

UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA (UAITIE)

“CONVOCATORIA 2019”

IV PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

Máquina Plegadora de Tetrabriks

AUTOR/ES:

**Carla Fernández Lobeto, Lorena García Cruz
Álvaro Santisteban Martínez, Juan Santori Cuadriello**

**BLOQUE TEMÁTICO:
Gestión de Residuos**

**NIVEL EDUCATIVO:
2º Bachillerato**

**COORDINADOR:
Lourdes Álvarez Barcia**

Marzo, 2019

Agradecimientos:

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a las personas que han colaborado de alguna forma en que el proyecto haya llegado a buen término:

A Aurelio González Soriano, gerente de la empresa Normagrup Technology por la realización de la compra del material eléctrico y neumático que precisamos para el montaje del prototipo; a los alumnos de 2º E.S.O: Eliandro Cuevas Silveiro y Oliver Martínez del Corro, que colaboraron mediante el corte del carril DIN; a los profesores del ciclo de Mantenimiento Electromecánico y del departamento de Tecnología, Pablo Bayo Bilbao, Ángel Corujo Pérez, Alfredo Manuel Sánchez Sánchez y Victoriano Montoto García, por **enseñarnos** a roscar, plegar, imprimir en 3D, uso de la radial y otras tecnologías de mecanizado que tuvimos que emplear en la construcción del prototipo. Al profesor de Geografía e Historia y de la optativa de Cine, Francisco Cuesta por ayudarnos con la producción del vídeo.

Resumen

En este proyecto se realiza todo el proceso de diseño de una máquina automática para el plegado de tetrabriks una vez vaciado su contenido. Se parte de un problema a resolver, se proponen ideas para resolverlo y se realizan todas las fases hasta que dicha idea se convierte en un prototipo físico funcional.

El problema a resolver ha sido la reducción del volumen de los tetrabriks vacíos antes de depositarlos en el contenedor doméstico. Esto haría que la bolsa de basura tuviese capacidad para más tetrabriks y se reduciría el consumo de dichas bolsas.

La primera fase ha consistido en la realización de una búsqueda de posibles invenciones que pudiesen poner en riesgo el carácter innovador de la idea. A partir de ahí, se siguen las fases marcadas en la norma **UNE 166001 “Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i” [1].**

La máquina que se presenta, funciona con tecnología electroneumática. Está compuesto por una estructura en la que se ensamblan 4 actuadores neumáticos (cilindros). Estos cilindros se encargan de plegar el tetrabrik en 4 fases gracias a la fuerza ejercida por el aire comprimido proveniente de un compresor. Los cilindros irán provistos de detectores magnéticos que actúan como interruptores cerrados y abiertos.

Para conseguir la secuencia necesaria en el movimiento de los cilindros, se hace uso de relés que actuarán sobre las electroválvulas que, según su posición, permiten la entrada o salida de los vástagos. Por último, el prototipo también consta de un tablero de control con pulsadores de puesta en marcha y de paro, así como de pilotos de señalización que indican si la máquina está parada o en funcionamiento

Palabras Clave

Tetrabrik, Reciclaje, Basura, Plegado

Índice

1	Introducción.....	5
2	Objetivo	6
3	Metodología	6
3.1	<i>Estudio del estado del arte</i>	7
3.1.1	Estudio de mercado.....	7
3.1.2	Análisis de patentes	7
3.2	<i>Especificación de requisitos</i>	8
3.3	<i>Diseño de alto nivel</i>	9
3.4	<i>Diseño de detalle.....</i>	9
3.4.1	Croquis de posibles soluciones	9
3.4.2	Estructura	10
3.4.3	Circuito electroneumático	13
3.5	<i>Construcción del prototipo.....</i>	13
3.5.1	Accesorios de los cilindros	13
3.5.2	Estructura	14
4	Pruebas, rediseños y resultados	15
5	Conclusiones y trabajo futuro.....	20
6	Referencias	20

1 Introducción

La creciente preocupación del Parlamento Europeo por todo lo concerniente al medio ambiente y el establecimiento de medidas que incrementen su protección y estimulen la economía circular, tuvieron su último episodio en la aprobación de la Directiva (UE) 2018/85 [2], [3], del pasado año, que modifica directivas anteriores, referidas a los envases y residuos de envases.

Estableciendo plazos, la citada directiva fija en finales de 2025 llegar a reciclar un 65% los residuos de envases, y alcanzar el 70% un lustro más tarde. Considerando la complejidad de la gestión de esos residuos a nivel municipal, que se estima representan entre un 7% y un 10%, del total a nivel europeo, para este sector la aspiración está en alcanzar un 65% para finales de 2035.

Aunque nos parezcan alcanzables estos objetivos, la realidad nos dice que será algo bastante difícil, y ya se alzan voces que expresan el convencimiento de que España no podrá cumplir esos objetivos en los plazos estipulados.

A nivel municipal es indudable que la gestión de los residuos es extremadamente compleja, pues depende de la creación de infraestructuras adecuadas por parte de las administraciones locales, y de la respuesta desde el ámbito doméstico. Las administraciones necesitan realizar importantes inversiones, mientras la sociedad debe estar debidamente concienciada, estando dispuesta a contribuir en este empeño. ¿Y si facilitamos un tanto el aporte de los ciudadanos en esta tarea? Este es el objetivo del trabajo que proponemos.

