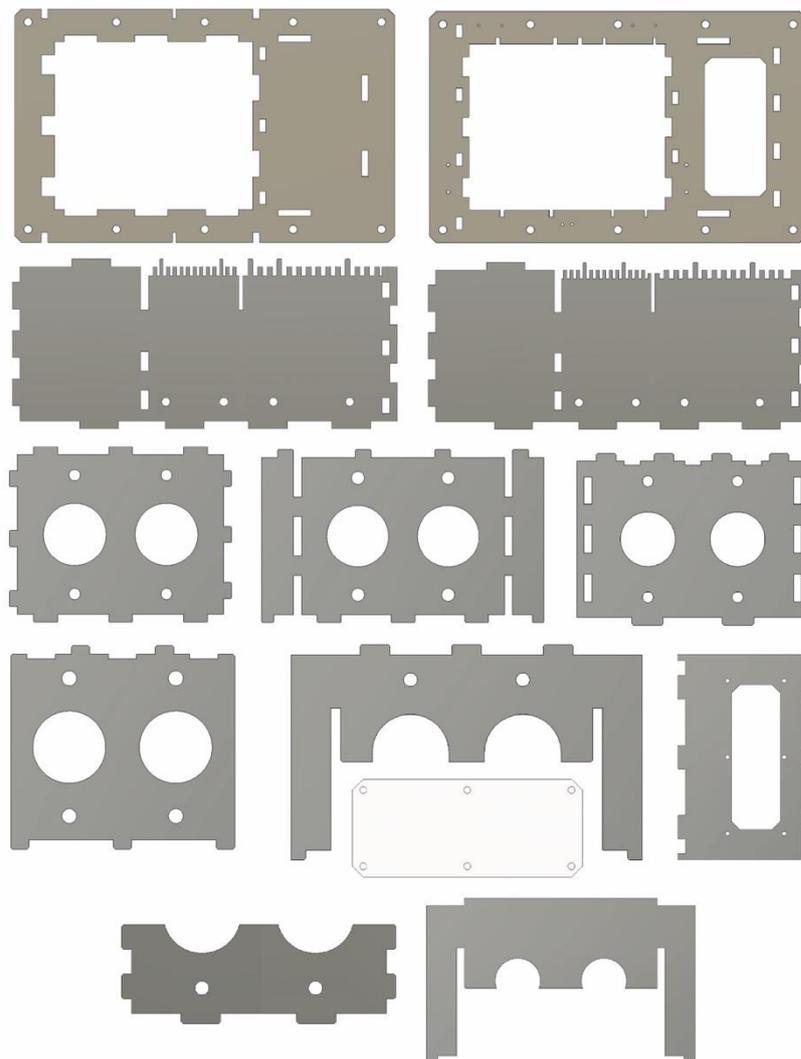


Figura 73: Piezas caja. Elaboración propia.

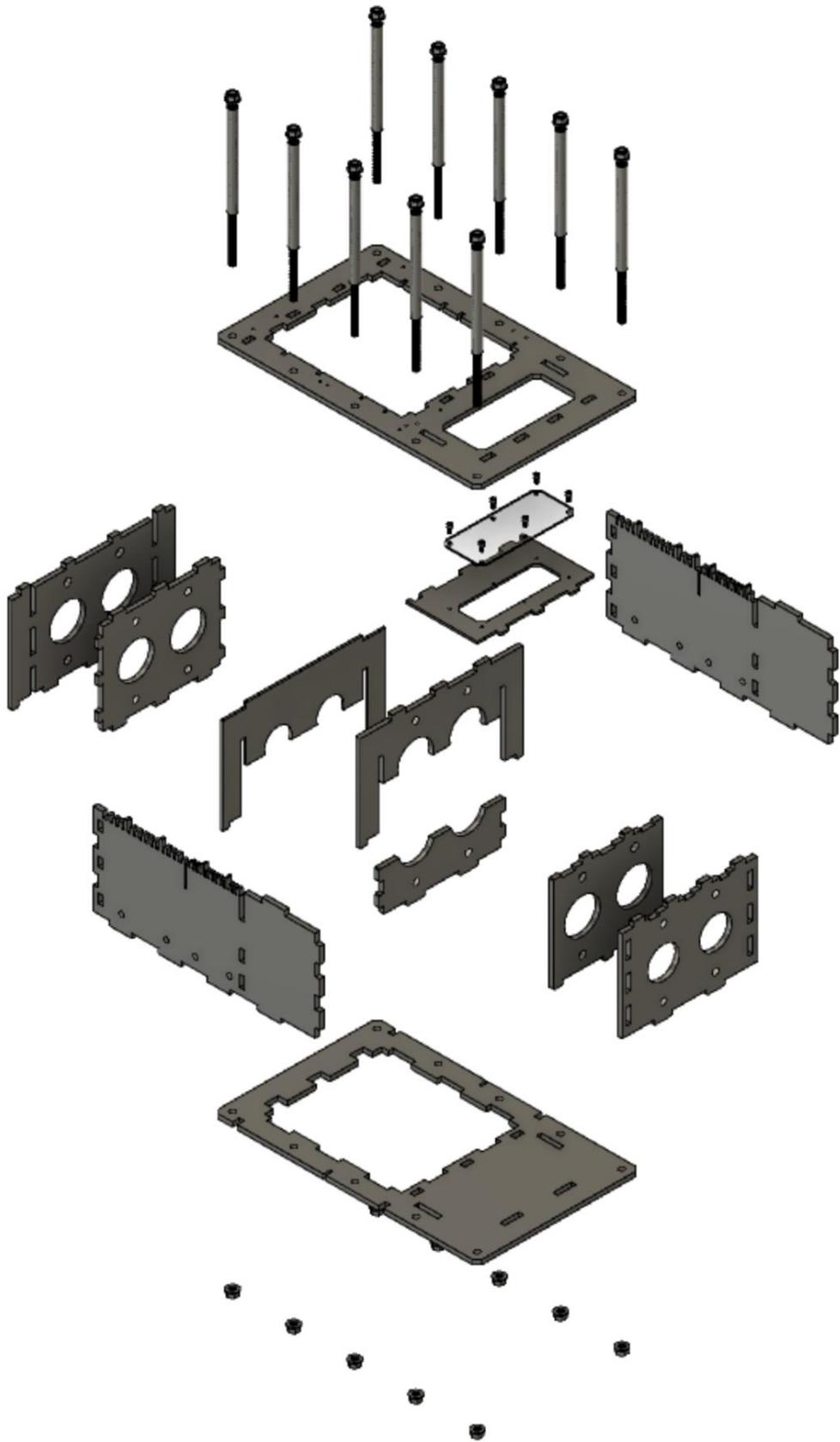


Figura 74: Explosión caja. Elaboración propia.

6.5. REJILLAS

La función de las rejillas es redirigir otra vez hacia el circuito de corte el posible plástico que se pudiese colar por la máquina sin haber alcanzado el tamaño final deseado. A cada zona de corte de la caja se le asignará una rejilla diferente según el diámetro mínimo de trozo o granulado que se quiera conseguir.

Ambas rejillas, la grande y la pequeña, se colocarán dentro de la caja en la parte inferior. Para facilitar las labores de mantenimiento, limpieza, atascos, etc., su unión se realizará mediante un sistema tornillo, arandela y tuerca para así facilitar la extracción. Todas sus partes se cortarán por láser y se unirán mediante soldadura, ya que, al contrario que en la caja, no va a ser necesario separar las piezas ensambladas en ninguna circunstancia. Además, se facilita la extracción del conjunto como pieza única en caso de necesitarlo.

Cada una de las rejillas está compuesta por cinco chapas de 2.5mm de espesor y dos chapas perforadas plegadas para acoplarse correctamente al diámetro de las cuchillas. La parte perforada puede tener agujeros de diámetros variados dependiendo las necesidades del usuario. En lo que concierne a este proyecto, se van a fabricar dos diferentes, una con agujeros de diámetro 5mm para la rejilla pequeña y otra con agujeros de diámetro 14mm para la rejilla grande (Figura 76).



Figura 75: Rejilla pequeña. Elaboración propia.



Figura 76: Rejilla grande. Elaboración propia.

Las piezas seguirán el mismo concepto de diseño de la caja, teniendo guías para facilitar su montaje. Además, por debajo incluye un asa que facilita su retirada.

Las piezas que componen cada una de las rejillas, excluyendo elementos normalizados, serán las siguientes:

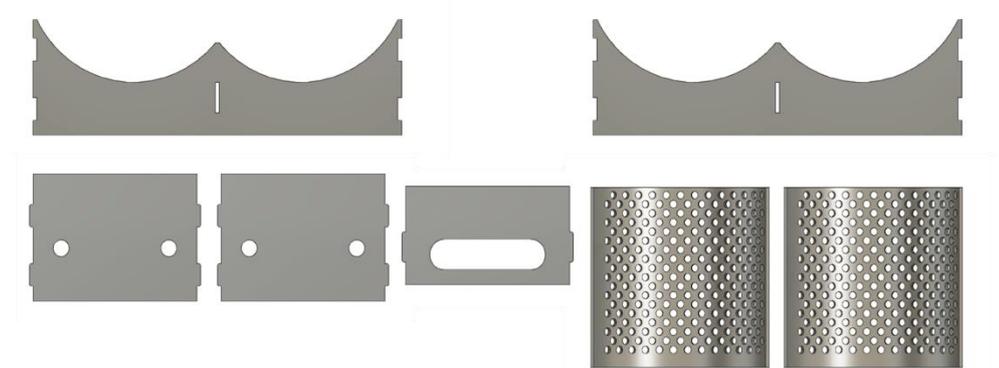


Figura 77: Piezas rejilla pequeña. Elaboración propia.

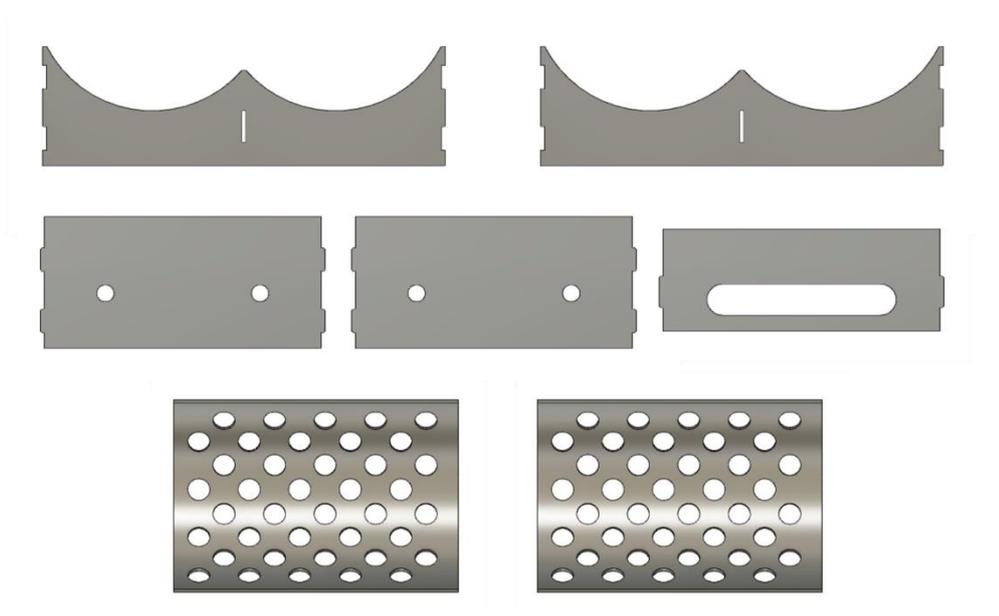


Figura 78: Piezas rejilla grande. Elaboración propia.

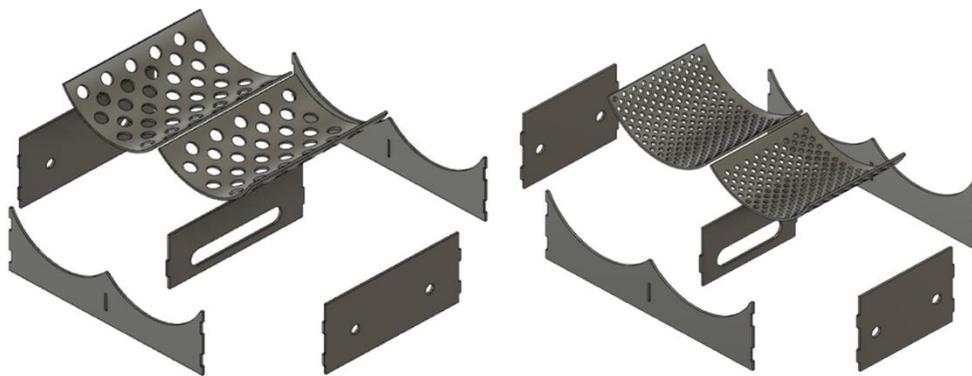


Figura 79: Explosión rejillas. Elaboración propia.

6.6. TOLVA

A la hora de diseñar la tolva se ha tenido en cuenta nociones de ergonomía y de seguridad. Se han tomado personalmente las dimensiones generales de productos voluminosos comunes de HDPE para dimensionar la misma.

- Dimensiones botella de lejía 5l: 150x150x380mm
- Dimensiones botella de lejía 2l: 120x100x280mm

Teniendo en cuenta estos datos, al igual que en el apartado 5.1., se ha procedido a diseñar una tolva con una geometría tal que no se pueda introducir una extremidad dentro y evitar riesgos. Está tolva ira dividida en dos secciones diferentes, que coincidirán con las dos partes diferentes de corte de la caja. Cada una de estas secciones tendrá un agujero diferente por el que se introducirán los envases o trozos de plástico a triturar.

El tamaño de estos agujeros se ha pensado de forma que sea intuitivo cual es la zona que trocea y cuál es la zona que granula (siendo el agujero de la que trocea más grande y el de la que granula más pequeño). Aun así, para cerciorarse de la claridad de las zonas, se incluirán dos pegatinas (Figura 80) en la parte superior de la tolva, que dejarán completamente diferenciadas las dos zonas.

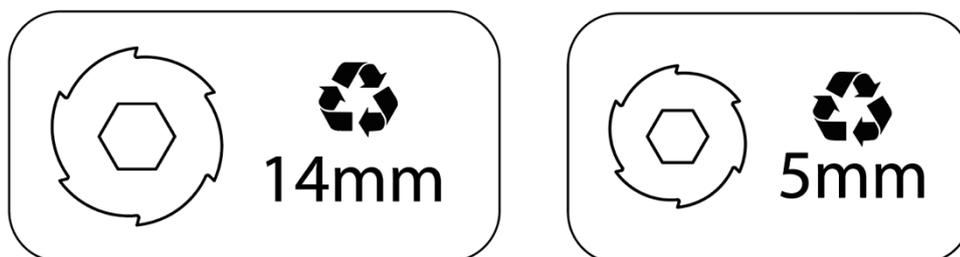


Figura 80: Pegatinas zonas de corte. Elaboración propia.

Al igual que las rejillas, la tolva se considera como pieza única e irá soldada, ya que al contrario que la caja, en ningún momento se va a necesitar desmontar. Constará de cinco chapas de 5mm de espesor, de las cuales dos se someterán a un proceso de plegado para que adquieran las curvas deseadas. Por todo su perímetro tendrán un sistema de muescas, continuando con la idea de la caja y las rejillas, para facilitar su montaje y ahorrarse realizar marcas de soldadura. La parte de abajo que desemboca en la zona de corte estará perfectamente alineada con esta con la intención de evitar acumulaciones de polvo o residuos.

Pensando en el posible atasco o necesidad de acceder a la zona de corte de la caja, se ha decidido que la tolva no esté unida de forma fija a la caja, sino

que se pueda abrir y cerrar de forma sencilla. Para ello, se ha pensado incluir en el montaje un cierre, unos resortes a gas y unas bisagras. Este sistema permitirá una apertura de 45° que se verá facilitado por los resortes a gas seleccionados, que ayudarán a esta función. Todos los cálculos para conseguir esta apertura se encontrarán más adelante en el apartado 6.8. Montaje.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la solución final queda representada en la Figura 81 y la Figura 82.

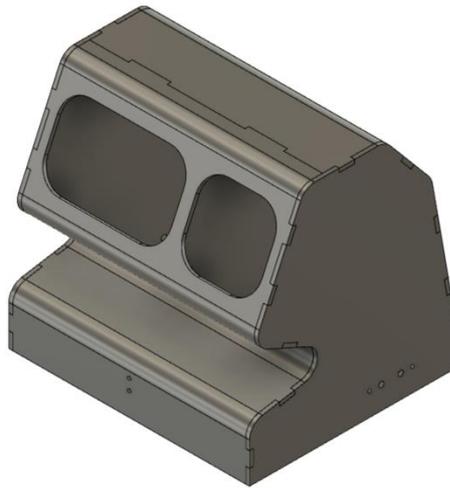


Figura 81: Tolva. Elaboración propia.

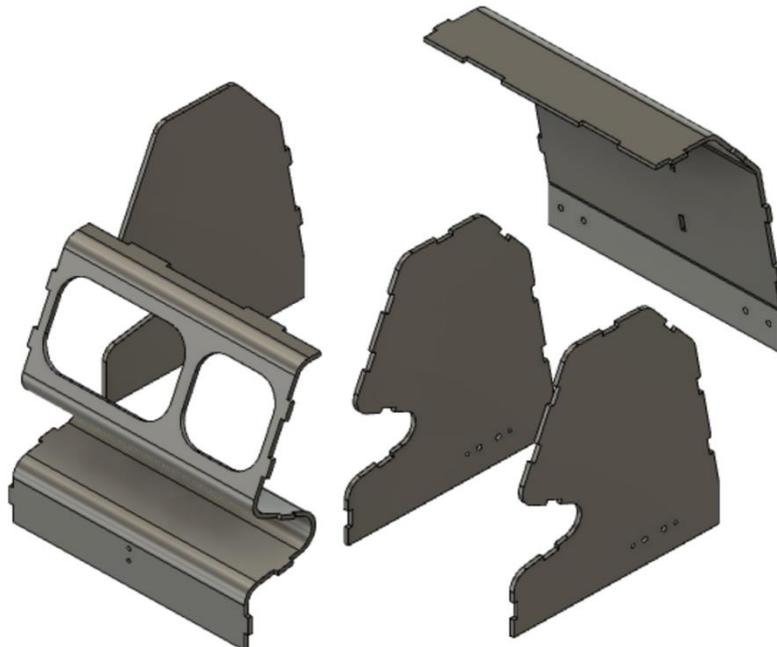


Figura 82: Explosionado tolva. Elaboración propia.

6.7. BASTIDOR

Debido a la idea de facilitar el montaje y abaratar costes se ha decidido hacer el bastidor a partir de comerciales de la marca Fasten. Estos se especializan en perfilería y elementos de unión y fijación, como ya se mencionó en el apartado 4.2. Empresas de comerciales. Para ello se ha tenido en cuenta lo que se oferta en catálogo y se ha realizado el bastidor con las medidas necesarias para soportar las demandas de la máquina. Para escoger entre las diferentes opciones que ofertan, se ha contactado con Fasten para que den una descripción más detallada de ellas y como orientarlas a nuestro proyecto concreto.

El marco se ha realizado a partir de perfiles básicos de aluminio de medida 45x45. Se han cortado de tal manera que los finales de perfil queden ocultos entre ellos o con las chapas que se van a añadir posteriormente. De esta forma, se evita tener que incluir embellecedores de perfil y ahorrar costes. Además, se han incluido dos perfiles a mayores en la zona donde van a ir apoyados el motor y la reductora, para así aportar mayor estabilidad a la zona.



Figura 83: Perfiles del bastidor. Elaboración propia.

Estos perfiles irán unidos con conectores de cabeza redonda para canal 10 que se pueden ver en la Figura 84. Estos se colocan por dentro de los perfiles de manera que queden ocultos a la vista (Figura 85).



Figura 84: Conector de cabeza redonda. Elaboración propia.

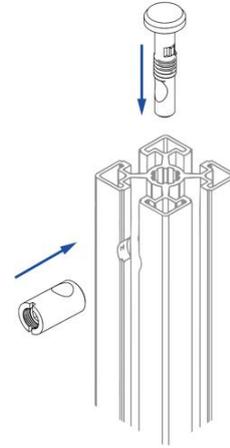


Figura 85: Inserción de conector de cabeza redonda. Elaboración propia.

Los perfiles se unen en ángulo recto gracias a los conectores de cabeza redonda y a los agujeros que se harán en los perfiles para su inserción. Estos permiten la orientación del casquillo en cualquier posición.

