MAQUINA DISPENSADORA DE CARTONES PARA LA LÍNEA DE ENVASADO DE LATAS EN BAVARIA

Suarez Narváez, Robín Fernando; Tamayo Páez Oscar Reinaldo.
rofesuna@hotmail.com, oskrtamayo@gmail.com
Universidad distrital Francisco José de Caldas, Facultad de ingeniería
Especialización en Informática y Automática industrial

Abstract— The present design looks for the ergonomic problems in the handling of loads in the Bavarian packaging line, concentrating on the activity of introducing cardboard packaging, in the packaging process for 24 bottles; being a process that generates a bad body posture, and a load lifting, quite often, since the machine is about to pass the production of the product. The purpose of the design is to mitigate the risk of diseases presented by workers who are engaged in work through the automation of this process.

Therefore, the design of the packaging vending machine will be available in the capacity to feed the amount of packaging, making mechanical movements in order to put it on the production line autonomously and effectively, through the use of actuators Controls by a PLC and an HMI screen for the manipulation of the operators in the case that the manipulation of the operators in the case that is required.

Resumen— El presente diseño busca solucionar los problemas ergonómicos en la manipulación de cargas en la línea dos de envasado de Bavaria, concentrándonos en la actividad de introducir los empaques de cartón, en el proceso de embalaje de paquetes por 24 botellas; siendo un proceso que genera una mala postura corporal, y un levantamiento de carga, con bastante frecuencia, ya que la maquina toca alimentarla a medida que pase la producción del producto. El fin del diseño es mitigar el riesgo de enfermedades que presentan los operarios que realizan ésta labor por medio de la automatización de dicho proceso.

Por lo anterior, el diseño de la maquina dispensadora de empaque de cartón estará en la capacidad de alimentar la cantidad de empaque, realizando movimientos mecánicos con el fin de introducirlo a la línea de producción de forma autónoma y eficaz, mediante la utilización de actuadores neumáticos controlados por un PLC y una pantalla HMI para la manipulación de los operarios en el caso que se requiera.

Índice de Términos— PLC, actuadores neumáticos, diseño, Sensores, Simulación CAD, componentes mecánicos.

I. INTRODUCCIÓN

La industria de bebidas en Colombia cuenta con uno de los procesos mejor automatizados, teniendo un enfoque en la mejora de producción y un manejo eficiente del recurso humano. En los procesos de automatización complejos generalmente existen actividades donde las acciones principales aún son realizadas por operarios, éstas actividades pueden ser mejoradas y optimizadas para el trabajador y producción de la planta por medio de un estudio de cargas y ergonomía del sistema.

Uno de estos casos de mejora se identifica en la línea de embalaje y empaque de Bavaria en Tocancipa; actualmente los operarios realizan malas posturas y tareas repetitivas para ingresar el cartón que se utiliza para el empaque de las botellas de cerveza, por estas acciones han aumentado las incapacidades y enfermedades laborales, lo que perjudican no solo la calidad de vida de estas personas sino también la producción misma.

Es por esto que en este documento se plantea el diseño de una maquina dispensadora de empaque de cartón para la línea de embalaje de botellas de cerveza en Bavaria como alternativa de solución en la manipulación repetitiva de cargas de los operarios al ingresar el cartón a la línea de embalaje.

En el día a día de la industria se hacen manipulaciones de cargas de forma constante y repetitiva, esto genera que a largo plazo el trabajador sea más propenso a sufrir enfermedades profesionales, generando incapacidades al personal y en caso extremo realizando reubicaciones del mismo al no poder realizar sus funciones laborales.

Por tal motivo se deben implementar mecanismos o maquinas que ayuden al operario a realizar esta labor, eliminando la manipulación directa y repetición de acciones poco adecuadas del operario que se necesitan, para cumplir con el objetivo de trabajo; es por esto que se pretende realizar el diseño de una maquina dispensadora de cartón, para la línea de producción de botellas de cerveza en la industria colombiana. De tal forma que el operario provea un paquete de cartones y la maquina este en la capacidad de moverlos e introducirlos hasta la línea de producción de la embotelladora en el área de embalaje; utilizando diferentes elementos y

modelos de automatización como una interfaz gráfica donde se puedan revisar datos del proceso, modos de operación y estados de la máquina.

¿Cuáles son las condiciones de trabajo de los operarios en la línea de embotellado de cerveza y que mejoras e impacto puede generar la automatización del proceso de introducción de cartón a la línea de embotellado?

