

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**Diseño de prototipo de máquina dobladora de polos de algodón con
capacidad de 120 unidades por hora**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO
DE BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA
MECATRÓNICA**

AUTOR

George Vincent Huapaya Blanco

ASESOR:

César Ernesto Coasaca Apaza

Lima, Mayo, 2020

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño conceptual a nivel mecánico, eléctrico, electrónico de una máquina automática para el doblado de polos con una capacidad máxima de 120 unidades por hora. Las prendas que ingresan a la máquina pasan por el proceso de planchado y se lee el código de barras perteneciente a cada polo. Con ayuda del sistema mecatrónico, el operario ahorra tiempo de doblado permitiéndole trabajar paralelamente con el embolsado de la prenda. Por otro lado, la presencia de la máquina brinda a las empresas menor tiempo de entrenamiento para sus nuevos trabajadores, ya que a estos les toma aproximadamente un mes para alcanzar la rapidez y calidad solicitada por los clientes. Para el desarrollo del trabajo y cumplir los objetivos se utilizan la metodología del diseño según la norma VDI 2221 y el proceso de innovación del MIT. Los materiales utilizados en el diseño se consideran no contaminantes para la prenda. Para el desarrollo del diseño se plantean exigencias mínimas, posteriormente, la elaboración de conceptos de solución, luego se realiza una evaluación cuantitativa y cualitativa. Finalmente, el diseño planteado comprende un bosquejo a mano alzada y un modelamiento 3D preliminar.



A mis padres, Teo y Sophia, por todas las enseñanzas y el apoyo incondicional.

A mi hermana Susan por enseñarme a ser perseverante y confiar en mí.

A mis amigos y profesores, por ayudarme y enseñarme que siempre se puede aprender algo nuevo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor César Coasaca por siempre ser exigente conmigo y permitirme realizar un buen trabajo, al profesor Héctor Oscanoa, por aconsejarme y absolver muchas de mis dudas, y, finalmente, a mis amigos Piero, Godo, Jorge y mis compañeros del grupo mecánico de PDM por el mutuo apoyo siempre, lo cual nos permitió culminar satisfactoriamente cada uno de nuestros trabajos.



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| Índice de tablas | v |
| Índice de figuras | vi |
| Índice de anexos | ix |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Descripción del problema | 1 |
| 1.2. Descripción de la propuesta..... | 5 |
| 1.3. Objetivos | 6 |
| 1.3.1. Objetivo Principal..... | 6 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos | 6 |
| 1.4. Alcance | 6 |
| 1.5. Metodología..... | 6 |
| 2. Estado del arte | 10 |
| 2.1. Mercado | 10 |
| 2.2. Implementación | 13 |
| 2.3. Estado de la tecnología | 16 |
| 2.3.1. Modelos comerciales..... | 16 |
| 2.3.2. Patentes de doblado..... | 17 |
| 2.3.3. Sistemas de lectura de código de barras..... | 23 |
| 2.4. Lista de requerimientos..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.1. Requerimientos mecánicos..... | 24 |
| 2.4.2. Requerimientos electrónicos | 25 |
| 2.4.3. Requerimientos de control | 25 |
| 3. Diseño conceptual..... | 26 |
| 3.1. Black box | 26 |
| 3.2. Estructura de funciones..... | 27 |
| 3.2.1. Dominio mecánico | 27 |
| 3.2.2. Dominio electrónico..... | 28 |
| 3.2.3. Dominio de control..... | 29 |
| 3.3. Matriz morfológica | 29 |
| 3.3.1. Dominio mecánico | 29 |
| 3.3.2. Dominio electrónico..... | 30 |
| 3.3.3. Dominio de control..... | 30 |
| 3.4. Conceptos de solución | 31 |
| 3.4.1. Diseño conceptual 1 | 31 |
| 3.4.2. Diseño conceptual 2 | 32 |
| 3.4.3. Diseño conceptual 3 | 33 |
| 3.5. Evaluación de conceptos de solución | 34 |
| 3.6. Modelo 3D | 41 |
| 3.6.1. Detalles del concepto de solución óptimo..... | 44 |
| 3.6.2. Diagrama de flujo..... | 52 |
| 3.6.3. Arquitectura de hardware | 53 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 3.6.4. Diagrama de operaciones | 54 |
| 4. Conclusiones | 55 |
| 5. Bibliografía | 56 |
| 6. Anexos | 59 |



Índice de tablas

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 3.1. Matriz morfológica dominio mecánico | 29 |
| Tabla 3.2. Matriz morfológica dominio electrónico..... | 30 |
| Tabla 3.3. Matriz morfológica dominio de control | 30 |
| Tabla 3.4. Leyenda de evaluación técnico-económica | 35 |
| Tabla 3.5. Justificación de pesos ponderados..... | 36 |
| Tabla 3.6. Evaluación técnica..... | 37 |
| Tabla 3.7. Evaluación económica..... | 37 |
| Tabla 3.8. Justificación puntaje asignado por criterio técnico | 38 |
| Tabla 3.9. Justificación puntaje asignado por criterio económico | 38 |
| Tabla 3.10. Perfil de Harris | 40 |
| Tabla 6.1. Lista de requerimientos | 65 |
| Tabla 6.2. Lista de requerimientos | 66 |
| Tabla 6.3. Lista de requerimientos | 67 |
| Tabla 6.4. Matriz morfológica – Dominio mecánico | 69 |
| Tabla 6.5. Matriz morfológica – Dominio electrónico..... | 71 |
| Tabla 6.6. Matriz morfológica – Dominio de control..... | 72 |

Índice de figuras

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1.1. Participación de las prendas peruanas en el mercado de Estados Unidos..... | 2 |
| Figura 1.2. Proceso textil para la confección de una prenda de vestir | 4 |
| Figura 1.3. Proceso de doblado de polos | 5 |
| Figura 1.4. Proceso lineal y proceso iterativo | 8 |
| Figura 2.1. Cartón para doblado | 11 |
| Figura 2.2. Hang Tag | 12 |
| Figura 2.3. Bolsa para prendas | 12 |
| Figura 2.4. Doblado de polo | 14 |
| Figura 2.5. Doblado de polo marca Lacoste | 14 |
| Figura 2.6. Doblado de polo marca Lacoste | 14 |
| Figura 2.7. Autor de la tesis doblando el polo de la figura..... | 15 |
| Figura 2.8. Curva de aprendizaje de operarias en un mes | 15 |
| Figura 2.9. Máquina dobladora de prendas FoldiMate..... | 16 |
| Figura 2.10. Modelo comercial de máquina plegable de toallas marca Enejean..... | 17 |
| Figura 2.11. Perspectiva de transportador para un dispositivo plegable para doblar textiles | 18 |
| Figura 2.12. Sistema de fajas transportadoras de transportador para un dispositivo plegable para doblar textiles | 18 |
| Figura 2.13. Mecanismo de máquina plegable para artículos compactos con un mecanismo de conducción mejorado..... | 19 |
| Figura 2.14. Proceso de doblado de la máquina | 20 |
| Figura 2.15. Aparato de plegado de prendas | 21 |
| Figura 2.16. Máquina vista por fuera | 22 |
| Figura 2.17. Proceso de doblado con rodillos | 22 |

| | |
|---|----|
| Figura 2.18. Circuito de lector de código de barras..... | 23 |
| Figura 3.1. Caja negra..... | 26 |
| Figura 3.2.Vista isométrica diseño conceptual 1 | 31 |
| Figura 3.3.Vista isométrica diseño conceptual 2 | 32 |
| Figura 3.4. Mesa para sujetar prenda..... | 33 |
| Figura 3.5. Vista isométrica diseño conceptual 3 | 34 |
| Figura 3.6. Análisis técnico-económico | 39 |
| Figura 3.7. Vista exterior del diseño preliminar | 41 |
| Figura 3.8. Vista interior del diseño preliminar | 43 |
| Figura 3.9. Vista isométrica diseño preliminar..... | 44 |
| Figura 3.10. Vista perfil diseño preliminar | 45 |
| Figura 3.11. Detalle de mecanismo de doblado..... | 45 |
| Figura 3.12. Vista 2D mecanismo de doblado | 46 |
| Figura 3.13. Guía para mecanismo de doblado | 46 |
| Figura 3.14. Detalle de varilla | 47 |
| Figura 3.15. Mecanismo de recepción y posicionamiento de prenda..... | 48 |
| Figura 3.16. Vista 2D mecanismo de recepción y posicionamiento de prenda..... | 48 |
| Figura 3.17. Vista isométrica detalle sujetador de gancho | 49 |
| Figura 3.18. Vista perfil detalle sujetador de gancho | 49 |
| Figura 3.19. Vista isométrica mesa de doblado..... | 50 |
| Figura 3.20. Vista perfil mesa de doblado..... | 50 |
| Figura 3.21. Detalle compuerta de mesa de doblado..... | 51 |
| Figura 3.22. Detalle bandeja de recepción de prendas | 51 |
| Figura 3.23. Diagrama de flujo..... | 52 |
| Figura 3.24. Arquitectura de hardware | 53 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.25. Diagrama de operaciones | 54 |
| Figura 6.1. Máquina de plegado con fajas transportadoras | 61 |
| Figura 6.2. Dispositivo automático de plegado de camisas..... | 62 |
| Figura 6.3. Máquina de doblado de camisas | 63 |
| Figura 6.4. Shirt folding machine and method | 63 |
| Figura 6.5. Shirt folding machine..... | 64 |
| Figura 6.6. Estructura de funciones | 68 |



Índice de anexos

| | |
|--|----|
| Anexo A. Entrevistas..... | 59 |
| Anexo B. Vínculo de videos de operaciones de doblado | 61 |
| Anexo C. Patentes adicionales..... | 61 |
| Anexo D. Lista de Requerimientos..... | 65 |
| Anexo E. Estructura de funciones | 68 |
| Anexo F. Matriz morfológica | 69 |
| Anexo G. Especificaciones del cliente | 73 |

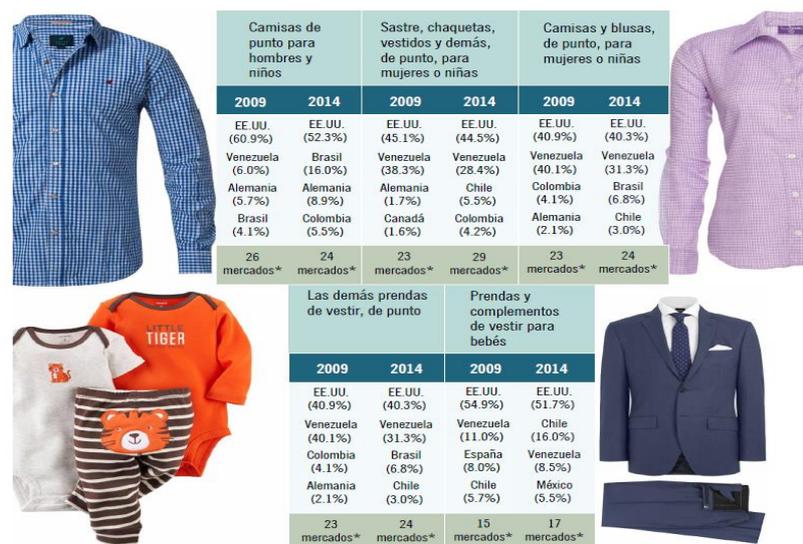


CAPÍTULO 1

1. Introducción

1.1. Descripción del problema

Actualmente, el sector textil es una de las economías más relevantes del país. “Esta industria tiene una participación del 1.9% en el Producto Bruto Interno (PBI) total del país, y en el periodo 2008-2017 representó el 10% de la producción manufacturera” (Agencia Peruana de Noticias, 2018). El mercado de exportación textil en el Perú empezó a aumentar debido a los TLCs firmados con múltiples países. “Las exportaciones del sector textil y confecciones ascendieron a US\$ 124 millones en enero 2019, creciendo 22% respecto a 2018” (MINCETUR, 2019). Sin embargo, la competencia también creció. En el mercado internacional, el Perú compete con países del Asia, sobre todo en mercados como los Estados Unidos. Sin embargo, tiene pocas posibilidades de ganar en la guerra por el menor precio. “Estamos en buen camino. Existe mejor demanda internacional. Perú no puede competir en los mercados de bajos precios, por eso cada vez son más las empresas que apuestan por ofrecer productos con mayor valor agregado y eso nos va consolidando en los mercados de alta moda, que es adonde queremos dirigirnos, a mercados de alto valor agregado”, explicó Reaño, gerente del Comité Textil de la Sociedad Nacional de Industria (SNI)” (Rosales, 2019). En la figura 1.1, Siendo Estados Unidos el principal destino de exportación, se refleja una gran participación de las prendas peruanas en este mercado.



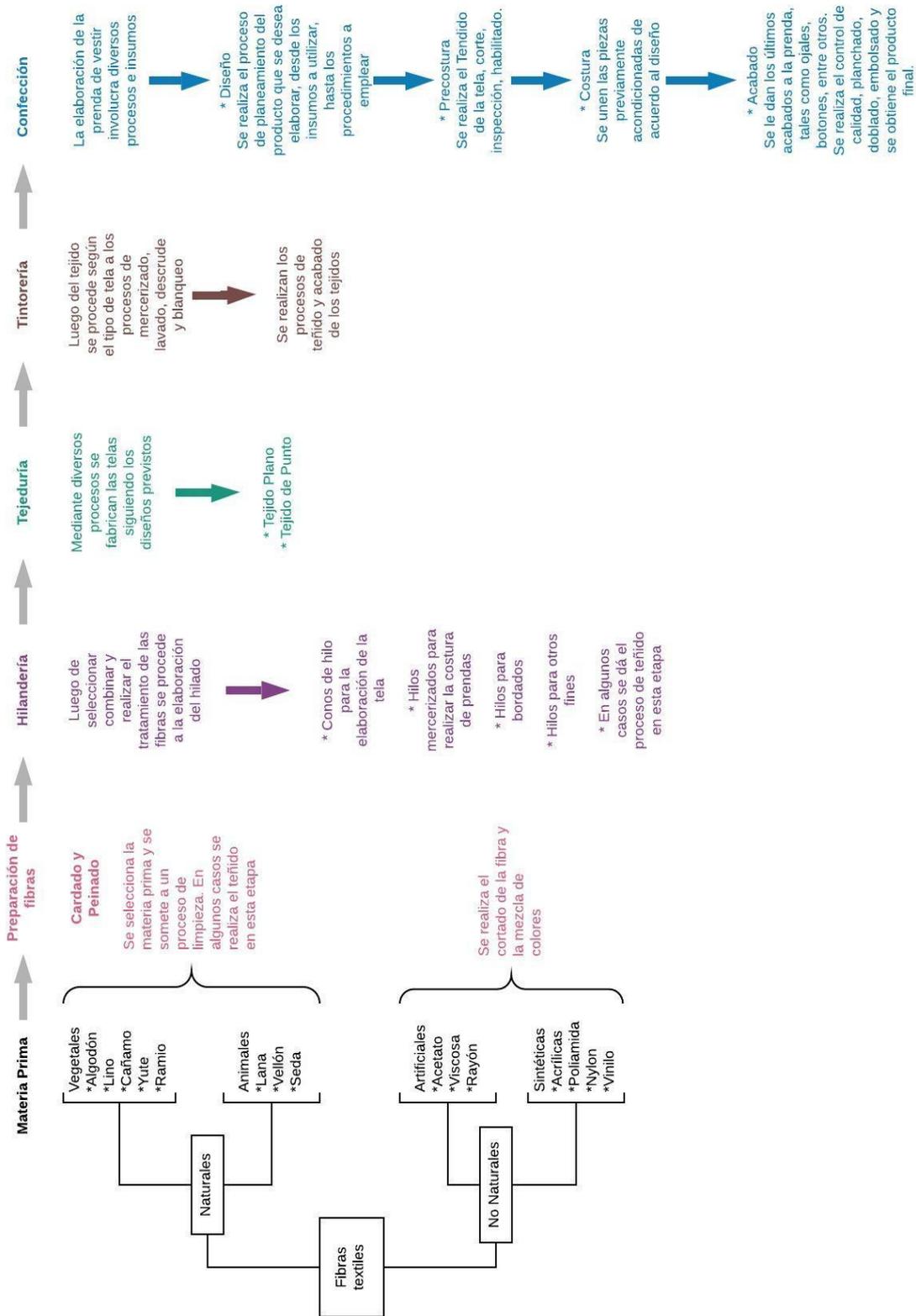
¹Figura 1.1. Participación de las prendas peruanas en el mercado de Estados Unidos

El proceso de fabricación de cualquier prenda consta de 6 pasos indispensables, los cuales se ven reflejados en la figura 1.2: adquisición de la materia prima, preparación de las fibras, tejeduría, tintorería y confección. Como se mencionaba en el párrafo anterior, Perú está obteniendo mayores ingresos debido al valor agregado de sus prendas, por lo que debe mantener un control de calidad riguroso durante todo el proceso. La composición de los polos suele ser 100% algodón y solo se cambia si el cliente lo solicita.

Después de cortar la tela se procede a pegar un sticker con un código de barras, el cual indicará las especificaciones del cliente con respecto a la costura y al acabado. Una vez confeccionada la prenda, pasa al área de control de calidad donde principalmente se revisan los defectos de la prenda. A continuación, esta pasa al área de acabados se plancha, dobla, embolsa y embala, se realiza un último control de calidad viendo los detalles que debe tener la prenda. En caso una empresa no cumpla con los estándares requeridos por el cliente produce una demora en la producción, la entidad sufre una penalidad o simplemente se pasa a rechazar el pedido.

¹Ministerio de la Producción. (2017). Estudio de investigación sectorial. [Figura]. Recuperado de http://ogeiee.produce.gob.pe/images/oe/docTrab_Textil.pdf

La presente tesis se enfocará en el área de acabados. Aquí se realizan los últimos retoques a la prenda y se le da una presentación óptima para la posterior comercialización; no obstante, la repetitividad de realizar la misma acción para miles de prendas causa algunos errores en esta etapa del proceso. “En el control de calidad de acabados, el ingreso de pedidos con defectos en el acabado, afectan el ritmo rápido del proceso de acabado; en vez de un minuto que es el tiempo estándar se realiza en dos minutos repercutiendo en el despliegue y dinámica del récord del acabado. En el conjunto de operaciones este factor repercute negativamente en el costo de la prenda de vestir y en el valor agregado” (Quispe Pastor, 2017). Es decir, la prenda tiene que recircular dentro del proceso. El área de doblado toma alrededor de 40s – 1m 40s, tiempos tomados de la empresa Topitop. La reiteración de hacer esta acción tiende a generar problemas en las manos de los operarios. En la figura 1.3 se muestran los pasos para un doblado básico de un polo.



²Figura 1.2. Proceso textil para la confección de una prenda de vestir

² Sanchez, Y. (2003). Optimización del cálculo de recursos productivos para cotización en una empresa de confecciones. [Figura]. Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Ingenie/sanchez_ay/contenido.htm



³Figura 1.3. Proceso de doblado de polos

1.2. Descripción de la propuesta

Se plantea el diseño de un prototipo de una máquina dobladora de polos con una capacidad máxima de 120 polos por hora. El sistema cuenta con 3 subsistemas. El primero es el ingreso de polos, el segundo es doblado de polos diferenciados por tallas y el último es un lector de código de barras.

³ Topitop. (2019)

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Principal

- Diseñar el prototipo de una máquina dobladora de polos con una capacidad máxima de 120 polos/hora.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Descripción de la situación actual y la problemática.
- Realizar entrevistas en una empresa textil de exportación para conocer estado del mercado y la implementación.
- Definir las exigencias mínimas para cumplir con el objetivo principal.
- Elaborar una matriz morfológica con los componentes mecatrónicos necesarios.
- Proponer conceptos de solución para el desarrollo de la posterior máquina.

1.4. Alcance

- La máquina será capaz de doblar polos en un tiempo máximo de 30 segundos.
- El suministro de la máquina y retiro de producto será por medio de un operario.