Para su montaje, deben ser introducidos desde el extremo del perfil. Se han elegido porque son unas de las uniones más fuertes que ofrece Fasten. De esta forma, aseguramos que las fuerzas de trepidación que va a generar Spiker, sean amortiguadas correctamente. Quedarán montados como se puede ver en la Figura 86.

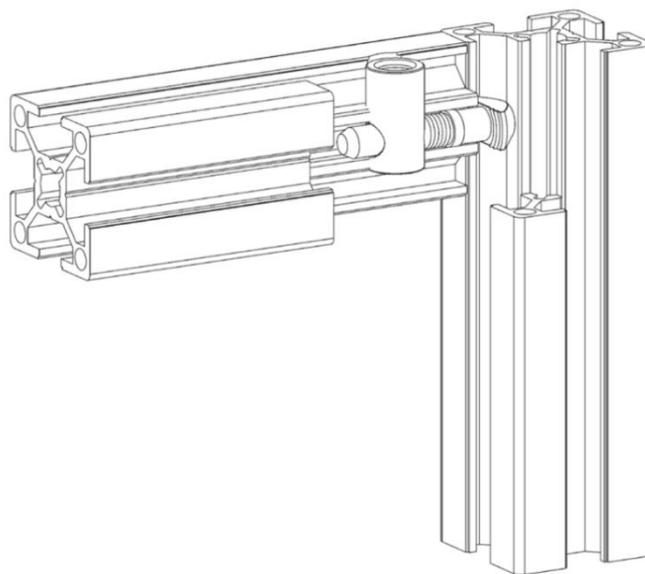


Figura 86: Montaje conector de cabeza redonda con el perfil. Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 87, todos los perfiles tendrán dos agujeros de 15 mm de diámetro en ambos extremos, para la inserción de estos conectores. Estarán a 33mm de su extremo, a excepción de los perfiles de longitud igual a 775mm que no se perforarán en ningún extremo y los de longitud 730mm que solo se perforarán en un extremo. Su profundidad será de 26mm. Los perfiles se pedirán al comercial directamente taladrados.

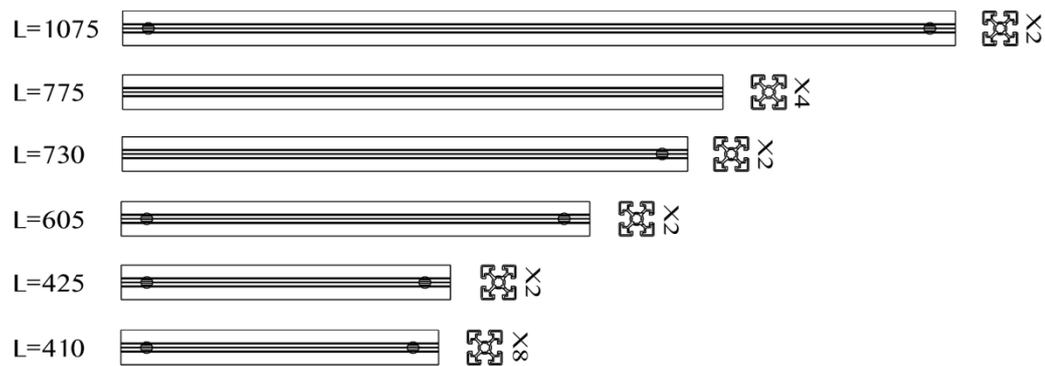


Figura 87: Agujeros en perfiles. Elaboración propia.

Por motivos estéticos, se procurará siempre que los agujeros para estos conectores estén situados en las zonas internas o mirando hacia abajo, quedando así ocultos a la vista.

A parte de estos conectores también se van a pedir escuadras (Figura 88) y sus correspondientes tornillos de cabeza martillo y tuercas biseladas (Figura 89).

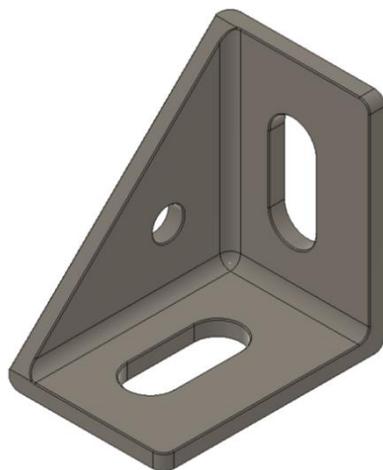


Figura 88: Escuadra 43x43x30. Elaboración propia.



Figura 89: Tuerca y tornillo cabeza martillo. Elaboración propia.

Montando los conectores y las escuadras sobre la estructura de perfiles, el esqueleto del bastidor quedará de la siguiente forma (Figura 90):



Figura 90: Esqueleto del bastidor con escuadras. Elaboración propia.

Después de montar el esqueleto del bastidor, se deben introducir en el canal de los perfiles las tuercas cabeza de martillo M8 (Figura 89), para que junto a tornillos avellanados unan las chapas a los perfiles (Figura 91). Como las chapas van a tener espesores de 10mm y 20mm, los tornillos avellanados tendrán diferentes longitudes, pero misma métrica. De esta forma, las tuercas valdrán tanto para el chapón común (05-01-00) como para las placas inferiores del bastidor (05-02-00).

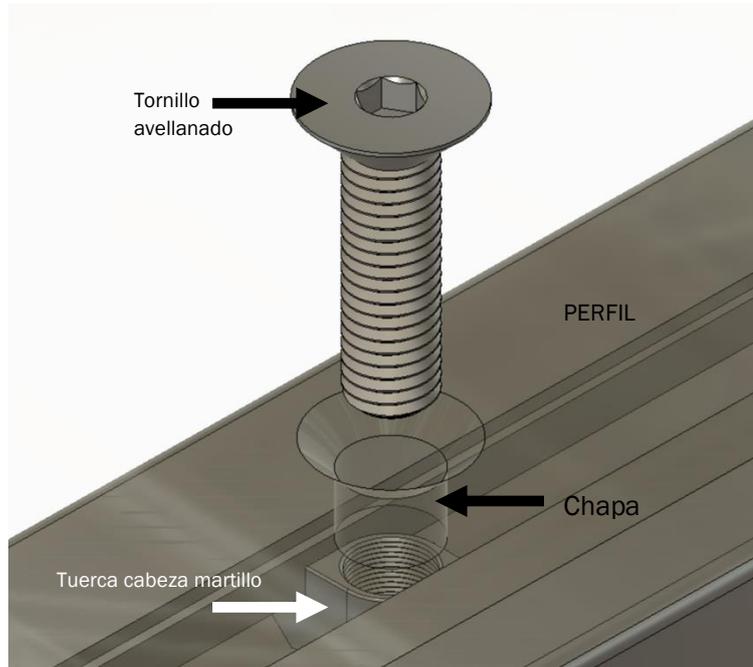


Figura 91: Unión chapa a perfil. Elaboración propia.

Para apoyar todo el bastidor se ha elegido el pie anti-vibratorio con rótula, en su modelo de diámetro 80 y M12 para poder roscarlo al perfil de 45x45.



Figura 92: Pie anti-vibratorio. Elaboración propia.

El peso máximo que soporta cada uno de estos apoyos es de 2200 kg, lo cual excede en gran cantidad al peso que va a soportar este bastidor, sin embargo, se ha elegido este pie principalmente para disipar las posibles fuerzas de trepidación y las vibraciones que va a soportar toda la estructura. En total se colocarán seis pies, uno en cada apoyo de las patas con el suelo (Figura 93).

Se recomienda colocarlos en las patas antes de empezar a montar el esqueleto del bastidor. Todo el proceso de montaje quedará definido claramente en “Anejos: Manual de montaje: bastidor”.



Figura 93: Esqueleto bastidor con pies. Elaboración propia.

Una vez montado el esqueleto, se procederá a montar el chapón común (05-01-00) y las placas inferiores del bastidor (05-02-00).

Al chapón común se va a anclar el motor y el ensamblaje de la caja.

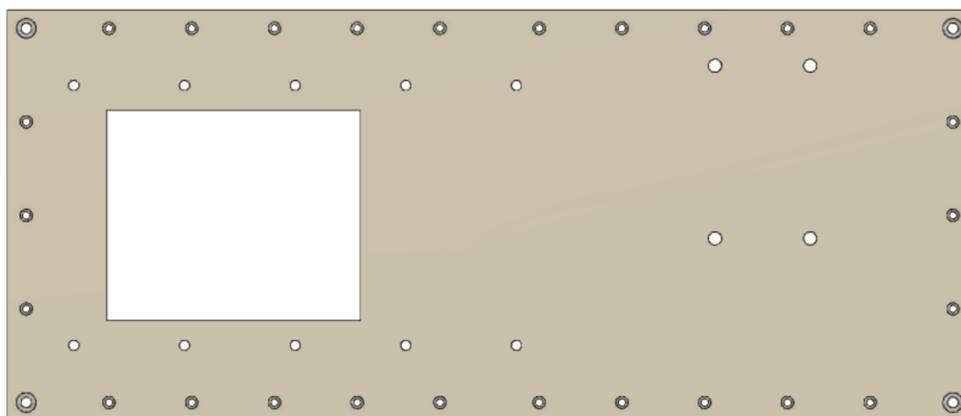


Figura 94: Chapón común. Elaboración propia.

El chapón es una de las piezas más importantes junto a los ejes y las cuchillas, ya que proporciona la superficie común de alineamiento entre el ensamblaje de la caja y el motor reductor. Se han incluido las respectivas tolerancias geométricas para el correcto cumplimiento de esta función.

Las placas inferiores sirven para colocar cualquier caja normalizada de los litros que sean necesarios para recoger el plástico que triture Spiker, además de servir como superficie de almacenamiento para otros elementos como materiales o herramientas. La máxima altura de caja permitida por geometría es 545 mm.

En el bastidor se incluirán cinco placas inferiores, quedando el diseño final como se muestra en la Figura 95.



Figura 95: Bastidor. Elaboración propia.

A parte de esta función, las chapas inferiores también sirven de contrapeso para así bajar el centro de gravedad del ensamblaje. De esta forma, se minimizarán las vibraciones que van a producirse en la estructura. En la zona donde no esté la caja que va a recoger el plástico, se instalará toda la parte eléctrica de Spiker, con su correspondiente cuadro.

La altura total será de 846,5 mm. Esta medida será muy relevante, ya que se debe tener en cuenta su relación con el resto de la máquina, de manera que quede todo a escala adecuada para que una persona de estatura media pueda introducir producto en la tolva sin problemas.

Finalmente, el pedido que se va a hacer a Fasten viene especificado en la *Tabla 6*:

DESCRIPCIÓN	CANT	REFERENCIA
L= 1075 PERFIL BÁSICO 45X45	2	5021
L= 775 PERFIL BÁSICO 45X45	4	5021
L= 730 PERFIL BÁSICO 45X45	2	5021
L= 605 PERFIL BÁSICO 45X45	2	5021
L=425 PERFIL BÁSICO 45X45	2	5021
L= 410 PERFIL BÁSICO 45X45	8	5021
PIE ANTIVIBRATORIO	6	540780121
TUERCAS CABEZA MARTILLO	46	52018
CONECTOR DE CABEZA REDONDA	30	5352
ESCUADRA 43x43x30	18	53010
TORNILLO CABEZA MARTILLO 8x20	36	525020

Tabla 6: Pedido Fasten.

Nota: las tuercas biseladas vienen incluidas en el pedido de tornillos cabeza martillo.

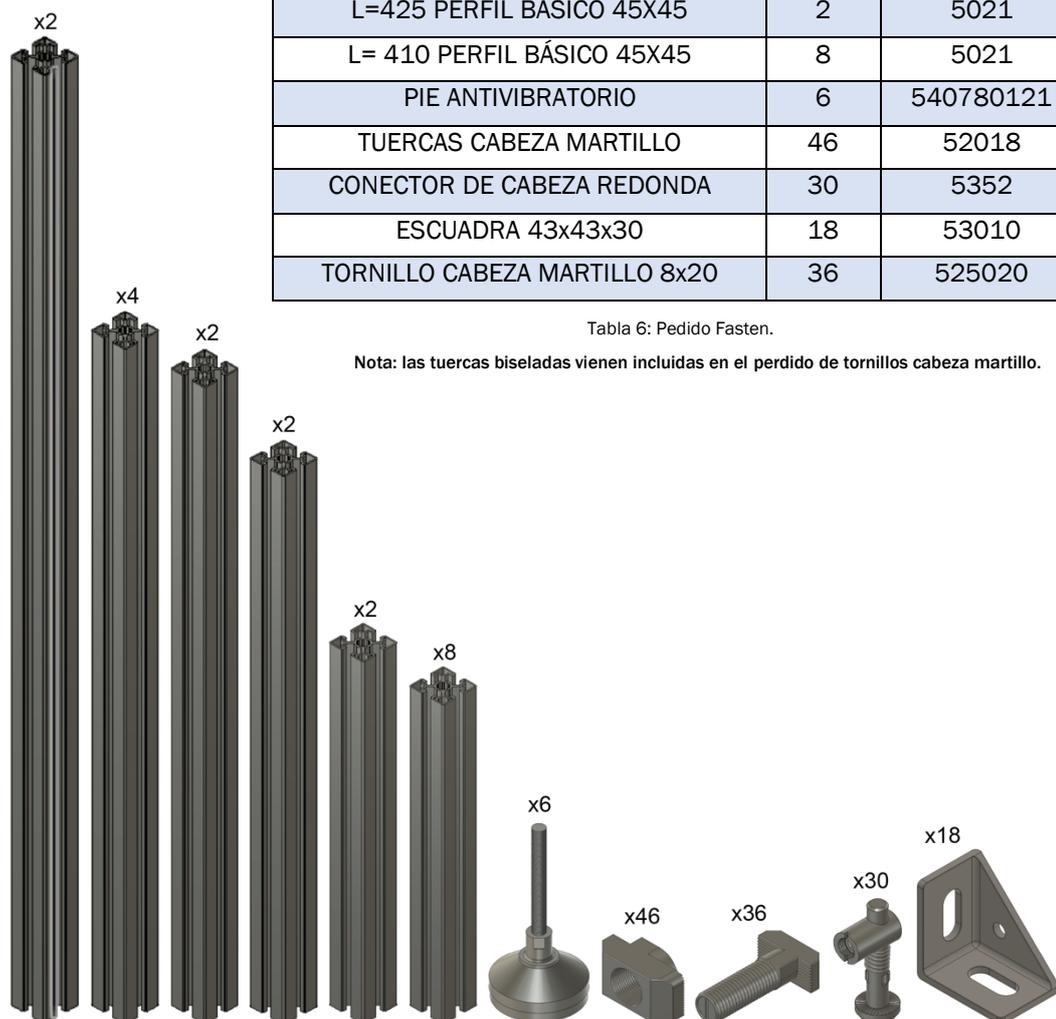


Figura 96: Piezas bastidor. Elaboración propia.

6.8. MONTAJE

Una vez especificadas y descritas todas las partes que componen Spiker, queda explicar cómo se ha abordado su montaje. En este apartado se va a hablar de todas las piezas necesarias para que la máquina opere de manera adecuada.

Un primer factor determinante para su correcto funcionamiento es la alineación del eje de salida del reductor con el eje motriz. Dicha alineación debe ser asegurada en los tres ejes cartesianos.

La alineación en el plano horizontal, el del chapón común (05-01-00), se conseguirá gracias al previo diseño del propio chapón. Es decir, hay que conocer la posición relativa del eje respecto la caja, la posición de la caja sobre el chapón y finalmente, colocar el eje de salida del reductor consecuentemente alineado con el eje de la máquina.

Para ello se han utilizado cotas teóricamente exactas y tolerancias en los planos.

Para asegurar las cotas del reductor, hay que acudir a los planos proporcionados por el fabricante [51].

Una vez conseguido el alineamiento horizontal, habrá que asegurar el alineamiento vertical. Para ello, se parte de la premisa de que el reductor estará anclado al chapón, quedando una altura del eje de 127,5mm, tal como se puede observar en la Figura 97.

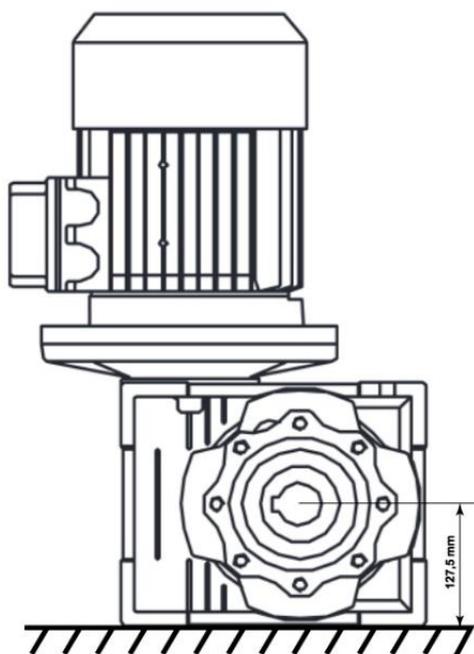


Figura 97: Altura de la salida del reductor respecto a la bancada. Elaboración propia.

Por otra parte, la altura del eje de entrada a la trituradora en relación con el chapón es de 110mm, como se puede apreciar en la Figura 98.



Figura 98: Altura de la entrada de Spiker respecto a la bancada. Elaboración propia.

Para salvar esta diferencia de altura, se ha optado por añadir unas placas niveladoras entre el chapón común y la base de la trituradora.

Pensando en que se pueden escoger motores provenientes de diferentes proveedores, se ha elegido incluir estas placas en vez de otros métodos para que se puedan alinear los ejes fácilmente. Así se consigue que, en el caso de que el eje de la reductora tuviese otra altura, simplemente modificando esta pieza se pueda obtener un alineamiento correcto sin cambiar partes elementales del diseño. Se puede decir que tienen función de cala.

De este modo, con la reductora escogida, los espesores elegidos deberán sumar un total de 17.5mm. Mirando los espesores comerciales de chapas, se ha decidido dividir esta medida en dos espesores, de 15mm y 2.5mm respectivamente (Figura 99).



Figura 99: Espesores de espaciadores. Elaboración propia.

En cuanto a su perfil, este equivaldrá al perfil exterior de las placas superior e inferior de la caja. En sus esquinas tendrán un chaflán y en su interior tendrán una ventana que coincidirá con el hueco de la caja. Por lo tanto, el exterior quedará alineado y no habrá salientes que puedan producir cortes. Además, incluirá 10 agujeros para que puedan pasar las varillas M12 a través de los mismos, desde la caja hasta el chapón común. El perfil de ambas placas niveladoras se puede observar en la Figura 100.

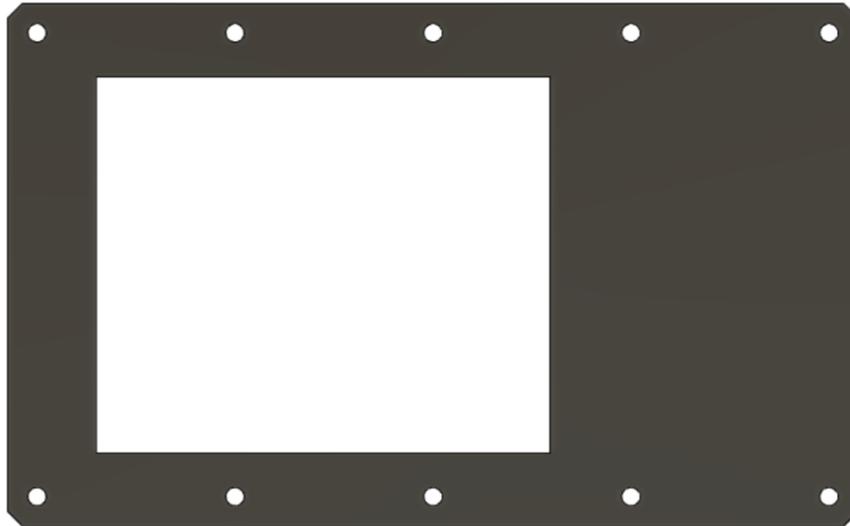


Figura 100: Perfil placa niveladora. Elaboración propia.

El resto de los elementos finales para concluir el montaje están relacionados con la apertura de la tolva.

Se incluirán dos resortes a gas o amortiguadores. Para la correcta selección del amortiguador, se procederá a hacer un pequeño estudio sobre el movimiento de la tolva y poder dimensionar los amortiguadores correctamente.

Para definir el amortiguador, en la Figura 101 se muestran las propiedades de la tolva como conjunto, además de la posición de su centro de masas.