II. SENSORES Y ACTUADORES UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA DE BEBIDAS

A. Actuadores Neumáticos.

El aire comprimido transforma su energía en un movimiento rectilíneo de vaivén por medio de cilindros neumáticos. También existen actuadores de giro, con función similar a los de movimiento rectilíneo.

- Cilindro simple efecto.

El aire ingresa por la única vía, llenando la cámara del cilindro y empujando el embolo, provocando el movimiento del vástago hasta su otra posición; cuando se suspende el ingreso del aire de la cámara, retorna el vástago por acción del muelle a su posición normal. [1]

- Cilindro doble efecto.

Posee un doble ingreso de aire con dos cámaras, en las cuales al llenarse una de ellas provoca el movimiento del embolo del cilindro, cuando por una cámara ingresa airea por la otra es desalojado produciendo el movimiento. [1]

Calculo de la fuerza teórica del cilindro

$$F=A*P$$

Ecuación. 1 Calculo de fuerza actuador.

Donde:
F= Fuerza teórica el émbolo (N)
A= Superficie útil del émbolo (m^2)
P= Presión de funcionamiento (Pa)

Debido a que se producen fuerzas de fricción y lo importante es la fuerza en el émbolo, para condiciones normales de presión de 400 a 800 kPa, las fuerzas de rozamiento equivalen a más o menos un 10% de la fuerza teórica del émbolo.

Fe= Fuerza efectiva del émbolo (N)
Fr= Pérdida aproximada por rozamiento equivalente a 10% Fuerza teórica (N)
Ff= Fuerza del Fuelle (N)

B. Sensores Foto Eléctrico.

Es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. [2]

- *Tipos De Sensores*

Modelo Reflectivo

La luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea censado, un objeto de color negro no es detectado ya que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios. [2]

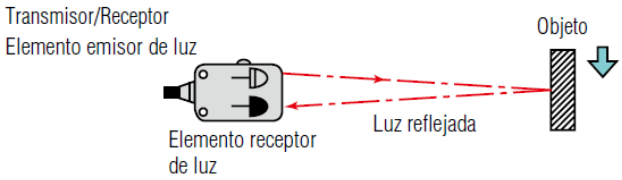

Fig. 1 Sensor Reflectivo. [2]

Modelo De Barrera

Las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes, un componente que emite el haz de luz, y otro componente que lo recibe. Se establece un área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar. [2]

Modelo Retroreflectivo

Tienen el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo, el haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadióptrico. El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. [6]

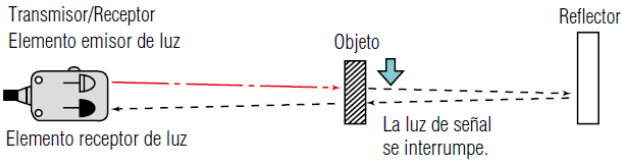

Fig. 2 Sensor Retroreflectivo [6]

C. Sensores Inductivos.

Los sensores de proximidad inductivos sólo pueden detectar objetos metálicos. No detectan objetos no metálicos, tales como plástico, madera, papel y cerámica. A diferencia de los sensores fotoeléctricos, esto permite que un sensor de proximidad inductiva pueda detectar un objeto de metal a través de plástico opaco. Un campo magnético de alta frecuencia es generado por la bobina L en el circuito de oscilación. [6]

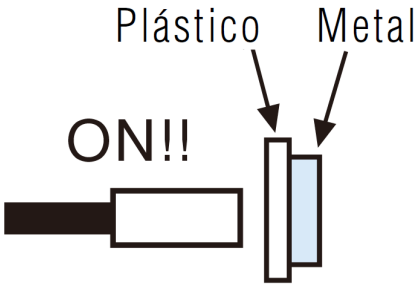

Fig. 3 Sensor Inductivo. [6]

Cuando un objeto se acerca al campo magnético, fluye una corriente de inducción (corriente de Foucault) en el objeto, debido a la inducción electromagnética. Conforme el objeto se acerca al sensor, aumenta el flujo de corriente de inducción, lo cual provoca que la carga en el circuito de oscilación crezca. Entonces, la oscilación se atenúa o decrece. El sensor detecta este cambio en el estado de oscilación mediante el circuito de detección de amplitud, y emite una señal de detección. [6]