1.5. Metodología

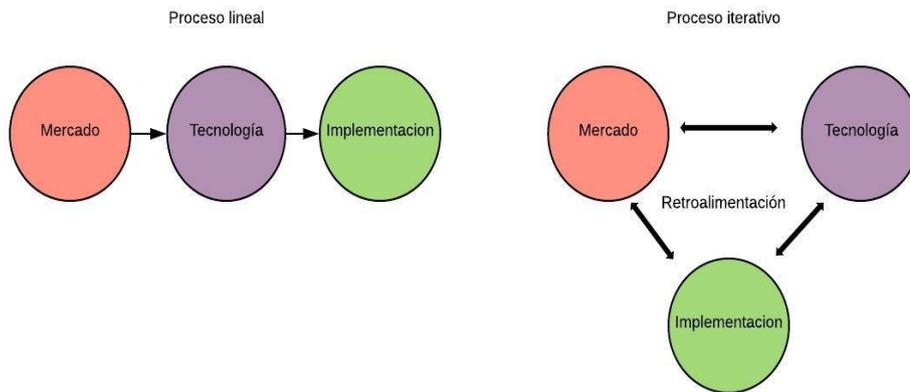
Para el presente documento se utilizará la metodología de diseño basada en la norma VDI 2221 y el proceso de innovación del MIT (Massachusetts Institute of Technology) brindada en el curso *Iterative Innovation Process*. Se procederá a explicar en qué consiste este último.

Este último enfoque se basa en tres aspectos principales: el mercado, la implementación y la tecnología, los cuales se complementan para desarrollar ‘innovación’. La definición de esta presentada en el curso es “Realización de una idea en el mercado” (Fitzgerald, 2013). El mercado tiene una perspectiva de las necesidades humanas, tales como, el uso, valor agregado, precio, deseo y practicidad. La visión de la tecnología consiste en el

estado de la tecnología, ciencia, invención. Asimismo, el proceso de implementación es la conexión entre el mercado y la tecnología, se analiza la propiedad intelectual, la geografía de la zona, las industrias relacionadas, los costos, el modelo de negocios, entre otros (Fitzgerald, Wankerl, & Schramm, Inside Real Innovation: How the Right Approach Can Move Ideas from R&D to Market — and Get the Economy Moving, 2010).

Cabe mencionar que innovar no es lo mismo que inventar. El mercado aporta ideas de innovación a medida que se crean nuevos negocios, los requerimientos son distintos en todas las empresas. Con la tecnología se puede desarrollar nuevas teorías físicas, utilizar la teoría de un mercado en otro, crear algoritmos nuevos, soluciones desde otro punto de vista, etc. En términos de implementación, cada país tiene sus propias limitaciones de acuerdo a sus leyes respectivas; sin embargo, se puede contribuir reduciendo costos o cambiando la estrategia.

En la figura 1.4 se muestra un proceso lineal, el cual, en comparación al iterativo, propuesto por el modelo de innovación, se utiliza para satisfacer los requerimientos instantáneos del mercado. Mientras que con un proceso iterativo se obtiene un aprendizaje a medida que se repite el modelo, el cual sirve para reducir las incertidumbres presentes en cada elemento (mercado, tecnología, implementación). Estas representan pérdidas de dinero a lo largo de las iteraciones. La retroalimentación hace posible realizar la siguiente iteración de manera correcta.



⁴Figura 1.4. Proceso lineal y proceso iterativo

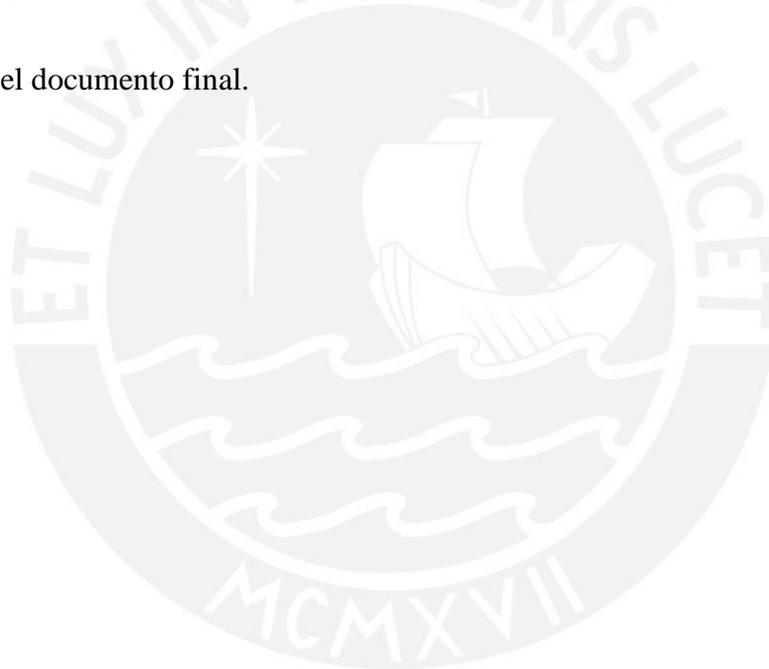
La incertidumbre también se puede reducir si se tiene contacto directo con el área a innovar o mediante un contacto de confianza. Una vez reducidas las opciones de ‘fallar’ se realiza un prototipo para tener un enfoque diferente al actual y, posteriormente, se pasa a hacer una nueva iteración con la información adquirida.

Los pasos por seguir para el desarrollo de este sistema mecatrónico son:

- Descripción del mercado y la problemática.
- Planteamiento de objetivo general, objetivos específicos y alcances.
- Revisar el estado del arte (mercado, tecnología, implementación).
- Realizar una lista de exigencias y establecer los requerimientos que requiere el diseño para determinar las funciones de la máquina que contiene señales, uso de energía, componentes mecánicos, eléctricos y de control

⁴ Fitzgerald, G. (2013). Inside real innovation and the innovation interface. [Figura]. Recuperado de <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/7985>

- Elaborar la matriz morfológica con los mecanismos, componentes y algoritmos necesarios para diseñar la posterior máquina.
- Proponer conceptos de solución en base a la matriz morfológica y encontrar el concepto de solución óptimo considerando un análisis técnico-económico.
- Realizar un diseño preliminar con el dimensionamiento del sistema analizando geometría, esquemas.
- Seleccionar de forma aproximada y preliminar los materiales mecánicos, eléctricos (sensores y actuadores) y de control que cumplan con las exigencias del proyecto.
- Elaborar el documento final.



CAPÍTULO 2

2. Estado del arte

El estado del arte será dividido en 3 secciones, mercado, implementación y tecnología, debido al proceso de innovación planteada en la metodología previa.

Mucha de la información recolectada es producto de 4 entrevistas realizadas a Andrés Alva, gerente de calidad de Textil del Valle S.A. (Valle, 2005), Guissepi Mendoza, jefe de calidad de manufactura de Textil del Valle S.A., Daniel Macavilca, jefe de ingeniería de Topy Top S.A.C. (Topitop, 2019) y Miguel Sarmiento, gerente general de KUNAN Perú S.A.C. (KUNAN Perú, 2018), exportadoras textiles. En el anexo B se presentan las entrevistas escritas.

2.1. Mercado

El principal mercado para las empresas que se dedican a la exportación es en gran medida Estados Unidos seguidamente del continente europeo. La demanda actual nacional se va disminuyendo debido a que la competencia cada vez es más grande. Perú compite principalmente con Asia y Centroamérica. Las marcas más relevantes a las cuales se exporta son: Armani Exchange, Calvin Klein, Polo Ralph Lauren, Eden Park, entre otros.

Los parámetros para seleccionar un cliente son un mínimo de prendas, establecido por cada empresa independientemente, y que el precio por prenda esté dentro del rango también establecido por la empresa. Los requerimientos de los clientes cada vez son más altos con respecto a calidad, se espera reducciones en tiempos y en oportunidades de entrega. El mantenimiento de las máquinas importadas se puede realizar de manera independiente, con asesoría de la empresa fuente, o completamente dependiente de la empresa de origen.

Los principales problemas en el área de calidad son la repetitividad y la reproducibilidad. Dentro del área de acabados, los 3 procesos son cruciales, el planchado, doblado y embolsado, ya que de estos depende la presencia de la prenda.

Dentro de las 3 empresas visitadas, todas las operaciones dentro del área de acabados se realizan de manera manual, con respecto al doblado se percibió que todas las operarias son mujeres, no hay hombres, esto se debe a que las mujeres son más detallistas con este tipo de trabajo (Alva 2019). Muchas de estas prendas llevan accesorios a la hora de doblar un cartón, Hang Tag y/o un papel tisú, figura 2.1, 2.2, 2.3. Las dobladoras reciben la prenda planchada, escanean el código de barras de la prenda para saber el tipo de doblado y accesorios que tendrá la prenda, doblan esta y, finalmente, embolsan. Posteriormente, estas prendas embolsadas pasan por control de calidad. Esta mano de obra se prefiere con respecto a la de las máquinas ya que cumple más funciones y es más económica.

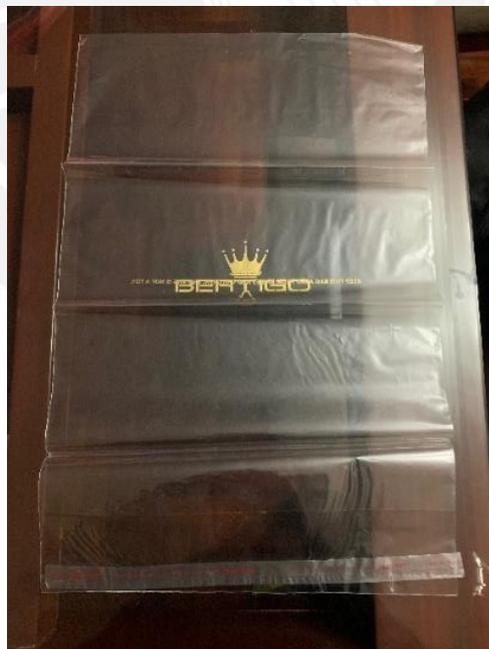


⁵Figura 2.1. Cartón para doblado

⁵ KUNAN Perú (2019)



⁶Figura 2.2. Hang Tag



⁷Figura 2.3. Bolsa para prendas

⁶ KUNAN Perú (2019)

⁷ KUNAN Perú (2019)

2.2. Implementación

En las empresas entrevistadas no afecta el dumping ya que no se fabrican productos propios, esto afecta principalmente a los mercados dedicados a la importación.

Los parámetros para proceder a la compra de una futura máquina varían, se utilizan para satisfacer las necesidades del momento, por ejemplo, si hay mucha demanda de un proceso, se puede tercerizar este o comprar más máquinas.

Los tiempos de espera para importar una máquina varían de 2 a 4 meses con un costo adicional del 40% sobre el precio base (Alva 2019). Este plazo no incluye el tiempo de fabricación ya que las empresas que exportan estas máquinas trabajan por pedido.

El principal problema de las máquinas de doblado es que son muy limitantes, debido a que solo poseen un tipo de doblado, lo cual es común ya que en el país de origen de estas máquinas solo hay un tipo de doblado, mientras que, en el Perú, las empresas pueden llegar a tener por lo menos 10 tipos de doblado. Es decir, las máquinas extranjeras no están acondicionadas para el trabajo nacional (Alva 2019), por esto, se descartan y se prefiere la mano de obra. En el anexo A, se presenta un enlace para visualizar 3 doblados distintos, las figuras 2.4, 2.5, 2.6 son extracto de estos videos. En la figura 2.7, se presenta al autor de la tesis comprobando la dificultad del doblado. En la figura 2.8, se muestra una curva de aprendizaje de una operaria principiante en el área de doblado, esta data fue recolectada experimentalmente durante el transcurso de 30 días por la supervisora de control de calidad y acabados de la empresa KUNAN Perú.



Figura 2.4. Doblado de polo



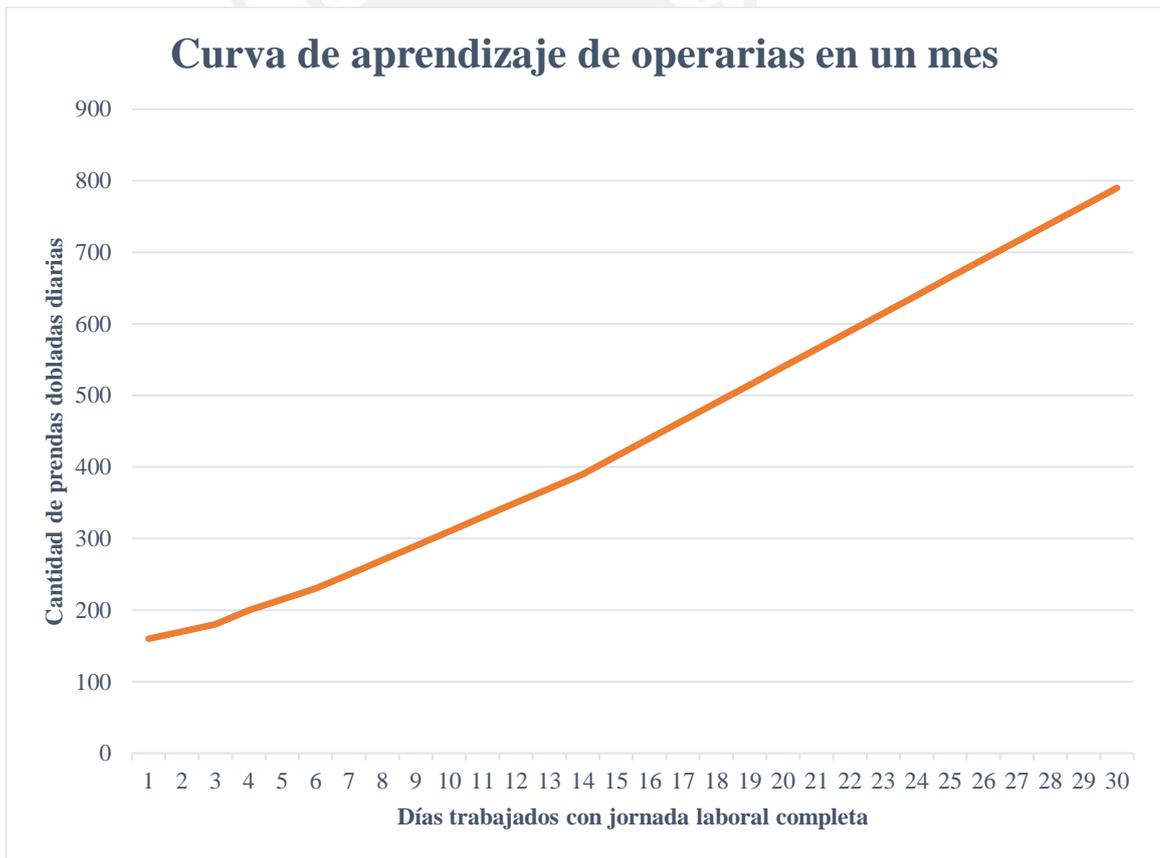
Figura 2.5. Doblado de polo marca Lacoste



Figura 2.6. Doblado de polo marca Lacoste



Figura 2.7. Autor de la tesis doblando el polo de la figura



⁸Figura 2.8. Curva de aprendizaje de operarias en un mes

⁸ KUNAN Perú (2019)

2.3. Estado de la tecnología

2.3.1. Modelos comerciales

2.3.1.1. FoldiMate

El productor comercial de la marca FoldiMate puede doblar polos, toallas, pantalones y fundas, tiene la capacidad de doblar aproximadamente 25 prendas en un tiempo no mayor a 5 minutos. Se energiza con energía eléctrica 110v – 240v, sus dimensiones generales son 85cm largo, 95cm ancho y 1.5m alto; sin embargo, esta máquina no necesariamente le da un doblado con calidad de exportación, es principalmente para uso doméstico. Saldrá a la venta a fines del 2019. En la figura 2.9 se muestra la máquina de FoldiMate para doblar prendas. Precio referencial: \$1000.



⁹Figura 2.9. Máquina dobladora de prendas FoldiMate

⁹ FoldiMate. (2019). FoldiMate. [Figura]. Recuperado de <https://foldimate.com/>

2.3.1.2. Máquina plegable de toallas

La capacidad de la máquina es de 50 metros de tela por minuto. Posee una interfaz intuitiva para los operarios con múltiples opciones de doblado, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Esta máquina tiene un mecanismo neumático, la cual trabaja con una presión de aire de 0.6MPa y un caudal de 500L por minuto, un sistema de energía de 380VAC 50Hz y un consumo de 2kW. Las dimensiones aproximadas son de 4.5m largo, 2.2m ancho y 1.4m de alto, y un peso de 1500kg. En la figura 2.10 se muestra el modelo comercial de máquina plegable de toallas marca Enejean. Precio aproximado: \$30,000.



¹⁰Figura 2.10. Modelo comercial de máquina plegable de toallas marca Enejean

2.3.2. Patentes de doblado

2.3.2.1. Transportador para un dispositivo plegable para doblar textiles

En la figura 2.11, se aprecia que la máquina tiene un sistema de alimentación (210) con agarre para que la prenda no se descuelgue durante el proceso de doblado. El mecanismo utilizado para doblar es un conjunto de fajas transportadoras con medidas exactas y de carácter modular, como se aprecia en la figura 2.9. El reajuste de las fajas se puede hacer manualmente dependiendo del tamaño final al cual tiene que estar la prenda.

¹⁰ ENEJEAN. (2014). Towel Folding Machine. [Figura]. Recuperado de <http://www.yinaijin.net/procontent-416.html>

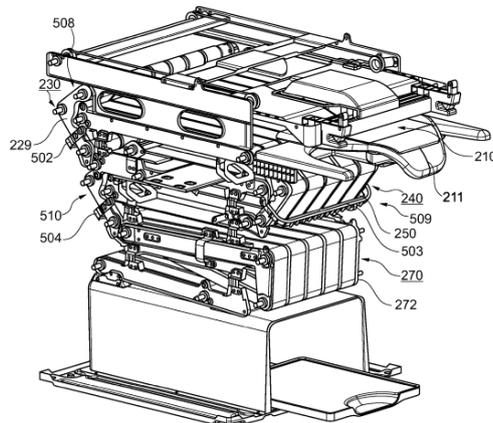
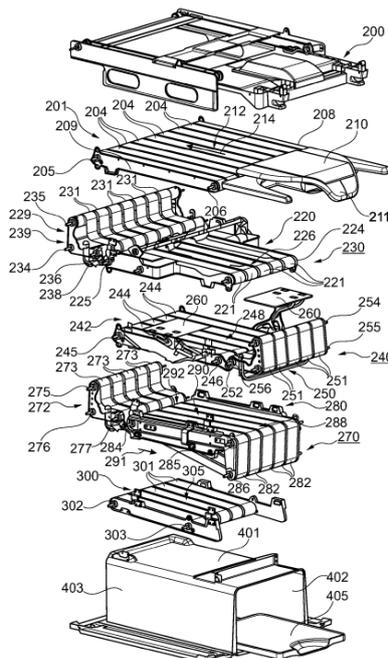


Fig. 5

¹¹Figura 2.11. Perspectiva de transportador para un dispositivo plegable para doblar textiles



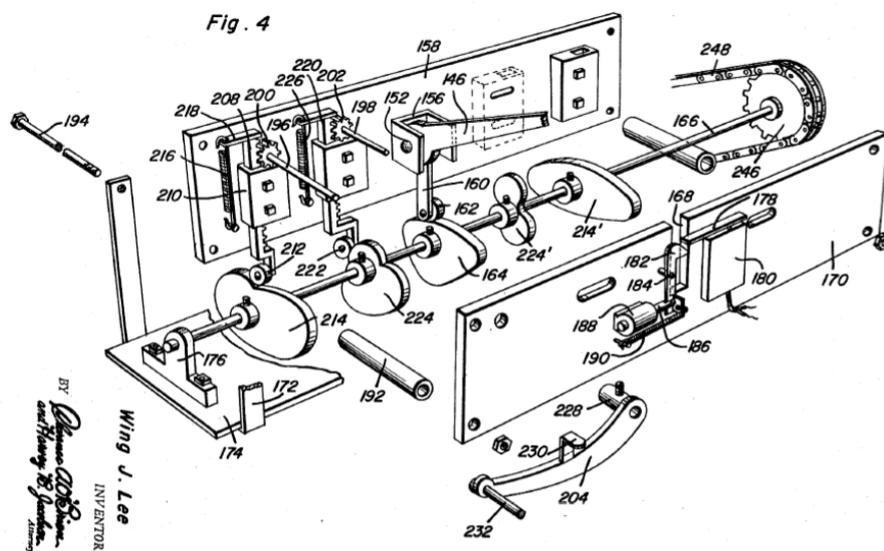
¹²Figura 2.12. Sistema de fajas transportadoras de transportador para un dispositivo plegable para doblar textiles

¹¹ NITSCHMANN, KAI; MARTIN, S., & OLIVER, W. (2006). Fördereinrichtung für eine Faltvorrichtung zum Falten von Textilien. [Figura]. Recuperado de <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=DE&NR=102018205731A1&KC=A1&FT=D>

¹² NITSCHMANN, KAI; MARTIN, S., & OLIVER, W. (2006). Fördereinrichtung für eine Faltvorrichtung zum Falten von Textilien. [Figura]. Recuperado de <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=DE&NR=102018205731A1&KC=A1&FT=D>

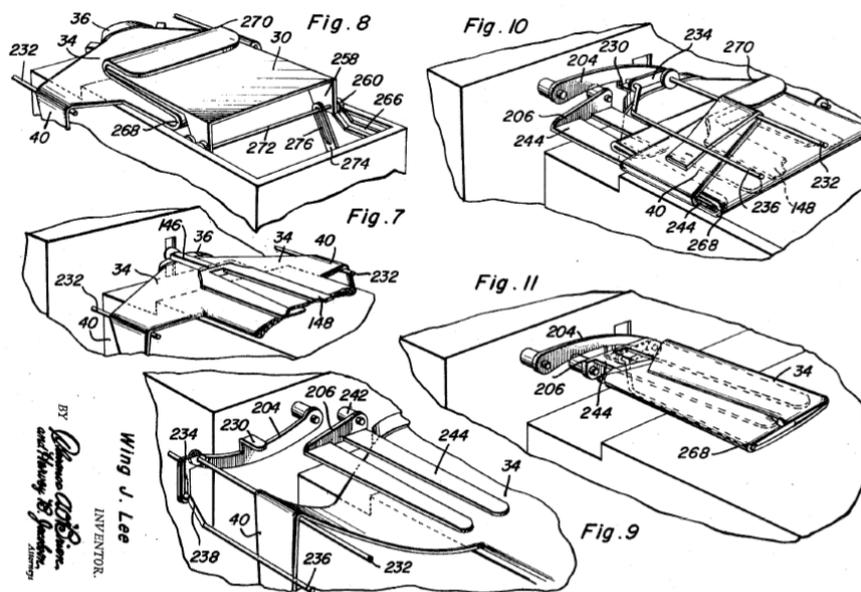
2.3.2.2. Máquina de plegado para artículos compactos con un mecanismo de conducción mejorado

El principal mecanismo que se utiliza es un eje de levas, figura 2.13, diseñado exclusivamente para realizar esta operación de doblado. El suministro de energía es con un motor eléctrico. El operario tiene que poner la prenda estirada sobre la superficie plana de la máquina o punto de inicio. La primera acción por realizar de parte de la máquina es sujetar la prenda desde el medio, luego las levas accionan barras que dobla una manga del polo, e inmediatamente dobla la otra, finalmente, la prenda está doblada, el proceso se aprecia en la figura 2.14.