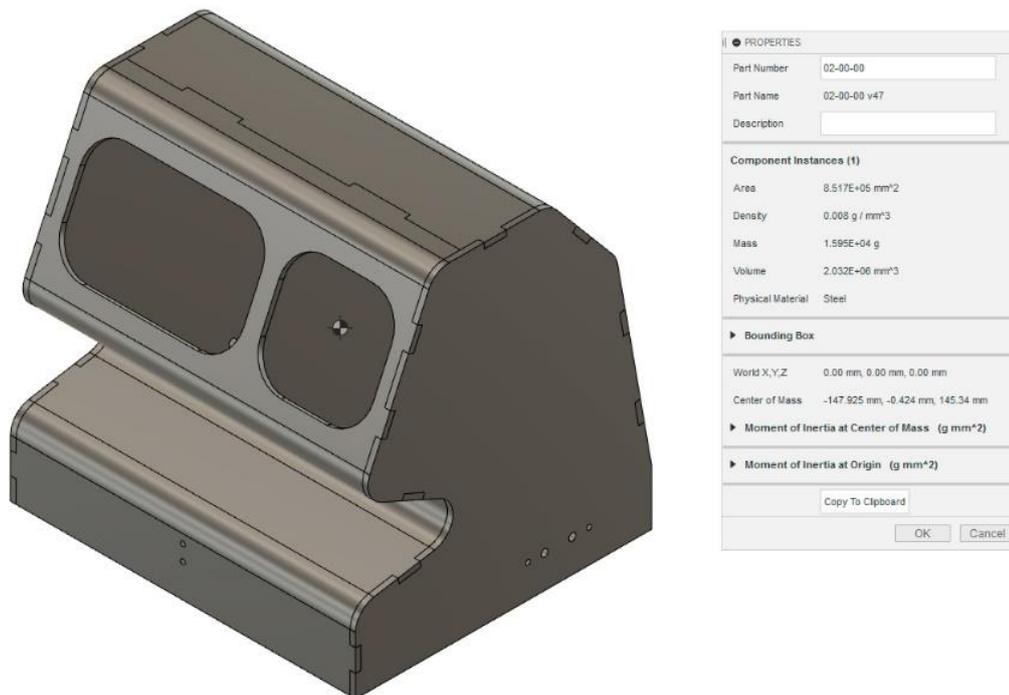


Figura 101: Propiedades físicas de la tolva. Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 101 , el peso del conjunto de la tolva será de unos 16kg, y la distancia del punto de aplicación a la bisagra será de aproximadamente 150mm (Figura 102) (Figura 103). Con estos datos se procede a obtener la tensión del amortiguador. Este valor tiene lugar en el punto donde la tolva debería estar cerrada y por ello, la distancia es máxima.

$$T_{Amortiguador} = P \cdot d = m \cdot g \cdot d = 16kg \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 0,15m = 23,5 N \cdot m$$

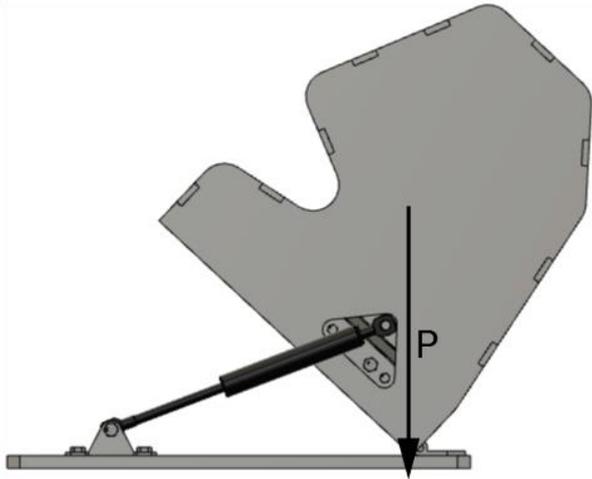


Figura 102: Tolva en posición abierta. Elaboración propia.

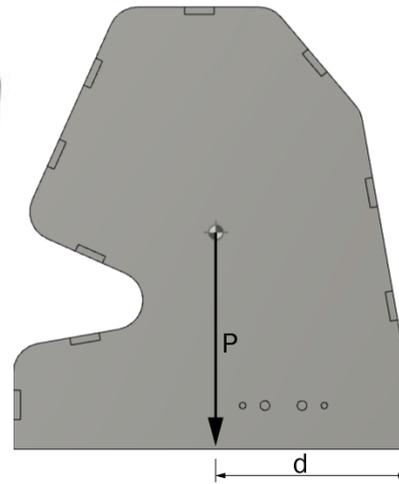


Figura 103: Perfil de la tolva junto a su centro de gravedad. Elaboración propia.

Para que la tolva siempre se encuentre en su posición cerrada, la robustez del amortiguador debería ser menor que dicha tensión. Sin embargo, dependiendo del ángulo de aplicación del resorte, aunque los N·m de este sean mayores que 23.5N·m, puede conseguirse una fuerza igual o inferior en el eje perpendicular al suelo. Teniendo esto en cuenta y con una relación geométrica sencilla, se han ajustado las medidas para que la tensión del amortiguador sea algo inferior que la tensión a vencer y, de esta forma, con un pequeño empuje el usuario medio sea capaz de abrir la tolva sin problemas. Aunque la posición base de la tolva es cerrada, se ha incluido un cierre en la parte delantera de la tolva para asegurar el sistema. Teniendo en cuenta todo lo mencionado anteriormente, se ha considerado escoger un amortiguador de 100N·m (ángulo de aplicación sobre 7°).

Una vez definida la tensión del resorte, queda definir su geometría, es decir, su longitud cuando está recogido y al final de su carrera.

Haciendo unas relaciones trigonométricas sencillas, y teniendo en cuenta las diferentes longitudes y carreras de los resortes a gas en el mercado, se llegó a la definición de un amortiguador de longitud máxima 225 mm y una carrera de 70mm.

Debido a la propia geometría de la caja, los resortes deberán estar separados lateralmente de la tolva un mínimo de 15mm para no interferir con las chapas verticales que quedan por dentro de la caja. Por este motivo, los resortes se han pedido con doble final en agujero (Figura 104), y se unirán con escuadras de la empresa Camloc [52] .

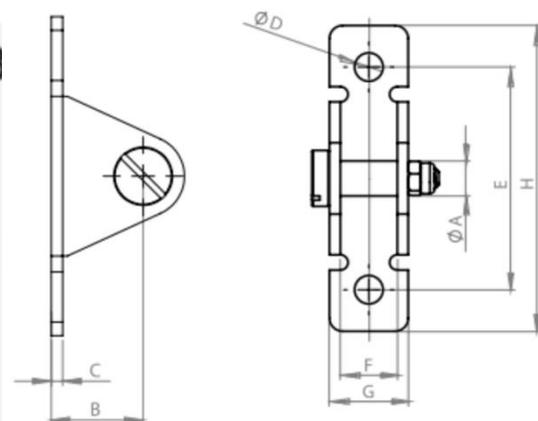


Figura 104: Amortiguador. Elaboración propia.

En la zona inferior, que va unida a la placa superior de la caja, se unirán a la tolva por unas escuadras en forma de U (referencia 004643), con un método de pasador (Figura 106 y Figura 105).



Figura 105: Escuadra en U. [52]



U BRACKETS

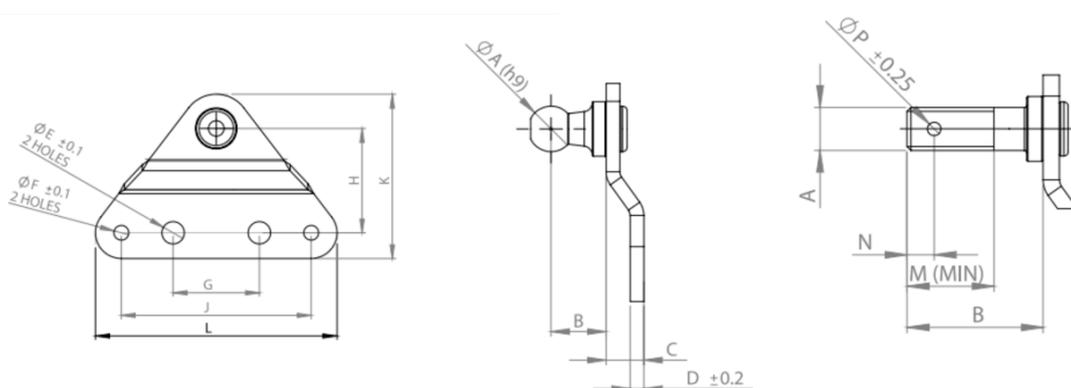
PART NO	A	B	C	D	E	F	G	H	END FITTINGS
004643	8	20	2.5	6.5	51	13	18	70	E3, F2, F4, Z2, Z4

Figura 106: Dimensiones escuadra en U. [52]

En la zona superior, que va unida a la tolva, se emplearán unas escuadras planas que acaban en perno roscado (referencia 004266). Se unirán con un sistema de tuerca y arandela (Figura 108 y Figura 107).



Figura 108: Escuadra plana. [52]



FLAT BRACKETS

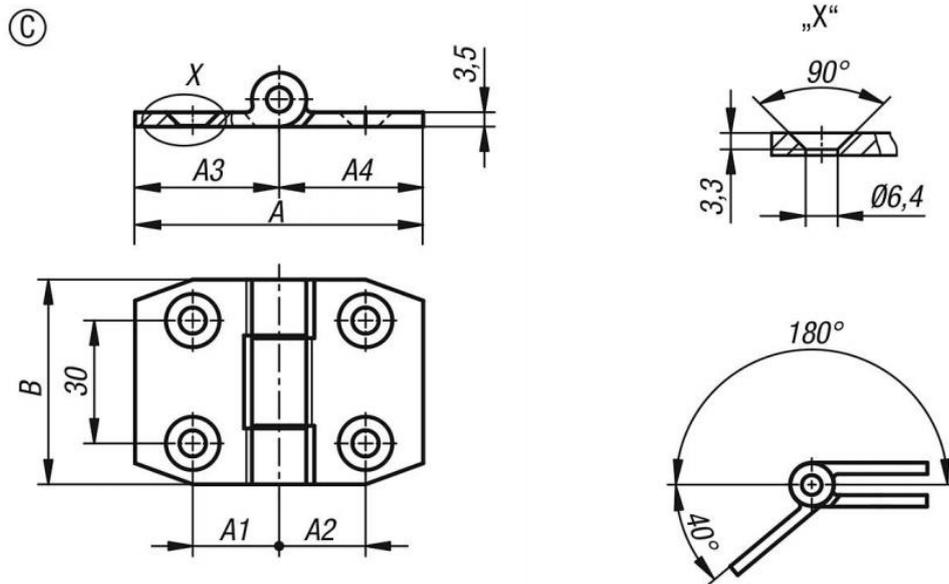
PART NO	ALTERNATIVE	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	END FITTINGS
004262	BALL PIN	10	12	8	3	6.5	4.3	25	30	55	47.5	70	-	-	-	B8, P8, P9
004696	BALL PIN	10	12	8	3	6.5	6.6	25	30	55	47.5	70	-	-	-	B8, P8, P9
004266	THREADED PIN M8x1.25	25	8	3	6.5	4.3	25	30	55	47.5	70	16	5	2.5	E3,F2,F4,Z2,Z4	

Figura 107: Medidas escuadra plana. [52]

La tolva tendrá dos bisagras en la parte posterior, para asistir a la apertura de esta en el caso de que se necesite abrirla por algún posible atasco. Estas bisagras irán unidas con unos tornillos avellanados y con tuercas en la parte que quede contra la tolva. Se elegirán de Norelem [53], con referencia: 27898_C Bisagras de acero, sin mantenimiento, forma C (Figura 109 y Figura 110).



Figura 109: Bisagra. [53]



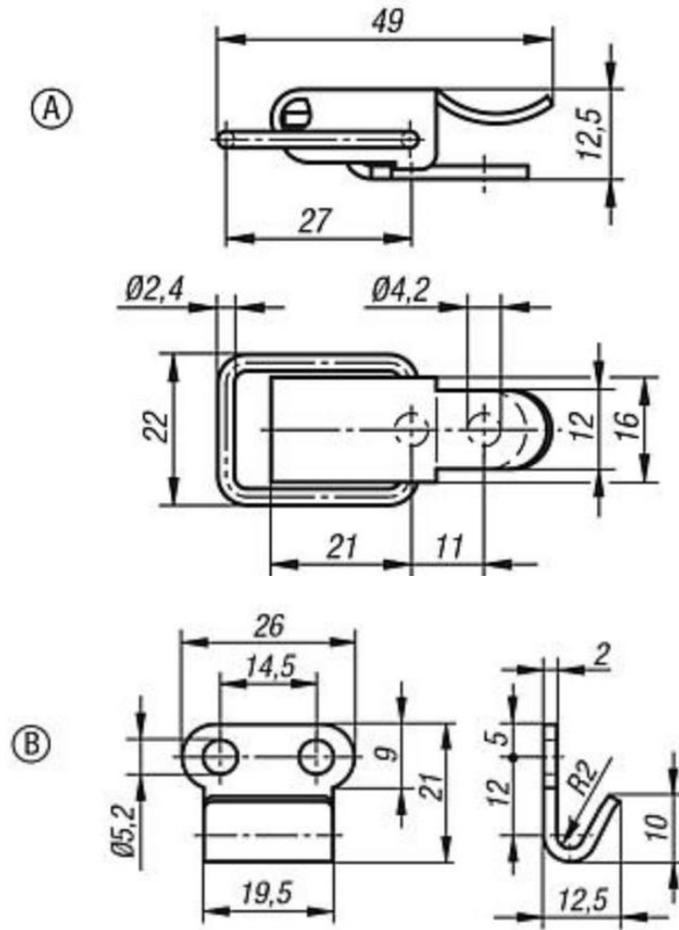
Referencia	Forma	A	A1	A2	A3	A4	B
27898-06353550	C	70	21	21	35	35	50

Figura 110: Medidas bisagra. [53]

Así mismo, como ya se ha mencionado, llevará un cierre de tipo micel de Norelem con referencia: 05531 Cierres acodados con brida de sujeción (Figura 111 y Figura 112). Este tipo de cierres se caracteriza por un rebasamiento del punto muerto y así se mantienen libres de vibraciones. Se ha mirado también su fuerza de retención, que deberá ser adecuada para complementar a los resortes de gas.



Figura 111: Cierre acodado. [53]



Cierres acodados con brida de sujeción

Referencia Acero	Referencia Acero inoxidable	Forma	Fuerza de retención F1 N
05531-1420491	05531-1420492	A	250
05531-2320621	05531-2320622	B	300

Placa de retención

Referencia Acero	Referencia Acero inoxidable	Forma
05526-91420141	05526-91420142	A
05531-92520211	05531-92520212	B
05531-93430461	05531-93430462	C
05531-94450601	05531-94450602	D

Figura 112: Dimensiones del cierre. [53]

Combinando todos los elementos mencionados anteriormente, el montaje de la tolva sobre la caja queda reflejado en:



Figura 113: Tolva - caja. Elaboración propia.

Por último, respecto al cuadro eléctrico, se diferenciará la parte mecánica de la parte eléctrica. La parte mecánica se encargará de acoplar los componentes eléctricos al bastidor. Para información más detallada sobre las conexiones eléctricas a realizar, ver el apartado 6.2.1.

6.8.1. ELEMENTOS NORMALIZADOS: TORNILLERÍA

Para realizar el montaje de todas las partes mencionadas en previos apartados, se van a emplear diferentes tipos de elementos normalizados.

Como los rodamientos, engranajes y acople ya se han explicado en sus correspondientes apartados, no se incluirán de nuevo. Tampoco se incluirá la perfilería.

Los elementos normalizados se han calculado y buscado siguiendo las siguientes normas:

- DIN EN ISO 4032 / DIN 934 / DIN EN 24032: Tuercas hexagonales normales, tipo 1.
- DIN EN ISO 7089 A / DIN 125: Arandelas planas. Serie normal. Producto de clase A.
- DIN EN ISO 4017 / DIN 933: Tornillos de cabeza hexagonal. Productos de clases A y B.
- ISO 4161 / DIN 6923: Tuerca hexagonal autoblocante.
- UNE EN ISO 7091 / DIN 126: Arandela plana sin chaflán.
- UNE EN ISO 4762 / DIN 912: Tornillo de cabeza cilíndrica con hexágono interior.
- DIN 975: Varilla roscada milimétrica.
- DIN 1804: Tuercas con ranura.
- DIN 6885: Chavetas paralelas.
- UNE EN ISO 10642 / DIN 7991: Pernos Allen avellanados milimétricos.

A continuación, se va a incluir una tabla con los elementos normalizados utilizados, concretamente de la tornillería. Estos irán clasificados por conjuntos o subconjuntos y según las piezas que unan o afecten.

ENSAMBLAJE GENERAL		
DESCRIPCIÓN	PIEZA/S	CANT
Tuerca ISO 4032 M12 - 8	Caja - Chapón común	10
Arandela ISO 7089 - 12 - 200HV	Caja - Chapón común	10
Tornillo ISO 4017 M5 x 12 - 8.8	Cierre - Tolva - Caja	4
Tuerca ISO 4032 M5 - 8	Cierre - Tolva	2
Tornillo DIN 7991 M6 x 12 - 8.8	Tolva - Caja - Bisagra	8
Tuerca ISO 4032 M6 - 8	Tolva - Bisagra	4
Tornillo ISO 4017 M6 x 16 - 8.8	Resorte - Caja - Escuadra U	4
Tornillo ISO 4017 M6 x 12 - 8.8	Resorte - Tolva - Escuadra plana	4
Tornillo ISO 4017 M4 x 12 - 8.8	Resorte - Tolva - Escuadra plana	4
Tuerca ISO 4032 M8 - 8	Resorte - Tolva - Escuadra plana	4
Tornillo ISO 4017 M14 x 45 - 10.9	Motor - Chapón común	4
Tuerca ISO 4161 M14 - 10	Motor - Chapón común	4
Arandela ISO 7089 - 14 - 200HV	Motor - Chapón común	4
ENSAMBLAJE CAJA		
DESCRIPCIÓN	PIEZA/S	CANT
Tornillo ISO 4017 - M10 x 30 - 8.8 x8	Caja - Rejillas	8
Tuerca ISO 4032 M10 - 8	Caja - Rejillas	8
Arandela ISO 7089 - 10 - 200 HV	Caja - Rejillas	8
Arandela DIN 126 - 17.5	Rodamientos - Caja	12
Tornillo DIN 912 M16 x 35	Rodamientos - Caja	8
Tornillo DIN 912 M16 x 25	Rodamientos - Caja	4
CAJA		
DESCRIPCIÓN	PIEZA/S	CANT
Tornillo Allen DIN 912 M6 x 12 - 8.8	Ventana de engranajes - Caja	6
Varilla roscada DIN 975 M12 x 330 - 8.8 x10	Placa superior caja - Placa inferior caja - Chapón común	10
Tuerca DIN 934 M12 - 8.8 x10	Varillas - Caja	10
Arandela DIN 126 M12 - 8.8 x10	Varillas - Caja	10
EJE CORTO		
DESCRIPCIÓN	PIEZA/S	CANT
Tuerca con ranura DIN 1804 M50 x 1.5	Eje corto	2
Chaveta paralela DIN 6885 A 14 x 9 x 70	Eje corto	1
EJE LARGO		
DESCRIPCIÓN	PIEZA/S	CANT
Tuerca con ranura DIN 1804 M50 x 1.5	Eje largo	2
Chaveta paralela DIN 6885 A 14 x 9 x 70	Eje largo	1
Chaveta paralela DIN 6885 A 14 x 9 x 30	Eje largo	1
BASTIDOR		
DESCRIPCIÓN	PIEZA/S	CANT
Tornillo DIN 7991 M8 x 40	Placa inferior bastidor - Perfilería	20
Tornillo DIN 7991 M8 x 30	Chapón común - perfilería	26
Tornillo DIN 7991 M12 x 20	Chapón común - perfilería	4
Escuadra 43x43x43	Perfilería	18
Tuerca hexagonal ISO 4161 M8 - 8	Perfilería - Escuadras	36
Tornillo cabeza martillo M8 x 20 - 8.8	Perfilería - Escuadras	36
Conector cabeza redonda canal 10mm x30	Perfilería	30
Pie antivibratorio con rotula Ø80 M12 x 100 x6	Perfilería	6

Tabla 7: Elementos normalizados.