En este documento presentamos el trabajo realizado para el diseño y construcción de una máquina automática para plegar los tetrabriks. En el capítulo 2 se establecen los objetivos que se plantean, en el capítulo 3 se establece la metodología empleada hasta la obtención de los resultados. Éstos se ven en el capítulo 4. Finalmente, en el capítulo 5 se hace referencia a las conclusiones que se han extraído de todo el

proyecto. Se pueden ver fotos y vídeos en la carpeta de Google Drive: Máquina Plegadora de Tetrabriks.

2 Objetivo

El objetivo general de este proyecto es analizar la viabilidad de tener una plegadora doméstica para los tetrabriks una vez finalizado su contenido.

Se plantean los siguientes objetivos específicos:

- El estudio de la electroneumática como tecnología adecuada para la automatización de procesos.
- El aprendizaje en el manejo de herramientas software de diseño de piezas 3D así como el uso de la impresión 3D para la fabricación de prototipos.
- Adquirir destrezas en el manejo de diferentes tipos de herramientas y equipos: polímetros, taladros, machos de roscar y mortajas, calibre, polímetro, etc.
- La puesta en práctica mediante un proyecto real de todas las fases que se llevan a cabo en los departamentos de I+D+i de las empresas industriales.
- Entender, de primera mano, las dificultades que conlleva la construcción de prototipos hasta que se logra su correcto funcionamiento

3 Metodología

A la hora de abordar este proyecto, teniendo en cuenta su carácter innovador, se ha seguido la metodología aconsejada por AENOR en la norma **UNE 166001 “Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i”**. Esto se verá reflejado en la estructura por capítulos del presente documento. Por razones de espacio, algún capítulo que hemos creído interesante se adjunta como anexo (véase carpeta de Google Drive: Máquina Plegadora de Tetrabriks).

3.1 Estudio del estado del arte

3.1.1 Estudio de mercado

Se realizó una búsqueda por Internet poniendo plegadora de tetrabriks en el buscador y no se localizó nada que plegase los tetrabriks una vez consumido su contenido.

3.1.2 Análisis de patentes

En el ámbito de investigación tecnológica sobre la existencia de patentes que puedan poner en peligro la propiedad de nuestro proyecto, se ha hecho una investigación en la página web: www.espacenet.com. En esta página web, donde se puede encontrar cualquier tipo de patente española, no encontramos ninguna que ponga en peligro la originalidad y propiedad de nuestro proyecto. Además de realizar una búsqueda en el ámbito español, hemos hecho una búsqueda a nivel europeo donde tampoco encontramos ningún producto similar. La página web empleada para realizar la búsqueda a nivel europeo ha sido: <http://invenes.oepm.es>

Al realizar la búsqueda empleando como palabras claves *Tetrabrik* encontramos varias patentes y modelos de utilidad, pero ninguna pone en riesgo nuestro proyecto por lo que no las consideramos como obstáculo a la hora de continuar con nuestro proyecto. A modo de ejemplo, en los modelos de utilidad ES 1038166 U y ES 10444038 U, se describen dos contenedores para clasificación de hasta 5 tipos de basuras entre las cuales están los tetrabriks. No obstante, en ningún momento se habla del plegado de los mismos en el interior de dicho contenedor. En la solicitud de patente ES 2013174 A1 y ES 2013174 B1, se reivindica la colocación en el proceso de fabricación de envases de plástico, como botellas o tetrabriks, de una pieza metálica que permita la separación de este tipo de residuos mediante electroimanes. Esta reivindicación se aleja mucho del objeto de nuestro proyecto. En ES 2209755, pese a que también en ella aparece la palabra tetrabrik, se trata de un método de fabricación de este tipo de envases que mejora el existente mediante una mejor precisión en el troquelado de la perforación donde irá el tapón. En 2353712 A1 y 2353712 B1 se reivindica un tapón

para evitar que el líquido salga a borbotones. Otro método con el mismo objetivo se propone en el modelo de utilidad ES 1095255 U. Las patentes 2503616 y ES 2037697 describen una máquina de plegado para producir tetrabriks y una máquina para el plegado y pegado de las pestañas respectivamente. La que se propone en este proyecto, es para lo contrario. En el modelo de utilidad ES 1078924 se reivindica un contenedor para tirar tetrabriks previamente plegados. Este modelo no reivindica ningún método de plegado. El modelo de utilidad ES 1073656 es el único que reivindica una máquina plegadora de tetrabriks. En este caso es una prensa totalmente manual mientras que la que se propone en este proyecto incluye una mejora sustancial ya que el proceso de plegado está automatizado.

3.2 Especificación de requisitos

La máquina funcionará con la tensión de red monofásica (230 Vac) y podrá ser enchufada a una toma de corriente de 16A con toma de tierra de las que puede haber en cualquier cocina de vivienda. Debido a esto, cumplirá la directiva europea de baja tensión 2014/35/UE de material eléctrico transpuesta al ordenamiento español por el **R.D. 187/2016** por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.

Funcionará de forma automática mediante neumática. Debido a esto, deberá cumplir con la directiva europea **2014/68/UE de equipos a presión**, transpuesta al ordenamiento español por el **R.D. 709/2015**, donde se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de equipos a presión.

- La máquina no entrará en funcionamiento mientras no detecte un tetrabrik en su entrada o se accione un pulsador de marcha.
- Habrá una seta de emergencia que parará todo el proceso de plegado en cualquier momento. Para que se inicie de nuevo el proceso, habrá que desbloquear la seta e introducir de nuevo un tetrabrik.