¹³Figura 2.13. Mecanismo de máquina plegable para artículos compactos con un mecanismo de conducción mejorado

¹³ J, L. W. (1969). Automatic shirt folding machine. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=3477619A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19691111&DB=&locale=en_EP

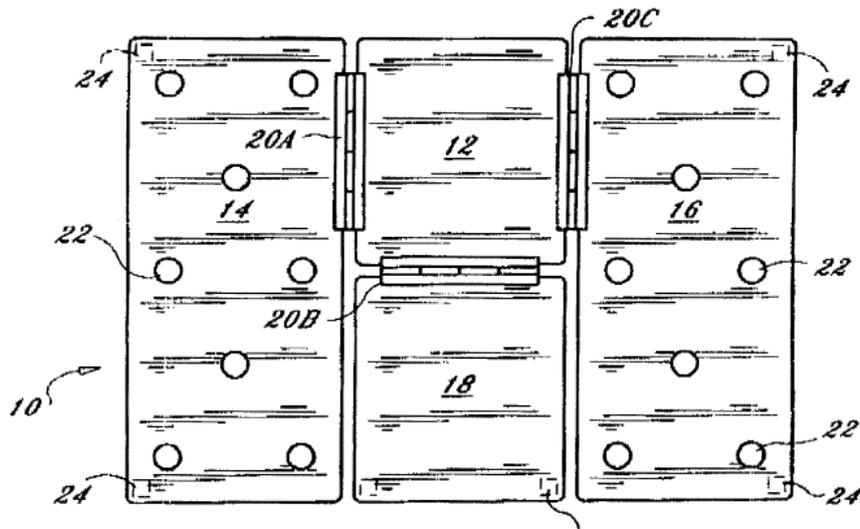


¹⁴Figura 2.14. Proceso de doblado de la máquina

2.3.2.3. Aparato de plegado de prendas

En la figura 2.15 se muestra un aparato de bajo costo que sirve para doblar polos o camisas de forma manual. Este comprende 4 paneles articulados, estas bisagras permiten el libre doblado de las prendas. Las dimensiones del aparato son variables, dependen del tamaño final de prenda al que se pretende llegar.

¹⁴ J. L. W. (1969). Automatic shirt folding machine. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=3477619A&KC=A&FT=D&ND=3&d ate=19691111&DB=&locale=en_EP

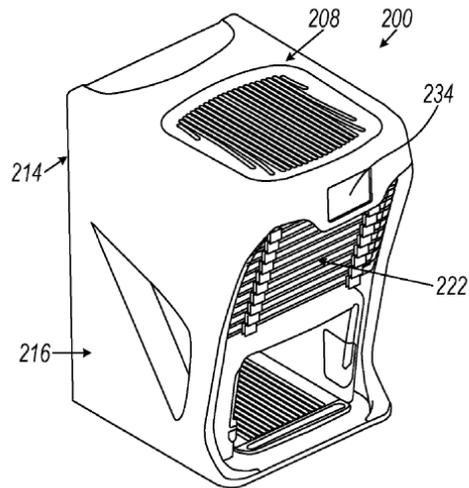


¹⁵Figura 2.15. Aparato de plegado de prendas

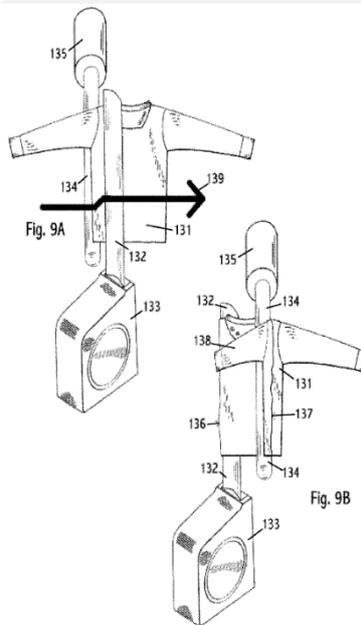
2.3.2.4. Máquina compacta de plegado de artículos domésticos con un mecanismo de accionamiento mejorado

Esta máquina es capaz de recibir, doblar y apilar prendas. Se reciben las prendas con ganchos, figura 2.16 número 222. En el proceso de doblado se utilizan rodillos y apoyos fijos para la prenda, estos rodillos tienen una superficie suficientemente rugosa para que el polo se adhiera, pero no lo daña, este proceso se detalla en la figura 2.17. Finalmente, las prendas dobladas caen sobre la superficie plana de la máquina cerca de la base.

¹⁵ DEBORAH, B. (2002). Garment folding apparatus. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6360927B1&KC=B1&FT=D&ND=3&date=20020326&DB=&locale=en_EP



¹⁶Figura 2.16. Máquina vista por fuera



¹⁷Figura 2.17. Proceso de doblado con rodillos

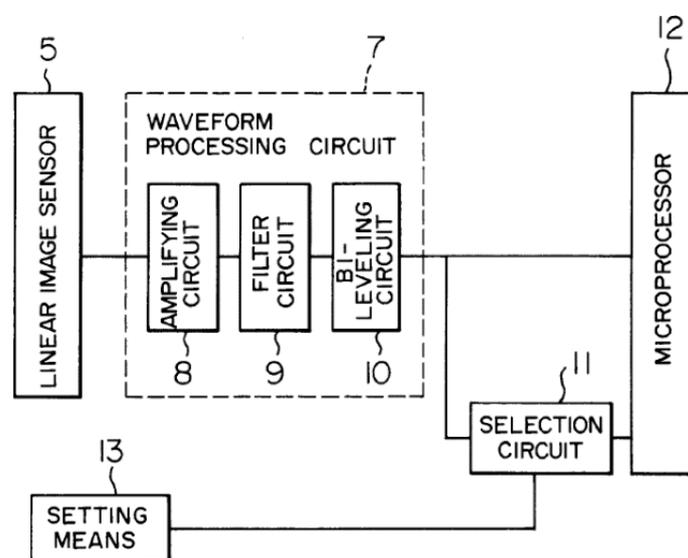
¹⁶ GAL, R. (2019). Compact domestic article folding machine with an improved driving mechanism. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2019153661A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20190523&DB=&locale=en_EP

¹⁷ GAL, R. (2019). Compact domestic article folding machine with an improved driving mechanism. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2019153661A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20190523&DB=&locale=en_EP

2.3.3. Sistemas de lectura de código de barras

2.3.3.1. Aparato lector de código de barras

El funcionamiento del lector de código de barras comienza cuando se proyecta un haz de luz sobre la etiqueta del código de barras, posteriormente, esta luz se refleja sobre un sensor de imagen, inmediatamente, el código presente en esta se decodifica y como salida de la función es el símbolo decodificado. En la figura 2.18 se muestra un diagrama de bloques del circuito interno del lector de código de barras.



¹⁸Figura 2.18. Circuito de lector de código de barras

¹⁸ INOUE, KATSUSHI; TAMAI, SEIICHIRO; KOBAYASHI, KEIICHI; DOSHO NEE, T. M. (1993). Bar-code reader apparatus. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=0576219A2&KC=A2&FT=D&ND=3&date=19931229&DB=&locale=en_EP

2.3.3.2. Lector de códigos de barras de escaneo de alta velocidad que puede leer más de un tipo de código de barras

El presente invento se caracteriza por tener un escáner de alta velocidad. Este emite un haz de escaneo para captar todo el código de barras y luego genera una señal de 2 niveles, una para detectar líneas blancas o negras y otra para la anchura de estas bandas. Finalmente, dependiendo de los parámetros previos captados por el sensor, se realiza un procesamiento de la señal para posteriormente ser decodificada.

2.4. Lista de requerimientos

En la tabla mostrada en el anexo D se muestran los requerimientos necesarios para el desarrollo de futuro sistema, tales como función principal, geometría, cinemática, fuerzas, energía, materia prima, señales, electrónica, seguridad, ergonomía, fabricación, transporte, mantenimiento, uso, materiales, costos y plazos.

El objetivo de la presente tesis es diseñar un prototipo de máquina dobladora de polos para el mercado de exportación con capacidad de 120 polos por hora. Con este, las siguientes necesidades deben ser resueltas con ayuda del sistema mecatrónico.

- Reducir el tiempo doblado en comparación a la mano de obra.
- Las dimensiones de la máquina deben ser menores a las máquinas industriales.
- Tener un doblado uniforme en todas las prendas.

La función principal de la máquina será doblar polos de algodón con una calidad de exportación con una capacidad de 120 polos por hora.

2.4.1. Requerimientos mecánicos

- Las dimensiones máximas serán 1 m x 1 m x 1.5 m.
- Los materiales no deben contaminar químicamente a las prendas.

2.4.2. Requerimientos electrónicos

- El suministro de energía eléctrica será de 220VAC 60Hz.
- Los circuitos estarán aislados del operario para evitar accidentes.

2.4.3. Requerimientos de control

- Uso de un procesador para administrar los sensores y actuadores presentes en el sistema.
- Se podrá detener el funcionamiento de la máquina mientras esté operando.



CAPÍTULO 3

3. Diseño conceptual

En el presente capítulo se presentará la caja negra de la máquina (Black Box) y la estructura de funciones con los cuales se conocerán las entradas y salidas del sistema mecatrónico, y la interacción que hay entre los distintos dominios. Posteriormente, se elaborará una matriz morfológica para conocer las diferentes opciones de solución. Finalmente, se realizará una evaluación técnico-económica entre los conceptos de solución y se llegará a un diseño óptimo.

3.1. Black box

En la figura 3.1 se muestra la caja negra del sistema para doblar polos.

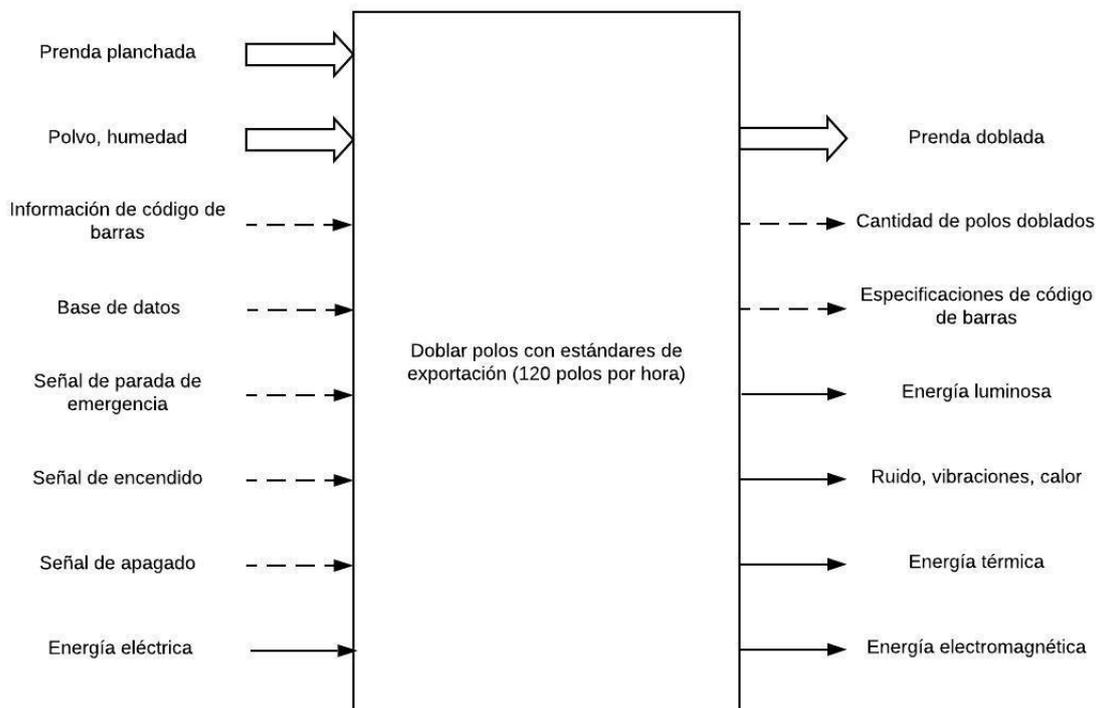


Figura 3.1. Caja negra

Entradas

- Prenda planchada.
- Código de barras: Incluye las especificaciones de los clientes.
- Polvo, humedad.
- Base de datos: Se almacena información de los clientes.
- Señal de parada de emergencia: En caso de emergencia se envía esta señal
- Señal de encendido: Se permite el flujo eléctrico.
- Señal de apagado: Se corta el flujo eléctrico.
- Energía eléctrica: Alimentación del sistema.

Salidas

- Prenda doblada:
- Código de barras: El operario lo retira una vez que la prenda está doblada.
- Cantidad de polos doblados
- Especificaciones de código de barras: Se muestra en una interfaz.
- Energía luminosa: Especifica el estado operativo de la máquina.
- Ruido, calor, vibraciones: Generada por el movimiento del sistema.
- Energía térmica
- Energía electromagnética: Generada por los motores.

3.2. Estructura de funciones

En el anexo F se presenta el gráfico de la estructura de funciones del sistema.

3.2.1. Dominio mecánico

- Recibir: Se reciben las prendas planchadas.
- Transportar: Las prendas se transportan a la siguiente parte del proceso.

- Sujetar: Las prendas se sujetan para que se mantengan fijas en una posición.
- Adaptar: Las dimensiones de doblado se regulan de acuerdo con una señal externa.
- Doblar derecho: Se dobla la parte derecha de la prenda.
- Doblar izquierdo: Se dobla la parte izquierda de la prenda.
- Doblar central 1: Se dobla una parte central de la prenda.
- Doblar central 2: Se da el doblado final de la prenda.
- Transportar: Se transporta la prenda a la siguiente parte del proceso.
- Almacenar: Se reciben las prendas dobladas y se almacenan.

3.2.2. Dominio electrónico

3.2.2.1. Energía

- Acondicionar voltaje de alimentación
- Energizar controlador
- Energizar sistema de potencia
- Energizar módulo de comunicación

3.2.2.2. Sensores

- Leer estado de actuadores: Se lee si el actuador está en la posición deseada.
- Sensar cantidad de polos doblados: Se detecta la presencia de la prenda.

3.2.2.3. Actuadores

- Accionar transporte: Se reciben las señales para accionar el actuador de transporte.
- Accionar doblado: Se reciben las señales para accionar el actuador de transporte.

3.2.2.4. Comunicación

- Recibir señales: Se reciben las señales del procesador.
- Mostrar señales: Se muestran la cantidad de polos doblados y las especificaciones del código de barras.

- Mostrar indicadores de estado: Se emite una energía luminosa para mostrar los estados de la máquina.

3.2.3. Dominio de control

- Recibir imágenes y señales
- Procesar señales e imágenes
- Administrar señales e imágenes
- Generar señales de comunicación y control.

3.3. Matriz morfológica

El desarrollo de esta matriz permite visualizar las distintas opciones de cada dominio previamente descrito y, posteriormente, realizar conceptos de solución para el diseño de la futura máquina. En el anexo se muestra la matriz morfológica desarrollada.

3.3.1. Dominio mecánico

Tabla 3.1. Matriz morfológica dominio mecánico

| Funciones parciales | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| Recibir | Sujetador tipo gancho | Bandeja | |
| Transportar | Faja transportadora | Gravedad | Plano inclinado |
| Sujetar | Sujetador de barras | Sujetador fijo | Sujetador retráctil |
| Doblar derecho | Arreglo de pistones | Guía lineal con varilla | Arreglo de levas |
| Doblar izquierdo | Arreglo de pistones | Guía lineal con varilla | Arreglo de levas |
| Doblar central 1 | Arreglo de pistones | Guía lineal con varilla | Arreglo de levas |
| Doblar central 2 | Arreglo de pistones | Guía lineal con varilla | Arreglo de levas |
| Transportar | Faja transportadora | Gravedad | Plano inclinado |
| Almacenar | Bandeja | | |

3.3.2. Dominio electrónico

Tabla 3.2. Matriz morfológica dominio electrónico

| Funciones parciales | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Acondicionar voltaje de alimentación | Transformador de voltaje | UPS | Estabilizador de tensión |
| Leer estado de actuadores | Módulo sensor encoder | Sensor ultrasonido | Sensor de distancia láser CJMCU |
| Sensar cantidad de polos doblados | Sensor ultrasonido | Sensor de distancia láser CJMCU | Sensor de contacto |
| Recibir señales | HMI | Pantalla LCD | Monitor |
| Mostrar señales | HMI | Pantalla LCD | Monitor |
| Mostrar indicadores de estado | Torreta tipo semáforo | Luces LED industriales | HMI |

3.3.3. Dominio de control

Tabla 3.3. Matriz morfológica dominio de control

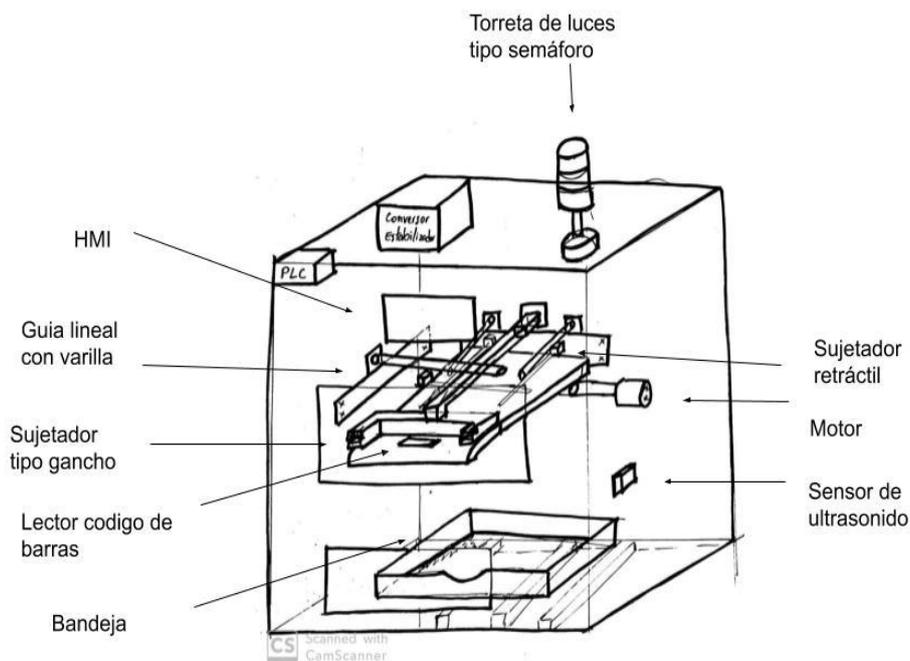
| Funciones parciales | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---|---------------|----------------|---------------|
| Recibir imágenes y señales | PLC | Raspberry Pi 3 | Arduino MEGA |
| Procesar señales e imágenes | | | |
| Administrar señales e imágenes | | | |
| Generar señales de comunicación y control | | | |

3.4. Conceptos de solución

3.4.1. Diseño conceptual 1

En el presente diseño, figura 3.2, la prenda ingresa al sistema una vez que el operario engancha la prenda boca abajo, con el código de barras cerca al cuello, en el sujetador tipo gancho. Este sujetador transporta la prenda hacia una superficie para su posterior doblado. A continuación, los sujetadores retráctiles se accionan para mantener firme la prenda. Seguidamente, las guías lineales realizan las operaciones de doblado de la prenda, siempre leyendo el estado actual con encoders en caso se deba detener el proceso. Una vez la prenda esta doblada, un motor gira para que la mesa de trabajo funcione como plano inclinado, cuando la mesa este en su posición más baja, el sensor de ultrasonido cuenta que una prenda ha sido doblada, finalmente, esta cae en una bandeja donde podrá ser recepcionada por el operario. El estado de operación y especificaciones se muestran en la pantalla HMI.