7. MARCADO CE

Spiker cae bajo la definición de máquina según la Directiva 2006/42/CE ya que es un conjunto de partes o componentes vinculados entre sí, de los cuales al menos uno es móvil, asociados para una aplicación determinada, provisto o destinado a estar provisto de un sistema de accionamiento distinto de la fuerza humana o animal. Por esto, deberá contar con el marcado CE y con la Declaración CE de Conformidad. De esta forma el producto se asegura el libre mercado dentro de la Unión Europea. El propio fabricante es el que asegura la conformidad con estos requisitos [54] [55].

Entre los requisitos esenciales de relativos al diseño y la fabricación de las máquinas se encuentran los siguientes:

- Realizar una **evaluación de riesgos** con el fin de determinar los requisitos de seguridad y de salud que se aplican a la máquina. La máquina deberá ser diseñada y fabricada teniendo en cuenta resultados de la evaluación de riesgos. Esta se basará en los siguientes puntos:

Determinar los límites de la máquina, lo que incluye el uso previsto y su mal uso razonablemente previsible.

Identificar los peligros que puede generar la máquina y las correspondientes situaciones peligrosas.

Estimar los riesgos, teniendo en cuenta la gravedad de las posibles lesiones o daños para la salud y la probabilidad de que se produzcan.

Valorar los riesgos, con objeto de determinar si se requiere una reducción de estos, con arreglo al objetivo de la Directiva.

- Incluir unos **requisitos esenciales de seguridad y salud**. Estos solo serán aplicables cuando la máquina sea utilizada en las condiciones previstas por el fabricante o su representante autorizado. Se deben cumplir para garantizar la seguridad de las máquinas; dichos requisitos deben aplicarse con discernimiento para tener en cuenta el estado de la técnica en el momento de la fabricación y los imperativos técnicos y económicos.
- Cuando una máquina pueda ser utilizada por un consumidor, es decir, por un operador no profesional, el fabricante debe tener en cuenta esta circunstancia al diseñarla y fabricarla. Idéntica precaución deberá

aplicarse en el caso de que la máquina vaya a utilizarse normalmente para prestar un servicio a un consumidor.

- Incluir unos requisitos de **protección de los dispositivos eléctricos**.

Por consiguiente, para cada categoría de máquinas debe preverse un procedimiento adecuado que se ajuste a la Decisión 93/465/CEE del Consejo, de 22 de julio de 1993, relativa a los módulos correspondientes a las diversas fases de los procedimientos de evaluación de la conformidad y a las disposiciones referentes al sistema de colocación y utilización del marcado CE de conformidad.

El marcado CE se compondrá de las iniciales dispuestas de la siguiente manera:

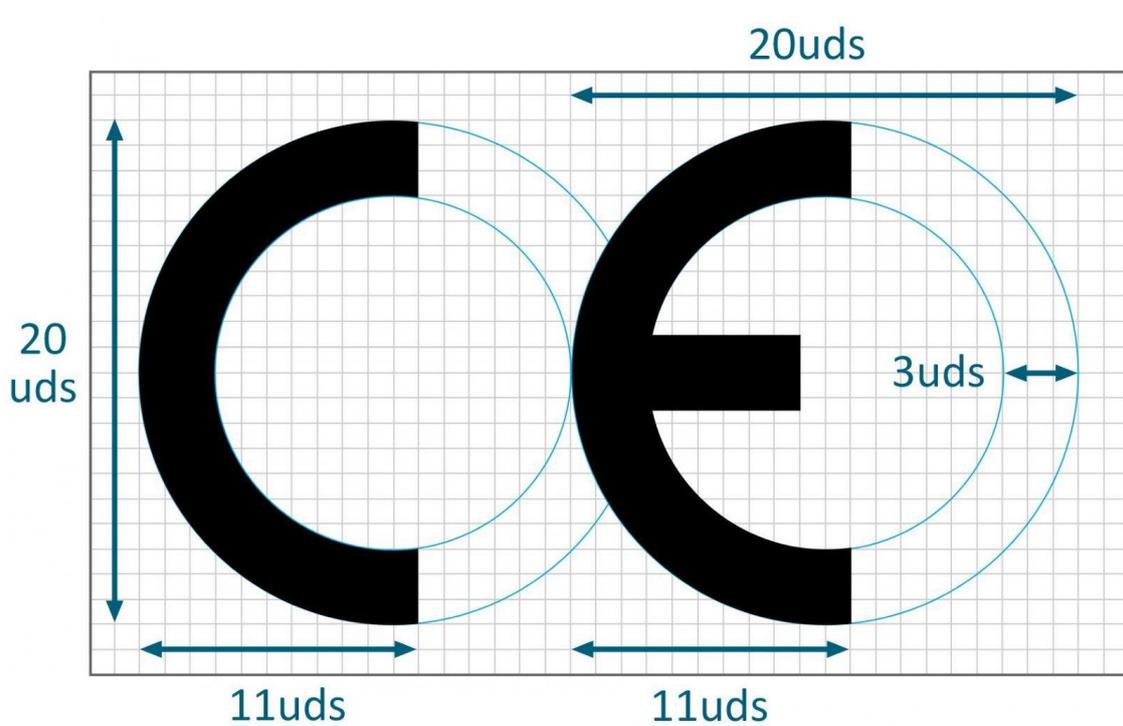


Figura 114: Proporciones del anagrama del marcado CE. [86]

Las condiciones de colocación del marcado CE son las siguientes:

- Deben conservarse las proporciones, siendo la dimensión vertical mínima de 5 mm.
- Debe colocarse sobre el producto o su placa descriptiva. Cuando no sea posible, deberá fijarse al embalaje si lo hubiera y en los documentos que lo acompañan, si la Directiva lo exige.
- Se colocará de forma visible, legible e indeleble.
- Debe ir seguida del número/s de identificación del Organismo/s Notificado/s involucrado/s en su caso.

- Es el único marcado que indica que el producto cumple las Directivas de aplicación.
- Debe colocarse al final de la fase de control de producción.
- Lo fijará el fabricante o su representante autorizado dentro de la Unión Europea. Excepcionalmente, cuando la Directiva lo permita, podrá fijarlo la persona responsable de la puesta en el mercado del producto en la Unión Europea.
- Está prohibido colocar signos que puedan confundirse con el marcado "CE", tanto en significado como en la forma. Un producto podrá llevar otras marcas o sellos, siempre que no se confundan con el marcado "CE" y que no reduzcan la legibilidad y visibilidad de éste. Los fabricantes que tengan marcas susceptibles de confundirse con el marcado "CE", están autorizados a poseer su marca durante 10 años después de la adopción del reglamento si estas marcas han sido registradas antes del 30/06/89 y están actualmente en servicio. [56]

A parte, se van a mencionar las normas que aparecen en el anexo y que sean pertinentes a Spiker.

Principios de integridad de la seguridad:

Al diseñar y fabricar una máquina y al redactar el manual de instrucciones, el fabricante o su representante autorizado deberá prever no solo el uso previsto de la máquina, sino también cualquier mal uso razonablemente previsible.

Las máquinas se deben diseñar y fabricar de manera que se evite su utilización de manera incorrecta, cuando ello pudiera generar un riesgo. En su caso, en el manual de instrucciones se deben señalar al usuario los modos que, por experiencia, pueden presentarse en los que no se debe utilizar una máquina.

Las máquinas se deben diseñar y fabricar teniendo en cuenta las molestias que pueda sufrir el operador por el uso necesario o previsible de un equipo de protección individual.

Materiales:

Los materiales que se hayan empleado para fabricar la máquina, o los productos que se hayan utilizado o creado durante su uso, no originarán riesgos para la seguridad ni para la salud de las personas.

Manutención:

La máquina o cada uno de sus diferentes elementos:

- se debe poder manipular y transportar con seguridad.
- estará embalada o diseñada para que pueda almacenarse sin riesgos ni deterioro.

Ergonomía:

En las condiciones previstas de utilización, habrán de reducirse al mínimo posible la molestia, la fatiga y el estrés físico y psíquico del operador.

Puesta en marcha:

La puesta en marcha de una máquina solo deberá poder efectuarse mediante una acción voluntaria ejercida sobre un órgano de accionamiento previsto a tal efecto.

Parada:

Las máquinas estarán provistas de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones seguras. Así mismo, estarán provistas de uno o varios dispositivos de parada de emergencia por medio de los cuales se puedan evitar situaciones peligrosas que puedan producirse de forma inminente o que se estén produciendo.

Fallo de la alimentación de energía:

La interrupción, el restablecimiento tras una interrupción o la variación, en el sentido que sea, de la alimentación de energía de la máquina no provocarán situaciones peligrosas.

Riesgo de pérdida de estabilidad:

La máquina, así como sus elementos y equipos, deberán ser suficientemente estables para que se pueda evitar el vuelco, la caída o los movimientos incontrolados durante el transporte, montaje, desmontaje y cualquier otra acción relacionada con la máquina.

Riesgo de rotura en servicio:

Tanto las partes de la máquina como las uniones entre ellas tendrán que poder resistir a las sollicitaciones a las que se vean sometidas durante la utilización.

Riesgos debidos a superficies, aristas o ángulos:

Los elementos de la máquina que sean accesibles no presentarán, en la medida que lo permita su función, ni aristas, ni ángulos pronunciados, ni superficies rugosas que puedan producir lesiones.

Elementos móviles de transmisión:

Los resguardos diseñados para proteger a las personas contra los peligros ocasionados por los elementos móviles de transmisión serán resguardos fijos o resguardos móviles con enclavamiento.

Riesgos debidos a movimientos no intencionados:

Cuando se haya parado un elemento de una máquina, la deriva a partir de la posición de parada, por cualquier motivo que no sea la acción sobre los órganos de accionamiento, deberá impedirse o será tal que no entrañe peligro alguno.

Limpieza de las partes interiores:

La máquina se debe diseñar y fabricar de manera que sea posible limpiar las partes interiores que hayan contenido sustancias o preparados peligrosos sin penetrar en ellas; asimismo, el posible desagüe de estas deberá poder realizarse desde el exterior. Si fuese imposible evitar tener que penetrar en, esta se debe diseñar y fabricar de forma que sea posible efectuar la limpieza con total seguridad.

En los siguientes puntos de este documento se procederá a realizar una evaluación de riesgos y se incluirán unos requisitos esenciales de seguridad y salud.

7.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS

Desde un principio, Spiker está pensada para que una serie de riesgos sean eliminados de raíz ya que en la fase de diseño se ha optado directamente por alternativas sin riesgo y se ha tenido este concepto en mente durante todo su desarrollo. Aun así, la máquina debe ser analizada para verificar que no haya riesgos no previstos o si se necesita algún tipo de protección.

Se va a utilizar el **Método de Evaluación General de Riesgos del INSHT**. Este método primero clasifica las actividades laborales. Después se procede a evaluar las diferentes variables que puede haber entorno a los riesgos, identificando, estimando y valorándolos y se determina si son tolerables o no [57].

Los tipos de riesgo que existen según el método INSHT son los siguientes:

Trivial (T): No se requiere acción, no es necesario guardar documentación.

Tolerable (TO): No se necesita mejorar la acción preventiva, sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejores que no supongan una carga económica. Se requieren comprobaciones para asegurar que se mantienen las medidas de control.

Moderado (MO): Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, pero debe de determinarse y limitarse cuidadosamente las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben de implantarse en un periodo de tiempo determinado.

Importante (I): No se debe comenzar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Puede que se necesiten recursos considerables para reducir el riesgo cuando el riesgo implique trabajo en proceso. Debe remediarse el problema en un tiempo inferior que para los riesgos moderados.

Intolerable (IN): No se debe comenzar ni continuar con el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible debe prohibirse el trabajo.

Teniendo esto en cuenta, se realiza el cuadro de evaluación de riesgos, en el cual se relacionan probabilidad y severidad de que se produzca y del que se obtiene un valor asociado.

PROBABILIDAD	SEVERIDAD	VALOR ASOCIADO
Nunca ha ocurrido	Menos de un día de baja	1
Se tienen noticias	De 1 a 15 días de baja	3
Ocurre en un 20% de los casos	De 15 a 90 días de baja	5
Ocurre en un 50% de los casos	Más de 3 meses de baja	7
Ocurre siempre	Fallecimiento	10

Tabla 8: Valores asociados a probabilidad/severidad.

PROVABILIDAD/ SEVERIDAD	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Muy baja	1	3	5	7	10
Baja	3	9	15	21	30
Media	5	15	25	35	50
Alta	7	21	35	49	70
Muy alta	10	30	50	70	100

Tabla 9: Valores combinados probabilidad/severidad.

Se define el tipo de riesgo de manera que:

RIESGO	VALOR
TRIVIAL	De 1 a 3 incluidos
TOLERABLE	De 4 a 9 incluidos
MODERADO	De 10 a 24 incluidos
IMPORTANTE	De 25 a 48 incluidos
INTOLERABLE	Más o igual a 49

Tabla 10: Relación riesgo/valor.

Respecto a las acciones o medidas de implantación que se tienen que tomar ante estos riesgos, se definirá un plazo de ejecución dependiendo del tipo de riesgo:

RIESGO	PRIORIDAD	PLAZO DE IMPLANTACIÓN
Intolerable (IN)	Inmediata	Inmediato
Importante (I)	Muy alta	Corto plazo: hasta 6 meses, aunque se requerirá alguna medida de control inmediata.
Moderado (MO)	Alta	Medio plazo: hasta un año
Tolerable (TO)	Baja	Largo plazo: hasta dos años
Trivial (T)	Ninguna	No requiere medida

Tabla 11: Plazos de implantación.

7.1.1. CLASIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Esta clasificación de riesgos viene dada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [58].

Se dividen los riesgos en accidentes, enfermedades laborales, fatiga e insatisfacción.

CÓDIGO	RIESGO	DEFINICIÓN
	ACCIDENTES	
010	Caída de personas a distinto nivel	Caída a un plano inferior de sustentación de caídas desde alturas (edificios, ventanas, máquinas, árboles, vehículos ascensores). Caída en profundidades (puentes, excavaciones, agujeros, etc.).
020	Caída de personas al mismo nivel	Caída que se produce en el mismo plano de sustentación. Caída en lugares de tránsito o superficies de trabajo (inadecuadas características superficiales, desniveles, calzado inadecuado). Caída sobre o contra objetos (falta de orden o limpieza).
030	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	Caída de elementos por pérdida de estabilidad de la estructura a la que pertenecen. Caída de objetos por hundimiento, caída desde edificios, muros, ventanas, escaleras, montones de mercancías, desprendimiento de rocas, de tierra, etc.
040	Caída de objetos en manipulación	Caída de objetos y materiales durante la ejecución de trabajos en operaciones de transporte por medios manuales o con ayudas mecánicas caída de materiales sobre un trabajador, siempre que el accidentado sea la misma persona a que se

		le haya caída el objeto que está manejando.
050	Caída de objetos desprendidos	Caída de objetos diversos que no se están manipulando, y que se desprenden de su ubicación por razones varias. Caída de herramientas y materiales sobre un trabajador siempre que el accidentado no lo estuviese manejando.
060	Pisadas sobre objetos	Es la situación que se produce por tropezar o pisar sobre objetos abandonados o irregularidades del suelo pero que no originan caídas, aunque si lesiones.
070	Choques contra objetos inmóviles	Encuentro violento de una persona o de una parte de su cuerpo con uno o varios objetos colocados de forma fija o en situación de reposo.
080	Choques contra objetos móviles	Golpe ocasionado por elementos móviles de las máquinas e instalaciones. No se incluyen atrapamientos.
090	Golpes/cortes por objetos o herramientas	Situación que puede producirse ante el contacto de alguna parte del cuerpo de los trabajadores con objetos cortantes, punzantes o abrasivos. No se incluyen los golpes por caída de objetos. Golpes con un objeto o herramienta que es movido por una fuerza diferente a la gravedad.
100	Proyección de fragmentos o partículas	Circunstancias que se puede manifestar en lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material, proyectadas por una maquina, herramienta o materia prima a conformar. Excluye los producidos por fluidos biológicos.
110	Atrapamientos por o entre objetos	Situaciones que se produce cuando una persona o parte de su cuerpo es enganchada o aprisionada por mecanismos de las máquinas o entre objetos, piezas o materiales.
120	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	Es la situación que se produce cuando un operario o parte de su cuerpo es aprisionado contra las partes de las maquinas o vehículos que, debido a condiciones inseguras, han perdido su estabilidad.
130	<i>Sobreesfuerzos</i>	
130.1	Sobreesfuerzos por manipulación de cargas	Manipulación, transporte, elevación, empuje o tracción de cargas: carros, cajas, etc. Que pueda producir lesiones.

130.2	Sobreesfuerzos por movilización de personas con movilidad reducida	Manipulación, transporte, elevación, empuje o tracción de personas con movilidad reducida que pueda producir lesiones.
130.3	Sobreesfuerzos por otras causas	Posturas inadecuadas o movimientos repetitivos o vibraciones mecánicas que puedan producir lesiones musculoesqueléticas agudas o crónicas. Excluye las lesiones producidas por manipulación de cargas, incluidas en otros apartados.
140	Exposición a temperaturas ambientales extremas	Permanencia en un ambiente con calor o frío excesivo.
150	<i>Contactos térmicos</i>	
150.1	Contactos térmicos por calor	Acción y efecto de tocar superficies o productos calientes.
150.2	Contactos térmicos por frío	Acción y efecto de tocar superficies o productos fríos.
161	<i>Contactos eléctricos directos</i>	
161.1	Contactos eléctricos directos baja tensión (< 1000 voltios).	Es todo contacto de las personas directamente con partes activas en tensión (trabajando con tensiones < 1000 voltios).
161.2	Contactos eléctricos directos alta tensión (>1000 voltios).	Es todo contacto de las personas directamente con partes activas en tensión (trabajando con tensiones > 1000 voltios).
162	Contactos eléctricos indirectos	Es todo contacto de las personas indirectamente con partes activas en tensión.
170	<i>Exposición a sustancias nocivas o tóxicas</i>	
170.1	Inhalación o ingestión accidental de sustancias nocivas.	Efectos agudos producidos por exposición ambiental accidental o por ingestión de sustancias o productos: lesiones neurológicas, respiratorias (asma, hiperreactividad bronquial, etc.), etc. Incluye las asfixias y ahogamientos.
170.2	Otras formas de exposición accidental	Otros tipos de exposición no incluidas en el apartado anterior.
180	<i>Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas</i>	
180.1	Contacto con sustancias (nocivas) que puedan producir dermatosis	Acción y efecto de tocar sustancias o productos que puedan producir dermatosis: por abrasión química o física (uso frecuente de jabones o detergentes) o de tipo

		alérgico.
180.2	Contacto con sustancias (nocivas) que puedan producir otro tipo de lesiones externas distintas a la dermatosis	Acción y efecto de tocar sustancias o productos que puedan producir lesiones externas en la piel distintas a la dermatosis.
190	Exposición a radiaciones	Altas dosis, entendiendo dicha exposición como accidente.
200	<i>Explosiones</i>	
200.1	Explosiones químicas	Liberación brusca de gran cantidad de energía que produce un incremento violento y rápido de la presión, con desprendimiento de calor, luz y gases, teniendo su origen en transformaciones químicas.
200.1.1	Polvo combustible	
200.1.2	Explosiones físicas	
211	Incendios. Factores de inicio	Es el conjunto de condiciones: Materiales combustibles, comburente y fuentes de ignición, cuya conjunción en un momento determinado puede dar lugar a un incendio.
212	Incendios. Propagación	Condiciones que favorecen el aumento y la extensión del incendio
213	Incendios. Medios de lucha	Son aquellos medios materiales con los que es posible atacar un incendio, hasta su completa extinción o la llegada de ayudas exteriores
214	Incendios. Evacuación	Es la salida ordenada de todo el personal del centro y su concentración en un punto predeterminado considerado como seguro.
220	<i>Accidentes causados por seres vivos</i>	
220.1	Accidentes causados por seres vivos: personas	Son los producidos a las personas por la acción de otras personas agresiones patadas, mordiscos.
220.2	Accidentes causados por seres vivos: animales	Son los producidos a las personas por la acción por animales arañazos, patadas, mordiscos.
230	<i>Atropellos o golpes con vehículos</i>	
230.1	Atropellos o golpes con vehículos	Son los producidos por vehículos en movimiento, empleados en las distintas fases de los procesos realizados por la empresa.
230.2	Accidentes de tráfico	Los ocurridos dentro del horario laboral, independientemente de que esté relacionado con el trabajo habitual o no.