- Los actuadores neumáticos volverán a su posición de reposo cuando se accione la seta de emergencia liberando el tetrabrik.
- Mientras el proceso se esté llevando a cabo, ningún cilindro neumático será accesible. No habrá tampoco partes eléctricas vivas accesibles.

3.3 Diseño de alto nivel

Tras el análisis del estado del arte, se ha decidido hacer una mejora sustancial de la propuesta en el modelo de utilidad U201000876 en la que se presenta una plegadora doméstica de tetrabriks accionada de forma manual. En el caso del proyecto que aquí se desarrolla, la plegadora será totalmente automática.

Para la automatización de la máquina se hará uso de tecnología electroneumática con lo que los bloques que se tendrán en cuenta son los representados en la figura 1:

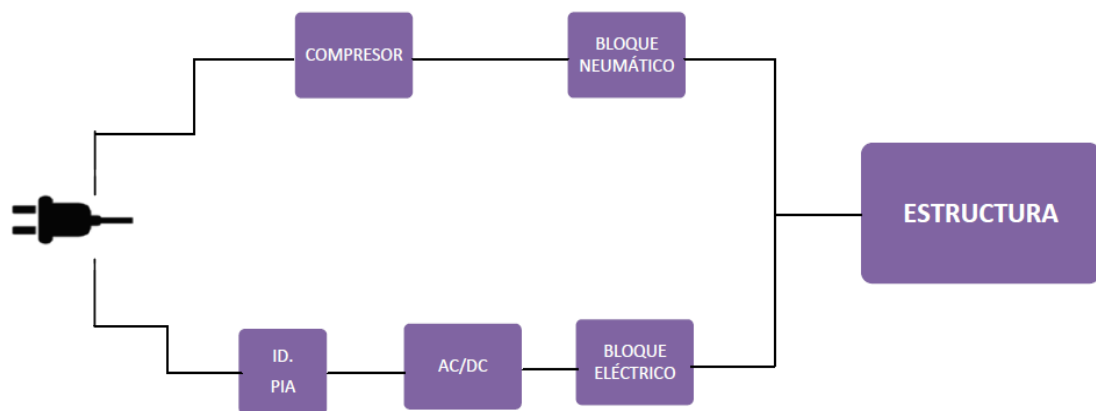


Figura 1: Diagrama de bloques de la máquina

A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los bloques que compondrán la máquina. (véase anexo 1: diseño de alto nivel)

3.4 Diseño de detalle

3.4.1 Croquis de posibles soluciones

Para abordar el problema del plegado de tetrabriks, lo primero fue analizar posibles soluciones y dibujar bocetos de las mismas:

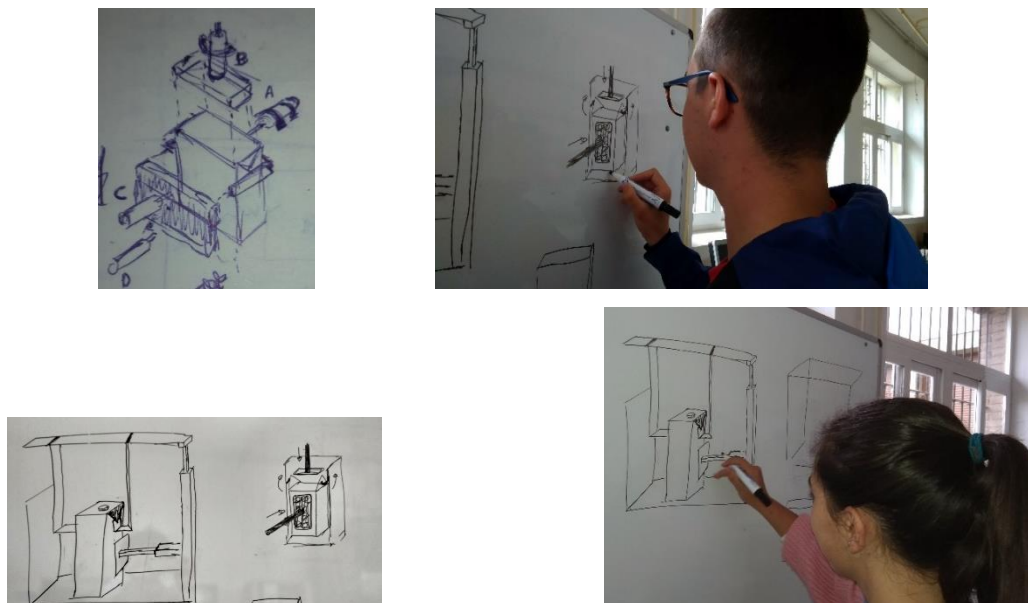


Figura 2: Croquis de posibles diseños de la plegadora (Juan y Carla)

A partir de esas posibles soluciones de diseño, se comienza a trabajar en el desarrollo de la estructura y del circuito electroneumático que se necesita. La figura 3 muestra el croquis de la solución finalmente adoptada al aportar ésta la ventaja de tener el tetrabrik tumbado haciendo que la estabilidad fuese mayor.