3.4.1.1. Diseño mecánico



Cotas máximas: 1m x 1m x 1.5m (largo, ancho, alto respectivamente)

Figura 3.2. Vista isométrica diseño conceptual 1

3.4.2. Diseño conceptual 2

En el presente diseño, la prenda ingresa al sistema una vez que el operario engancha la prenda boca abajo, con el código de barras cerca al cuello, en el sujetador tipo gancho. Este sujetador transporta la prenda hacia una superficie, diseñada especialmente para realizar este doblado, véase en la figura 3.3, para su posterior doblado. A continuación, los sujetadores de barras se accionan para mantener firme la prenda. Seguidamente, los pistones neumáticos se accionan de manera sincronizada para conseguir el doblado deseado. Una vez la prenda esta doblada, un motor gira para que la mesa de trabajo funcione como plano inclinado, cuando la mesa este en su posición más baja, el sensor de ultrasonido cuenta que una prenda ha sido doblada, finalmente, esta cae en una bandeja donde podrá ser recepcionada por el operario. Las especificaciones y cantidad de polos doblados se muestran en las pantallas LCD del sistema.

3.4.2.1. Diseño mecánico

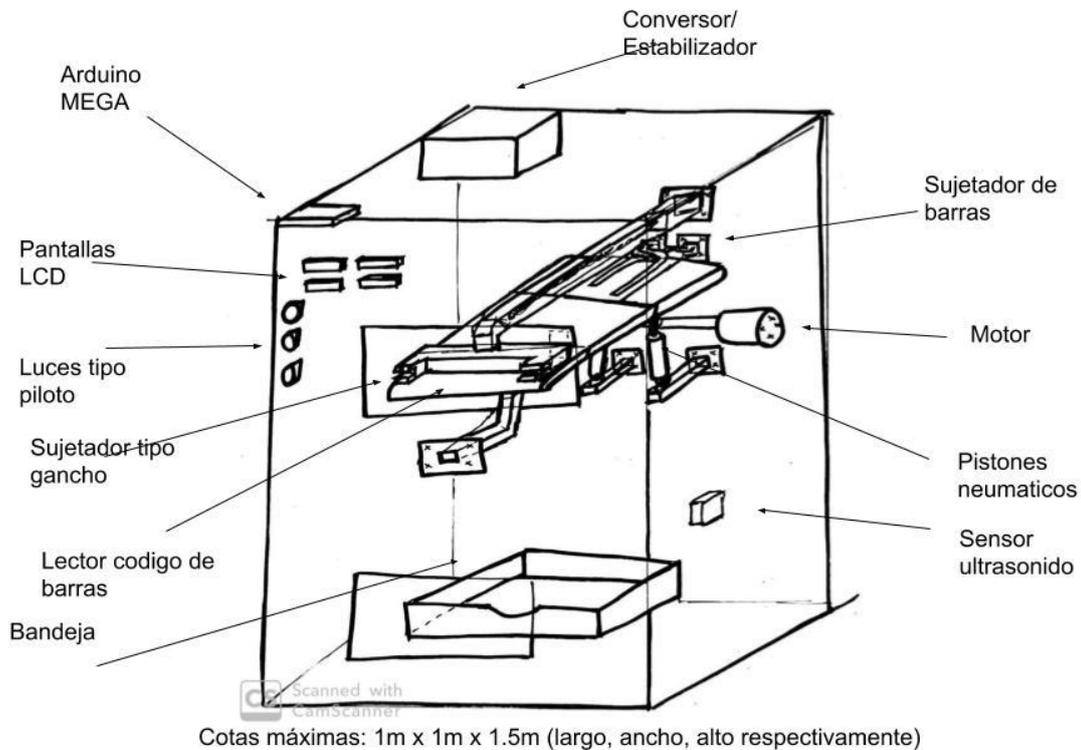


Figura 3.3. Vista isométrica diseño conceptual 2

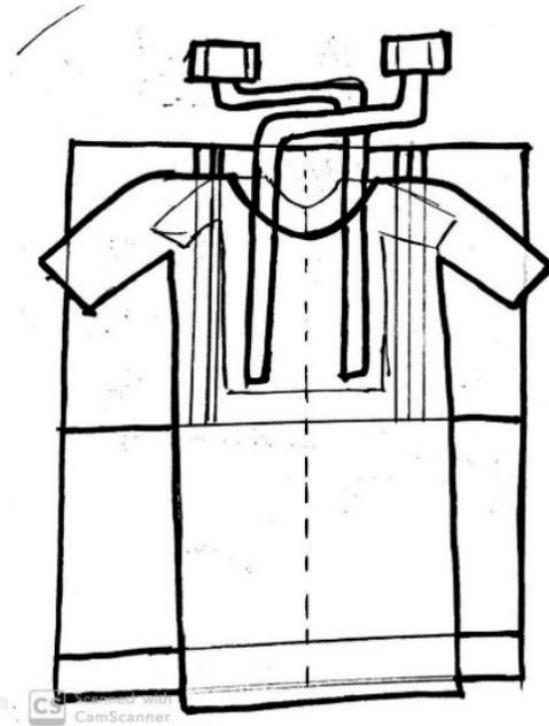
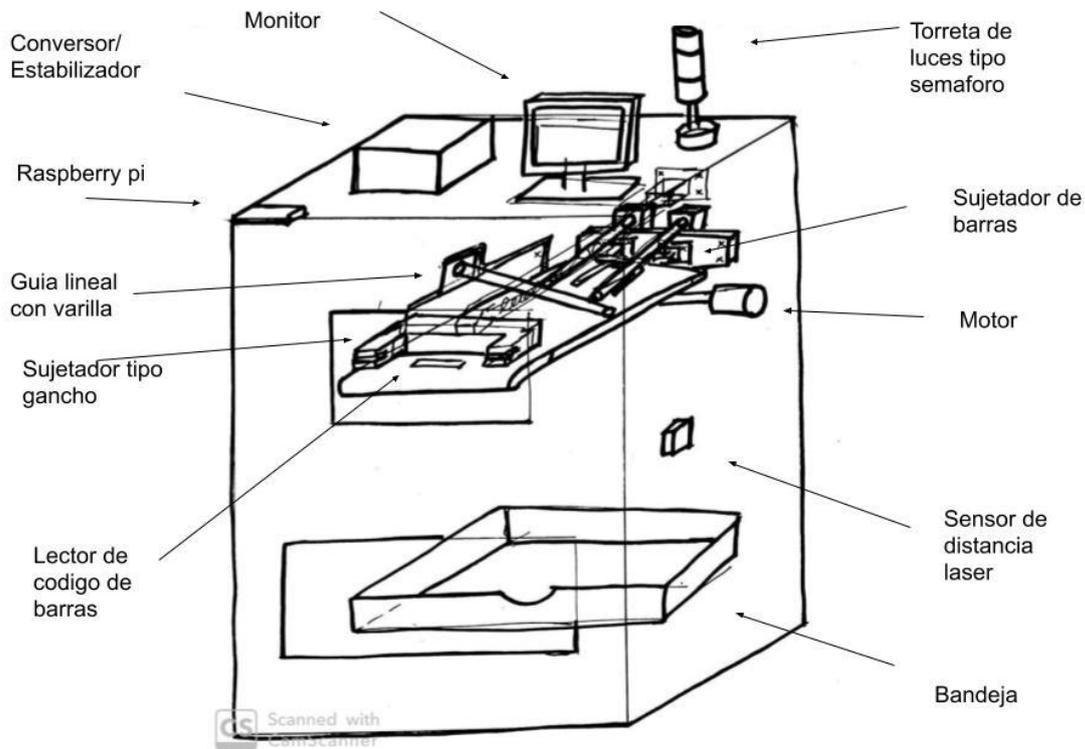


Figura 3.4. Mesa para sujetar prenda

3.4.3. Diseño conceptual 3

En el presente diseño, figura 3.5, la prenda ingresa al sistema una vez que el operario engancha la prenda boca abajo, con el código de barras cerca al cuello, en el sujetador tipo gancho. Este sujetador transporta la prenda hacia una superficie para su posterior doblado. A continuación, los sujetadores retráctiles se accionan para mantener firme la prenda. Seguidamente, las guías lineales realizan las operaciones de doblado de la prenda, siempre leyendo el estado actual con encoders en caso se deba detener el proceso. Una vez la prenda esta doblada, un motor gira para que la mesa de trabajo abra un compartimiento, cuando este se abra, el sensor de contacto emitirá una señal para contar que una prenda ha sido doblada, finalmente, esta cae en una bandeja donde podrá ser recepcionada por el operario. El estado de operación y especificaciones se muestran en el monitor.

3.4.3.1. Diseño mecánico



Cotas máximas: 1m x 1m x 1.5m (largo, ancho, alto respectivamente)

Figura 3.5. Vista isométrica diseño conceptual 3

3.5. Evaluación de conceptos de solución

De acuerdo con la norma VDI 2221, se debe realizar una evaluación técnico-económica para comparar los conceptos de solución obtenidos en la matriz morfológica. Para ello se utilizarán los siguientes criterios de evaluación:

- Mantenimiento: se evaluará el costo y periodicidad de este.
- Costo de tecnología: se tomará en cuenta la adquisición de los materiales: importación, disponibilidad en mercado nacional, fabricación personalizada.
- Consumo energético: se comparará la potencia eléctrica final aproximada consumida por la máquina.

- Ergonomía del operario: se verificará que la máquina cumpla con las normas de seguridad y salud en el trabajo ISO 45001.
- Eficiencia térmica: se evaluará la temperatura interna del sistema para que no perjudique la prenda.
- Operabilidad: la facilidad con la que un operario puede aprender a usar la máquina.

A cada criterio de evaluación se le asigna un peso ponderado, este es criterio de acuerdo con la importancia por parte del diseñador, y a cada solución se le asigna un puntaje de satisfacción según la siguiente tabla.

Tabla 3.4. Leyenda de evaluación técnico-económica

| G: Peso ponderado | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 4 | Muy importante |
| 3 | Importante |
| 2 | Poco importante |
| 1 | No importa |
| P: Puntaje de satisfacción | |
| 4 | Muy bien (solución ideal) |
| 3 | Bien |
| 2 | Suficiente |
| 1 | Aceptable a las justas |
| 0 | No satisface |

A continuación, se muestra la tabla 3.5 con los pesos ponderados por criterio y su respectiva justificación.

Tabla 3.5. Justificación de pesos ponderados

| Criterio | G | Justificación |
|----------------------------|----------|--|
| Mantenimiento (E) | 4 | De acuerdo con la lista de requerimientos se necesita una mayor accesibilidad al sistema permitiendo la reducción de tiempo de muerto por mantenimiento. |
| Costo de tecnología (E) | 4 | De acuerdo con lista de requerimientos se necesita que los costos del sistema de doblado se ajusten a sus beneficios tecnológicos equilibrando economía y beneficio técnico. |
| Consumo energético (E) | 3 | De acuerdo con la lista de requerimientos se necesita que la energía utilizada sea óptima para el sistema y mínima en lo que se refiere a costos de operación. |
| Ergonomía del operario (T) | 3 | De acuerdo con la lista de requerimientos se propone evitar traumatismos a largo plazo siguiendo la norma ISO 45001 en el diseño del sistema. |
| Eficiencia térmica (T) | 2 | De acuerdo con la lista de requerimientos se vela por la integridad de los componentes por lo que se busca obtener con el diseño una óptima transferencia de calor entre el sistema y el entorno. |
| Operabilidad (T) | 3 | En la industria textil actual gran parte de los trabajadores no poseen estudios superiores ni estudios básicos completos por lo cual se busca generar un uso intuitivo para el operario, logrando reducir tiempos de capacitación para la empresa. |

Posteriormente, los pesos ponderados se multiplican con el puntaje asignado por el diseñador según criterio. En la tabla 3.6 y 3.7 se detallan estos puntajes y se muestran los puntajes de cada solución con respecto al puntaje ideal.

Tabla 3.6. Evaluación técnica

| Soluciones | | Solución 1 | | Solución 2 | | Solución 3 | | Solución ideal | |
|-------------------------|---|------------|-----|------------|-----|------------|-----|----------------|-----|
| Criterios técnicos | G | P | GxP | P | GxP | P | GxP | P | GxP |
| Ergonomía del operario | 3 | 2 | 6 | 2 | 6 | 2 | 6 | 4 | 12 |
| Eficiencia térmica | 2 | 3 | 6 | 2 | 4 | 3 | 6 | 4 | 8 |
| Operabilidad | 3 | 2 | 6 | 2 | 6 | 3 | 9 | 4 | 12 |
| Puntaje máximo | | | 18 | | 16 | | 21 | | 32 |
| Valor técnico Xi | | 0.56 | | 0.5 | | 0.65 | | 1 | |
| Orden | | 2 | | 3 | | 1 | | | |

Tabla 3.7. Evaluación económica

| Soluciones | | Solución 1 | | Solución 2 | | Solución 3 | | Solución ideal | |
|---------------------------|---|------------|-----|------------|-----|------------|-----|----------------|-----|
| Criterios económicos | G | P | GxP | P | GxP | P | GxP | P | GxP |
| Mantenimiento | 4 | 3 | 12 | 2 | 8 | 3 | 12 | 4 | 16 |
| Costo de tecnología | 4 | 2 | 8 | 1 | 4 | 3 | 12 | 4 | 16 |
| Consumo energético | 3 | 2 | 6 | 3 | 9 | 2 | 6 | 4 | 12 |
| Puntaje máximo | | | 26 | | 21 | | 30 | | 44 |
| Valor económico Yi | | 0.59 | | 0.47 | | 0.68 | | 1 | |
| Orden | | 2 | | 3 | | 1 | | | |

Tabla 3.8. Justificación puntaje asignado por criterio técnico

| Criterio | Solución | P | Justificación |
|------------------------|-----------------|----------|--|
| Ergonomía del operario | Solución 1 | 2 | En los 3 diseños de máquina, el operario está en constante uso de esta lo cual no es muy ergonómico. |
| | Solución 2 | 2 | |
| | Solución 3 | 2 | |
| Eficiencia térmica | Solución 1 | 3 | La solución 1 y 3 usan motores pequeños, por lo que no generan mucho calor como el motor de la solución 2. |
| | Solución 2 | 2 | |
| | Solución 3 | 3 | |
| Operabilidad | Solución 1 | 2 | En la solución 3, el operario distingue mejor las señales en una pantalla grande como es el monitor. |
| | Solución 2 | 2 | |
| | Solución 3 | 3 | |

Tabla 3.9. Justificación puntaje asignado por criterio económico

| Criterio | Solución | P | Justificación |
|---------------------|-----------------|----------|---|
| Mantenimiento | Solución 1 | 3 | En la solución 1 y 3 se debe, principalmente, engrasar los tornillos sin fin periódicamente y verificar el estado de los cables de energía. |
| | Solución 2 | 2 | |
| | Solución 3 | 3 | |
| Costo de tecnología | Solución 1 | 2 | La solución 3 posee equipos menos industriales, por lo que es más económico que las demás soluciones. |
| | Solución 2 | 1 | |
| | Solución 3 | 3 | |
| Consumo energético | Solución 1 | 2 | En la solución 2, al ser pistones, la energía que se consume solo es para recargar el tanque de aire del compresor |
| | Solución 2 | 3 | |
| | Solución 3 | 2 | |

Se realiza una gráfica de dispersión con los puntajes obtenidos previamente, considerando soluciones a partir de 0.6 en valor técnico y económico, la solución óptima sería la tercera.

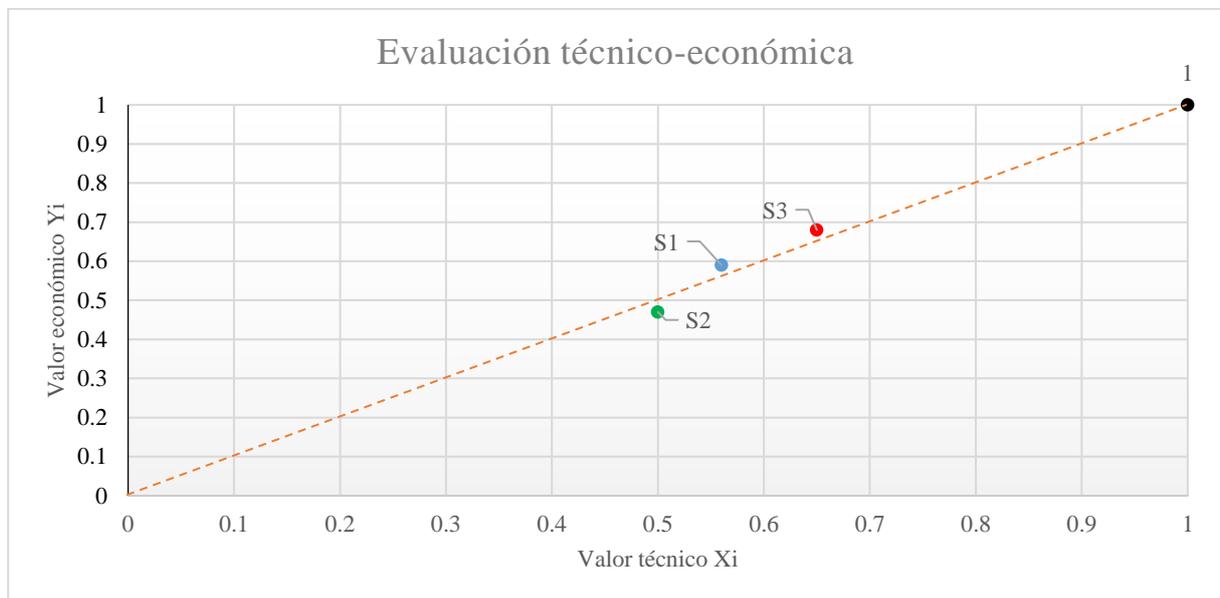


Figura 3.6. Análisis técnico-económico

El perfil de Harris, tabla 3.10, es una representación gráfica de las fortalezas y debilidades de los conceptos de un diseño nuevo. Este método sirve para evaluar parámetros cualitativos siendo los valores --: malo, -: moderado, +: bueno y ++: muy bueno los que se usan para llegar a una conclusión. El diseño con mayor puntaje será el futuro concepto por utilizar y mejorar. (Boeijen, Daalhuizen, Hoog, & Wiegerinck, 2010)

Tabla 3.10. Perfil de Harris

| | Concepto 1 | | | | Concepto 2 | | | | Concepto 3 | | | |
|------------------------|------------|---|---|----|------------|---|---|----|------------|---|---|----|
| | -- | - | + | ++ | -- | - | + | ++ | -- | - | + | ++ |
| Geometría | | | | | | | | | | | | |
| Peso | | | | | | | | | | | | |
| Diseño externo | | | | | | | | | | | | |
| Seguridad | | | | | | | | | | | | |
| Velocidad | | | | | | | | | | | | |
| Accesibilidad a partes | | | | | | | | | | | | |
| Operabilidad | | | | | | | | | | | | |

Concepto 1: +7

Concepto 2: -4

Concepto 3: +8

Tomando en cuenta los 2 métodos de evaluación, la solución 3 pasaría a ser el diseño óptimo y con el que se trabajará posteriormente en el desarrollo de la tesis.