	ENFERMEDAD PROFESIONAL	
310	<i>Exposición a contaminantes químicos</i>	
310.1	Vapores y gases	El riesgo vendrá dado por la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo y por el tiempo de exposición, es decir la DOSIS. Vapores orgánicos: Dispersión en aire de moléculas de una sustancia que es líquida o sólida en su estado normal, es decir, a temperatura y presión estándar. La principal vía de entrada es la vía respiratoria, aunque también tiene importancia la vía dérmica, sobre todo en aquellos vapores que son de naturaleza orgánica. Gases: Estado de agregación de la materia que se caracteriza por su baja densidad y viscosidad. Estas sustancias se presentan como tales a temperatura y presión ambientales.
310.1.1		Agentes químicos vapores y gases: Aldehídos (formaldehído, glutaraldehído).
310.1.2		Agentes químicos vapores y gases: Vapores orgánicos (xileno, metanol, isopropanol, etc.).
310.1.3		Agentes químicos vapores y gases: Gases anestésicos.
310.1.4		Agentes químicos vapores y gases: Óxido de etileno.
310.1.5		Agentes químicos vapores y gases: Peróxido de hidrógeno.
310.1.6		Agentes químicos vapores y gases: Otros.
310.2	Aerosoles	El riesgo vendrá dado por la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo y por el tiempo de exposición, es decir la dosis. Aerosoles: Dispersión de partículas sólida o líquidas de tamaño inferior a 100 micras, en un medio gaseosos.
310.2.1	Aerosoles químicos. Polvo	Dispersión de partículas sólidas de pequeño tamaño procedentes de procesos físicos de disgregación. Tamaño entre 0,1-25 micras polvo de madera, polvo de detergente, polvo que proviene de guantes etc. Se exceptúan citostáticos.
310.2.2	Aerosoles químicos. Fibras	Dispersión de partículas sólidas de longitud mayor de 5 micras, con un diámetro de sección transversal menor de 3 micras y una

		relación longitud anchura mayor de 3 (fibra procedente de materiales de aislamiento, fibras textiles, etc.).
310.2.3	Aerosoles químicos. Nieblas	Suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido que se generan por condensación de un estado gaseoso o bien por ebullición tamaño desde 0,01 a 10 micras (nieblas de ácidos y álcalis). Se exceptúan citostáticos.
310.2.4	Agentes químicos aerosoles. Humos	Suspensión en el aire de partículas sólidas originadas en procesos de combustión incompleta tamaño menor a 0,1 micras (polvo de carbón, hollín).
310.2.5	Agentes químicos aerosoles. Citostáticos	Dispersión producida durante la preparación (polvo) o bien durante la administración (niebla) de medicamentos citostáticos.
310.3	Metales	El riesgo vendrá dado por la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo y por el tiempo de exposición, es decir la dosis. Metales: Sólidos cristalinos, con brillo, buenos conductores de la electricidad y que presentan en general una alta reactividad química.
310.3.1	Agentes químicos metales. Polvo	Suspensión de partículas de tamaño pequeño procedentes de procesos físicos de disgregación del metal.
310.3.2	Agentes químicos metales. Humo metálico	Suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas generadas en procesos de condensación del estado gaseoso, partiendo de la sublimación o volatilización del metal, a menudo acompañado de una reacción química de oxidación.
320	<i>Exposición a contaminantes biológicos</i>	Exposición a microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección alergia o toxicidad.
320.1	Agentes biológicos. Transmisión por sangre y fluidos	Lesiones producidas por pinchazos con agujas o objetos punzantes, cortes, salpicaduras, ingestión, etc. Que puedan producir inoculación de agentes biológicos (transmisión por sangre y fluidos).
320.2	Agentes biológicos. Transmisión aérea, contacto o hídrica	Enfermedades infecciosas y parasitarias agudas o crónicas producidas por agentes biológicos (virus, bacterias, parásitos, etc.) de transmisión aérea, por gotas, por contacto o hídrica. Excluye las producidas por transmisión sanguínea: pinchazos, cortes, salpicaduras, etc., incluidas en otro apartado.

330	<i>Ruido</i>	
330.1	Exposición a ruido: riesgo de hipoacusia	Riesgo higiénico: presencia de niveles de ruido elevados, que pueden alterar el órgano de la audición. Niveles establecidos por el RD 286/2006 de 10 de marzo.
330.2	Disconfort acústico	Disconfort acústico es todo sonido no grato que puede interferir o impedir alguna actividad humana (los niveles estarán por debajo de los establecidos en el RD 286/2006 de 10 de marzo).
340	<i>Vibraciones</i>	
340.1	Vibraciones. Cuerpo completo	Oscilación de partículas alrededor de un punto, en un medio físico cualquiera. Los efectos de esta deben entenderse como consecuencia de una transferencia de energía al cuerpo humano, que actúa como receptor de energía mecánica, en este caso el sistema afectado es el cuerpo completo.
340.2	Vibraciones. Mano-brazo	Oscilación de partículas alrededor de un punto, en un medio físico cualquiera. Los efectos de esta deben entenderse como consecuencia de una transferencia de energía al cuerpo humano, que actúa como receptor de energía mecánica, parte de cuerpo afectada sistema mano-brazo.
350	<i>Estrés térmico</i>	
350.1	Frío. Exposición a temperaturas extremas	Permanencia en un ambiente con frío excesivo (condiciones termohigrométricas fuera del rango establecido en el RD 486/97) Para la evaluación del riesgo de estrés térmico hay que tener en cuenta además de las condiciones ambientales, la actividad realizada y la ropa que se lleve (trabajo con cámaras frigoríficas o en el exterior).
350.2	Calor. Exposición a temperaturas extremas	Permanencia en un ambiente con calor excesivo (condiciones termohigrométricas fuera del rango establecido en el RD 486/97) Para la evaluación del riesgo de estrés térmico hay que tener en cuenta, además de las condiciones ambientales, la actividad realizada y la ropa que se lleve (zonas de clima caluroso, verano), radiación térmica elevada ,altos niveles de humedad , en lugares donde se realiza una actividad intensa o donde es necesario llevar prendas de protección que impiden la evaporación del sudor.

350.3	Disconfort térmico	Permanencia en condiciones ambientales (condiciones termo higrométricas dentro del rango establecido en el RD 486/97) que pueden originar molestias o incomodidades que afectan al bienestar de trabajador, a la ejecución de las tareas y al rendimiento laboral, sin suponer un riesgo higiénico.
360	Radiaciones ionizantes	Estar en presencia de cualquier radiación electromagnética capaz de producir la ionización de manera directa o indirecta, en su paso a través de la materia (energía o sustancias químicas generadoras de partículas radiactivas).
370	Radiaciones no ionizantes	Cualquier Radiación electromagnética incapaz de producir ionización de manera directa o indirecta a su paso a través de la materia.
380	Iluminación	Toda radiación electromagnética emitida o reflejada, por cualquier cuerpo, cuyas longitudes de onda estén comprendidas entre 380 nm y 780 nm y susceptibles de ser percibidas como luz. Desajustes entre las diferentes tareas a desarrollar en los distintos puestos de trabajo y la exigencia de los niveles de iluminación (niveles establecidos en el RD 486/97).

	FATIGA	
410	Física. Posición	Es el resultado del conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de la jornada de trabajo, cuando se ve obligado a adoptar una determinada postura singular o esfuerzo muscular de posición inadecuada y/o a mantenerlo durante un periodo de tiempo excesivo.
420	Física. Desplazamiento	Condición que afecta físicamente al organismo, y que es producida por los esfuerzos musculares dinámicos que el trabajador realiza, debido a las exigencias de movimiento o tránsitos sin carga, durante la jornada de trabajo.
430	Física. Esfuerzo	Es el resultado del conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de la jornada de trabajo, cuando se ve obligado a ejercer un esfuerzo muscular dinámico o esfuerzo muscular estático excesivo, unidos en la

		mayoría de los casos a: posturas forzadas de los segmentos corporales, frecuencia de movimientos fuera de límites, etc.
440	<i>Carga física</i>	
440.1	Movimientos repetitivos	Es el resultado del conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de la jornada de trabajo, cuando se ve obligado a realizar movimientos repetitivos, siendo la duración del ciclo de trabajo menor de 30 segundos o cuando se dedica mas del 50% del ciclo a la ejecución de la misma acción.
440.2	Manejo de cargas	Es aquella situación de merma física, producida por un sistema de esfuerzos musculares dinámicos y/o estáticos, ejercidos para la alimentación y/o evacuación de las piezas del lugar de almacenamiento al plano de trabajo, o viceversa o para su transporte.
440.3	Movilización de personas con movilidad reducida	Es aquella situación de merma física, producida por un sistema de esfuerzos musculares dinámicos y/o estáticos, ejercidos para la movilización de personas con movilidad reducida.
450	Mental. Recepción de la información	La carga mental es la cantidad de esfuerzo mental deliberado que se debe realizar para conseguir un resultado concreto; este proceso exige un estado de atención capacidad de "estar alerta") y de concentración (capacidad de permanecer pendiente de una actividad o un conjunto de ellas durante un período de tiempo). En el estudio de la carga mental deben considerarse los siguientes factores: · Cantidad y complejidad de la información que debe tratarse. · Tiempo: ritmo de trabajo y posibilidad de hacer pausas
460	Mental. Tratamiento de la información	
470	Mental. Respuesta	
480	Fatiga crónica	Es la situación de desequilibrio entre las demandas de la tarea y la capacidad de respuesta de la persona.
490	Fatiga: visual	Alteración funcional, de carácter reversible en su inicio, debida a sollicitaciones excesivas sobre los músculos oculares y la retina, a fin de obtener una focalización fija de la imagen

		sobre la retina.
--	--	------------------

	INSATISFACCIÓN	
510	Contenido	Importancia y motivación del trabajo que percibe el trabajador, condicionado por la variedad de capacidades requeridas, importancia de tareas, etc.
520	Monotonía	Carácter repetitivo y simple de las tareas realizadas por el trabajador que le causan desmotivación y desinterés.
530	Roles	Conflicto provocado por el trabajador por la ambigüedad en su cometido laboral o por desacuerdo entre sus valores y creencias personales, y las demandas del trabajo.
540	Autonomía	Capacidad del trabajador para gestionar su tiempo de trabajo y descanso, y el orden de ejecución de las tareas.
550	Comunicaciones	Posibilidad de intercambiar información y aportar ideas dentro de una organización laboral, tanto a nivel horizontal como vertical.
560	Relaciones	Calidad y fluidez de las relaciones personales y del clima laboral.
570	Tiempo de trabajo	Exigencias en los tiempos asignados a las tareas, recuperación de retrasos y tiempos de trabajo con rapidez.

Tabla 13. Código de los riesgos.

Una vez definidos los riesgos se procederá a calcular qué riesgos afectan a Spiker.

EMPRESA	Universidad De Valladolid
CENTRO DE TRABAJO	
LUGAR DE TABAJO	
PUESTO DE TRABAJO	

TIPO DE EVALUACIÓN	Inicial	X
	PERIÓDICA	
	METODOLOGÍA	Método INSHT
	Fecha EVALUACIÓN	06/06/2020

ACCIDENTES															
CÓDIGO	RIESGO IDENTIFICADO	Probabilidad					Consecuencias					Estimación del RIESGO Tipo de riesgo	Observaciones		
		MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA				
010	Caída de personas a distinto nivel	X					X							T	
020	Caída de personas al mismo nivel		X					X						TO	
030	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	X					X							T	
040	Caída de objetos en manipulación			X			X							TO	
050	Caída de objetos desprendidos	X					X							T	
060	Pisadas sobre objetos		X				X							T	
070	Choques contra objetos inmóviles	X					X							T	
080	Choques contra objetos móviles		X					X						TO	
090	Golpes/cortes por objetos o herramientas	X					X							T	
100	Proyección de fragmentos o partículas		X				X							T	
110	Atrapamientos por o entre objetos	X					X							T	
120	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	X					X							T	
130	Sobreesfuerzos														
130.1	Sobreesfuerzos por manipulación de cargas	X					X							T	
130.2	Sobreesfuerzos por movilización de personas con movilidad reducida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
130.3	Sobreesfuerzos por otras causas	X					X							T	
140	Exposición a temperaturas ambientales extremas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
150	Contactos térmicos														

230.1	Atropellos o golpes con vehículos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
230.2	Accidentes de tráfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.

ENFERMEDAD LABORAL														
CÓDIGO	RIESGO IDENTIFICADO	Probabilidad					Consecuencias					Estimación del RIESGO Tipo de riesgo	Observaciones	
		MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA			
310	Exposición a contaminantes químicos													
310.1	Vapores y gases													
310.1.1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.1.2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.1.3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.1.4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.1.5		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.1.6		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.2	Aerosoles													
310.2.1	Aerosoles químicos. Polvo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.2.2	Aerosoles químicos. Fibras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.2.3	Aerosoles químicos. Nieblas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.2.4	Agentes químicos aerosoles. Humos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.2.5	Agentes químicos aerosoles. Citostáticos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.3	Metales													
310.3.1	Agentes químicos metales. Polvo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
310.3.2	Agentes químicos metales. Humo metálico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
320	Exposición a contaminantes biológicos													
320.1	Agentes biológicos. Transmisión por sangre y fluidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
320.2	Agentes biológicos. Transmisión aérea, contacto o hídrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.

330	Ruido													
330.1	Exposición a ruido: riesgo de hipoacusia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
330.2	Disconfort acústico		X					X					TO	
340	Vibraciones													
340.1	Vibraciones. Cuerpo completo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
340.2	Vibraciones. Mano-brazo	X						X					T	
350	Estrés térmico													
350.1	Frío. Exposición a temperaturas extremas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
350.2	Calor. Exposición a temperaturas extremas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
350.3	Disconfort térmico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
360	Radiaciones ionizantes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
370	Radiaciones no ionizantes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
380	Iluminación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.

FATIGA														
código	RIESGO IDENTIFICADO	Probabilidad					Consecuencias					Estimación del RIESGO Tipo de riesgo	Observaciones	
		MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA			
410	Física. Posición		X				X						T	
420	Física. Desplazamiento	X					X						T	
430	Física. Esfuerzo	X					X						T	
440	Carga física													
440.1	Movimientos repetitivos		X					X					TO	
440.2	Manejo de cargas		X				X						T	
440.3	Movilización de personas con movilidad reducida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
450	Mental. Recepción de la información	X					X						T	
460	Mental. Tratamiento de la información	X					X						T	
470	Mental. Respuesta	X					X						T	
480	Fatiga crónica	X					X						T	
490	Fatiga: visual	X					X						T	

INSATISFACCIÓN														
CÓDIGO	RIESGO IDENTIFICADO	Probabilidad					Consecuencias					Estimación del RIESGO Tipo de riesgo	Observaciones	
		MB	B	M	A	MA	MB	B	M	A	MA			
510	Contenido	X					X						T	
520	Monotonía			X			X						TO	
530	Roles	X					X						T	
540	Autonomía	X					X						T	
550	Comunicaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
560	Relaciones	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.
570	Tiempo de trabajo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	No procede.

7.1.2. CONCLUSIONES

Analizando el resultado de la evaluación de riesgo, podemos observar que la mayoría de éstos están bajo la categoría de accidentes. Para bajar todavía más la probabilidad de que ocurran, convendrá incluir señalización o instar a que se lea antes de usar Spiker el manual de uso. Añadido a esto cabe mencionar que el uso de la trituradora no va a ser continuo, así que la mayoría de los riesgos clasificados como tolerables (monotonía, movimientos repetitivos, etc.) van a bajar en la categoría de probabilidad y pasarían a ser triviales.

Podemos concluir que el resultado de este estudio de riesgos ha sido satisfactorio y no impide la comercialización o venta de la máquina.

7.2. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio básico de seguridad y salud tiene como objetivo precisar las normas de seguridad y salud, identificando los riesgos laborales que se puedan evitar y los que no van a poder eliminarse por completo. Ante esta situación se especificarán las medidas preventivas, protecciones técnicas, señalizaciones, etc. que convengan para reducirlos. Habrá que hacer previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud.

Mediante este estudio se obliga a cumplir las normativas referentes a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales relacionadas con la seguridad y la salud.

En el apartado anterior ya se ha procedido a hacer la evaluación de riesgos, de forma que los riesgos que no se han podido eliminar por completo son los siguientes:

- Caídas de personas a distinto nivel (T)
- Caídas de personas al mismo nivel (TO)
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento (T)
- Caída de objetos en manipulación (TO)
- Caída de objetos desprendidos (T)
- Pisadas sobre objetos (T)
- Choques contra objetos inmóviles (T)
- Choques contra objetos móviles (TO)
- Golpes/cortes por objetos o herramientas (T)
- Proyección de fragmentos o partículas (T)
- Atrapamientos por o entre objetos (T)
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos (T)
- Sobreesfuerzos por manipulación de cargas (T)
- Sobreesfuerzos por otras causas (T)
- Contactos térmicos por calor (T)
- Contactos eléctricos directos baja tensión (< 1000 voltios) (T)
- Discomfort acústico (TO)
- Vibraciones. Mano-brazo (T)
- Física. Posición (T)
- Física. Desplazamiento (T)
- Física. Esfuerzo (T)
- Movimientos repetitivos (TO)
- Manejo de cargas (T)
- Mental. Recepción de la información (T)
- Mental. Tratamiento de la información (T)
- Mental. Respuesta (T)
- Fatiga crónica (T)
- Fatiga: visual (T)
- Contenido (T)
- Monotonía (TO)
- Roles (T)
- Autonomía (T)

Ante estos posibles riesgos, a continuación, se mencionarán algunas medidas de prevención, condiciones ambientales y equipamiento del operario recomendadas en el puesto de trabajo para intentar eliminar las diferentes situaciones de riesgo.

7.2.1. MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Plataforma de material: Para prevenir la fatiga, los movimientos repetitivos y el manejo de cargas se recomienda una mesa o plataforma con los residuos de plástico que vayan a ser triturados a una altura cómoda para las personas y que sea ergonómica. De esta manera se eliminan los desplazamientos y se facilita la tarea de introducir el plástico.

Botiquín de primeros auxilios: La disponibilidad de un botiquín de primeros auxilios es importante en caso de herida o lesiones de leves a medias que puedan ocurrir en el entorno de trabajo. Se recomendará que incluya suministros básicos como vendajes, bolas de algodón, tijeras y pinzas, desinfectante de manos, solución para lavado de ojos, compresas de hielo, jeringa para medicamentos y un manual de primeros auxilios. También medicamentos como analgésicos, cremas o pomadas para quemaduras y cualquier medicamento que no necesite refrigeración, así como elementos para casos de urgencia como números de teléfono de emergencia, formularios de consentimientos médico, historial clínico y otros documentos necesarios en caso de urgencia.

Conviene también realizar una revisión periódica del botiquín para tirar medicamentos caducados, reponer documentos y asegurar que lo que se haya usado se haya repuesto.

7.2.2. CONDICIONES AMBIENTALES

Para evitar fatigas crónicas, visuales, etc. y el discomfort acústico se proponen unas condiciones ambientales generales en la zona de instalación de la máquina.

Ambiente térmico: El estrés térmico puede causar malestar e incluso riesgos para la salud y la seguridad del operario. Se recomiendan unas temperaturas entre 17 y 27 °C y una humedad entre el 30% y el 70%. A parte, es importante controlar el tiempo que se está expuesto a la fuente de calor [59].

Ambiente luminoso: La visibilidad del operario tiene que ser óptima, de forma que pueda desarrollar su tarea adecuadamente. Se controlarán los luxes en el lugar de trabajo con este objetivo. Las recomendaciones de iluminación mínimas para naves de máquinas de herramientas son unos 300 luxes. Las recomendaciones de iluminación para trabajo con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige

discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas, cajistas de imprenta, monotipias y trabajos similares son 500 luxes, pudiendo oscilar entre 500 y 1000 luxes [60].

Ambiente acústico: Un buen enfoque ergonómico del ambiente acústico tiene que ir más allá del ambiente de trabajo y debe tener en cuenta la comodidad del operario. De todas formas, como norma general un nivel sonoro por debajo de 85 dB(A) no causa trastornos en el trabajador. Aun así, esto puede ser muy molesto para el trabajador. Se considera que los dB(A) adecuados en talleres debe oscilar entre 45-75 [61].

Señalización: Al ser una máquina pensada con carácter semi-industrial, es importante tener en cuenta el lugar de instalación y señalar adecuadamente el perímetro de la máquina si fuese necesario.