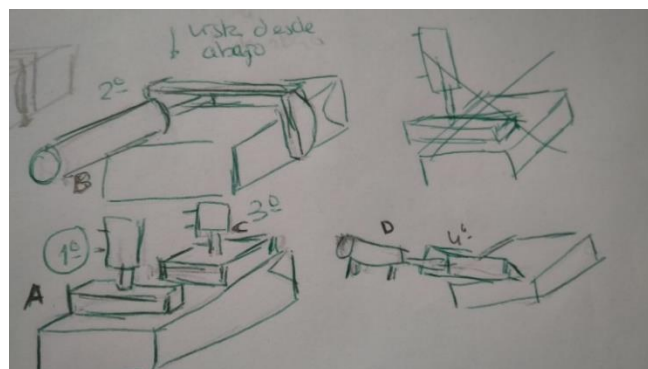


Figura 3: Croquis de posibles diseños de la plegadora (Juan y Carla)

3.4.2 Estructura

Fijándonos en el croquis de la figura anterior, se necesitan unos accesorios para acoplar a 4 cilindros. Estos accesorios serán diferentes para cada cilindro dependiendo la función que deban realizar. Se fabricarán con una impresora 3D y se emplea el programa Sketchup para el diseño de las piezas.

Accesorio Cilindro A

El cilindro A será el encargado de dar un pequeño golpe inicial en la parte inferior del tetrabrik para facilitar posteriormente el levantamiento de las pestañas. Este cilindro también sujetará el tetrabrik mientras actúa el cilindro B encargado de levantar las pestañas. El cilindro A necesita un accesorio para ocupar la superficie necesaria del tetrabrik. Véase dicho accesorio en la figura 4.

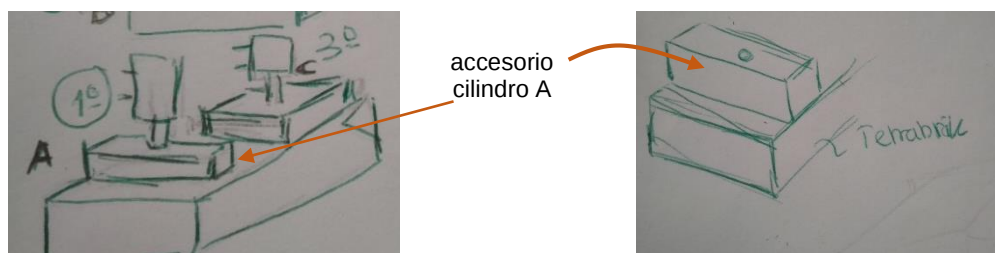


Figura 4: Croquis de accesorio para cilindro A

Accesorio Cilindro B

El cilindro B será el encargado de levantar las pestañas superiores del tetrabrik. Para ello debe disponer de un accesorio con la forma adecuada para dicha función.

Con el tetrabrik sujeto por el cilindro A, el cilindro B empujará dicho accesorio ejerciendo la fuerza necesaria para despegar las pestañas al llegar a su final de carrera.

La figura 5 muestra un croquis de cómo podría ser este accesorio.

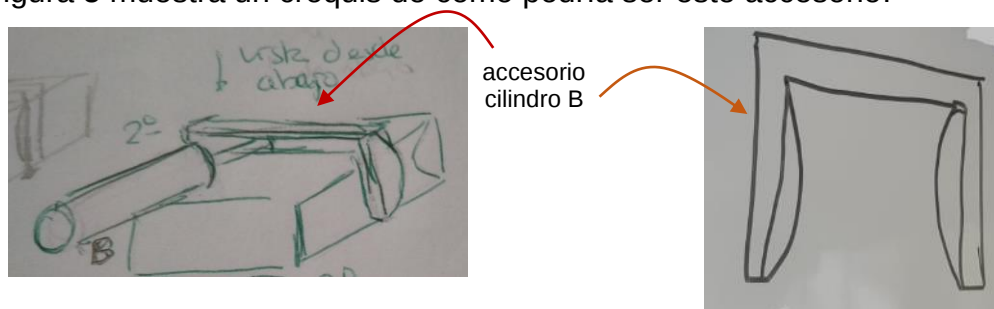


Figura 5: Croquis de accesorio para cilindro B

Accesorio Cilindro C

El cilindro C será el encargado de aplastar el tetrabrik una vez que las pestañas se han levantado. Una consideración a tener en cuenta es que, al aplastarse, el tetrabrik

aumenta su anchura. Esto deberá estar presente a la hora de diseñar el habitáculo donde irá todo ensamblado. La figura 6 muestra el croquis del cilindro C y accesorio.

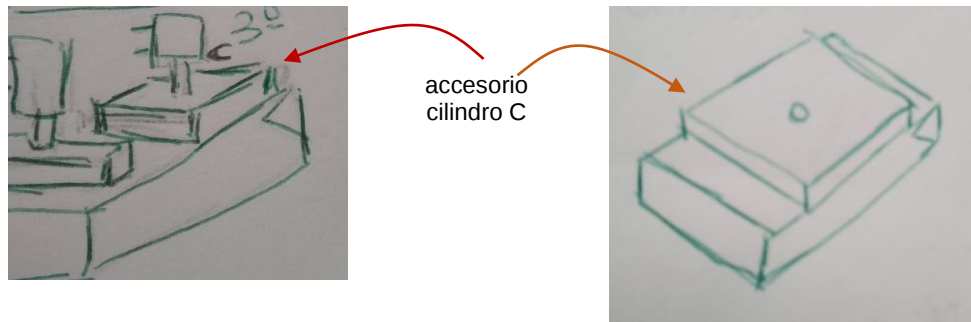


Figura 6: Croquis de accesorio para cilindro C

Accesorio Cilindro D

El cilindro D es el encargado del último doblez de tetrabrik, la parte inferior. Dado que esta parte requiere un plegado hacía arriba, este cilindro tendrá que tener cierta inclinación respecto a la horizontal. Véase figura 7.