3.6. Modelo 3D

Después de seleccionar el diseño conceptual con mayor puntaje, se realiza un bosquejo 3D para validar el funcionamiento del diseño.

En la figura 3.7 se muestra la vista exterior de la máquina, aquí el operario solo tiene control sobre los botones de encendido/apagado y emergencia, los cuales serán controlados por un microprocesador. El monitor integrado dentro de la máquina mostrará las especificaciones del doblado de la prenda. Inicialmente, el operario debe sujetar el polo con los ganchos en la parte frontal. La máquina realizará las operaciones de doblado automáticamente y una vez doblado, la prenda caerá a una bandeja donde se podrá recoger la(s) prendas.

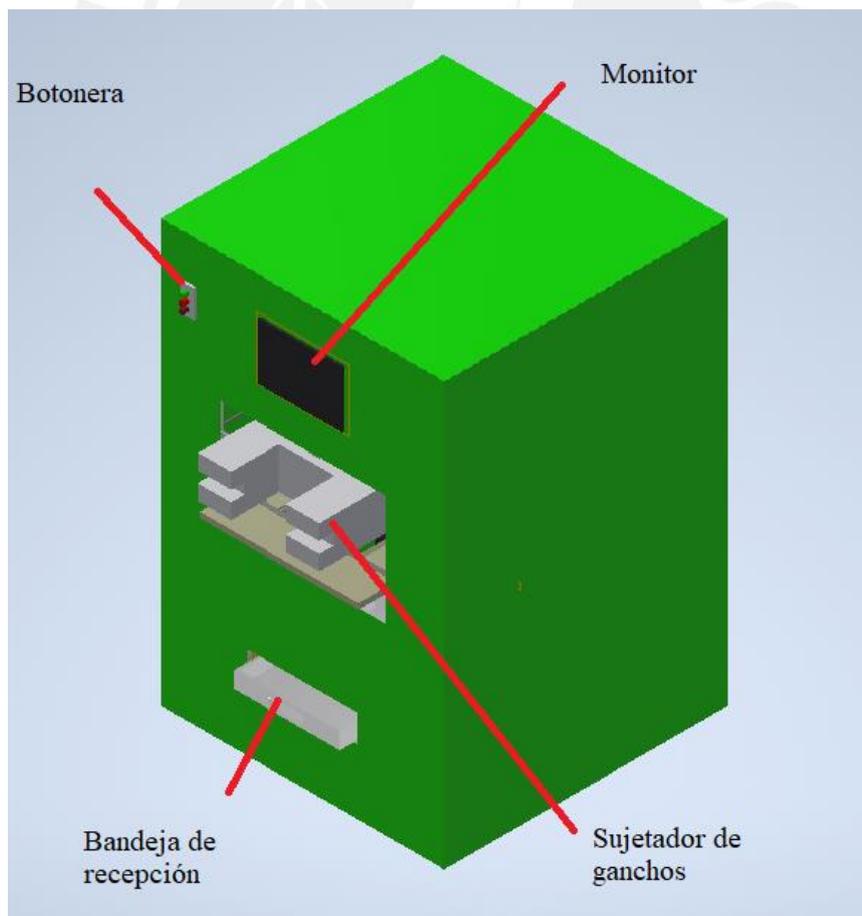
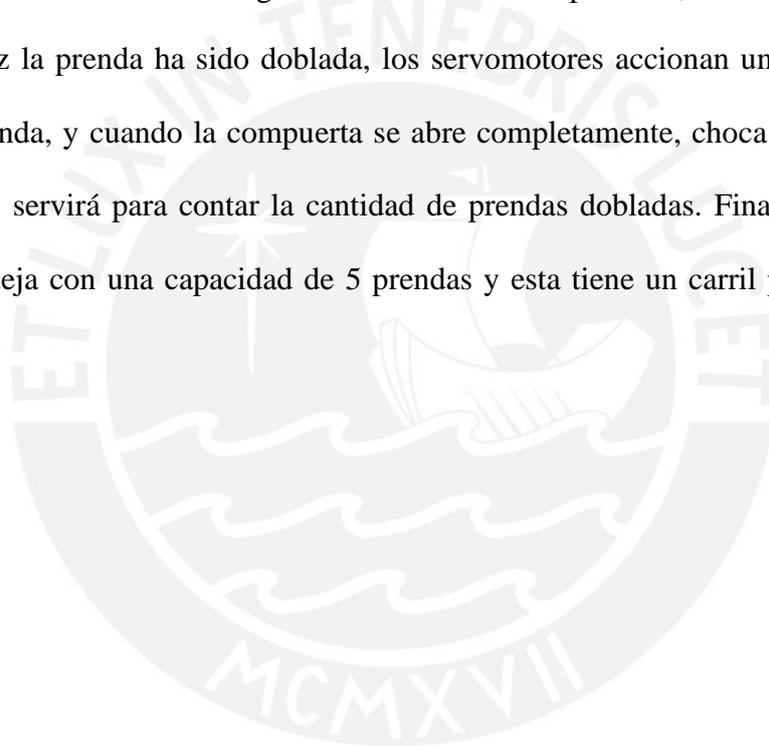


Figura 3.7. Vista exterior del diseño preliminar

En la figura 3.8, se muestra la parte interior de la máquina, la prenda ingresa al sistema, una vez se haya escaneado el código de barras de la prenda, a través del sujetador de ganchos el cual se desplaza en un carril con un tornillo de potencia accionado por un motor a pasos. La prenda se deja sobre la mesa de doblado una vez que llegue hasta el final del carril de traslado donde habrá un sensor de fin de carrera mecánico el cual enviará una señal al microprocesador para soltar la prenda, posteriormente, los sujetadores retráctiles se accionarán por medio de un motor DC para mantener el polo firme, a continuación, las varillas realizan la operación de doblado, estas también se mueven sobre unas guías con un tornillo de potencia, accionado por un motor a pasos. Una vez la prenda ha sido doblada, los servomotores accionan una compuerta para dejar caer la prenda, y cuando la compuerta se abre completamente, choca con un sensor de contacto, el cual servirá para contar la cantidad de prendas dobladas. Finalmente, la prenda caerá en la bandeja con una capacidad de 5 prendas y esta tiene un carril para que sea fácil retirarla.



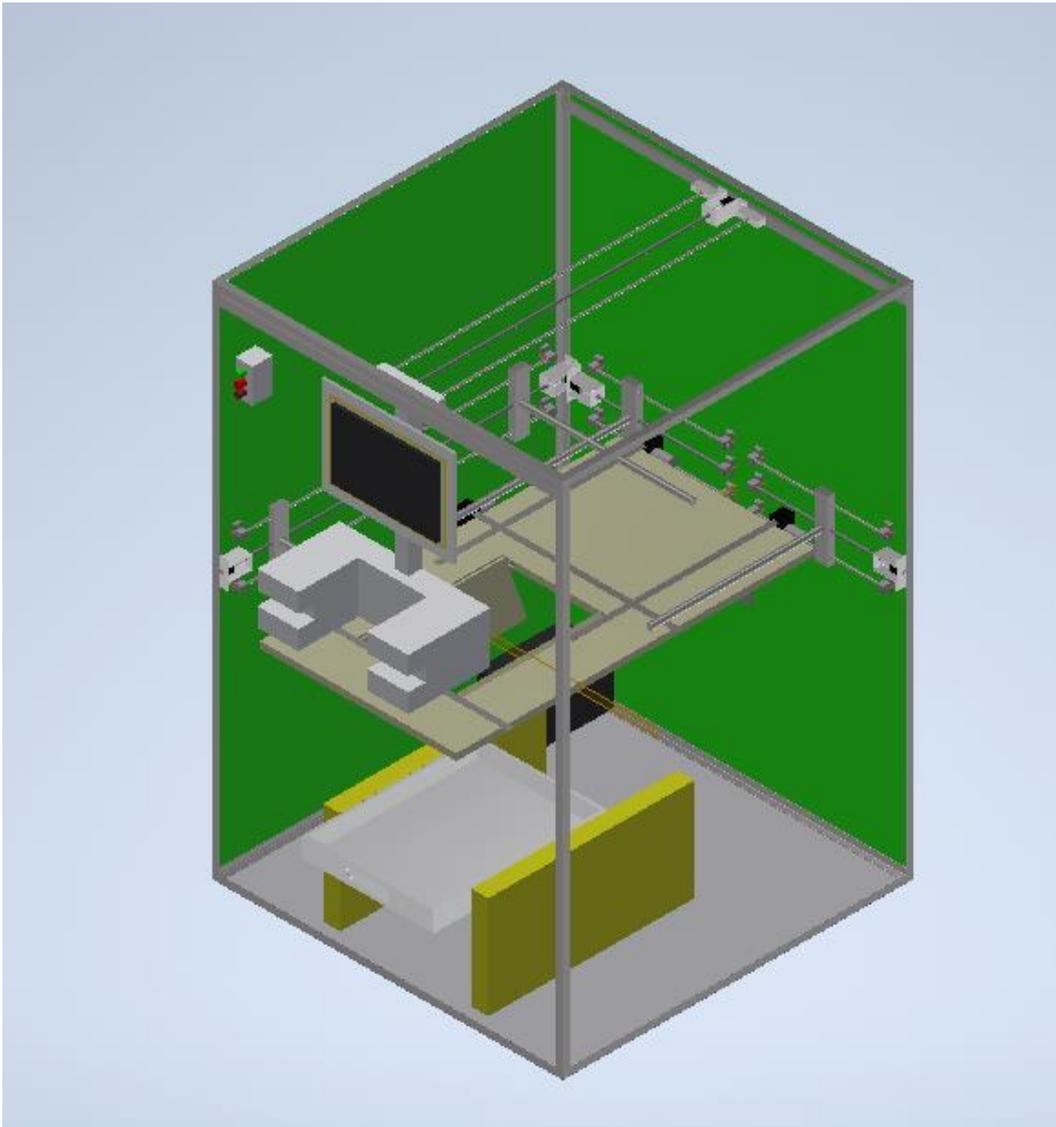


Figura 3.8. Vista interior del diseño preliminar

3.6.1. Detalles del concepto de solución óptimo

Se muestran los principales detalles a mano alzada del diseño preliminar en las figuras 3.9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22.