7.2.3. EQUIPAMIENTO DEL OPERARIO

Guantes aislantes eléctricos: Se recomiendan un uso de guantes dieléctricos y evitar posibles daños por una descarga eléctrica.

Auriculares aislantes de ruido: En caso de utilizar la máquina por periodos prolongados de tiempo se recomienda tener a disposición unos auriculares aislantes de ruido para que los utilice el operario si lo considera necesario.

7.3. PROTECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

Siguiendo la Directiva 2006/42/CE, se deberá considerar un diseño de la instalación tal que garantice la protección contra peligros. Estos pueden ser del propio material eléctrico o de influencia exterior.

Dentro de los riesgos del propio material eléctrico, se encuentran posibles contactos directos o indirectos. El reglamento electrotécnico obliga a instalar al menos un interruptor automático por cada 5 circuitos que deriven de la red donde actúa dicha protección [62].

Puesto que la trituradora estará sometida a cargas variables, puede darse el caso en el que el motor no tenga la fuerza suficiente para vencer el par resistente. Dicho de otra forma, puede que la trituradora se atasque. Si esto ocurriese y el motor siguiera demandando energía, la corriente circulando por los devanados del estator terminaría quemando el motor.

Buscar solución a este problema requiere de determinar ante qué habrá que proteger los dispositivos de potencia eléctrica. Cuando se emboza la máquina y el motor no es capaz de vencer el par resistente, hay que detectarlo de alguna manera. Una buena forma de hacerlo es detectando la intensidad

consumida por el motor. Si esta demanda más de una cierta cantidad de amperios, deberá haber un dispositivo preparado para cortar el suministro eléctrico. Este será el interruptor magnetotérmico. Una vez este elemento actúe, podrá mandar una consigna a un disyuntor (diferencial), con el cual se actuará de una forma u otra.

Para determinar las características de estos elementos, habrá que ceñirse a las indicaciones del fabricante.

Normalmente, para proteger dispositivos sensibles a las perturbaciones o que generen mucho ruido, como puede ser el caso del variador de frecuencia, se utilizan interruptores magnetotérmicos con una curva característica de disparo de tipo D.

Por otro lado, los diferenciales tendrán una sensibilidad al disparo de 300mA (tipo B).

En la primera opción de diseño, se consideró instalar un inversor de giro. De esta forma, cuando la máquina se atascase, el relé lo detectaría y mandaría la señal al disyuntor. Este gobernará el inversor de giro, el cual, permutando dos fases del motor, este cambiaría el sentido de funcionamiento y el corte funcionaría en el otro sentido.

Sin embargo, esta opción fue desechada ya que, instalando otro componente más sofisticado, un variador de frecuencia, se consigue un mayor control sobre el comportamiento del motor. Esto permitirá adaptarse lo mejor posible a los requerimientos de corte para cada material.

En el propio variador de frecuencia se pueden modificar diferentes parámetros del arranque del motor, velocidad de giro, sentido de giro, etc.

Además, el variador no solamente evitará el tener que instalar el inversor de giro, sino también hará la función de un arrancador suave, evitando tener que instalar un arranque estrella triángulo o similar.

Para procurar un correcto funcionamiento de Spiker, al controlador se le podrán añadir ciertas consignas. Por ejemplo, si el par entregado es superior a un fijado valor durante un tiempo determinado, el variador invertirá el sentido de giro. Por si no fuese suficiente, podrá ser programado para que esté girando en dicho sentido un tiempo determinado y luego vuelva a invertir el giro, a su régimen de funcionamiento de diseño.

Pese a que el motor está protegido por el propio variador, se ha de instalar adicionalmente un interruptor magnetotérmico y un diferencial aguas arriba del controlador. De esta forma, el variador de frecuencia también queda protegido en caso de que demande más energía de la que pueda soportar.

Es fundamental que entre la aparamenta eléctrica instalada exista un pulsador de emergencia. Este actuará sobre la alimentación de la máquina.

En este caso particular, se actuará sobre la maniobra del variador, es decir, a 24V en corriente continua. Se cortará el circuito del selector de puesta en marcha del variador. De esta forma, cuando la seta sea accionada, desmagnetizará la bobina del contactor de 24V. Consecuentemente, la potencia (red trifásica a 400V) dejará de alimentar al variador.

La sección de los cables de alimentación al variador y al motor se elegirá en relación con el amperaje máximo que deberán soportar. En este caso:

$$I_{m\acute{a}x} = \frac{Pot}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 400} = 3.175 A$$

Según la instrucción ITC-BT-47 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor.

$$I = 1.25 * I_{m\acute{a}x} = 4A$$

Ahora ya se pueden seleccionar los conductores de fase mediante la tabla registrada en UNE 20.460-5-523:2004 (Figura 115). Teniendo en cuenta que los cables serán de cobre, tetrapolar, con aislamiento de PVC.

Método de Instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE									
A1													
A2	3x PVC	2x PVC	3x XLPE	2x XLPE									
B1			3x PVC	2x PVC			3x XLPE			2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC			3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE			
E							3x PVC	2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
F								3x PVC	2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
Sección mm ² COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--	
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678	
400	--	--	--	431	480	515	552	609	645	674	770	812	
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931	
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071	

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.

Figura 115: Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados.

A la vista de la Figura 115, el cable de sección mínima podría ser suficiente. Sin embargo, se ha decidido instalar un cable de sección de cobre de 2.5mm^2 . De esta forma, en caso de querer instalar un motor con mayor potencia en el futuro, el cableado podría seguir siendo el mismo.

8. MATERIALES

A la hora de elegir los materiales de las diferentes piezas que forman Spiker, se ha procurado mantener un equilibrio entre calidad y precio, eligiendo materiales de mayores prestaciones técnicas solo en componentes que se han considerado oportunos durante el diseño.

En este apartado se van a excluir los materiales de comerciales, acople y perfilaría, ya que estos han sido especificados en los apartados 6.1.3. Colocación de cuchillas sobre eje, 6.7. Bastidor y 6.8. Montaje.

La mayor parte de las piezas se van a fabricar en acero F-112 según norma UNE 36011. Se ha elegido este acero al carbono ya que tiene una resistencia media y buena tenacidad, adecuado para las piezas que no van a sufrir grandes esfuerzos durante el funcionamiento de Spiker y por su bajo coste [63].

Otra de las propiedades que también se ha tenido en cuenta para la elección de este material es su fácil soldabilidad, ya que como se ha mencionado en los apartados 6.5. Rejillas y 6.6. Tolva, va a ser la forma de unión de estas piezas. Además, su fácil plegado admite las formas ergonómicas de la tolva.

Para piezas que van a requerir mayores sollicitaciones, se va a utilizar el acero al carbono F-114 según norma UNE 36011. Al tener mayor porcentaje de carbono en su composición, se suelda peor que el F-112, por esto y por su mayor coste en comparación con este, se va a utilizar solo en el eje y en las cuchillas de Spiker [64]. Como ya se ha explicado en los apartados 6.1.1. Ejes y 6.1.2. Cuchillas, la correcta fabricación de estas piezas va a ser imprescindible para un buen funcionamiento de la máquina y ampliar el ciclo de vida de esta.

Por lo mencionado anteriormente, tanto el eje largo como el eje corto van a ser mecanizados de un bruto hexagonal de F-114, material al que se va a aplicar el tratamiento de temple y revenido. Este tratamiento se realiza para eliminar las posibles tensiones internas que puedan haber quedado en el proceso de enfriamiento del material y para mejorar sus propiedades mecánicas [65].

Las cuchillas también van a ser de acero F-114, pero en este caso no van a llevar tratamiento debido a dos motivos. Primero, al aplicarle un tratamiento térmico, se comprometería la planicidad entre caras. Segundo, como se ha calculado en “Anejos: 7.1. Comprobación de las cuchillas a flexión.”, sus propiedades mecánicas son suficientes para el uso que se les va a dar. Debido a la gran cantidad de cuchillas, tomar esta decisión permite que el coste del proyecto no se vea incrementado tanto.

Por último, la ventana a la zona de los engranajes (01-01-12) tiene que ser de un material transparente, o como mínimo, lo suficientemente translúcido para poder ver la zona de los engranajes y de los rodamientos internos. Esta característica es imprescindible para que realice su función. También es necesario que sea lo suficientemente blando para que se pueda mecanizar, taladrar y roscar y lo suficientemente duro para que no se doble ni se agriete con facilidad.

Teniendo en cuenta lo ya mencionado, barajando entre las infinitas opciones del mercado al final se ha optado por el Polimetilmetacrilato o PMMA. El PMMA es un polímero termoplástico cuya principal característica es su alta transparencia. Destaca su resistencia a los rasguños y por esto se considera una alternativa al cristal más ligera. Además, se le pueden realizar diversos tratamientos, por ejemplo, para aumentar la resistencia a impactos, lo que nos da opciones de mejorar esta pieza si una vez testada se considerase necesario [66]. Debido a esto, tiene la estética deseada combinada con las propiedades mecánicas que se buscan.

A continuación, se va a incluir una tabla con las piezas ordenadas por subconjuntos y por número de plano, incluyendo su material, tratamiento, espesor de la placa y la cantidad que se va a fabricar de las mismas.

Nº DE PLANO	MATERIAL	TRATAMIENTO	ESPESOR PLACA (mm)	CANTIDAD
00-00-00	Ensamblaje general			
01-00-00	Conjunto	Ensamblaje caja		1
Caja: 01-01-00	Sub-conjunto			1
P: 01-01-01	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-02	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-03	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-04	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-05	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-06	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-07	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-08	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-09	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-10	F-112	SIN TRAT.	10	1
P: 01-01-11	F-112	SIN TRAT.	5	1
P_ 01-01-12	PMMA TRANSPARENTE	SIN TRAT.	3	1
P: 01-01-13	F-112	SIN TRAT.	5	1
Eje corto: 01-02-00	Sub-conjunto			1
P: 01-02-01	F-114	SIN TRAT.	6	2
P: 01-02-02	F-114	SIN TRAT.	6	1

P: 01-02-03	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-04	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-05	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-06	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-07	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-08	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-09	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-10	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-11	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-12	F-114	SIN TRAT.	6	1
P: 01-02-13	F-114	SIN TRAT.	4	2
P: 01-02-14	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-15	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-16	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-17	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-18	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-19	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-20	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-21	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-22	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-23	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-24	F-114	SIN TRAT.	4	1
P: 01-02-25	F-112	SIN TRAT.	4	17
P: 01-02-26	F-112	SIN TRAT.	2.5	28
P: 01-02-27	F-112	SIN TRAT.	2	13
P: 01-02-28	F-114	TEMPLE Y REVENIDO	-	1
Eje largo: 01-03-00	Sub-conjunto			1
P: 01-03-01	F-114	SIN TRAT.	6	14
P: 01-03-02	F-114	SIN TRAT.	4	13
P: 01-03-03	F-112	SIN TRAT.	4	14
P: 01-03-04	F-112	SIN TRAT.	2.5	26
P: 01-03-05	F-112	SIN TRAT.	2	12
P: 01-03-06	F-112	SIN TRAT.	1	1
P: 01-03-07	F-112	SIN TRAT.	6	2
P: 01-03-08	F-114	TEMPLE Y REVENIDO	-	1
Rejilla pequeña: 01-04-00	Sub-conjunto			1
P: 01-04-01	F-112	SIN TRAT.	2.5	2
P: 01-04-02	F-112	SIN TRAT.	2.5	2
P: 01-04-03	F-112	SIN TRAT.	2.5	1

P: 01-04-04	F-112	SIN TRAT.	2.5	2
Rejilla grande: 01-05-00	Sub-conjunto			1
P: 01-05-01	F-112	SIN TRAT.	2.5	2
P: 01-05-02	F-112	SIN TRAT.	2.5	2
P: 01-05-03	F-112	SIN TRAT.	2.5	1
P: 01-05-04	F-112	SIN TRAT.	2.5	2
Cuchillas fijas: 01-06-00	Sub-conjunto			1
P: 01-06-01	F-112	SIN TRAT.	1	1
P: 01-06-02	F-112	SIN TRAT.	2	1
P: 01-06-03	F-112	SIN TRAT.	2.5	1
P: 01-06-04	F-112	SIN TRAT.	4	1
P: 01-06-05	F-112	SIN TRAT.	4	27
P: 01-06-06	F-112	SIN TRAT.	6	29
P: 01-06-07	F-112	SIN TRAT.	6	1
P: 01-07-00	F-112	SIN TRAT.	5	4
P: 01-08-00	F-112	SIN TRAT.	2	6
P: 01-09-00	F-112	SIN TRAT.	1	8
P: 01-10-00	F-112	SIN TRAT.	1	10
02-00-00	Conjunto Soldado	Tolva		1
P: 02-01-00	F-112	SIN TRAT.	5	2
P: 02-02-00	F-112	SIN TRAT.	5	1
P: 02-03-00	F-112	SIN TRAT.	5	1
P: 02-04-00	F-112	SIN TRAT.	5	1
03-00-00	F-112	SIN TRAT.	2.5	1
04-00-00	F-112	SIN TRAT.	15	1
05-00-00	Conjunto	Bastidor		1
P: 05-01-00	F-112	SIN TRAT.	20	1
P: 05-02-00	F-112	SIN TRAT.	20	5

Tabla 12: Materiales, tratamiento y cantidad de piezas.

9. MANTENIMIENTO

El objetivo del mantenimiento de Spiker es reducir las fallas y alargar el ciclo de vida lo máximo posible, así como garantizar el buen funcionamiento de la máquina durante la duración de este. Se centrará el mismo en los rodamientos, los engranajes y la zona de corte, ya que se consideran las zonas críticas de la trituradora.

9.1. RODAMIENTOS

Siendo el mantenimiento preventivo *“Encontrar y corregir los problemas menores antes de que estos provoquen fallas.”* [67], sobre el mantenimiento de los rodamientos lo primero que habrá que hacer será asegurar su correcto montaje. Esto evitará fricción y vibraciones producidas por una mala alineación, en este caso, con el eje. Otros dos factores importantes son la lubricación y monitorizar el estado de los rodamientos periódicamente. En el caso de que los rodamientos lleguen al final de su ciclo de vida habrá que desmontarlos de forma adecuada para evitar problemas en la zona de contacto y que el rodamiento sustituto no se coloque sobre un eje dañado [68].

A la hora del diseño ya se ha tenido en cuenta el fallo a fatiga, dimensionando adecuadamente los rodamientos, y la minimización de la entrada de polvo, tapando la zona funcional lo máximo posible. Así se eliminan dos de las principales causas de problemas en rodamientos. De la misma forma, mientras el rodamiento esté realizando su función de manera óptima, no se procederá a volver a engrasarlo.

- **Montaje:** según SKF el rodamiento escogido se montará en frío. Tradicionalmente esto se hace con un martillo y un trozo de tubo. Se decide hacerlo de esta forma y no con calor para evitar posibles contaminaciones que dañen el rodamiento.
- **Desmontaje:** se hará con uso de calor, de esta forma se alivian tensiones y se reduce la fuerza a aplicar. En el caso del desmontaje la contaminación del rodamiento no es importante ya que se va a retirar de la máquina. De esta forma se evitan daños sobre el eje. Se propone utilizar herramientas por aplicación de calor de la **Serie TIH** de SKF, pero cualquier herramienta similar cumpliría el objetivo.
- **Lubricante:** Se recomienda el lubricante **LG FQ 2** [69] del catálogo de SKF. Se ha elegido este lubricante teniendo en cuenta que su temperatura constante de uso va a ser inferior a 35°C, el diámetro del eje va a ser inferior a 100mm y que tiene buenas propiedades antioxidantes. Es aconsejable utilizar guantes anti-grasa desechables para la lubricación a mano.

9.2. ENGRANAJES

Para mantener los engranajes en buen estado se verificará que estén suficientemente engrasados, programándose inspecciones regulares para vigilar los posibles daños por contacto que pudiesen ocurrir. Así mismo, habrá que vigilar que el lubricante no esté contaminado.

Pensando evitar contaminaciones, se ha diseñado Spiker con una tapa de plástico PMMA transparente que encapsula los dos engranajes y dos de los seis rodamientos. Se puede acceder a la zona desatornillando los tornillos que la sujetan. Para su buen montaje se han tenido en cuenta tolerancias en el sistema eje-agujero. Así mismo se han realizado cálculos a flexión y cálculos a fatiga para evitar picaduras, desprendimientos o roturas.

Se recomienda utilizar un **aceite sintético** ya que aporta numerosas ventajas como ampliar los intervalos de cambio del aceite, aumentar la protección ante el desgaste, mejorar el arranque en frío, etc. Con este tipo de lubricante se reduce la posibilidad de parada de la máquina con todos los beneficios que esto supone [70].

9.3. REDUCTOR

Siguiendo las recomendaciones del fabricante escogido para el reductor corona-sinfín, será necesario efectuar un cambio de aceite pasadas las 50.000 horas de funcionamiento. También recomiendan efectuar una limpieza a la zona de engrane cuando se efectúe el cambio de aceite.

Advierten de no mezclar lubricantes sintéticos con lubricantes minerales.

El lubricante recomendado es **GLYGOYLE 30**, un aceite sintético.

El acople entre el motor y la caja reductora también deberá estar engrasada. En este caso, el lubricante recomendado es **MOBILUX EP3**. [71]

9.4. ZONA DE CORTE

Es importante un mantenimiento regular de la zona de corte de Spiker (incluyendo cuchillas, ejes y rejillas) ya que realiza la función principal de la máquina.

Se recomienda revisar la zona de las rejillas con frecuencia para controlar posibles atascos con trozos de plástico, así como la limpieza de residuos o polvo entre cuchillas y separadores.

9.5. EQUIPO ELÉCTRICO

Será muy recomendable hacer un mantenimiento preventivo de la aparamenta eléctrica. Para ello, se recomienda hacer limpiezas periódicas al motor y demás componentes, retirando posibles virutas de plástico triturado o polvo. Prestar especial atención a la caja de bornes de la conexión del motor.

Tal y como se mencionó en la sección 9.1, el motor también consta de unos cojinetes. En caso de detectar ruido excesivo o vibraciones, puede que sea necesario cambiar los rodamientos del motor.

Por otro lado, será necesario comprobar periódicamente el correcto funcionamiento de las protecciones eléctricas, como puede ser el interruptor diferencial o el magnetotérmico, además del pulsador de emergencia u otros interruptores presentes en la máquina. De esta forma, se verificará que los aislamientos y la puesta a tierra cumplen su función.

9.6. HERRAMIENTAS NECESARIAS

Para realizar un buen mantenimiento de todo lo mencionado anteriormente, se necesitará el siguiente equipo, que se podrá sustituir por herramientas similares que desempeñen la misma función:

- Llave inglesa: o en su defecto llave fija o carraca.
 - Llave fija de 17 (para M10) a la hora de desmontar las rejillas.
 - Llave fija de 19 (para M12) para las varillas de la caja.
 - Llave fija de 24 (para M16) para el anclaje del motor-reductor.
 - Llave Allen de 5 (para M6) para desmontar la cubierta transparente de la zona de los engranajes.
 - Llave Allen de 14(para M16) para los rodamientos.
- Martillo y trozo de tubo para el montaje de los rodamientos.
- Herramienta de aplicación de calor serie TIH para el desmontaje de los rodamientos.
- Lubricante LGMT 3 para los rodamientos.
- Lubricante GLYGOYLE 30 para el reductor.
- Aceite sintético para los engranajes.
- Guantes anti-grasa desechables.
- Herramientas para limpieza de polvo de la máquina.
- Llave de gancho para tuerca ranurada
- Caja de herramientas (Destornilladores/Limas...)

10. TRANSPORTE

En este apartado se va a estudiar la forma de transporte en la que se va a enviar Spiker. Para empezar, se va a hacer un estudio sobre los tamaños de palés estandarizados [72], los camiones de transporte [73] y el tamaño que ocuparán todas las piezas de Spiker. También será importante calcular el peso total de la máquina.

Medidas de palés:

- palé europeo o europalet con 800 x 1200 mm.
- palé americano o isopalet con 1000 x 1200 mm.

La capacidad de un camión estándar es de aproximadamente 33 palés y tiene las medidas referenciadas en la Figura 116.



Figura 116: Camión de transporte. [73]

En cuanto al peso de la máquina, este será de aproximadamente 550kg. La carga máxima en movimiento que pueden soportar estos palés es de 1500kg [72], por lo que, en cuanto a peso, Spiker se podrá transportar en un único palé.