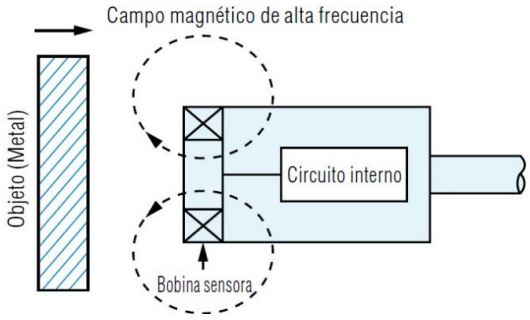

Fig. 4 Sensor en Actuador Neumático. [6]

D. PLC.

Es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas. [3]

Los PLC son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías, copia de seguridad o en memorias no volátiles. [3]

E. Pantalla HMI.

HMI significa “Human Machine Interface”, es el dispositivo que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Antiguamente estos sistemas tenían paneles compuestos con indicadores y comandos como luces pilotos, indicadores análogos y digitales, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban a los procesos. En la actualidad, las máquinas y procesos están implementados con controladores y dispositivos electrónicos que permiten comunicación entre sí, es por esto posible contar con sistemas de HMI eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas. [4]

El terminal del Operador de las HMI, consiste en un dispositivo construido para ser instalado en ambientes hostiles, puede ser con pantalla sensible al tacto (touch screen) donde se desplieguen teclados alfanuméricos o gráficos.

• Software HMI:

Estos software permiten realizar una interfaz gráfica como se desee, donde se puedan observar el proceso de la máquina, además de ver los parámetros internos de los actuadores, generar un registro en tiempo real e histórico de datos, manejo de alarmas. También se disponen de muchas más herramientas que ofrecen los proveedores.

Por lo tanto se requiere de una herramienta de diseño la cual se usa para configurar la aplicación deseada de la HMI y debe quedar en el PC un software de ejecución (Run Time), este software puede comunicarse con los dispositivos externos (proceso) o bien hacerlo a través de un software especializado en la comunicación. [5]

En la siguiente figura se muestra un modelo de pantalla siemens modelo KTP400.

Fig. 5 Pantalla HMI Siemens [5]

F. Válvulas Neumáticas

Los circuitos neumáticos están constituidos por los actuadores que efectúan las acciones y mando que gobiernan el paso del aire comprimido llamándose de una manera genérica válvulas. Estos elementos tienen como finalidad mandar o regular la puesta en marcha o paro del sistema, el sentido del flujo, así como la presión o el caudal del fluido procedente del depósito regulador. [1]

Según su función las válvulas se subdividen en los grupos siguientes:

1. Válvulas de vías o distribuidoras
2. Válvulas de bloqueo
3. Válvulas de presión
4. Válvulas de caudal y de cierre

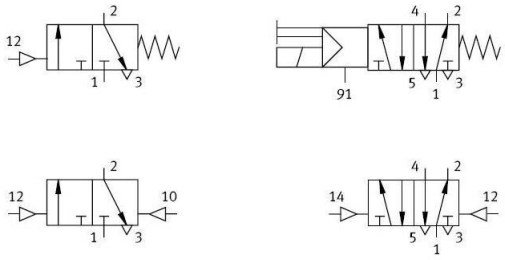

Fig. 6 Configuraciones de las diversas válvulas. [1]

III. SOFTWARE DE DISEÑO

Las herramientas para diseño o dibujo asistido por computador (CAD o CADD), permiten hacer uso de nuevas tecnologías informáticas para el diseño y dibujo de piezas, utilizando una software que remplaza los dibujos a mano, para unificarlos y simularlos en tiempo real; esto con el fin de ahorrar costos y mejorar la planeación de los recursos para realizar piezas que conformen un proyecto o un mecanismo. [7]

Ventajas de CAD

- El almacenamiento de la información es más fiable, permitiendo una búsquea más rápida y precisa.
- La calidad de los planos es mayor, no hay tachones o líneas gruesas.
- Las modificaciones de los planos se hace de forma más rápida, aumentando la uniformidad de los planos.
- Los planos se pueden exportar a otros programas con el fin de hacer cálculos más rápidos.
- Se pueden obtener vistas en 3D, para poder ser visualizadas desde cualquier posición.
- Se pueden hacer simulaciones y animaciones para hacer análisis cinemáticos.
- Reduce el tiempo y costos de diseños y fabricación.
- Se puede trabajar en multi-usuario, haciendo modificaciones en tiempo real. [8]