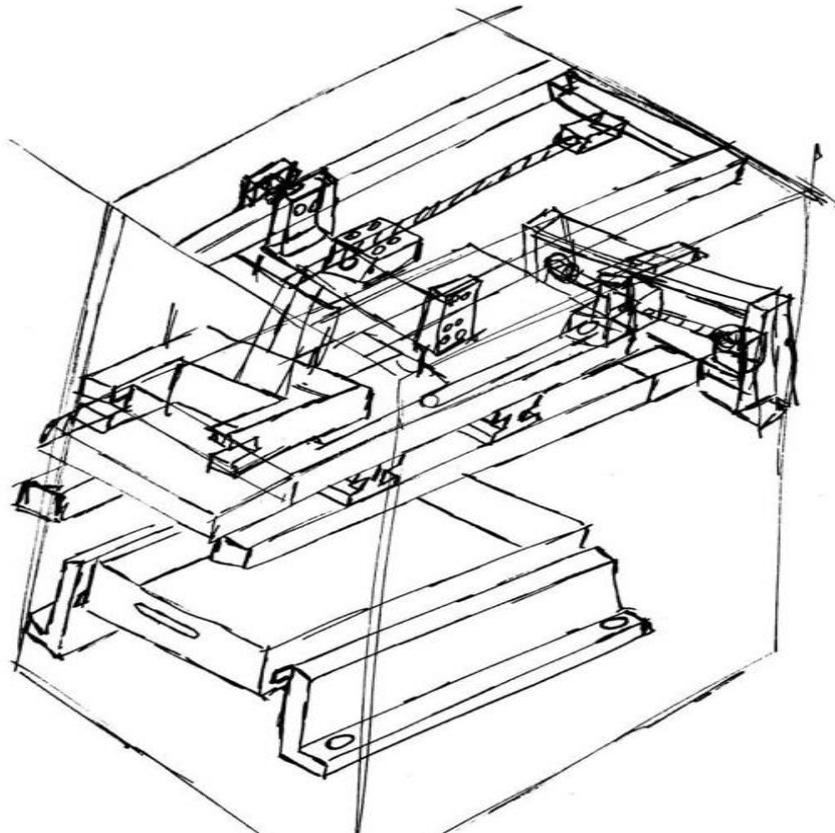


Figura 3.9. Vista isométrica diseño preliminar

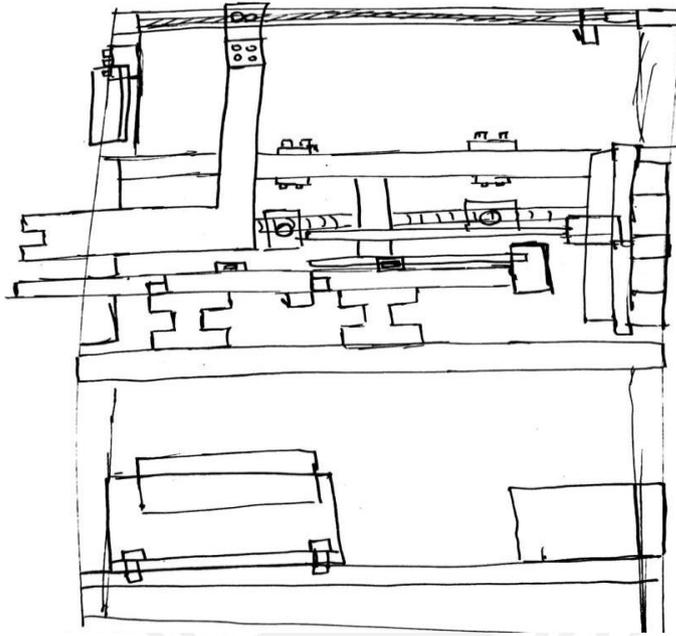


Figura 3.10. Vista perfil diseño preliminar

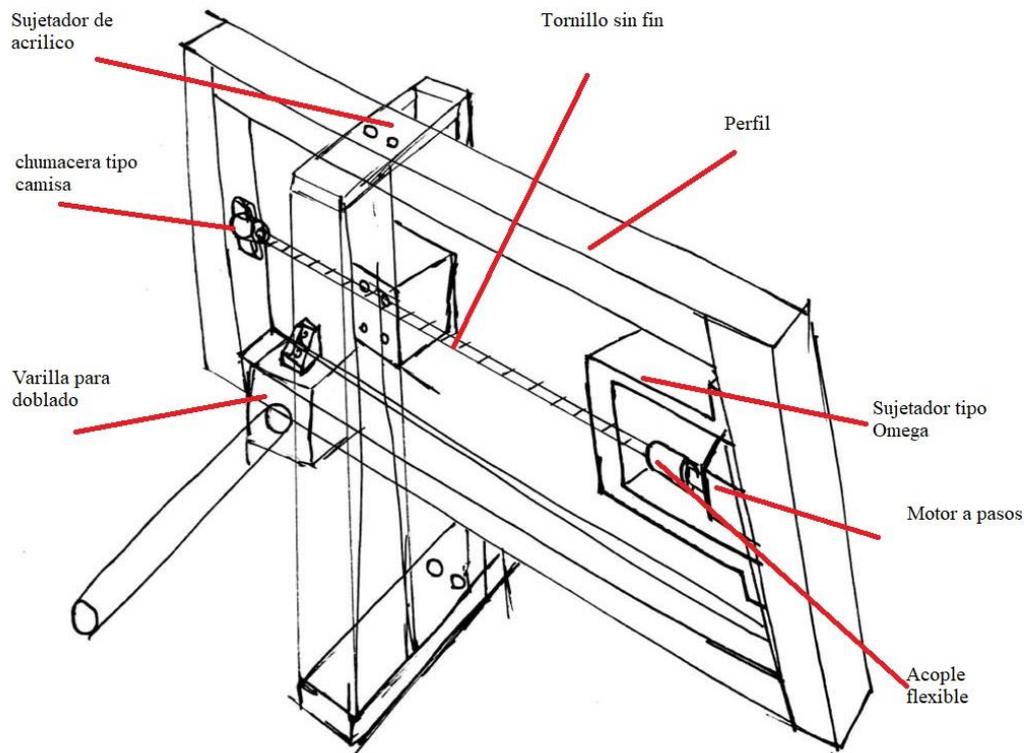


Figura 3.11. Detalle de mecanismo de doblado

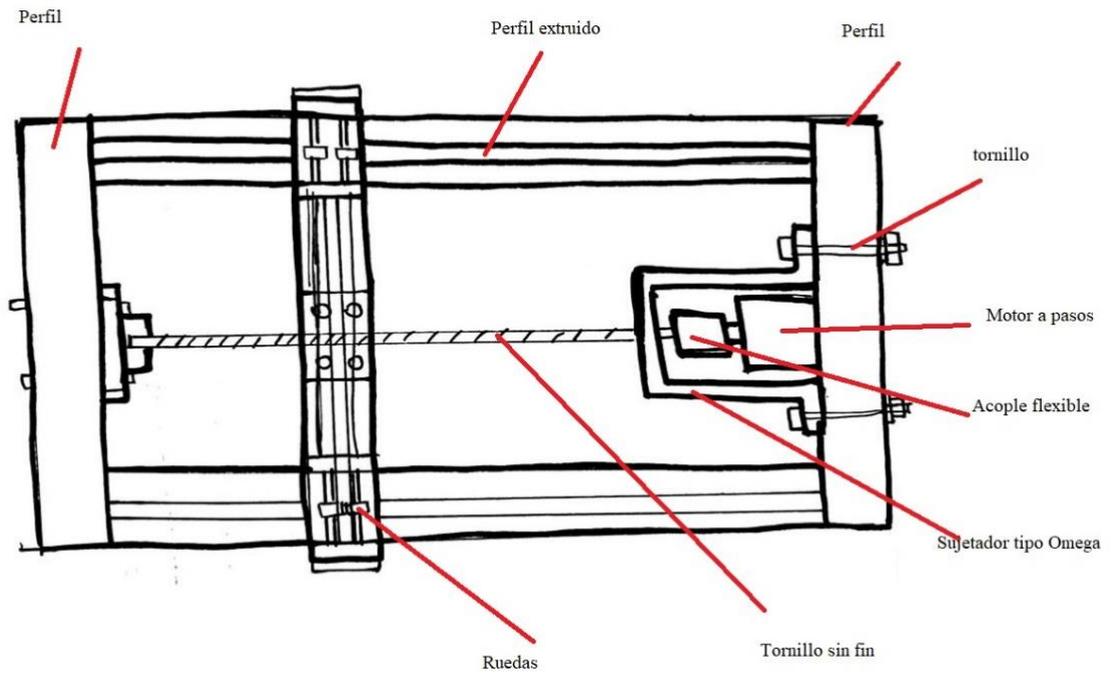


Figura 3.12. Vista 2D mecanismo de doblado

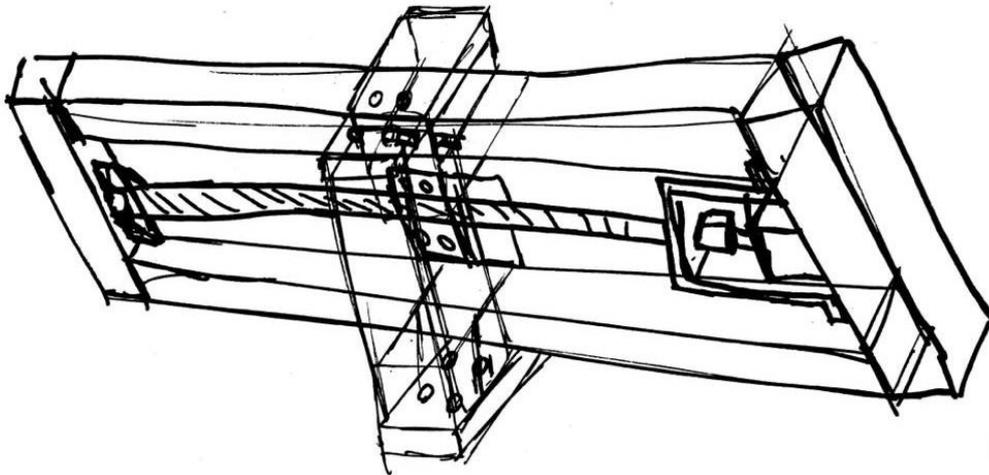


Figura 3.13. Guía para mecanismo de doblado

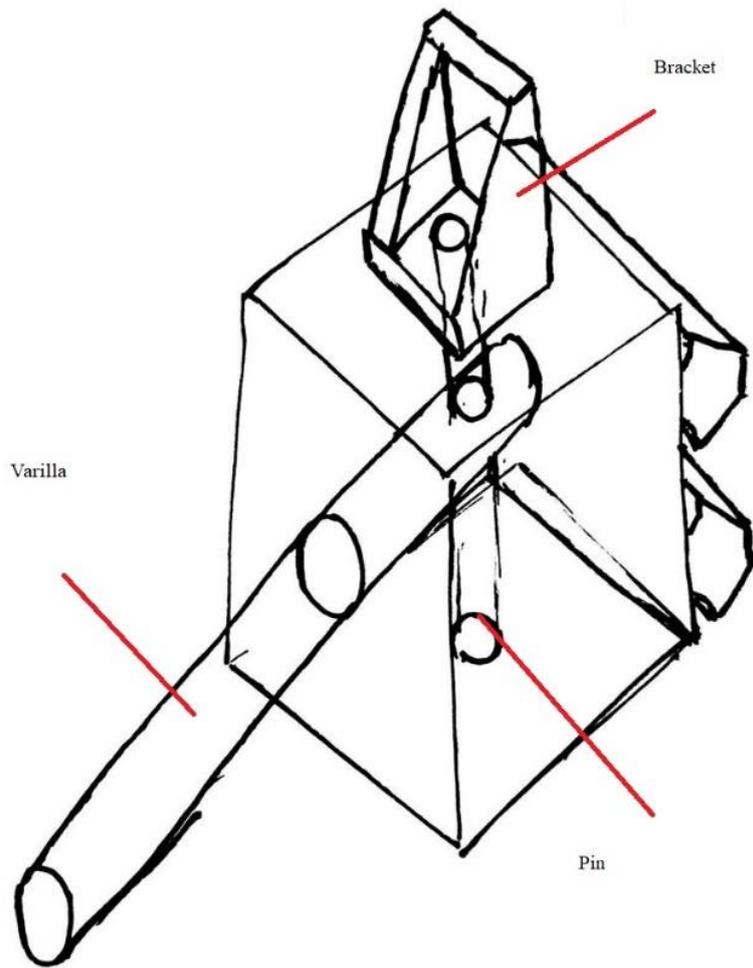


Figura 3.14. Detalle de varilla

MCMXVII

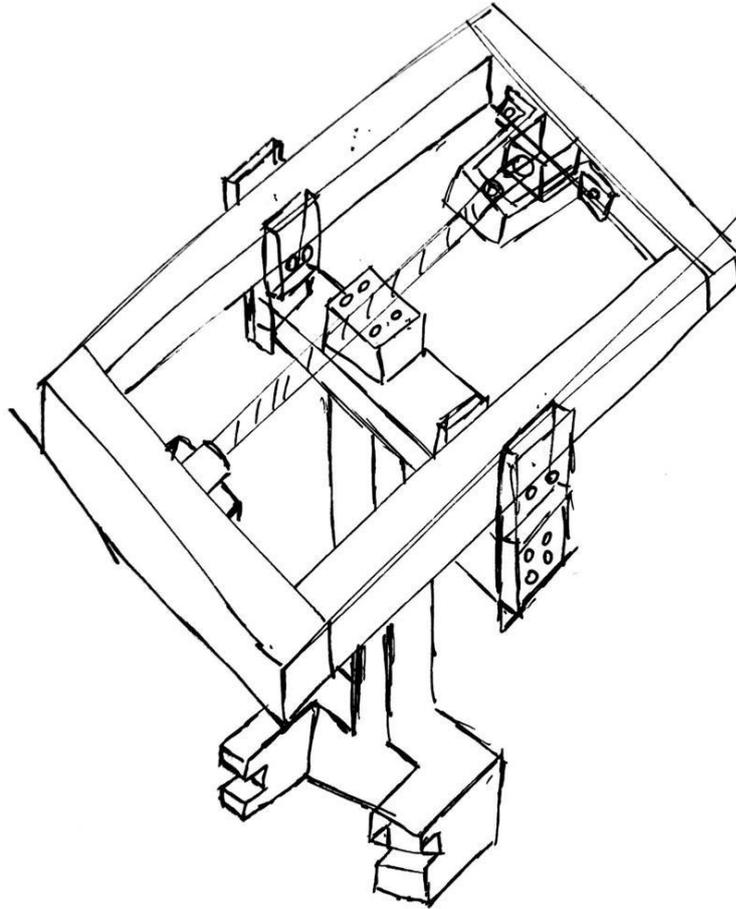


Figura 3.15. Mecanismo de recepción y posicionamiento de prenda

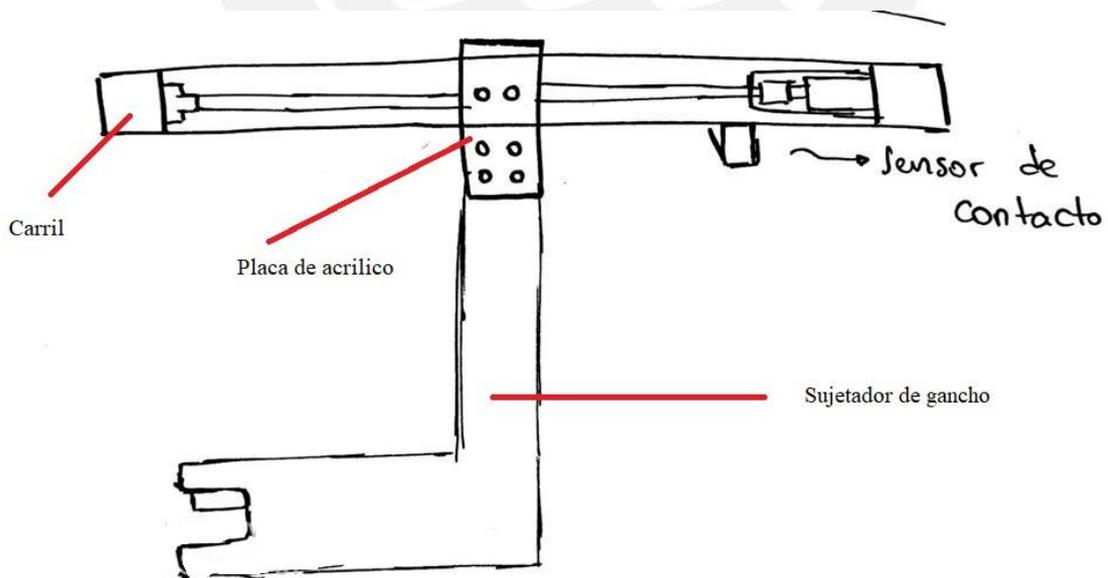


Figura 3.16. Vista 2D mecanismo de recepción y posicionamiento de prenda

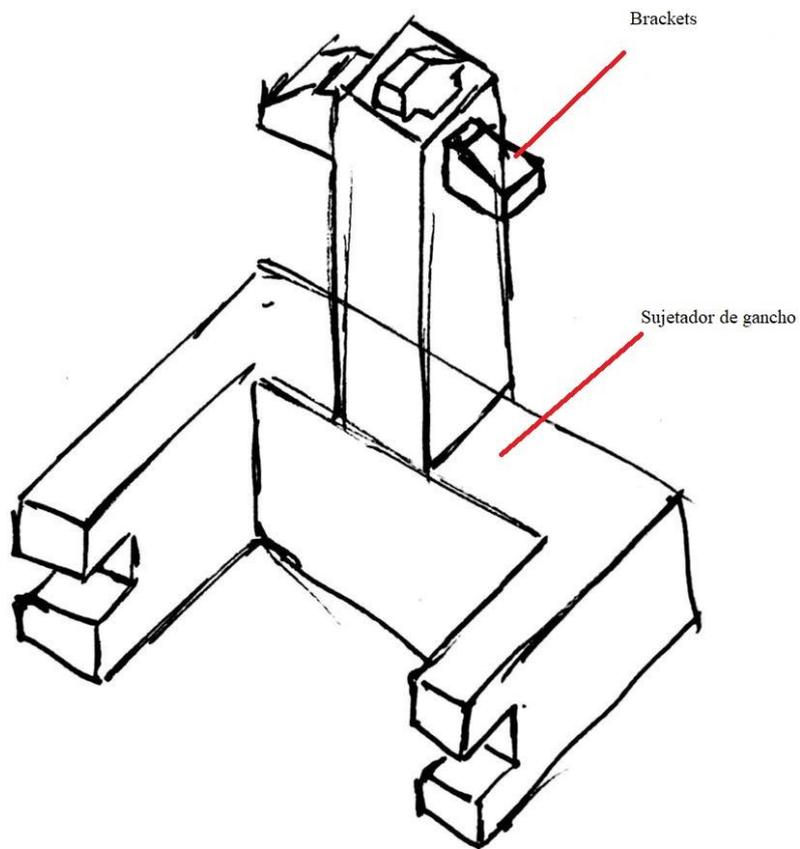


Figura 3.17. Vista isométrica detalle sujetador de gancho

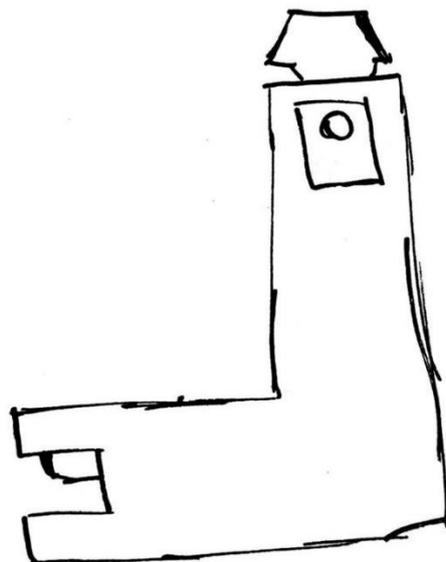


Figura 3.18. Vista perfil detalle sujetador de gancho

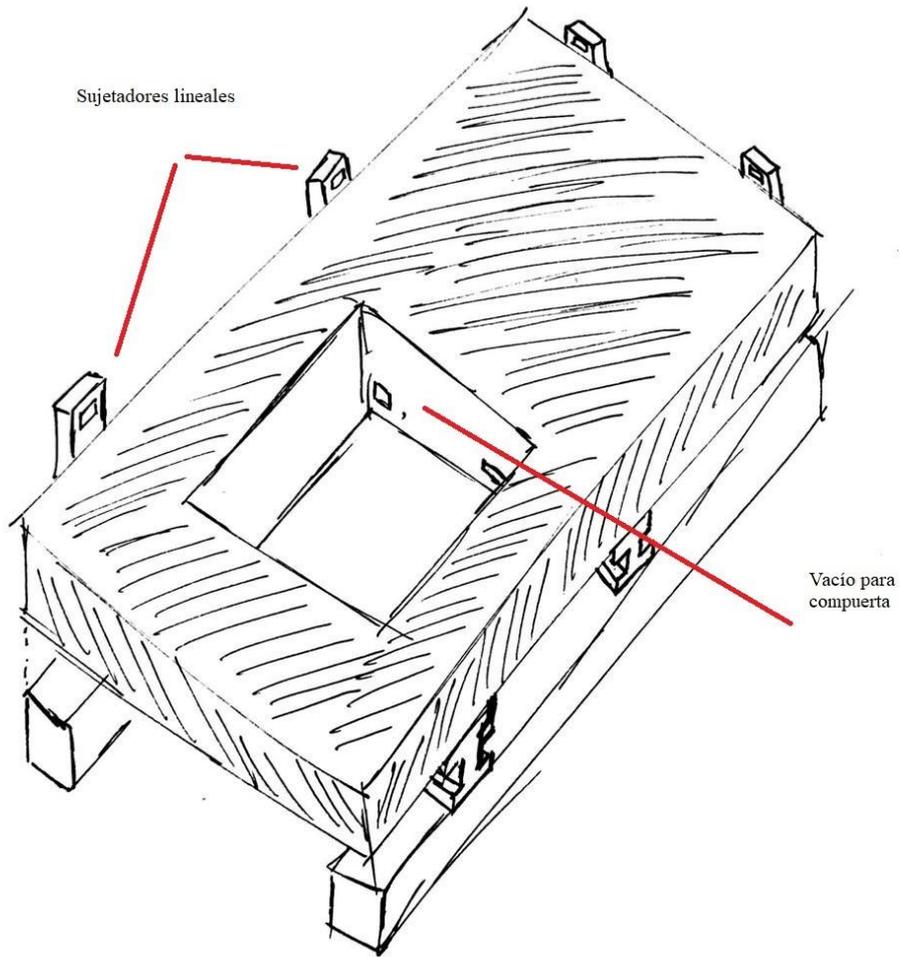


Figura 3.19. Vista isométrica mesa de doblado

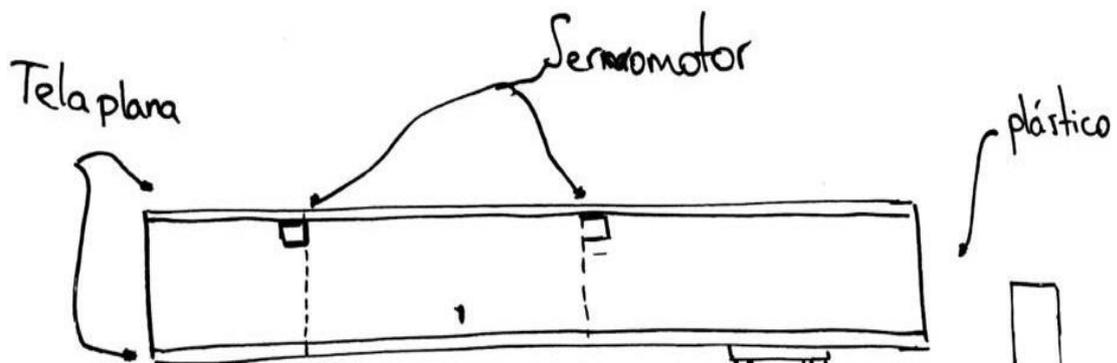


Figura 3.20. Vista perfil mesa de doblado

Servomotores

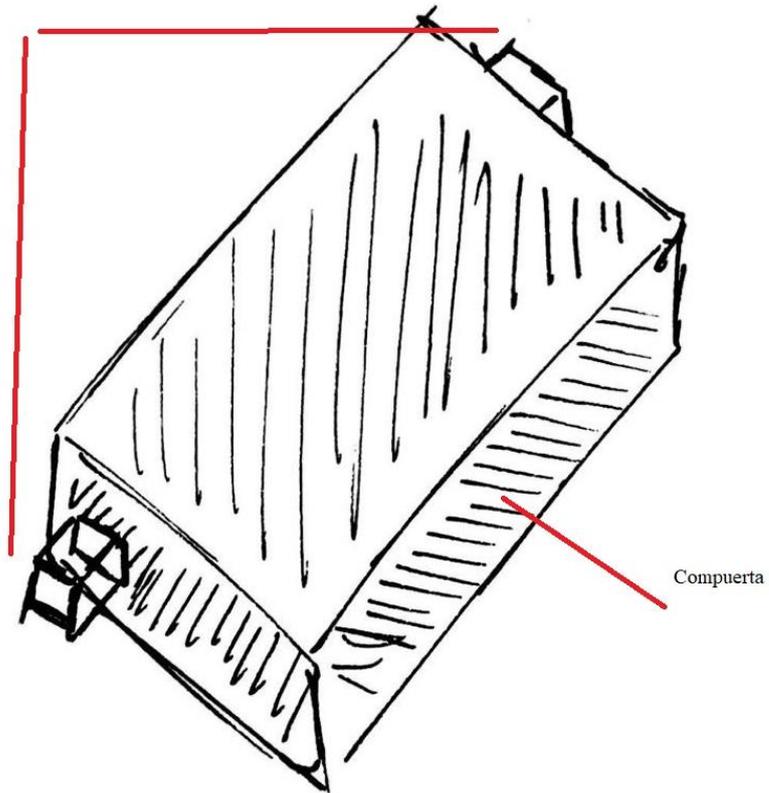


Figura 3.21. Detalle compuerta de mesa de doblado

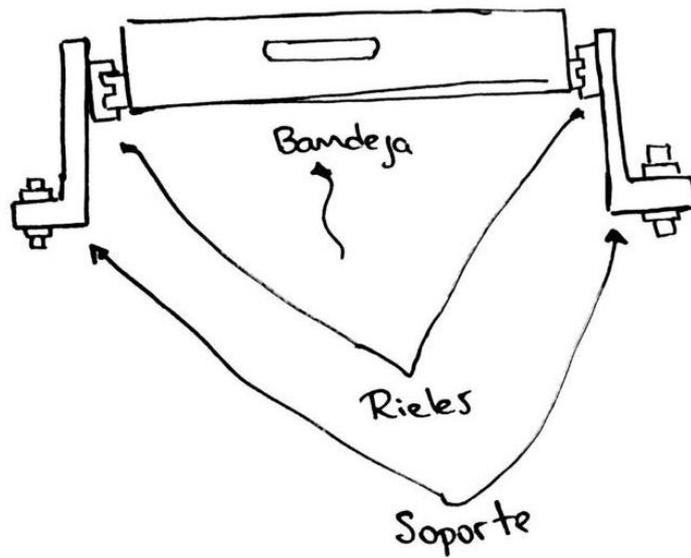


Figura 3.22. Detalle bandeja de recepción de prendas

3.6.2. Diagrama de flujo

En la siguiente figura 3.23 se presenta el diagrama de flujo del presente diseño con el cual se puede realizar posteriormente el código del sistema.

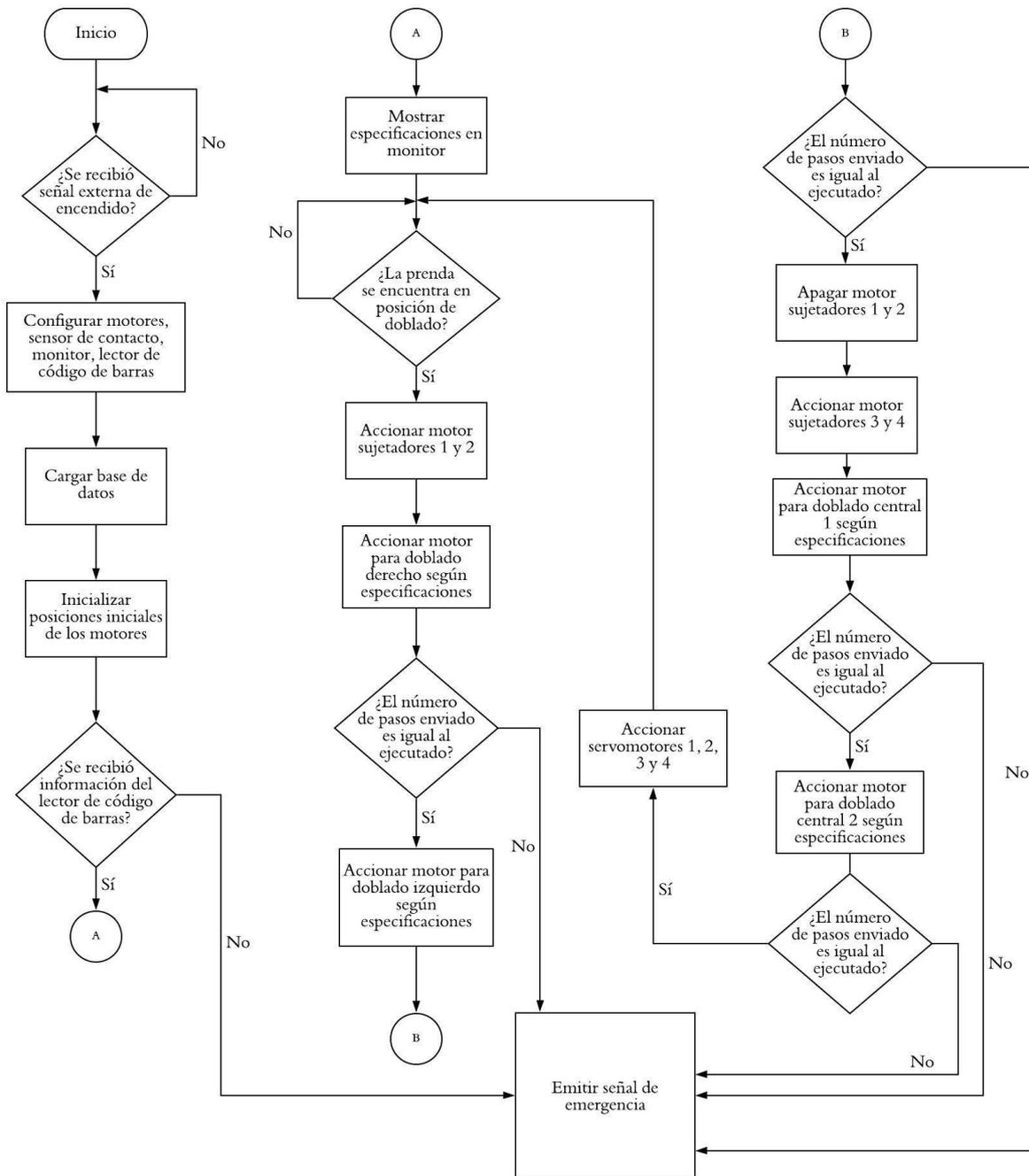


Figura 3.23. Diagrama de flujo

3.6.3. Arquitectura de hardware

En la figura 3.24 se presenta la arquitectura de hardware. Se utilizarán 3 tipos de motores para los diferentes mecanismos a utilizar, un microcontrolador se encargará de controlar a todos estos y toda la información relevante será mostrada en un monitor.