Las piezas irán separadas en paquetes independientes de cartón se unirán mediante film transparente de embalaje. Una vez embalados, se incluirán en una caja común para facilitar apilar Spiker en los camiones de transporte. Esta caja llevará en su exterior de forma clara el logotipo en negro de Spiker y cada paquete independiente llevará al menos el imatipo en negro.

Los paquetes independientes serán: Piezas de corte láser sin soldar, piezas de Fasten, Tolva, Rejilla grande, Rejilla pequeña, Motor, Componentes eléctricos y elementos normalizados (acople, engranajes, rodamientos, tornillería, etc.).

Las dimensiones de cada paquete independiente serán las siguientes:

- Las dimensiones de las **piezas de corte láser** sin soldar son de 1165x40x500 mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 1168x43x503 mm.

- Las dimensiones de las **piezas de Fasten** son de 1075x90x495 mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 1077x93x498 mm.
- Las dimensiones de la **tolva** son de 310x300x266 mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 313x303x269 mm.
- Las dimensiones de la **rejilla grande** son de 255x84x180.5 mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 258x87x182 mm.
- Las dimensiones de la **rejilla pequeña** son de 255x84x118.5 mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 258x87x121 mm.
- Las dimensiones del **motor** son de 617,5x.250x250 mm mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 620x253x253 mm.
- Las dimensiones de los **componentes eléctricos** son de 464x380x220 mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 467x383x223 mm.
- Las dimensiones estimadas de los **elementos normalizados** son de 500x300x300 mm por lo que se empleará una caja de cartón con unas dimensiones de 500x300x300 mm. (En estas medidas se incluyen protecciones para elementos sensibles como plástico de burbujas).

Todas estas cajas siguen la Normativa AEN/CTN 137 - Envases y embalajes de cartón. El cartón que se va a utilizar es el corrugado, por sus prestaciones: barato, ligero, reciclable y de fácil sellado. Además, las cajas utilizadas serán plegadizas, ya que de esta forma su armado puede ser automático o manual.

Ya que la caja más grande es de 1168x43x503, se puede utilizar el palé normalizado europeo. Las medidas de este palé se pueden ver en la Figura 117. La única medida que queda por comprobar para su transporte en un camión estándar es la altura.

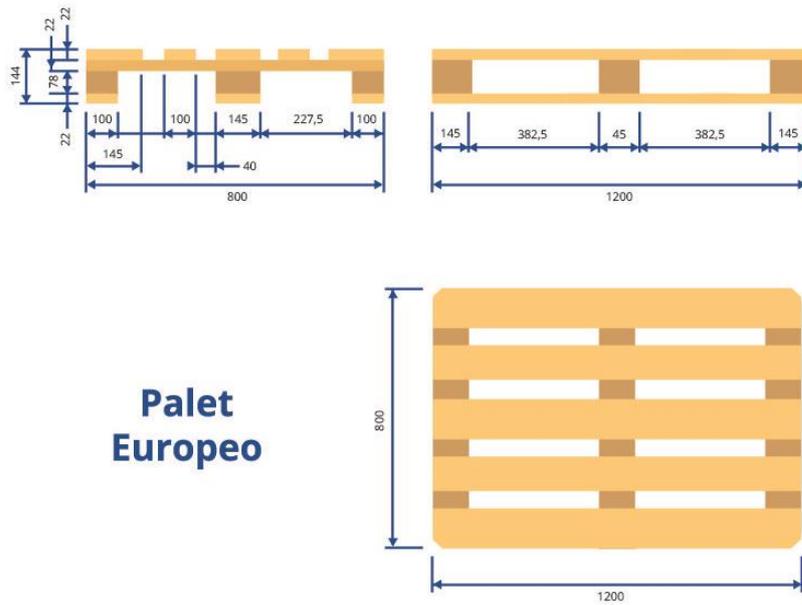


Figura 117: Medidas palé europeo. [72]

Para calcular la medida de la caja final se ha realizado una pequeña simulación en 3D (Figura 118). El conjunto final ocupará prácticamente toda la superficie del palé, con la suficiente holgura para incluir la caja común, y su altura será de 383mm. Las medidas de la caja final son 1200x800x387.

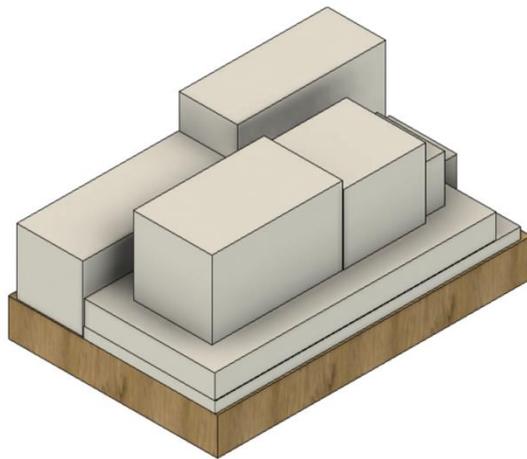


Figura 118: Simulación transporte. Elaboración propia.

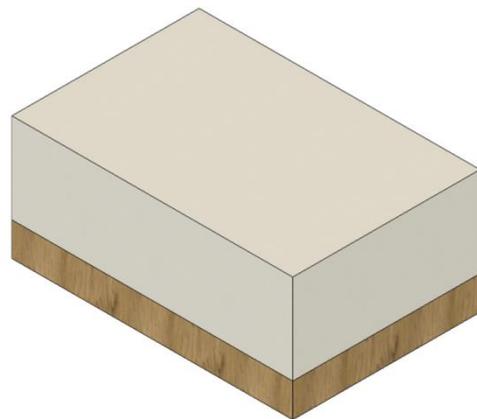


Figura 119: Simulación caja común transporte. Elaboración propia.

Cabe mencionar que en un camión estándar entrarán geoméricamente 165 palés de Spiker apilados. El peso total con 165 máquinas Spiker sería de 90750kg. La MMA (Masa Máxima Autorizada) de un tráiler es de 36T [74], por lo que por razones de peso solo se podrán transportar 65 palés en un único tráiler.

11. IMAGEN CORPORATIVA

Pese a que este proyecto no está enfocado en ello, se ha considerado adecuado generar una imagen corporativa para darle cohesión. Esta imagen corporativa está pensada de cara a la futura comercialización de la máquina e intentará transmitir una visión profesional que combine el aspecto ingenieril del proyecto con un matriz elegante y limpio que transmita seguridad.

El nombre escogido está inspirado en la palabra inglesa “Spike” que significa pincho o punta. Este nombre trasmite una impresión inmediata del proyecto, ya que está inspirado por la función y geometría de la máquina.

Figura 120: Logotipo Spiker. Elaboración propia.

La tipografía utilizada para este logotipo es la Khmer MN (Figura 121) en su variante Regular, una letra limpia que no tiene serigrafías, lo que aporta elegancia y seriedad. El tracking y el kerning serán los dados por defecto.

Figura 121: Tipografía Khmer MN Regular. Elaboración Propia

Como se puede observar en la Figura 120, a la hora de realizar el logotipo se ha fusionado el perfil de los dientes de las cuchillas, que es la parte más representativa de Spiker, con las partes circulares de las letras “S” “P” y “R”. Se ha añadido su silueta en la zona interior de las letras, para que el exterior del logotipo quede limpio en una línea recta y reforzar el sentimiento de elegancia transmitido por la tipografía elegida. El color del logotipo siempre será único y plano, sin sombreados ni variaciones en tono.

Para obtener un imagotipo que represente de manera distintiva el producto se ha decidido aislar la “S” modificada del logotipo con el perfil de las cuchillas.

Siguiendo estas pautas, el imagotipo final queda representado en la Figura 122



Figura 122: Imagotipo final. Elaboración propia.

Hasta ahora se han mostrado el logotipo y el imagotipo en su color principal negro (#000000), pero la imagen corporativa se podrá utilizar indistintamente en azul (#1B4CAE) exclusivamente. También se ofrece la posibilidad de usarlo en blanco (#FFFFFF), pero solo por motivos de legibilidad en fondos negros.

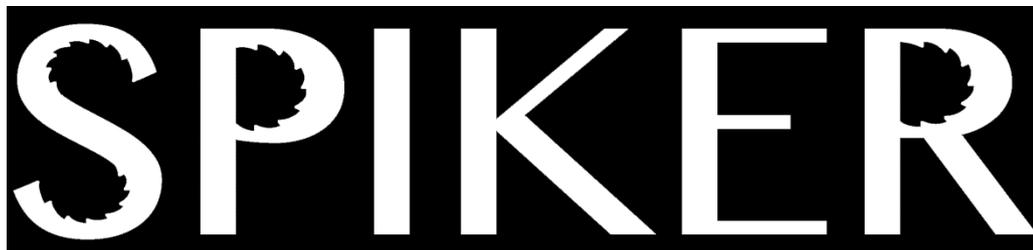


Figura 123: Logotipo invertido. Elaboración propia.



Figura 124: Logotipo azul. Elaboración propia.



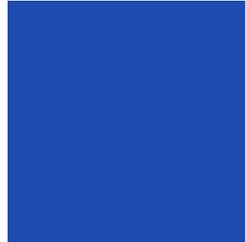
Figura 125: Imagotipo azul. Elaboración propia.



Figura 126: Imagotipo invertido. Elaboración propia.

Todas las variantes se pueden ver en las anteriores figuras (Figura 123, Figura 124, Figura 125 y Figura 126)

Se ha elegido el color azul porque transmite seguridad y confianza. Como ya se ha mencionado, queda definido en sistema hexadecimal de colores como #1B4CAE.



#1B4CAE



Figura 128: Tipografía Khmer MN en blanco. Elaboración propia.



Figura 127: Tipografía Khmer MN en azul. Elaboración propia.

12. IMÁGENES

A continuación, se van a incluir renders y fotografías de Spiker.



Figura 129: Render 1. Elaboración propia.



Figura 130: Render 2. Elaboración propia.



Figura 131: Fotografía Spiker. Elaboración propia.

Fotografías de detalle:



Figura 132: Fotografía tolva abierta. Elaboración propia.



Figura 133: Fotografía unión caja-tolva. Elaboración propia.



Figura 134: Fotografía de zona de corte. Elaboración propia.

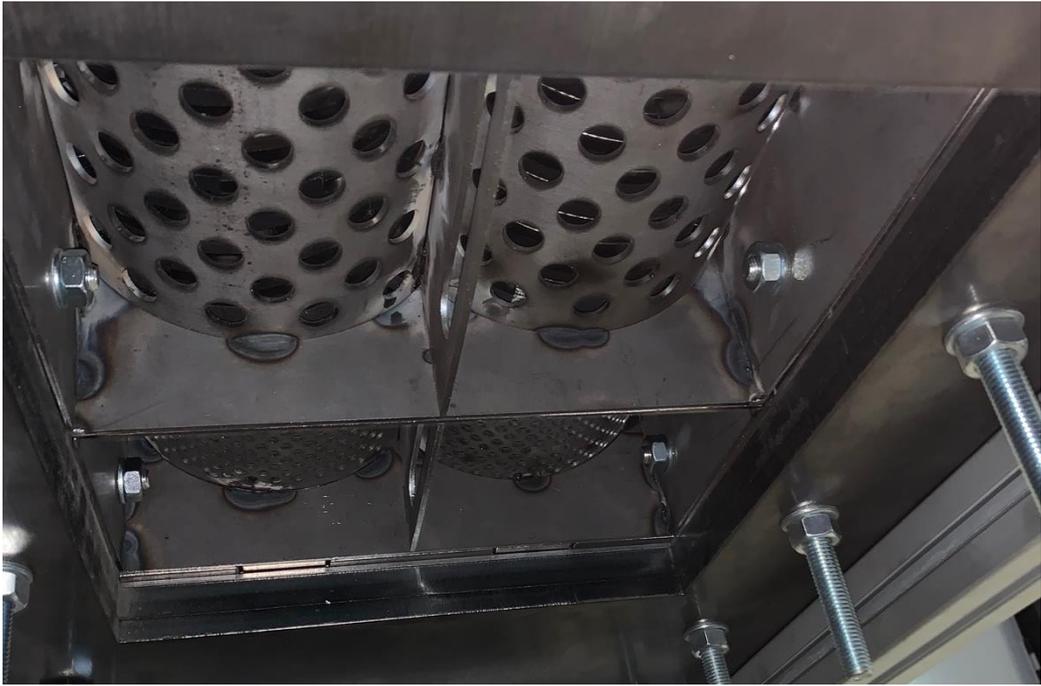


Figura 135: Fotografía de rejillas. Elaboración propia.

13. CONCLUSIONES Y LINEA FUTURA

Al comienzo de este proyecto se fijaron unos objetivos a lograr (2. OBJETIVOS DEL PROYECTO). A continuación, se va a comprobar que se han cumplido estos objetivos además de citar de forma resumida todo el trabajo que se ha llevado a cabo.

- Se ha realizado un completo estudio de mercado, búsqueda de patentes e investigación sobre productos hechos con HDPE.
- Se ha efectuado el estudio de empresas locales, tanto de talleres de mecanizado, corte láser y otros proveedores.
- Se han adoptado las correspondientes hipótesis para posteriormente ejecutar una correcta verificación de los componentes.
- Se ha concebido un primer diseño, el cual sentó las bases para el posterior diseño final, que constituirá Spiker.
- La totalidad del proyecto se ha ceñido a la normativa vigente a nivel nacional, aportando su correspondiente marcado CE, evaluación de riesgos y estudio básico de seguridad y salud. Además, se ha asegurado el cumplimiento del reglamento electrotécnico de baja tensión.
- Se ha adaptado el modelo a las limitaciones que presentaba el sector local. De esta forma, se han combinado los conocimientos del estado de la técnica con las posibilidades ofrecidas por la industria para ofrecer la solución final de Spiker.
- Se ha realizado el modelado 3D, planos y toda la documentación necesaria para su fabricación (manuales de montaje). Además, se ha realizado su ensamblaje real con el objetivo de comprobar si la documentación aportada es correcta. No solamente se ha creado un producto funcional, sino que se ha aportado toda la documentación necesaria para su correcto montaje y funcionamiento.
- Durante todo el proyecto se ha mantenido un contacto continuo con los talleres y suministradores.
- Se ha cubierto satisfactoriamente la posibilidad de industrialización del producto, diseñando una imagen corporativa y generado ciertas imágenes del producto final. Así mismo, se ha realizado un presupuesto industrial, donde se pueden ver reflejados los costes y posible precio de venta con un beneficio industrial añadido.
- Se ha tenido en cuenta que el comportamiento de Spiker dependerá de otras máquinas, ya que, como se mostró en la Figura 2, la trituradora será la primera máquina en el ciclo de reciclado propuesto. Por ello, esta ha de ser flexible en cuanto al tamaño de granza

generado. Gracias a las rejillas y a las dos zonas diferentes de corte, este objetivo se ve cumplido.

- Por último, se considera que la trituradora cumple satisfactoriamente con el enfoque que se le dio en un principio, siendo este destinado a pequeñas comunidades o barrios. Para asegurar su correcto uso por parte del usuario común se ha incluido un manual de reciclaje y uso que indicará como utilizar la máquina, además de incluir una descripción de los plásticos que se pueden reciclar y una relación orientativa entre los objetos que se pueden obtener según gramos de plástico tronzado.

A la vista de las conclusiones expuestas, se puede afirmar que Spiker ha cumplido con los requisitos propuestos.

Sin embargo, durante el proceso de fabricación de Spiker, han surgido varios contratiempos, dando lugar a una reflexión y ofrecer aspectos a mejorar. Por ello, se expondrán una serie de conclusiones sobre fabricación, además de ofrecer ciertos cambios para solventarlos.

13.1. CONCLUSIONES SOBRE FABRICACIÓN

Al inicio de este proyecto, se propuso una idea aparentemente sencilla, que consistía en hacer un estudio de mercado y combinar componentes ya implementados en otras máquinas. Sin embargo, concebir una máquina en su totalidad supone de muchas horas invertidas.

Para comenzar, se modeló la máquina desde el software de diseño, creando el ensamblaje con herramientas CAD. También para la elaboración de planos, cálculos u otras tareas complejas, se usaron diferentes programas informáticos. Para más información sobre estos, acudir a el documento “Anejos”. Pese a la complejidad que tiene realizar una máquina completa en modelado 3D, los problemas principales han aparecido en la fabricación.

A la hora de fabricar Spiker, surgieron diversas dificultades e imprevistos dificultando la ejecución del proyecto. Esto ha sido una motivación para modificar ciertos puntos, además de redactar una posible línea de acción para mejorar ciertas zonas de la máquina.

A continuación, se exponen algunos de los contratiempos más relevantes a la hora de ensamblar y fabricar sus diferentes partes.

En primer lugar, el taller de mecanizado encargado de mecanizar el eje cometió un error al mecanizar un chavetero. Esto hizo imposible que el engranaje que se acoplaba a la chaveta quedase alojado dentro de la caja, como se supuso en el diseño.



Figura 136: Error de mecanizado del eje. Elaboración propia.

También hubo sendos fallos por parte de la empresa a la que se encargó el corte laser.

Puesto que las dos paredes laterales de la caja son muy similares (01-01-03 y 01-01-04), el encargado de mandar la orden a la máquina hizo dos veces la misma pieza.



Figura 137: Placa 01-01-03 fabricada dos veces por error. Elaboración propia.

Además, en un lote de separadores, concretamente en la pieza (01-02-25), ejecutaron el corte sobre un espesor de chapa incorrecto, reemplazando su correcto espesor de 4mm por otro de 2,5mm. Esto conlleva que falten piezas imprescindibles para el correcto ensamblaje de la caja.

Al ser una gran cantidad de cuchillas similares en el eje corto, y debido a que mayoritariamente había que fabricar una unidad de cada, omitieron la segunda unidad de dos cuchillas (01-02-01 y 01-02-13). Así mismo pasó con la pieza lateral de la tolva. Estas piezas faltaron en el primer envío.

En el chapón general (05-01-00), omitieron ciertas especificaciones del plano, ya que hicieron una versión anterior que no las tenía actualizadas. Esto supuso que la alineación del eje de salida del reductor con la caja quedase

desplazada. Además, faltaban cuatro agujeros por donde pasar las varillas que comprimen la caja. Por último, no incluía ningún avellanado para su respectiva tornillería. Esto imposibilitaba el acople entre la chapa y el bastidor.

Un último fallo fue el plegado de la pieza 01-05-04 (malla de 14mm), la cual se dobló por el eje de simetría incorrecto. Debido a esto, el montaje y soldadura de la rejilla grande se vio retrasado, ya que la empresa de corte laser externaliza las tareas de plegado.



Figura 138: Rejilla plegada por el eje erróneo. Elaboración propia.

A la vista de las piezas recibidas, se ha observado que las tolerancias geométricas no han sido respetadas en su totalidad. Esto ha dificultado mucho el montaje, requiriendo de gran cantidad de horas de mano de obra directa ajustando el ensamble.

Todo lo mencionado anteriormente retrasó el plazo de fabricación de Spiker.

Sin embargo, todos estos inconvenientes se han tenido en cuenta y se van a citar las correspondientes modificaciones para intentar solventar los mismos. Aún así cabe mencionar que en todo proceso de fabricación siempre quedarán ciertos fallos incontrolables.

En caso de querer replicar la máquina Spiker o una posterior industrialización de esta, en el siguiente apartado (13.3.1.), se expondrán posibles puntos de mejora.

13.2. RESULTADOS DE CORTE

Después de poner a funcionar la máquina, los primeros resultados de corte son los siguientes (Figura 139):



Figura 139: Resultados máquina. Elaboración propia.

13.3. LÍNEA FUTURA

Como se comentó en la introducción de esta memoria, Spiker sienta los cimientos de un proyecto más general, destinado a la recuperación de desechos plásticos dándoles una segunda vida útil.

Por ello, habrá que seguir desarrollando el resto de los componentes mostrados en la *Figura 2*. Como ya se comentó en la sección 1.3., habrá que definir el destino final del plástico triturado. Según la aplicación, se optará por destinar el material a una extrusora, a una inyectora, etc.

13.3.1. PUNTOS DE MEJORA

A la vista de todos los contratiempos expuestos en la sección anterior, se van a proponer ciertos puntos de mejora en el diseño:

Para evitar el problema ocurrido en la fabricación de los espaciadores, una buena práctica sería estandarizar más sus espesores.

Para quitar las dos cuchillas iguales de seis filos, habría que reducir un poco el tamaño de la zona de corte y, de esta forma, bastaría con una cuchilla de cada tipo. En relación con esta reducción de tamaño, las rejillas inferiores deberían ser modificadas. Sería ideal que las chapas fuesen cuadradas, para evitar así fallos en el plegado.

En la aplicación real, una vez puesta en marcha la máquina y comprobado el rendimiento de corte, se podrán cambiar ciertos elementos hasta dar con la configuración de corte óptima. Esto es posible gracias a la geometría del eje y las cuchillas, ya que pueden ser reemplazados por otras.

En caso de querer aumentar el factor de seguridad de las cuchillas, se considerará realizar un tratamiento sobre las mismas. Si esto no fuese suficiente, habría que replantear la geometría de las cuchillas. Cabe destacar que con los tratamientos térmicos las tolerancias de planitud pueden verse afectadas, y, en caso de ser respetadas, el coste de las piezas aumentará.

Puesto que los engranes tiene diferente número de dientes, estos podrían ser intercambiados, quedando el giro del eje motriz algo más lento que el del eje conducido en caso de ser necesario.

En relación con obtener la configuración de corte óptima, el variador será el encargado de conseguirla, ya que dará control absoluto sobre la velocidad de giro de los ejes.

Una mejora funcional a través del variador puede ser añadir un autómata externo que, según las salidas del variador de frecuencia, tome unas consignas u otras. Por ejemplo, si recibe una señal de que el par entregado es casi nulo y la intensidad consumida muy elevada, el automatismo podría hacer que el variador cambie el sentido de giro de los ejes u otra opción que se considere adecuada. El controlador tiene gran cantidad de parámetros y configuraciones, por ello, el abanico de opciones será muy amplio.

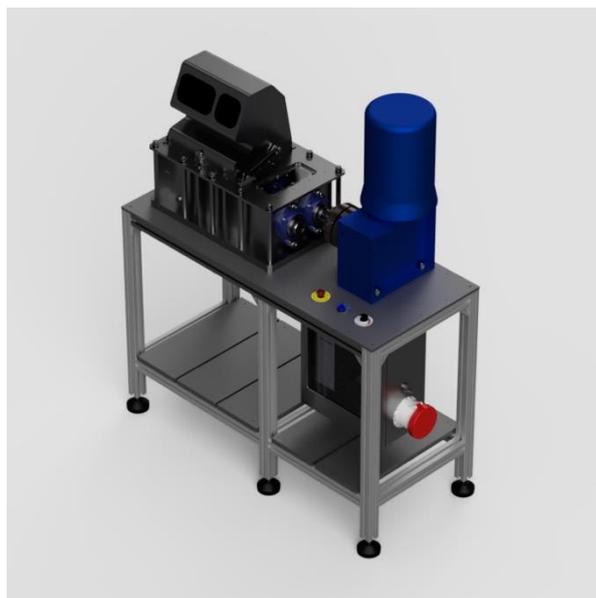


Figura 140: Spiker, trituradora de plásticos. Elaboración propia.

A la vista de la Figura 140, se puede observar que la posición del motor encima del chapón ocupa espacio útil que podría ser destinado a otros propósitos. Además, no queda muy estético. Para solucionar este problema, se puede buscar otro tipo de anclaje del motor-reductor, en el cual, este quede ensamblado por la parte inferior de la chapa común. Para ello, también habría que replantear la posición del cuadro eléctrico.

Para aumentar la seguridad de la máquina, una buena práctica sería incluir sensores al final del recorrido de la tolva. De esta forma, se asegura que la máquina no pueda funcionar si la tolva estuviese levantada y evitar así posibles accidentes del usuario.

Otra mejora puede ser añadir una báscula de pesaje sobre la que se colocará el recipiente donde cae la granza de la trituradora (Figura 141). De esta forma, el usuario puede saber cuánto material ha aportado y, en función de eso, tener acceso a ciertos productos terminados. En la Tabla 1 y en “Anejos: Manual de reciclaje y uso.” se mostró una posible clasificación de recompensas según la cantidad de material aportado.

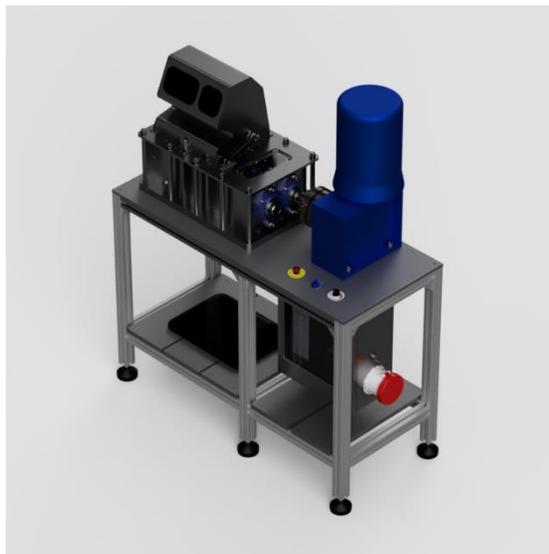


Figura 141: Ubicación de la báscula en Spiker. Elaboración propia.

Para concluir, cuando se haya finalizado el proyecto general que incluya todas las máquinas necesarias para cerrar el ciclo de reciclado (Figura 2), este proyecto podrá ser destinado para reciclar en pequeñas comunidades o barrios, como ya se ha mencionado con anterioridad, o como actividad en lugares de inclusión social como centros de menores o similares.

De esta forma, todo aquel que utilice estas máquinas obtendrá un grado de satisfacción a través del reciclado de plástico, ya que se verá involucrado activamente y podrá conseguir transformar un producto ‘residual’ en otro funcional.

14. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «La ONU advierte de que sólo el 9 % del plástico usado en el mundo se recicla,» *EFE*, 2019.
- [2] «Mar de plásticos: cuánto plástico hay en el mar y los océanos.,» Fundación Aequae, 2019. [En línea]. Available: <https://www.fundacionaequae.org/mar-de-plastico-el-80-de-la-basura-en-el-mar-es-plastico/>. [Último acceso: 19 12 2019].
- [3] «Plastics Europe,» 2018. [En línea]. Available: https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf. [Último acceso: 05 10 2019].
- [4] «3R3D,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.3r3dtm.com/producto/hdpe-lupolen-3d-filament> . [Último acceso: 20 12 2019].
- [5] «Project Lia,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.projectlia.org/>. [Último acceso: 06 12 2019].
- [6] «Filastruder,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.filastruder.com>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [7] «Partes Filastruder Kit,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.filastruder.com/collections/filastruders-accessories/products/filastruder-kit?variant=338126128>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [8] «Precious Plastics,» 2019. [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [9] «Máquinas de Precious Plastics,» 2019. [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com/en/machines.html>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [10] «Tronzadora Precious Plastics,» 2019. [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com/en/videos/build/shredder.html>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [11] «Extrusora Precious Plastics,» 2019. [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com/en/videos/build/compression.html>. [Último

acceso: 20 12 2019].

- [12] «Inyectora Precious Plastics,» 2019. [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com/en/videos/build/injection.html>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [13] «Prensadora Precious Plastics,» 2019. [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com/en/videos/build/extrusion.html>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [14] «3Devo,» 2019. [En línea]. Available: <https://3devo.com>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [15] «Ciclo 3Devo,» 2019. [En línea]. Available: <https://3devo.com/our-process/>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [16] «Extrusora de filamento 3Devo,» 2019. [En línea]. Available: <https://3devo.com/filament-makers/>. [Último acceso: 20 12 2019].
- [17] «Shr3d it shredder,» 2020. [En línea]. Available: <https://3devo.com/shred-it/>. [Último acceso: 05 01 2020].
- [18] «Polystar,» 2020. [En línea]. Available: https://www.polystarco.com/es/about_C03.html. [Último acceso: 07 01 2020].
- [19] «Polystar. Recicladora con cortadora y compactadora,» 2020. [En línea]. Available: https://www.polystarco.com/es/products_i_Cutter_integrated_Recycling_Machine.html. [Último acceso: 07 01 2020].
- [20] «Polystar. Máquina de reciclaje con triturador,» 2020. [En línea]. Available: https://www.polystarco.com/es/products_i_Single_shaft_shredder.html. [Último acceso: 07 01 2020].
- [21] «Polystar. Extrusora de tres capas (ABA) HDPE,» 2020. [En línea]. Available: https://www.polystarco.com/es/products_i_Multilayer_blown_film_machine.html. [Último acceso: 07 01 2020].
- [22] «Filabot Reclaimer,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.filabot.com/collections/filabot-core/products/filabot->

reclaimer-1. [Último acceso: 11 09 2020].

- [23] L. Wolfgang, «Dispositivo triturador para residuos». Patente ES2047789.
- [24] H. Bacher, «Dispositivo para la trituración de material plástico de desecho». Patente ES2272686., 2007.
- [25] J. G. Milan, «Molino triturador de material plástico». Patente ES2005355, 01 03 1989.
- [26] P. E. Gil, «Máquina trituradora y granuladora para el desmenuzamiento de piezas termoplásticas de grandes dimensiones». Patente ES0275857, 1962.
- [27] D. SUN, «Special Grinder for plastics». EEUU Patente US20180200723, 2018.
- [28] «Mecasinc, mecanizados de precisión. Mecanizar mediante el corte láser,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.mecanizadossinc.com/mecanizado-precision-corte-laser/> . [Último acceso: 27 01 2020].
- [29] «Laser Ebro,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.laserebro.com> (27/01/2020). [Último acceso: 28 01 2020].
- [30] «CMO. Cortes Metalúrgicos Oviedo.,» 2020. [En línea]. Available: <http://cmoviedo.com/CLON/>. [Último acceso: 27 01 2020].
- [31] «Lasercor,» [En línea]. Available: <http://www.lasercor.com> . [Último acceso: 27 01 2020].
- [32] «SKF,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/es>. [Último acceso: 28 01 2020].
- [33] «SKF Española,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/es/organisation/skf-espanola#cid-519104> . [Último acceso: 28 01 2020].
- [34] «Fasten Sistemas,» [En línea]. Available: <http://www.fasten.es> . [Último acceso: 15 02 2020].
- [35] «Fegime,» [En línea]. Available: <https://www.fegime.es/fegime>. [Último acceso: 06 02 2020].

- [36] «ABB,» [En línea]. Available: <https://new.abb.com/es/productos-y-servicios>. [Último acceso: 08 02 2020].
- [37] «RS Components,» [En línea]. Available: <https://es.rs-online.com/web/> . [Último acceso: 02 03 2020].
- [38] «Brammer,» [En línea]. Available: <http://cms.brammer.es> . [Último acceso: 03 03 2020].
- [39] «Maquinaria Eléctrica Bilbao,» [En línea]. Available: <http://www.mebsa.com/pdf/Catalogo-General-Motores-Trifasicos-MEB.pdf>. [Último acceso: 25 02 2020].
- [40] «Control Techniques,» [En línea]. Available: <https://acim.nidec.com/es-es/drives/control-techniques>. [Último acceso: 03 03 2020].
- [41] «Leroy-Somer,» [En línea]. Available: <https://acim.nidec.com/es-es/motors/leroy-somer/about-us/leroy-somer>. [Último acceso: 05 02 2020].
- [42] «Brown Advance,» [En línea]. Available: <https://www.browadvance.com/>. [Último acceso: 15 04 2020].
- [43] «Jesús suministros,» [En línea]. Available: <http://jesusonline.es/228-PRODUCTOS>. [Último acceso: 05 03 2020].
- [44] «Construcciones Mecánicas Casado S.A,» [En línea]. Available: <http://www.cmcasado.es/>. [Último acceso: 14 07 2020].
- [45] «Precious plastics,» [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com/index.html>. [Último acceso: 05 05 2020].
- [46] «Especificaciones técnicas Shredder Pro,» [En línea]. Available: <https://preciousplastic.com/solutions/machines/pro.html>. [Último acceso: 05 05 2020].
- [47] «Control Techniques,» [En línea]. Available: <https://acim.nidec.com/es-es/drives/control-techniques/products/ac-drives/commander-c-general-purpose-drives>. [Último acceso: 26 10 2019].
- [48] «CONTROL ESCALAR DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE,» [En línea]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/CONTROL_ESCALAR_MOTOR_DE_INDUCCION_TRIFASICO..pdf.

- [49] M. A. R. Pozueta, «Variación de velocidad en motores asíncronos».
- [50] «Fenner HRC Couplings,» [En línea]. Available: https://www.fptgroup.com/dss/docs/708_05_Fenner_Couplings.pdf. [Último acceso: 15 06 2020].
- [51] «Brown Advance- Reductores estandar-corona-sinfin,» [En línea]. Available: <https://www.brownadvance.com/productos/reductores-estandar/sinfin-corona-bwq.php>. [Último acceso: 15 10 2020].
- [52] «Camloc,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.camloc.com/>.
- [53] «Norelem,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.norelem-spain.es/>.
- [54] «Aenor-Marcado CE-Máquinas,» [En línea]. Available: <https://www.aenor.com/certificacion/marcado-ce/maquinas>.
- [55] «DIRECTIVA 2006/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO,» [En línea]. Available: <https://www.boe.es/doue/2006/157/L00024-00086.pdf>.
- [56] «Marcado CE,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.marcado-ce.com/acerca-del-marcado-ce/que-es-marcado-ce.html>.
- [57] «Método de Evaluación General de Riesgos del INSHT,» 2016. [En línea]. Available: <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/metodo-de-evaluacion-general-de-riesgos-del-insht/>.
- [58] «INSHT-CLASIFICAES LABORALES,» [En línea]. Available: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwilneuX7JDrAhWNnxQKHQpyBCUQFjAAegQIAhAB&url=https%3A%2F%2Fceoea.ragon.es%2Fprevencion%2Fprevengo%2Fdocs%2FINSHT-CLASIFICAES%2520LABORALES.doc&usg=AOvVaw1IEBrSwQY-3Ts-vMWgP-OK>.
- [59] «Condiciones Físico Ambientales, Ambiente térmico,» [En línea]. Available: <https://w3.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/B-%20Condiciones%20f%EDsico-ambientales/4-Ambiente%20t%E9rmico.pdf>.
- [60] «Niveles de iluminación recomendados,» [En línea]. Available: https://www.noao.edu/education/QLTkit/es/Safety_Activity_Poster/Lig

htLevels_outdoor+indoor_es.pdf .

- [61] «El ruido y el diseño de un ambiente acústico,» [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81680213.pdf> .
- [62] «Cálculo del circuito que alimenta un motor eléctrico,» 2020. [En línea]. Available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51872/OA_CALCULO_MOTORES.pdf?sequence=3. [Último acceso: 18 09 2020].
- [63] «Metal Service,» [En línea]. Available: <http://www.metal-service.net/pdf/CARACTERISTIQUE%20ACERS.pdf>. [Último acceso: 15 08 2020].
- [64] «Baiz SL,» [En línea]. Available: <http://www.baiz.net/es/productos-husillos-materiales-mas-frecuentes/acero-f-114-xc-45>. [Último acceso: 12 05 2020].
- [65] «Bodycote,» [En línea]. Available: <https://www.bodycote.com/es/servicios/tratamiento-termico/temple-y-revenido/>. [Último acceso: 20 05 2020].
- [66] «Resinex,» [En línea]. Available: <https://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/pmma.html>. [Último acceso: 15 04 2020].
- [67] «Mantenimiento Preventivo,» [En línea]. Available: <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>. [Último acceso: 06 10 2020].
- [68] «Productos de mantenimiento y lubricacion SKF,» [En línea]. Available: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680658e1b-03000_ES_tcm_201-163650.pdf. [Último acceso: 08 10 2020].
- [69] «Rodamientos rígidos de bolas,» SKF, [En línea]. Available: <https://www.skf.com/es/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings>.
- [70] «Lubricacion de engranajes y cojinetes con aceites sintéticos,» 19 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.lubricantesyfiltrosindustriales.es/lubricacion-de-engranajes-y-cojinetes-con-aceites-sinteticos/>. [Último acceso: 18 09 2020].

- [71] «Brown Europe-Information Sheet,» [En línea]. Available: http://www.browneuropeltd.com/catalogues/BWQ_Worm_Geared_Motors_information_sheet.pdf. [Último acceso: 25 10 2020].
- [72] Mecalux, «<https://blog.logismarket.es/medidas-palets-estandares-extendidos/>,» 2020. [En línea].
- [73] E. p. d. t. y. l. logística, «<http://www.logisticaytransporte.es/paletizacion.htm>,» 2020. [En línea].
- [74] G. Agudo, «<https://www.gruasagudo.es/cuantas-toneladas-carga-un-camion/>,» 2020. [En línea].
- [75] «Figura recicladora HNT-V,» 2020. [En línea]. Available: https://www.polystarco.com/UserFiles/kindeditor/image/20150716/products_i_f_1.jpg. [Último acceso: 07 01 2020].
- [76] «Recicladora SNT-V,» [En línea]. Available: https://www.polystarco.com/UserFiles/kindeditor/image/20170217/products_i_pic_repro_one.jpg. [Último acceso: 07 01 2020].
- [77] «Figura extrusora de tres capas (ABA) HDPE.,» 2020. [En línea]. Available: https://www.polystarco.com/UserFiles/kindeditor/image/20170218/Multilayer_blow_n_film_machine_products_pic1.jpg. [Último acceso: 07 01 2020].
- [78] «Figura patente ES2272686.,» 2020. [En línea]. Available: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/02/27/26/ES-2272686_T3.pdf . [Último acceso: 09 01 2020].
- [79] «Figuras patente ES2005355,» 2020. [En línea]. Available: <https://worldwide.espacenet.com/3.2/rest-services/published-data/images/WO/2015118448/PA/firstpage.png>
<https://worldwide.espacenet.com/3.2/rest-services/published-data/images/EP/2364781/PA/firstpage.png> . [Último acceso: 09 01 2020].
- [80] «Figuras patente ES2047789,» 2020. [En línea]. Available: <https://worldwide.espacenet.com/3.2/rest-services/published-data/images/EP/3646951/PA/firstpage.png>. [Último acceso: 09 01 2020].

- [81] «Figura patente ES0275857,» 2020. [En línea]. Available: http://www.oepm.es/pdf/ES/0000/000/00/27/58/ES-0275857_A1.pdf . [Último acceso: 10 01 2020].
- [82] «Figura patente US20180200723,» 2020. [En línea]. Available: https://patentscope.wipo.int/search/docs2/nat/US223781028/pic/PQxwdEg2pr1AxquCihJ6sAxJCy8nLxvG7HnqigiYqQTkWH9RKfTXyX_ZsPafd8OmE8PnG0bvMYMuyPIV1h7j3Vt8hqGvO2ucHbTjO8TvoGEfqCDErWtoiRgzFNJax-9S4SuaemKNWys3e-eylGTWHwbc_KHnY2AmYsl. [Último acceso: 15 01 2020].
- [83] «The Confetti Family,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.designbythem.com/products/confetti-stool?variant=8174922498136>. [Último acceso: 25 08 2020].
- [84] «Paragüero Confetti.,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.designbythem.com/products/confetti-umbrella-stand?variant=33030249021528> . [Último acceso: 25 08 2020].
- [85] «Maceta Confetti,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.designbythem.com/products/confetti-planter?variant=32964185260120> (26/08/2020). [Último acceso: 25 08 2020].
- [86] «Back to Nature,» 2020. [En línea]. Available: <https://andreamangone.com/works/back-to-nature/>. [Último acceso: 27 08 2020].
- [87] «Tabla de cortar de HDPE,» [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=jx2B55YG4SY> . [Último acceso: 27 08 2020].
- [88] «Pallet de HDPE,» 2020. [En línea]. Available: <https://huading-plastic.en.made-in-china.com/product/sdQmSwAGgThU/China-1600-1400-150-Export-Recycled-HDPE-Plastic-Pallet.html>. [Último acceso: 28 08 2020].
- [89] «Proporciones del anagrama del mercado CE,» [En línea]. Available: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.marcado-ce.com%2Facerca-del-marcado-ce%2Fque-es-marcado-ce.html&psig=AOvVaw0ESVNBK_YjgvKxNX9EgqMX&ust=1596999606292000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJjNhqaljOsCFQAAAAAdAAAAABAD.

- [90] «Plastic materials EU demand per polymer,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.plasticseurope.org/application/files/4315/1310/4805/plastic-the-fact-2016.pdf>. [Último acceso: 15 03 2020].
- [91] «El País,» 2018. [En línea]. Available: https://elpais.com/elpais/2018/07/06/media/1530887316_976581.html. [Último acceso: 15 11 2019].
- [92] «Guia de Usuario del control,» [En línea]. Available: <https://acim.nidec.com/drives/control-techniques/-/media/controltechniques/files/step-by-step-guides/commander-c200-c300-control-user-guide-issue-1.ashx>.