SOLID WORKS

Es un software CAD, para el modelamiento mecánico en 2D y 3D, desarrollado por la empresa SolidWorks Corp., su primera versión fue publicada en 1995; este programa permite modelar piezas y ensambles, permite realizar planos técnicos, con datos para fabricación, además de poseer herramientas para calcular los costos de fabricación de forma automática y buscar errores en los diseños que se realicen, además se pueden hacer diseños con una vista renderizada y expórtalos a otros programas para hacer una exposición de una idea o proyecto mecánico, con el fin de dar una visión clara de cómo será su aspecto en la vida real. [9]

IV. METODOLOGÍA.

A. Diseño Mecánico Y Estructural De La Máquina.

El diseño de esta máquina satisface las necesidades del empaque de cartón que maneja la línea de envasado de botellas en Bavaria. La estructura de la máquina está constituida por perfiles de aluminio y piezas mecanizadas en acero inoxidable, además de algunas piezas en nylon, todo esto de acuerdo a la normatividad de la industria de alimentos en Colombia, además se contempló un gabinete en acero inoxidable con protección IP67 donde se almacenarán los componentes electrónicos y neumáticos. La máquina se diseñó con protectores en acrílico con el fin de minimizar el riesgo de atrapamiento para los operarios.

B. Diseño Eléctrico Y Electrónico De La Máquina.

Se contemplaron en el diseño CAD, los diversos sensores y sistemas electrónicos que se necesitan para el funcionamiento de la máquina, además de los sistemas de control e interfaz gráfica para los operarios, todo esto con el fin de hacer una simulación casi real de la máquina, que sirva como base de planeación de los elementos necesarios para su elaboración.

C. Revisión De Proveedores Nacionales Y Costos.

Se realizó la cotización de los elementos necesarios para la elaboración, teniendo en cuenta dos aspectos principales, el primero que los elementos cotizados tuvieran un diseño CAD con opción de simulación y la segunda que los elementos que se utilicen tenga representación en Colombia.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para realizar el diseño de la máquina de empaque de cartones, fue necesario dividirlo en 7 partes de la siguiente forma:

1. Estructura de empujadores fijos instalados en la máquina embotelladora actual.

Para realizar el diseño de esta estructura, se utilizaron 3 cilindros sin vástago y 2 cilindros guiados, con el fin de recorrer toda la distancia que abarca el área donde se almacenan los cartones y sirvan mediante un control como mecanismo para sostener el cartón, mientras la máquina lo toma para realizar el proceso de empaque de botellas. Además de esto se utilizó perfiles en aluminio y piezas mecanizadas en acero inoxidables, con el fin de lograr una estructura rígida y que cumpla con la normatividad colombiana de alimentos.

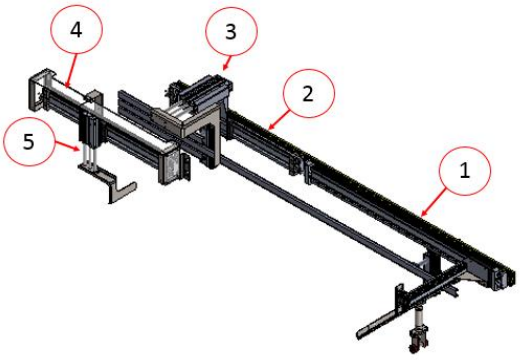

Fig. 8. Estructura empujadores máquina. [10]

Funcionamiento.

El dispositivo tiene que estar totalmente alimentado de cartones, a medida que la máquina tome el cartón el empujador 1 se accionará mediante pulsos, una vez llegue a su extremo izquierdo, actuarán los cilindros 3 y 5 con el fin de sostener los cartones que hayan llegado hasta ese punto y avancen a medida de que la máquina solicite más cartón, este avance será realizado por los cilindros 2 y 5; solo estos dos cilindros llegarán a su extremo izquierdo, cuando esa carga de cartón sea la última del turno de producción, de lo contrario el empujador 1 se devolverá hasta su extremo derecho y esperar que la máquina dispensadora le envié un viaje de cartón para que empiece su ciclo de empuje. Una vez el empujador 1 actué de nuevo, los cilindros 3 y 5 se recogerán y a su vez los cilindros 3 y 4 volverán a su extremo derecho.