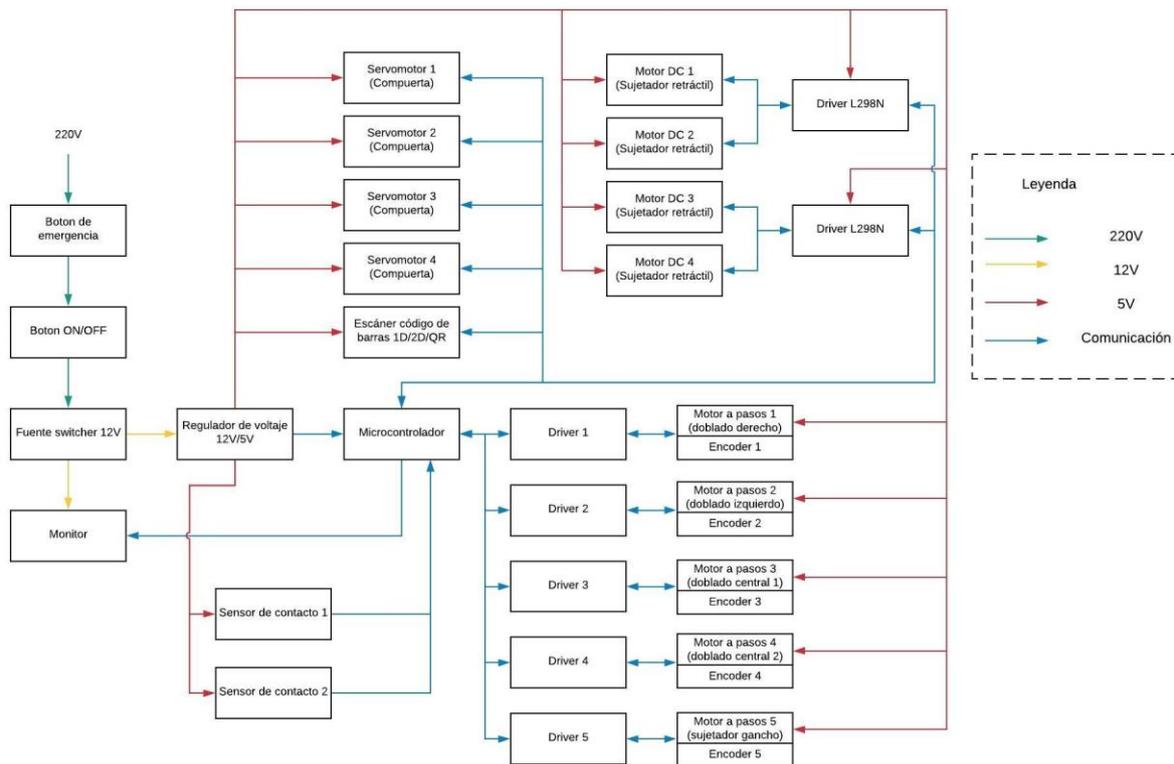


Figura 3.24. Arquitectura de hardware

3.6.4. Diagrama de operaciones

En la figura 3.25 se presenta el diagrama de operaciones de la máquina, con el cual se representa la interacción del operario con la máquina.

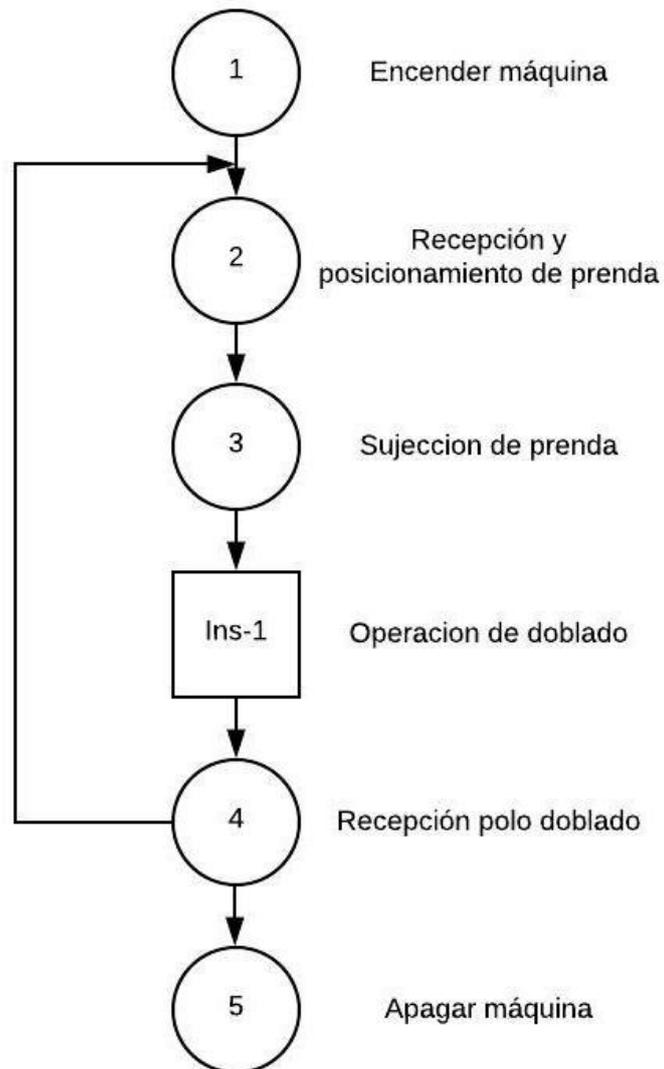


Figura 3.25. Diagrama de operaciones

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones

En el presente capítulo se presentarán las conclusiones obtenidas después de realizar el presente trabajo. Se analiza el cumplimiento los objetivos planteados.

- Se realizó el diseño preliminar del prototipo de máquina dobladora de polos de algodón con capacidad de 120 unidades por hora y se realizaron los detalles a mano alzada del presente diseño.
- Las entrevistas con las empresas realizadas (KUNAN Perú, Del Valle, Topitop), contribuyeron principalmente para el desarrollo del estado del arte en el rubro de mercado e implementación y en la lista de requerimientos, por lo que se tuvo que agregar un lector de código de barras para cumplir con los requerimientos planteados.
- Todos los materiales en contacto con la prenda se consideraron como no-contaminantes debido al estricto control fronterizo que existe al momento de exportar las prendas.

5. Bibliografía

Agencia Peruana de Noticias. (2018, marzo 18). Industria textil y confecciones exportó US\$ 1,400 millones en 2018 | Noticias | Agencia Peruana de Noticias Andina. *Andina*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-industria-textil-y-confecciones-exporto-1400-millones-2018-745791.aspx>

Asparrín, Y. S. S. (s. f.). *Optimización del cálculo de recursos productivos para cotización en una empresa de confecciones* (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Recuperado de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Ingenie/sanchez_ay/contenido.htm

Boeijen, A. Van, Daalhuizen, J., Hoog, W. Van Der, & Wiegerinck, F. (2010). *The Delft Design Guide*. Recuperado de https://arl.human.cornell.edu/PAGES_Delft/Delft_Design_Guide.pdf

DEBORAH, B. (2002). *Garment folding apparatus*. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6360927B1&KC=B1&FT=D&ND=3&date=20020326&DB=&locale=en_EP

ENEJEAN. (2014). Towel Folding Machine. Recuperado de <http://www.yinaijin.net/procontent-416.html>

Fitzgerald, G. (2013). *Inside real innovation and the innovation interface* (Vol. 53). Vol. 53. <https://www.worldscientific.com/worldscibooks/10.1142/7985>

FoldiMate. (2019). FoldiMate. Recuperado de <https://foldimate.com/>

GAL, R. (2019). *COMPACT DOMESTIC ARTICLE FOLDING MACHINE WITH AN IMPROVED DRIVING MECHANISM*. Recuperado de

https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2019153661A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20190523&DB=&locale=en_EP

HU, XINYU; YANG, LONG; ZHANG, DAODE; LI, YI; WANG, ZHOUXING; WU, Y. (2017). *Automatic shirt folding device*. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&NR=106283586A&KC=A&FT=D&ND=3&date=20170104&DB=EPODOC&locale=en_EP

INOUE, KATSUSHI; TAMAI, SEIICHIRO; KOBAYASHI, KEIICHI; DOSHO NEE, T. M. (1993). *Bar-code reader apparatus*. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=0576219A2&KC=A2&FT=D&ND=3&date=19931229&DB=&locale=en_EP

J, L. W. (1969). *AUTOMATIC SHIRT FOLDING MACHINE*. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=3477619A&KC=A&FT=D&ND=3&date=19691111&DB=&locale=en_EP

KUNAN. (2018). Kunan – Plataforma peruana de emprendimiento social. Recuperado de <http://www.kunan.com.pe/>

Lew, K. (1964). *Shirt folding machine*. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/56/85/83/6a16cf59ee3efb/US3161333.pdf>

Lornitzo, F. C. (1968). *Shirt folding machine and method*. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/4f/d5/12/ac1805590fd01d/US3419199.pdf>

MINCETUR. (2019). Reporte mensual de comercio exterior. En *MINCETUR*. Lima, Perú.

Neuroth, J. (1948). *Shirt folding machine*. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US2508108A/en?q=US2508108>

NITSCHMANN, KAI; MARTIN, S., & OLIVER, W. (2006). *Fördereinrichtung für eine*

Faltvorrichtung zum Falten von Textilien. Alemania. Recuperado de <https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=DE&NR=102018205731A1&KC=A1&FT=D>

Quispe Pastor, G. M. (2017). El control de calidad del área de acabados de la empresa textil Hialpesa y su repercusión en la consolidación en el mercado externo. Universidad Nacional Mayor De San Marcos.

Rosales, S. (2019, enero 16). Exportadores textiles peruanos apuestan por mayor valor agregado. *GESTIÓN*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/exportadoras-textiles-peruanas-apuestan-mayor-agregado-255835-noticia/>

ROZOV, GAL; NAIM, ALON; ASPLER AVRAHAM, AVI; NAOR, I. (2019). *DOMESTIC COMPACT ARTICLE FOLDING MACHINE HAVING HOLDING CONVEYORS AND FOLDING METHOD THEREFOR.* Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2019038752A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20190228&DB=EPODOC&locale=en_EP

Topitop. (2019). topitop. Recuperado de <https://topitop.pe/>

Valle, T. del. (2005). del Valle. Recuperado de <http://www.textildelvalle.pe/>

6. Anexos

Anexo A. Entrevistas

A.1. Entrevista escrita con Andrés Alva, gerente de calidad de Textil del Valle S.A.

Yo: ¿Cuál es el principal mercado para esta empresa?

Andrés Alva: Estados Unidos

Yo: ¿Cuáles son los principales problemas en el mercado actual?

Andrés Alva: Principalmente, una baja en la demanda, requerimientos cada vez más altos en temas de calidad, reducción del e-times, oportunidad de entrega, cantidades más exactas, que antes había rangos más amplios de +/- 5% ahora te piden que sea, no menos, sino puede ser incluso más, de tal manera que puedan cubrir los stocks que tienen comprometidos con sus clientes.

Yo: ¿Cuál es la competencia actual que tiene esta empresa a nivel internacional y a nivel nacional?

Andrés Alva: A nivel internacional es Asia y Centroamérica, son los 2 grandes de la región, afectan principalmente a Perú y a Colombia, que son textileros. Y localmente somos un solo bloque, pero con empresas de similares, Cotton Knit.

Yo: ¿Cuáles son las variables que depende la selección de un cliente?

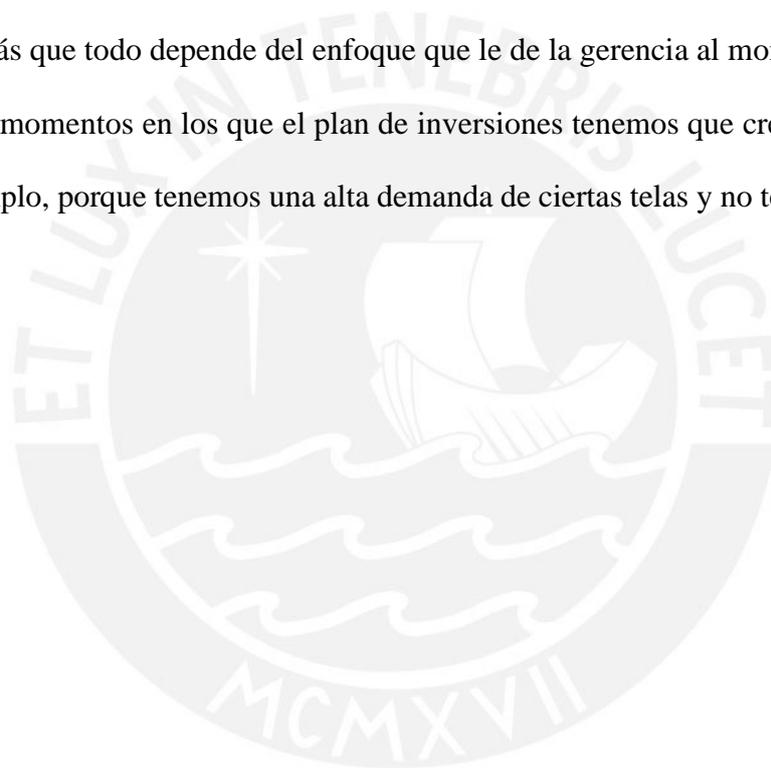
Andrés Alva: Que cumpla con mínimos que nosotros hacemos, que nuestro producto este dentro del rango de tallas que nosotros tenemos definido, que tenga cierto prestigio y generalmente eso.

Yo: ¿En qué se diferencia esta empresa con respecto a otras empresas a nivel nacional?

Andrés Alva: Nosotros tenemos un enfoque muy sostenido a la sostenibilidad, valga la redundancia, contamos con una planta de tratamiento de agua que recupera el agua para la reutilización y utilizamos parte de esa agua para regadíos, el enfoque hacia las personas incluye clases de yoga, alimentación sana, se pretende cambiar el 50% del suministro de energía eléctrica por paneles solares, hay un enfoque muy alto hacia la sostenibilidad.

Yo: ¿Cuáles son los principales problemas con respecto a la implementación dentro de la empresa?

Andrés Alva: Más que todo depende del enfoque que le de la gerencia al momento de comprar la máquina, hay momentos en los que el plan de inversiones tenemos que crecer en la parte de tejidos, por ejemplo, porque tenemos una alta demanda de ciertas telas y no tenemos capacidad interna.



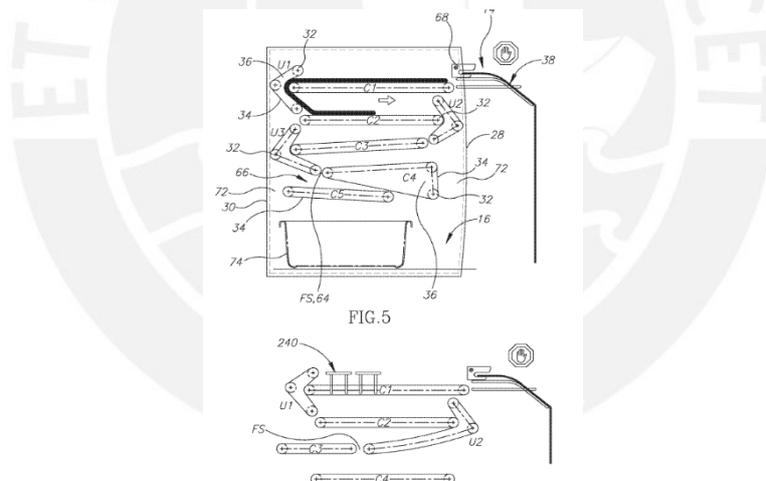
Anexo B. Vínculo de videos de operaciones de doblado

<https://drive.google.com/open?id=1S1ifMkOzAJa45Vh3EomY-4QfEyzr0WOz>

Anexo C. Patentes adicionales

C.1. Máquina compacta doméstica de plegado de artículos que tiene transportadores de retención y método de plegado para los mismos

En la figura 6.1 se muestra un arreglo de fajas transportadoras con rodillos, las fajas están con letra C y los rodillos letra U, la prenda ingresa después de ser enganchada en la recepción, posteriormente, se alinea a las fajas y esta es doblada con los rodillos, así sigue la línea hasta estar completamente doblada y se deposita sobre una bandeja ubicada en la parte inferior de la máquina.

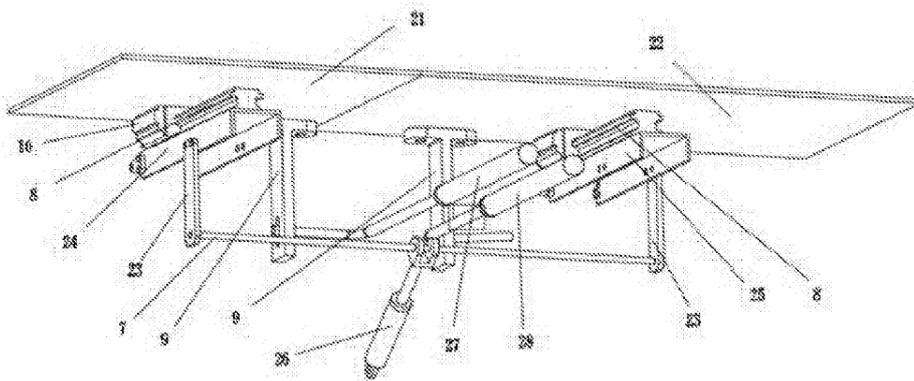


¹⁹Figura 6.1. Máquina de plegado con fajas transportadoras

¹⁹ ROZOV, GAL; NAIM, ALON; ASPLER AVRAHAM, AVI; NAOR, I. (2019). Domestic compact article folding machine having holding conveyors and folding method therefor. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2019038752A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20190228&DB=EPODOC&locale=en_EP

C.2. Dispositivo automático de plegado de camisas

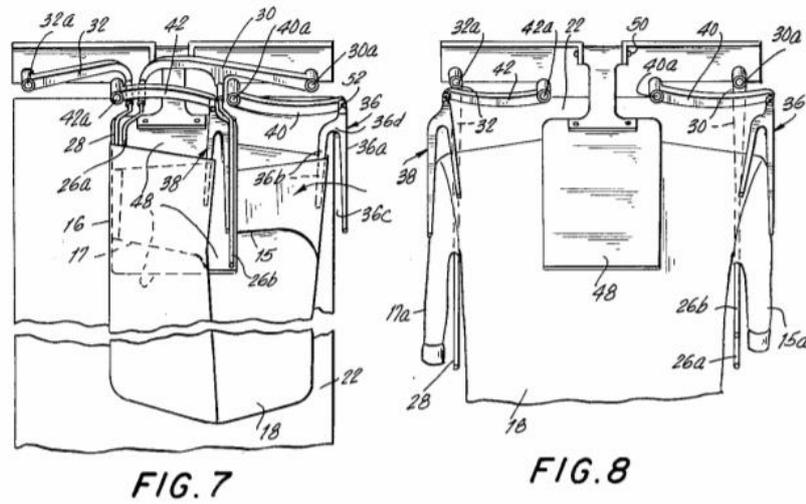
En la figura x, se presenta una máquina accionada por pistones neumáticos para llevar a cabo la acción del plegado automático, estos actuadores se controlan por medio un PLC. Los pistones accionan placas ubicadas en la parte superior de la máquina, donde se coloca la prenda. Hay 3 placas para el doblado, uno para la parte derecha de la prenda, otra para la izquierda y finalmente una para el frente.