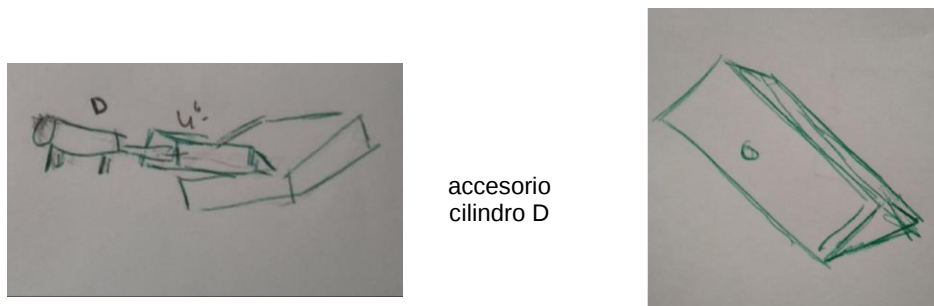


Figura 7: Croquis de accesorio para cilindro

La figura 8, muestra un dibujo en 3D de cómo sería la disposición de los cilindros y sus accesorios:

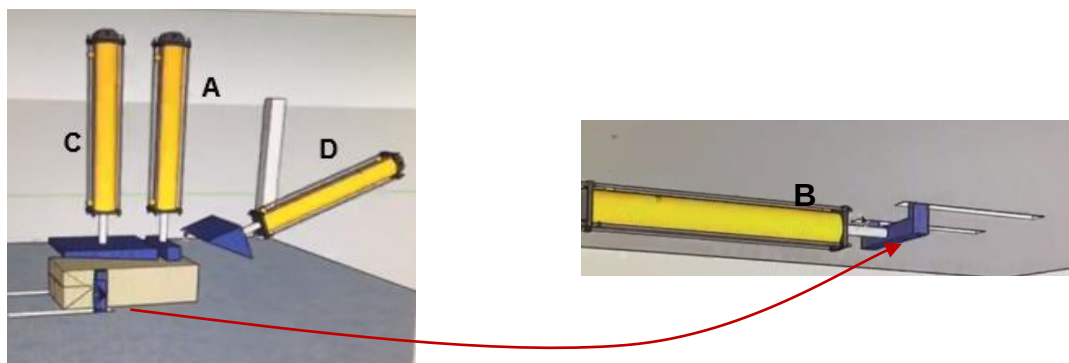


Figura 8: Disposición de los cilindros en la máquina

3.4.3 Circuito electroneumático

En el circuito electroneumático se priorizó la utilización del menor número de relés posible. La secuencia de los cilindros es la siguiente: A+ / B+ / C+ A- / D+ / D- / C- / B-

En la figura 9 se puede ver el esquema electroneumático. En él se ven los relés, cilindros, electroválvulas, captadores magnéticos reed, pulsadores y pilotos de señalización. Habrá uno rojo cuando se accione el pulsador de paro o la seta de emergencia. En condiciones normales se encenderá el piloto verde. El piloto amarillo avisará al usuario de que es necesario pulsar el SF para que retorne el cilindro B. Esto hace que dicho cilindro no retorne automáticamente evitándose así que vuelva mientras el usuario esté intentando retirar el tetrabrik.