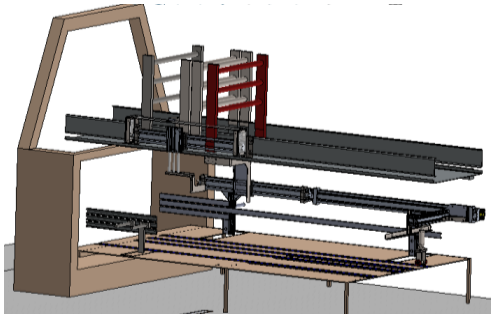

Fig. 9 Simulación de la instalación de los empujadores en la maquina envasadora. [10]

2. Estructura Fija de la máquina dispensadora de cartón.

Para el diseño de la estructura fija de la máquina, se consideraron aspectos como:
se debe realizar una estructura rígida, la cual pueda soportar el peso de los cartones, además de componentes mecánicos que se necesitan para bajar la plataforma de alimentación de cartón, debe ser móvil para alejarla de la línea de producción mientras se realiza limpieza y debe contar con un sistema de anclaje a la maquina empacadora, con el fin de dejarla totalmente estática mientras sea utilizada, debe tener espacio para colocar el control eléctrico y la pantalla HMI.

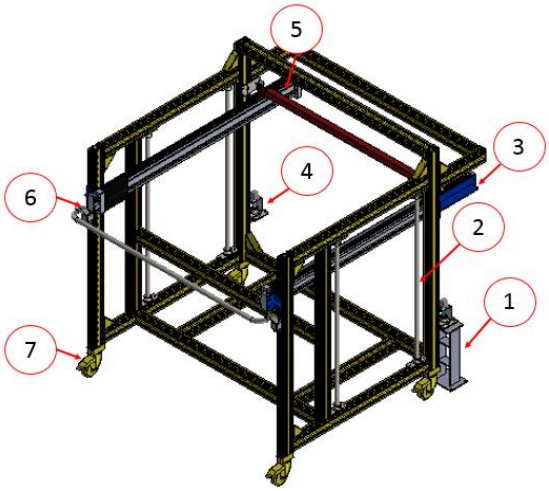

Fig. 10 Estructura fija de la máquina de cartón. [10]

Funcionamiento.

Para el diseño de la estructura fija de la máquina, se tuvo en cuenta el tamaño y el peso de los cartones de empaque, además se diseñó un sistema de anclaje mecánico para dejar totalmente fija como se evidencia en las viñetas 1 y 4, además esta estructura tiene dos cilindros sin vástago (5 y 3) de 1200mm anclados a la perfilería de aluminio con piezas mecanizadas en acero inoxidable y de esta forma realizar el empuje de los cartones de la máquina a los empujadores instalados en la envasadora, además de esto posee unas ruedas móviles (7), que facilitan la acción de retirar la máquina cuando en la línea se realizan mantenimiento o limpiezas, tiene un soporte removible para que el operario pueda empujar la máquina hacia la posición que desee, además tiene guías cilíndricas (2), que ayudan a elevar o descender la estructura móvil donde se alimentan los cartones de empaque, pues el nivel donde se deben colocar los cartones que entran a la maquina queda a 300mm del piso.

3. Estructura móvil de la máquina dispensadora de cartón

El diseño de la estructura móvil o bandeja de elevación para los cartones, tuvo que ser en conjunto con la estructura móvil, pues se tenían que revisar el tipo de acople para estas dos estructuras, además se tiene que dejar ajustable de la altura, con el fin de poder realizar un ajuste si fuera necesario, además se realizo es perfilería de aluminio y láminas de acero inoxidable.

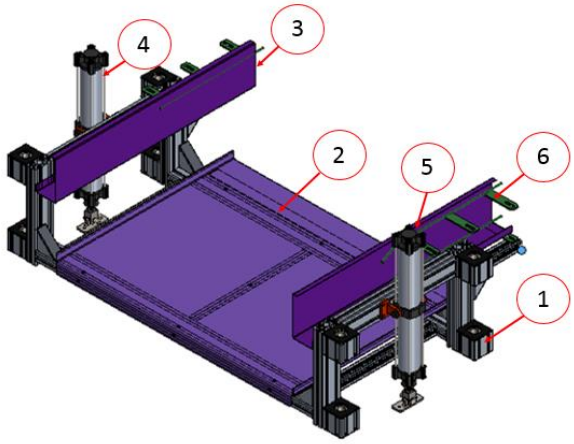

Fig. 7. Estructura Móvil de la máquina de cartones [10]

Funcionamiento.