²⁰Figura 6.2. Dispositivo automático de plegado de camisas

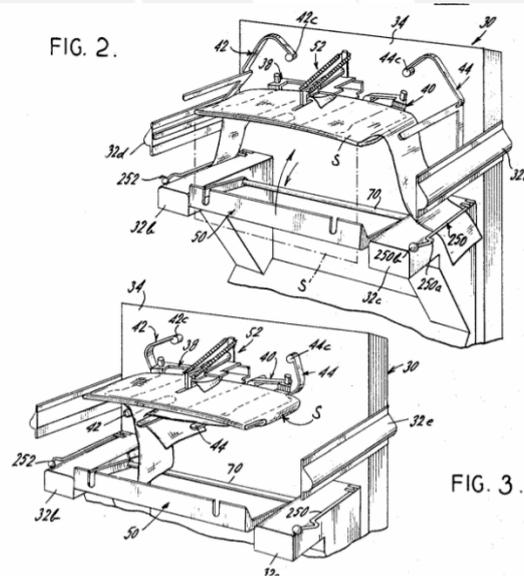
²⁰ HU, XINYU; YANG, LONG; ZHANG, DAODE; LI, YI; WANG, ZHOUXING; WU, Y. (2017). *Automatic shirt folding device*. [Figura]. Recuperado de https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=CN&NR=106283586A&KC=A&FT=D&ND=3&date=20170104&DB=EPODOC&locale=en_EP

C.3. Máquina de doblado de camisas



²¹Figura 6.3. Máquina de doblado de camisas

C.4. Shirt folding machine and method

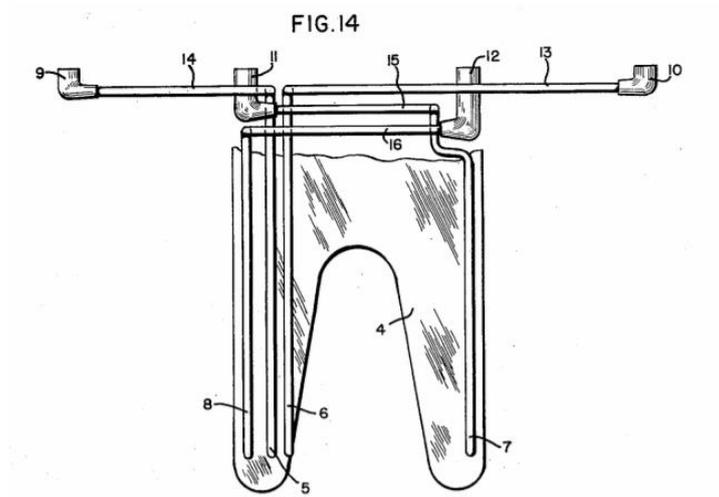


²²Figura 6.4. Shirt folding machine and method

²¹ Lew, K. (1964). Shirt folding machine. [Figura]. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/56/85/83/6a16cf59ee3efb/US3161333.pdf>

²² Lornitzo, F. C. (1968). Shirt folding machine and method. [Figura]. Recuperado de <https://patentimages.storage.googleapis.com/4f/d5/12/ac1805590fd01d/US3419199.pdf>

C.5. Shirt folding machine



²³Figura 6.5. Shirt folding machine

²³ Neuroth, J. (1948). Shirt folding machine. [Figura]. Recuperado de <https://patents.google.com/patent/US2508108A/en?q=US2508108>

Anexo D. Lista de Requerimientos

Tabla 6.1. Lista de requerimientos

| LISTA DE REQUERIMIENTOS | | | Pág. 1 de 3 |
|--------------------------------|-------------------|---|--|
| | | | Revisión 2 |
| PROYECTO: | | Diseño de prototipo de máquina dobladora de polos para el mercado de exportación de la industria textil con una capacidad de 120 polos por hora | Fecha: 01/10/2019 Revisado: Elizabeth Villota |
| CLIENTE: | | PUCP – Sector de Ingeniería Mecatrónica | Elaborado: 10/09/2019 |
| Fecha (cambios) | Deseo o Exigencia | Descripción | Responsable |
| 10/09/2019 | E | Función principal: <ul style="list-style-type: none"> Doblar polos de algodón con una calidad de exportación con capacidad de 120 polos por hora. | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E | Geometría: <ul style="list-style-type: none"> Las dimensiones máximas de la máquina no deben sobrepasar 1m de largo, 1m de ancho y 1.5m de altura. | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E | Cinemática: <ul style="list-style-type: none"> La velocidad de entrega del polo debe ser menor a 30 segundos. | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E | Fuerzas: <ul style="list-style-type: none"> La fuerza que se debe proporcionar al polo debe ser suficiente para no dañarlo. | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E D | Energía: <ul style="list-style-type: none"> La fuente de alimentación será eléctrica. Se contará con aire comprimido a 6 bar y 60l/min | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E E | Materia prima: <ul style="list-style-type: none"> Entrada: Un polo planchado y sin doblar, polvo, humedad. Salida: Un polo doblado, polvo humedad. | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E E | Señales (Información): <ul style="list-style-type: none"> Entrada: Información proporcionada por el código de barras. Se le brindará al sistema señales externas de inicio, apagado y parada de emergencia. Salida: Cantidad de prendas dobladas, anomalía(s) detectada(s) durante proceso. | George Huapaya |

Tabla 6.2. Lista de requerimientos

| LISTA DE REQUERIMIENTOS | | | Pág. 2 de 3 |
|--------------------------------|-------------------|--|--|
| | | | Revisión 2 |
| PROYECTO: | | Diseño de prototipo de máquina dobladora de polos para el mercado de exportación de la industria textil con una capacidad de 120 polos por hora | Fecha: 01/10/2019 Revisado: Elizabeth Villota |
| CLIENTE: | | PUCP – Facultad de Ingeniería Mecatrónica | Elaborado: 10/09/2019 |
| Fecha (cambios) | Deseo o Exigencia | Descripción | Responsable |
| 16/09/2019 | E E | Electrónica: <ul style="list-style-type: none"> El sistema debe poseer un procesador para poder recibir, programar y emitir datos. El sistema debe poseer un lector de código de barras. | George Huapaya |
| 16/09/2019 | E E | Seguridad: <ul style="list-style-type: none"> El sistema de transmisión de potencia, circuitos electrónicos y máquinas eléctricas estarán aislados y no habrá contacto con el usuario (ISO 27001, 27002). La máquina poseerá un botón de parada de emergencia. | George Huapaya |
| 16/09/2019 | E | Ergonomía: <ul style="list-style-type: none"> Los controles de la máquina se encontrarán a una altura dentro de lo permitido según ISO 7250. | George Huapaya |
| 16/09/2019 | E | Fabricación: <ul style="list-style-type: none"> La mayor parte de los materiales deben encontrarse en el mercado nacional. | George Huapaya |
| 16/09/2019 | E D D | Transporte: <ul style="list-style-type: none"> Se utilizarán cáncamos para el transporte de la máquina. Se realizará un diseño modular para la facilidad de transporte. La máquina debe ser capaz de transportarse en una pick-up con dimensiones mínimas de 1.6x1.2 m | George Huapaya |

Tabla 6.3. Lista de requerimientos

| LISTA DE REQUERIMIENTOS | | | Pág. 3 de 3 |
|--------------------------------|-------------------|---|--------------------------------|
| | | | Revisión 2 |
| PROYECTO: | | Diseño de prototipo de máquina dobladora de polos para el mercado de exportación de la industria textil con una capacidad de 120 polos por hora | Fecha: 01/10/2019 |
| | | | Revisado: Elizabeth Villota |
| CLIENTE: | | PUCP – Facultad de Ingeniería Mecatrónica | Elaborado: 10/09/2019 |
| Fecha (cambios) | Deseo o Exigencia | Descripción | Responsable |
| 16/09/2019 | E E D D | Mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> Se debe realizar una limpieza superficial por parte del operario después de utilizarla una jornada. Se utilizarán piezas fusibles para facilitar el mantenimiento del sistema. Se tendrá un fácil acceso a las piezas que requieran lubricación constante Las piezas con mayor desgaste tendrán una fácil sustitución. | George Huapaya |
| 16/09/2019 | E | Uso: <ul style="list-style-type: none"> El suministro de la máquina debe ser por medio de un operario. Temperatura de trabajo entre 30°C- 35°C | George Huapaya |
| 16/09/2019 | E | Materiales: <ul style="list-style-type: none"> Los materiales en contacto con la prenda no deben contener químicos que afecten la integridad de la prenda, ya que, de lo contrario no pasarían los controles de calidad en aduanas extranjeras. | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E | Costos: <ul style="list-style-type: none"> Los costos de materiales y fabricación no deben exceder los 15 000 soles. El costo de diseño será de 10 000 soles. | George Huapaya |
| 10/09/2019 | E | Plazos: <ul style="list-style-type: none"> Entrega de documentos finales: 22/11/2019 | George Huapaya |

Anexo E. Estructura de funciones

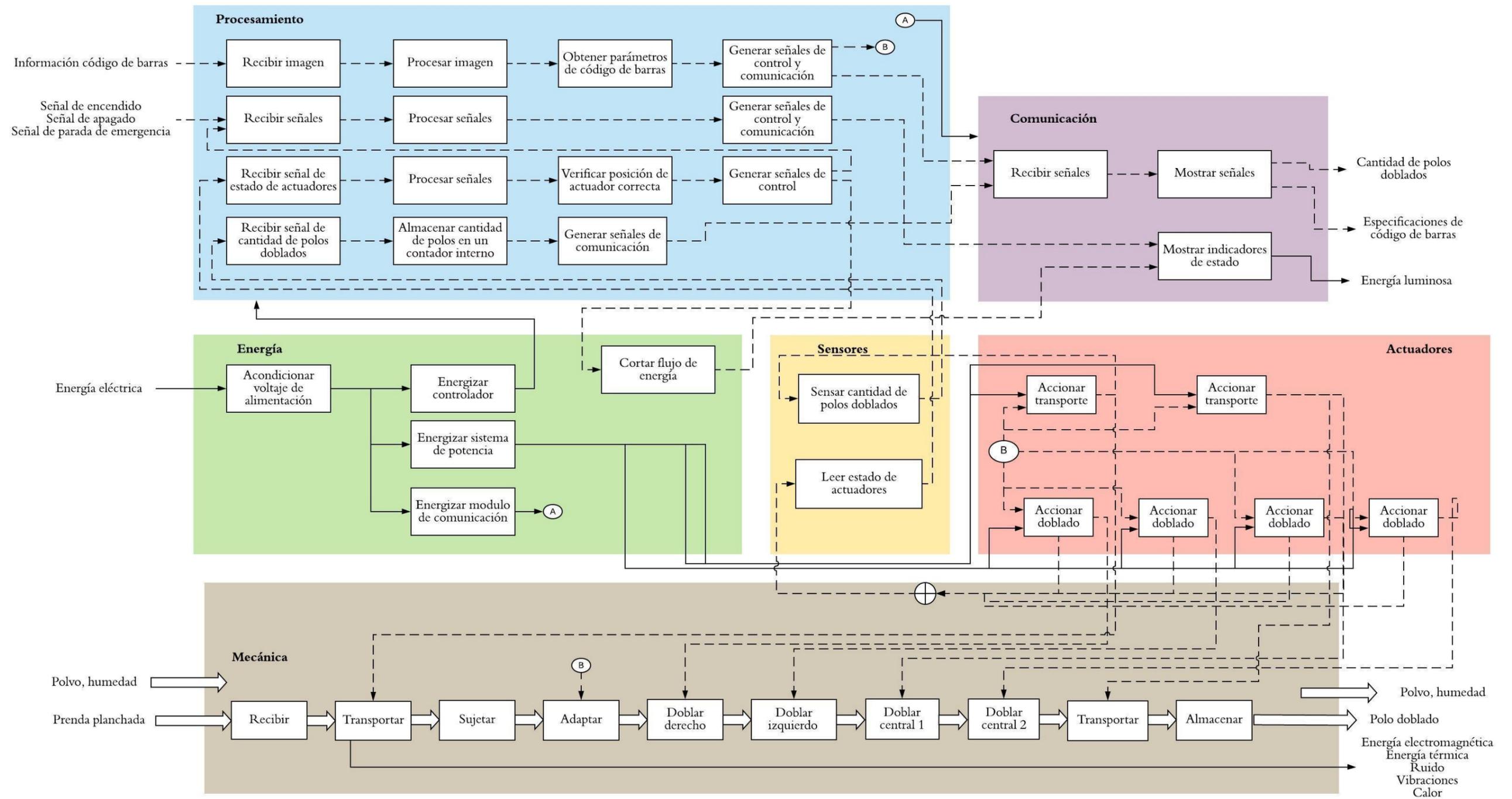
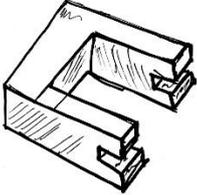
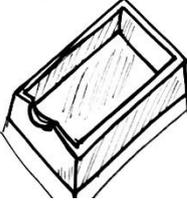
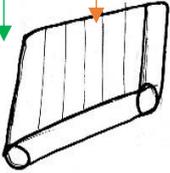
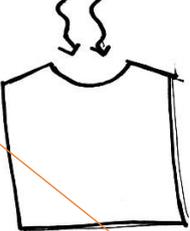
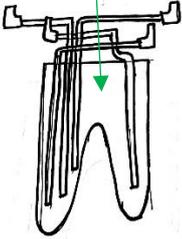
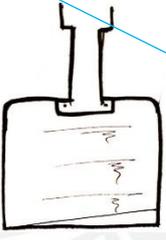
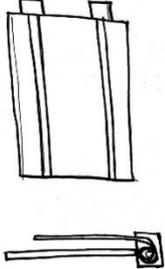
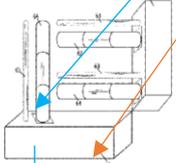
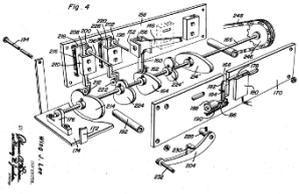


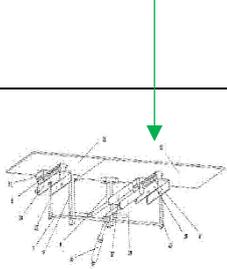
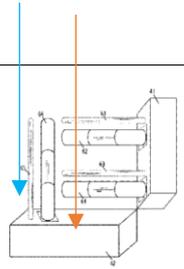
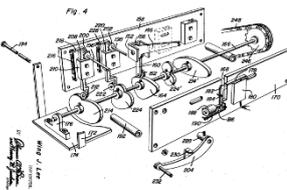
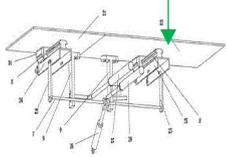
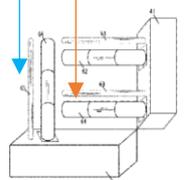
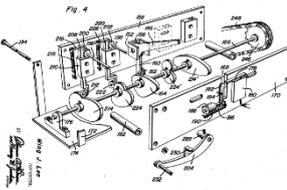
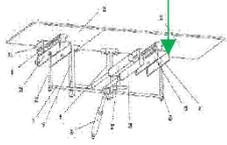
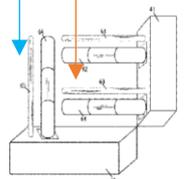
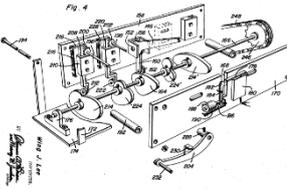
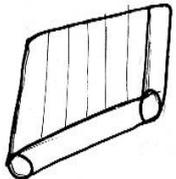
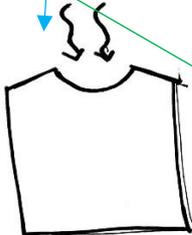
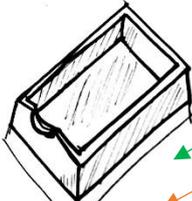
Figura 6.6. Estructura de funciones

Anexo F. Matriz morfológica

G.1. Dominio mecánico

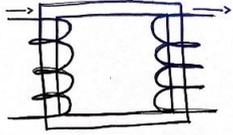
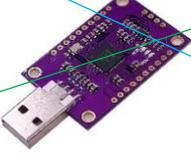
Tabla 6.4. Matriz morfológica – Dominio mecánico

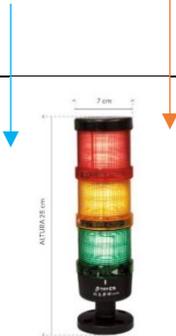
| Funciones parciales | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---------------------|---|---|--|
| Recibir |  <p>Sujetador tipo gancho</p> |  <p>Bandeja</p> | |
| Transportar |  <p>Faja transportadora</p> |  <p>Gravedad</p> |  <p>Plano inclinado</p> |
| Sujetar |  <p>Sujetador de barras</p> |  <p>Sujetador fijo</p> |  <p>Sujetador retráctil</p> |
| Doblar derecho |  <p>Arreglo de pistones neumáticos</p> |  <p>Guía lineal con varilla</p> |  <p>Arreglo de levas</p> |

| | | | |
|-------------------------|--|--|--|
| <p>Doblar izquierdo</p> |  <p>Arreglo de pistones neumáticos</p> |  <p>Guía lineal con varilla</p> |  <p>Arreglo de levas</p> |
| <p>Doblar central 1</p> |  <p>Arreglo de pistones neumáticos</p> |  <p>Guía lineal con varilla</p> |  <p>Arreglo de levas</p> |
| <p>Doblar central 2</p> |  <p>Arreglo de pistones neumáticos</p> |  <p>Guía lineal con varilla</p> |  <p>Arreglo de levas</p> |
| <p>Transportar</p> |  <p>Faja transportadora</p> |  <p>Gravedad</p> |  <p>Plano inclinado</p> |
| <p>Almacenar</p> |  <p>Bandeja</p> | | |

G.2. Dominio electrónico

Tabla 6.5. Matriz morfológica – Dominio electrónico

| Funciones parciales | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Acondicionar voltaje de alimentación |  Transformador de voltaje |  UPS |  Estabilizador de tensión |
| Leer estado de actuadores |  Modulo sensor encoder |  Sensor ultrasonido |  Sensor de distancia láser CJMCU |
| Sensor cantidad de polos doblados |  Sensor ultrasonido |  Sensor de distancia láser CJMCU |  Sensor de contacto |
| Recibir señales |  HMI |  Pantalla LCD |  Monitor |
| Mostrar señales |  HMI |  Pantalla LCD |  Monitor |

| | | | |
|--------------------------------------|--|---|--|
| <p>Mostrar indicadores de estado</p> |  <p>Torreta tipo semáforo</p> |  <p>Luces LED tipo piloto</p> |  <p>HMI</p> |
|--------------------------------------|--|---|--|

G.3. Dominio de control

Tabla 6.6. Matriz morfológica – Dominio de control

| Funciones parciales | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---|--|--|---|
| <p>Recibir imágenes y señales</p> |  <p>PLC</p> |  <p>Raspberry Pi 3</p> |  <p>Arduino Mega</p> |
| <p>Procesar señales e imágenes</p> |  <p>PLC</p> |  <p>Raspberry Pi 3</p> |  <p>Arduino Mega</p> |
| <p>Administrar señales e imágenes</p> |  <p>PLC</p> |  <p>Raspberry Pi 3</p> |  <p>Arduino Mega</p> |
| <p>Generar señales de comunicación y control.</p> |  <p>PLC</p> |  <p>Raspberry Pi 3</p> |  <p>Arduino Mega</p> |
| <p>Asignación de flecha</p> | <p>Alternativa 1</p> | <p>Alternativa 2</p> | <p>Alternativa 3</p> |
| <p>Color</p> |  |  |  |

Anexo G. Especificaciones del cliente

A continuación, se muestran ejemplos de como son las hojas de datos con especificaciones de los clientes.

G.1. Especificaciones de la marca Zumba

https://drive.google.com/open?id=19ztgNozBfNy_7I_RNVqheAu-08D-OvVyG.2.

Especificaciones de la marca Michael Kors

<https://drive.google.com/open?id=1aHd5CQGChBj8rScka8hty8T8zaymks5Q>

G.3. Especificaciones de la marca Life is Good

https://drive.google.com/open?id=1fj_ETpEDLBkXXhFDuqv19JPpFdUIC_QU

G.4. Especificaciones de la marca Hugo Boss

<https://drive.google.com/open?id=1NZEMzBwePrctpHLXY0yxpuL0M3j2SKAW>

G.5. Especificaciones de la marca Fathery

<https://drive.google.com/open?id=1L0DgqQejOXUVJwqpeEhRuNddcHGS0EMq>