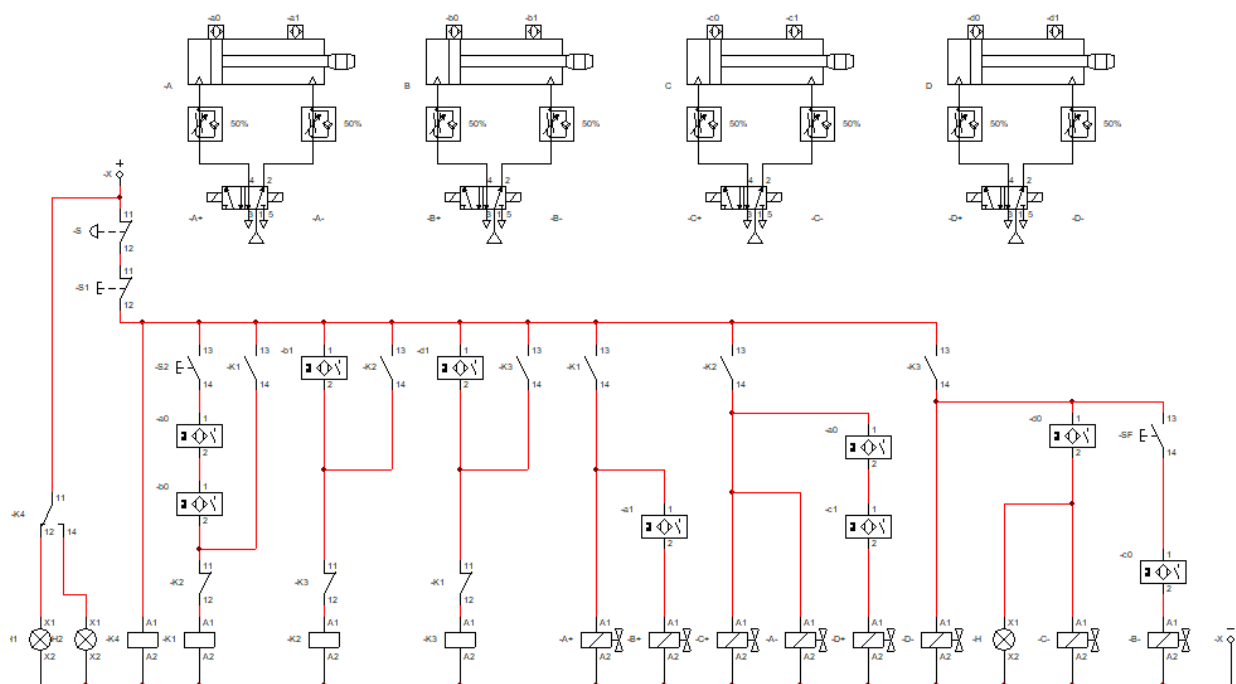


Figura 9: Esquema electroneumático

3.5 Construcción del prototipo

3.5.1 Accesorios de los cilindros

Tras diseñar los accesorios para los cilindros con Sketchup y exportarlos como archivos stl, se utiliza el programa Cura para poder pasar luego al proceso de la

impresión 3D. La figura 10 muestra imágenes de diferentes etapas del proceso de fabricación de uno de los accesorios.

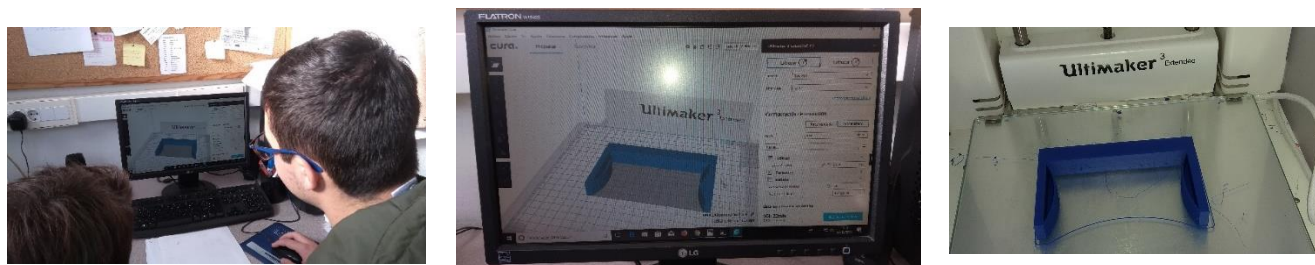


Figura 10: Fabricación del accesorio para cilindro A (véase vídeo nº 1)

3.5.2 Estructura

Se pensó la mejor estructura para el montaje de todos los elementos necesarios. Se decidió poner todo sobre una tabla de madera que sería fácilmente mecanizable. En dicha tabla se realizaron las ranuras para insertar el accesorio del cilindro B que levantaría las pestañas. Dicho tablero lleva unas patas para separar su parte inferior del suelo ya que, por dicha parte debe ir ensamblado el cilindro B con su correspondiente electroválvula. La figura 11 muestra al equipo montando dicha estructura y cableando.

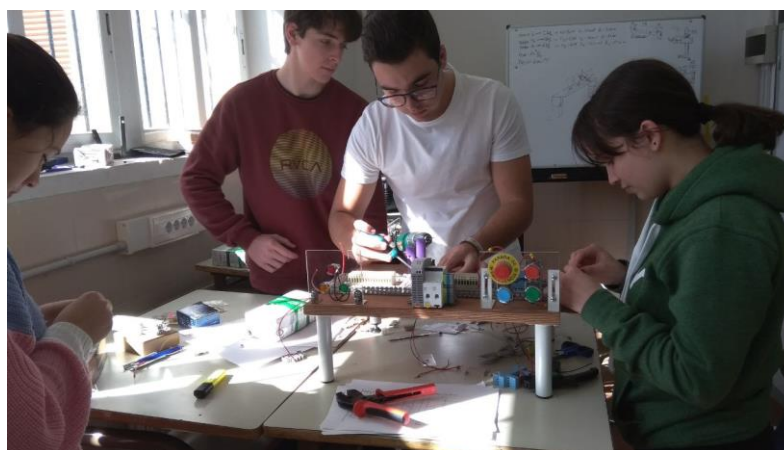


Figura 11: El equipo montando la estructura y cableando

Sobre el tablero se colocan las botoneras, los pilotos de señalización (ambas cosas sobre dos placas de metacrilato), los relés y borneros. Se coloca así mismo un puente sobre el tetrabrik. En dicho puente se colocan los cilindros A, C y D como se ve en la figura 12:



Figura 12: Cilindros sobre el puente

4 Pruebas, rediseños y resultados

Con el fin de determinar la presión de trabajo y el tamaño de los cilindros a utilizar, así como el caudal de aire comprimido que se precisa, se iniciaron las pruebas con el accesorio del cilindro B.

Se precisaba saber qué fuerza era necesaria para levantar las pestañas, una vez que el tetrabrik estaba apoyado sobre dicho accesorio.

Se realizó una primera prueba con dicho accesorio comprobándose que no permitía el despegado y posterior levantamiento de las pestañas: figura 13.