Para esta estructura móvil, se utilizaron 2 cilindros iso estándar de 400mm (4 y 5), para que realice mediante un control la elevación de la bandeja para

que pueda ser cargada de cartón y además baje para que pueda ser suministrado a la línea de producción, para que este desplazamiento sea parejo, se diseñó unos rodamientos axiales (1) para que puedan ser puestos en las guías cilíndricas y se pueda realizar el desplazamiento a nivel, además la bandeja donde se soportan los cartones (2) es de acero inoxidable, con unos refuerzos con la perfilería en aluminio, con el fin de evitar cualquier pandeo de la lámina, se diseñó unos soportes para sostener el cartón (6) y así evitar que se caiga mientras se eleva o se desplaza por la máquina, por último se pensó en guardas de protección para evitar el atrapamiento de las manos de los operarios (3).

4. Diseño del gabinete para el control eléctrico.

Se tuvieron en cuenta todos los elementos eléctricos necesarios para el funcionamiento de la máquina, además de los elementos para controlar el movimiento de los cilindros (válvulas), se centralizo la entrada de aire y corriente necesaria para el funcionamiento de la máquina, se contempló un espacio amplio para todos los elementos necesarios (conexiones, plc, regletas, mangueras, válvulas de control neumática, entre otras)

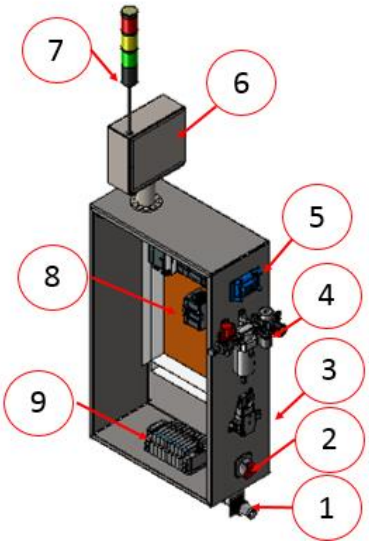

Fig. 12. Gabinete para control eléctrico. [10]

Funcionamiento.

En el gabinete de control se centralizarán los componentes de control (8), además de ello se centraliza la entrada de aire junto con su filtración (4), el suministro eléctrico, con una toma tipo industrial (2), este gabinete recibirá las señales de los sensores que están en los actuadores, para esto se contempló un conector eléctrico (5), además de esto de allí saldrán las señales neumáticas para todos los actuadores, por tal motivo se dejó un conector neumático (1), todo esto que se pueda desconectar, y poder mover la máquina de sitio cuando se realice mantenimiento o limpieza, el sistema cuenta con una válvula neumática de arranque progresivo, para cortar el suministro neumático cuando la maquina este apagada y no se desperdicie aire, se dejó la pantalla HMI (6), con un sistema de giro para poder ser visualizada en cualquier posición de trabajo, y junto a ella la baliza electrónica (7) para ver de forma visual si la maquina está trabajando o tiene una parada de emergencia, se contempló en el diseño elementos como el PLC (8) y las válvulas de control de los cilindros (9). Además de todo lo anterior se dejó un botón selector para prender la máquina, un botón de stop o paro de emergencia y un botón de inicio.

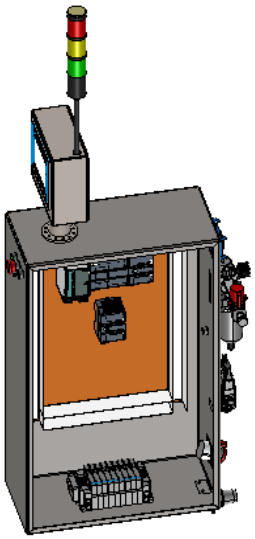

Fig. 8. Vista frontal del gabinete de control. [10]

5. Ensamble general de la estructura y el control eléctrico.

Cuando se realizó el ensamble de la máquina con los componentes ya diseñados, se verifico que las estructuras que se diseñadas pudieran ser instaladas en la vida real, además se verificaron todos los puntos donde pudiese estrellarse las piezas, todo esto con el fin de dejar un producto con un alto grado de detalle; además de esto se contempló algunas barreras en acrílico para brindar seguridad a las personas que operen la máquina.

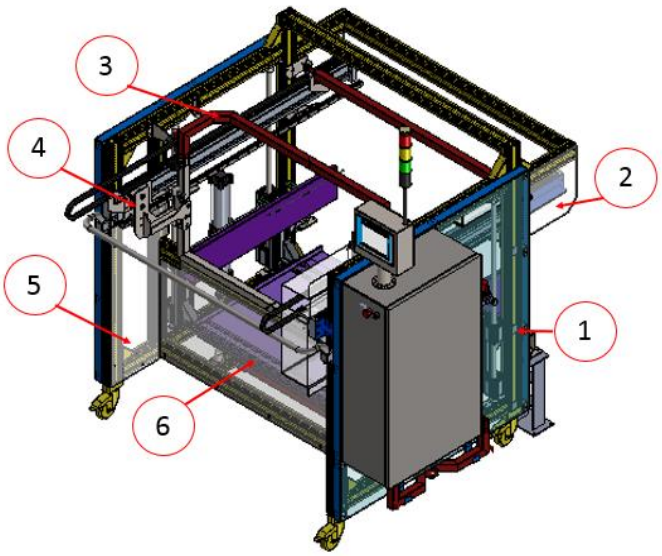

Fig. 9. Ensamble general de la maquina dispensadora de cartón. [10]

Funcionamiento.

Cuando se realizó el ensamble de todos las estructuras diseñadas por aparte, se implementaron barreras en acrílico, para brindar seguridad a los operarios (1, 2, 6, 5) además de esto se colocó los empujadores (4) para deslizar el cartón de la maquina dispensadora hacia la máquina envasadora, esto consta de 2 cilindros (3) que se deslizan hasta su extremo para poder ingresar el cartón a la línea de producción. Este ensamble sirvió para revisar el funcionamiento de la máquina, además de verificar que las piezas de todos los ensambles no se golpeen entre si y servir como una herramienta para evidenciar condiciones inseguras de la máquina, además de pensar el funcionamiento correcto de la misma.

6. Vista completa del diseño de implementación y descripción del funcionamiento.

Después de realizar el diseño de la maquina completa, se ensamblo todo el proceso, simulando la máquina envasadora y el proceso completo, para evidenciar cual sería la mejor forma de operar la máquina y esto sirva para un futuro realizar una programación adecuada con la cual se operen todos los componentes de la máquina, creando varios modos de manejos y graficas en a HMI, que sirva para la manipulación correcta de la máquina y ayuden a la identificación de posibles problemas o errores.

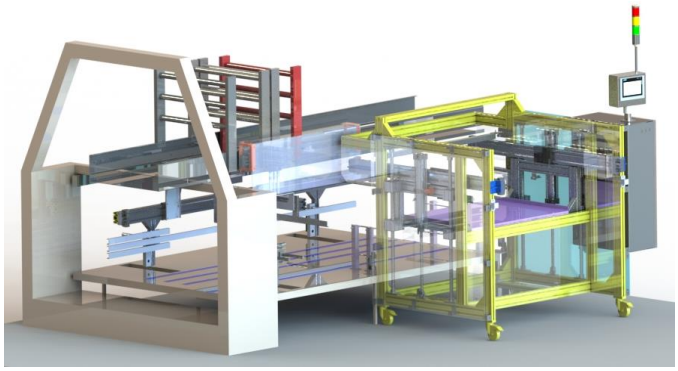

Fig. 10. Reder del área de aplicación de la máquina de cartones. [10]

Funcionamiento.

Para la correcta operación de la maquina dispensadora de cartones, se requiere que el operario antes de poner en marcha el proceso, llene de forma manual los cartones en el espacio (C), para que cuando la maquina empiece a funcionar, los cartones que ingresen de forma automática no se caigan; este llenado solo se debe hacer en el primer arranque de la máquina. Luego de esto el operario tomara los cartones de empaque que se encuentran en la estiba (A), y los depositara en la maquina (B), de tal forma que todos queden de una forma pareja; luego de esto la maquina bajara para quedar a nivel de la línea de producción y seguido a esto empujara los cartones hacia la línea (D), en seguida empezara a actuar el empujador 1, con el fin de llevar los cartones ingresados a conectarse con los puestos por el operario, luego de esto la bandeja se elevara y quedara en posición del operario (E), seguido a esto el operario podrá cargar de nuevo la maquina con los cartones que se encuentran en la estiba(F). Este proceso se repetirá hasta que se termine la producción.