Figura 13: Primera prueba con el accesorio para cilindro B (véase vídeo nº 2)

Tras analizar los fallos detectados, se rediseña el accesorio para lo que se piensa en fresar la pieza anterior haciendo unos rebajes para la entrada de las pestañas así como otra pieza adicional como se observa en la figura 14:

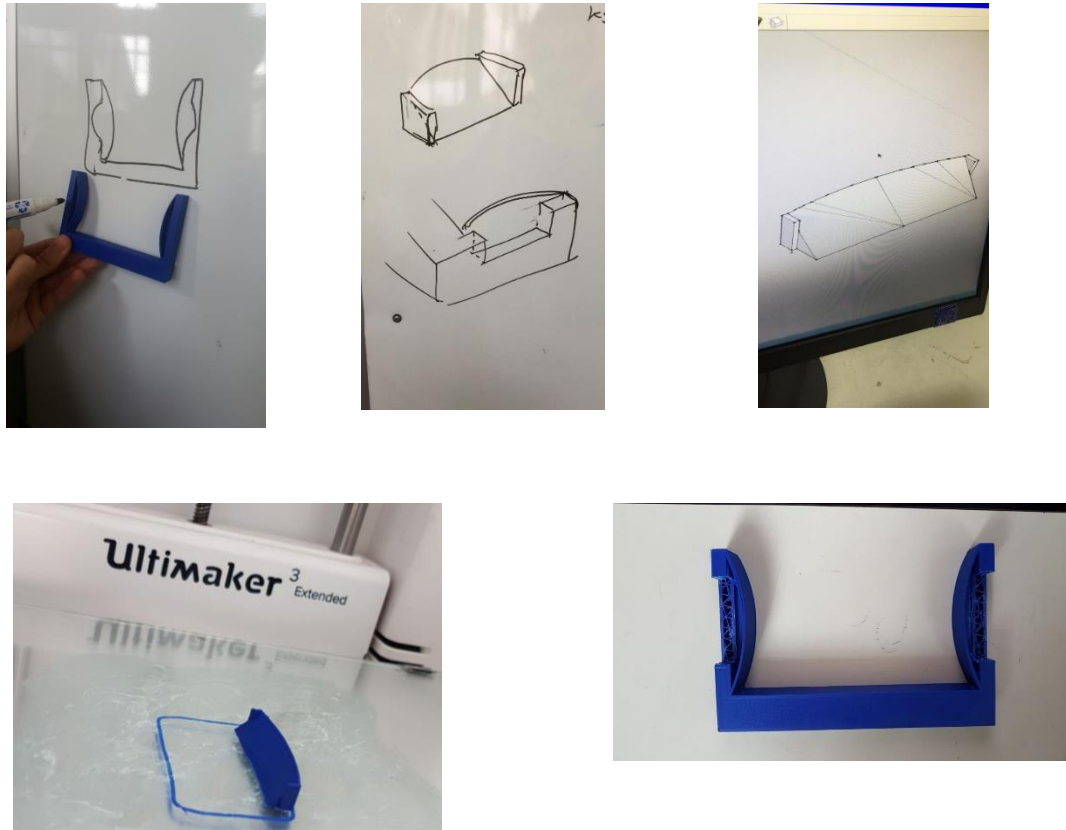


Figura 14: Rediseño del accesorio para cilindro B. Versión 2

Se prueba con este nuevo diseño el funcionamiento del despegado de las pestañas y funciona correctamente como se ve en la figura 15.



Figura 15: Segunda prueba con el accesorio para cilindro B. Versión 2 (véase vídeo nº 3)

Una vez demostrado el buen funcionamiento del accesorio, se realizó una prueba de la fuerza de empuje necesaria para que las pestañas se despegasen (cilindro B). Para ello se fueron añadiendo pesos hasta que las pestañas cedieron: figura 16.



Figura 16: Cálculo de la fuerza de empuje para cilindro B

Se realizan los mismos ensayos para los otros cilindros como se ve en las figuras 17 y 18



Figura 17: Cálculo de la fuerza de empuje para cilindro A (véase vídeo nº 4)



Figura 18: Cálculo de la fuerza de empuje para cilindro C

Tabla 1: Resumen de pesos requeridos para las operaciones de plegado

Cilindro A	Cilindro B	Cilindro C	Cilindro D
2 kg	5.5 kg	5.5 kg	5.5 kg

Con el fin de utilizar una presión de trabajo segura, se ha decidido trabajar a una presión de 4 bares. Teniendo esa presión de trabajo y la fuerza que deben ejercer los cilindros, podemos calcular el diámetro del vástago que deberían tener.

Cálculo diámetro vástago del cilindro A

$$F = m \cdot g$$

m: masa en kg

g: aceleración de la gravedad en m/s

F: fuerza que debe ejercer el cilindro en N (Newtons)

$$F = m \cdot g = 2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}$$

$$F \approx 20 \text{ N}$$

$$P = \frac{F}{S}$$

P: Presión de trabajo del aire comprimido en N/m²

F: fuerza que debe ejercer el cilindro en N (Newtons)

S: sección del vástago en m²

r: radio del vástago en mm

φ: diámetro del vástago en mm

$$P = \frac{F}{S}$$

$$S = \frac{F}{P}$$

$$S = \frac{20 \text{ N}}{4 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$S = 50 \text{ mm}^2$$

$$S = \pi \cdot r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{50}{\pi}}$$

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

$$\phi = 8 \text{ mm}$$

Cálculo diámetro vástago de los cilindros B, C y D

De la misma manera que para el cilindro A, se calcula el diámetro de los cilindros B, C y D

$$F \approx 60 \text{ N}$$

$$\phi = 14 \text{ mm}$$

Mirando en la página web de SMC [4] seleccionamos los cilindros adecuados para cada una de las fases. Todos estos cilindros son de doble efecto. Llevan dos reguladores de caudal, tanto para la entrada del vástago como para la salida. Asimismo, disponen de dos captadores magnéticos y se accionarán mediante válvulas biestables 5/2. Las siguientes figuras (19 y 20) muestran la máquina plegadora en su conjunto, totalmente terminada.

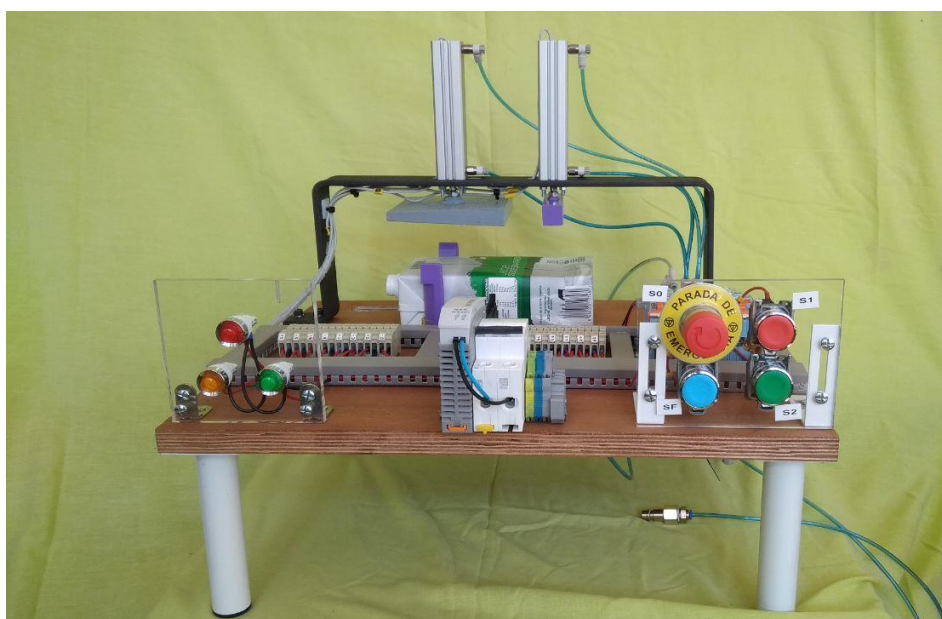


Figura 19: Prototipo final de la máquina plegadora: parte superior

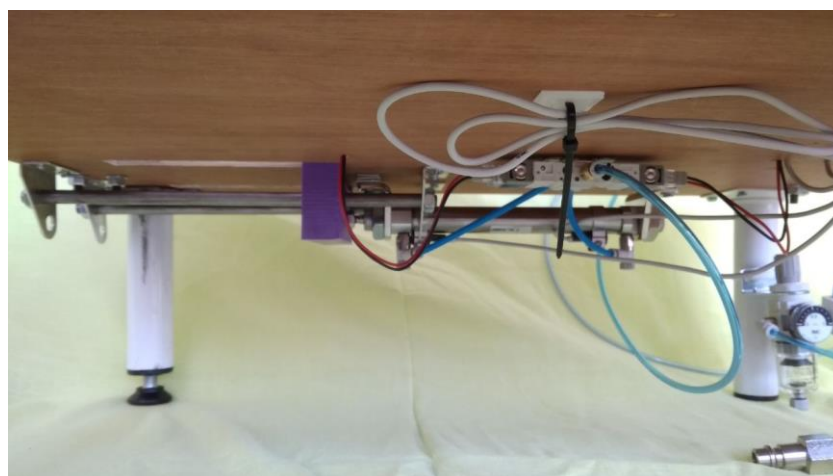


Figura 20: Prototipo final de la máquina plegadora: parte inferior (véase video final del proyecto)

5 Conclusiones y trabajo futuro

En este proyecto se han seguido todas las fases establecidas en la norma UNE 166001 “*Gestión de la I+D+i: Requisitos de un proyecto de I+D+i*” hasta el final desarrollo de un prototipo de una máquina automática para el plegado de tetrabriks una vez finalizado su contenido.

Los objetivos específicos planteados al inicio del proyecto se han cumplido sobradamente. Los alumnos de 2º de bachillerato encargados del proyecto han tenido la oportunidad de aprender, no solamente cosas técnicas, sino las dificultades que conlleva la construcción de algo que, aparentemente, en el papel funciona. El objetivo general, que consistía en analizar la viabilidad de disponer de una plegadora doméstica para tetrabriks en el entorno doméstico, también se ha cumplido. Si bien es verdad que se plantean una serie de mejoras futuras que no se han podido implementar en este primer prototipo por falta de tiempo. Dichas mejoras incluirían:

- Solucionar los fallos en la fase de despegue de pestañas y colocación del cuarto cilindro encargado de la última fase de plegado.
- Darle forma de contenedor a la máquina y reducir su tamaño.
- Aumento de las medidas de seguridad e incorporación del compresor a la propia máquina. Sustituir la lógica cableada por un autómata programable.

6 Referencias

- [1] UNE 166001:2006. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0036137>
- [2] Directiva (UE) 2018/ del Parlamento Europeo y del Consejo del 30 de mayo de 2018 recuperado de www.boe.es/doue/2018/150/L00109-00140.pdf
- [3] Marco Normativo <https://www.ecoembes.com/es/empresas/como-podemos-ayudarte/conoce-tus-obligaciones/marco-normativo>
- [4]https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/digital_catalog_2/jsp/view_subclasses.jsp?dc_product_id=16635