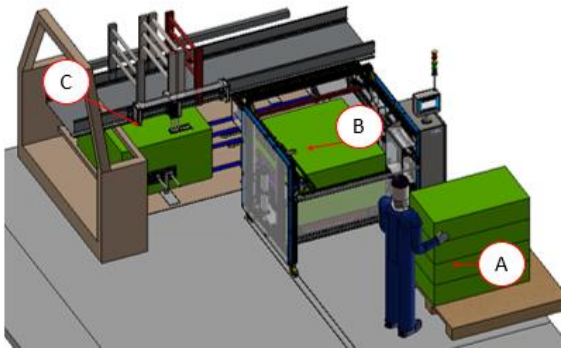

Fig. 11. Simulación del funcionamiento de la máquina de cartones en el área de la envasadora. [10]

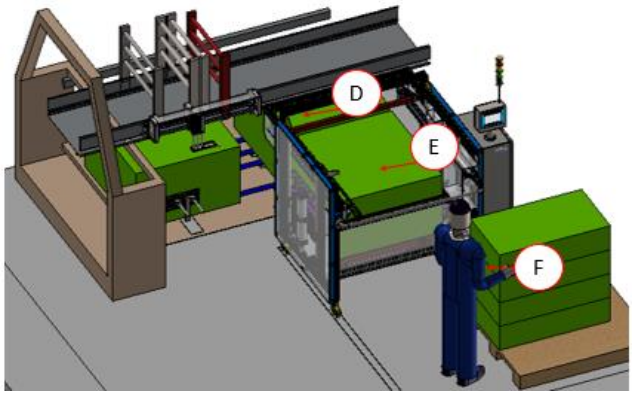

Fig. 12. Simulación del funcionamiento. [10]

VI. CONCLUSIONES

- El diseño y simulación de los compenentes electrónicos y mecánicos, sirven como base de los elementos necesarios para la instalación y fabricación de una máquina dispensadora de empaques de cartón, pero en el momento de una futura implementacion se deben tener encuenta más aspectos como: presion necesaria para los empujadores de carton, revisar las condiciones de la infraestructura donde se pienza realizar la utilizacion, ver el proceso del operario realizando la alimentacion de cartones, verificar las especificaciones (grosor, tamaño, forma) del carton de empaque, revisar partes inseguras que pueda poseer la máquina y demarcarlas, revisar el lugar donde se realizan las conexiones electricas y neumaticas, todo lo anterior sirve para realizar la puesta a punto de la máquina.
- En el diseño de piezas mecánicas para fabricación se debe contar con experiencia o con la guia de personas que fabrican piezas metalmecánias, para verificar que todas las piezas que se diseñen puedan realizarse en un centro de mecanizado, además de estudiar los componentes o materiales necesarios para la fabricacion de los mismos.
- La simulacion en softwares CAD, es una herramienta vital en el diseño de una máquina, pues permite realizar una visión muy precisa de los componentes y posibles mejoras que se pueden realizar, sin desperdiciar recursos de fabricacion, además se necesitan varias horas para verifcar el movimiento de todas las piezas que componen la máquina revisando la ubicación de las mismas y los posibles riegos o inconvenientes que se puedan generar antes de su fabricación.

VII. REFERENCIAS

[1] G. M. Guzman Toro y S. A. Villavicencio Garzon, «Escuela Politecnica Nacional de Quito,» Octubre 2010. [En línea]. Available: http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2472/6/CD-3178.pdf.

[2] Keyence, «Keyence,» 2018. [En línea]. Available: https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/photoelectric/info/.

[3] D. Choquisaca Huari, 23 Septiembre 2016. [En línea]. Available: http://mecatelectrotecnia.blogspot.com.co/.

[4] R. Cobo, «Aire,» 2018. [En línea]. Available: http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf.

[5] Siemens, «Siemens,» 2018. [En línea]. Available: http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/hmi/pages/pantallashmi.aspx.

[6] Keyence, «Keyence,» 2018. [En línea]. Available: https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/proximity/info/.

[7] Autodesk, «Autodesk Latinoamerica,» Autodesk Inc., 2018. [En línea]. Available: https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-software. [Último acceso: 2 Mayo 2018].

[8] Arreola. WordPress, «Arreola. WordPress,» Word Press, 1 Febrero 2010. [En línea]. Available: https://le0el.wordpress.com/2010/02/01/diseno-asistido-por-computadora-cad/. [Último acceso: 2 Mayo 2018].

[9] Dassault Systèmes SOLIDWORKS Corporation., «Solid Works Corporation,» Dassault Systemes, 2018. [En línea]. Available: http://www.solidworks.es/sw/termsofuse.html. [Último acceso: 5 Mayo 2018].

[10] O. R. Tamayo Paez y R. F. Suarez Narvaez, *Diseño de maquina de empaque*, Bogota, 2018.

Autores

Robín Fernando Suarez Narváez
Ingeniero Mecatronico
Egresado de la Fundación universitaria Agraria de Colombia.

Oscar Reinaldo Tamayo Páez
Ingeniero Mecatronico
Egresado de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia