

Automatización de cajas, 12 y 18 botellas utilizando Grafcet, como técnica de Automatización Electroneumática.
Automation of 12 and 18 bottle crates using Grafcet as an electropneumatic automation technique

Ing. Erick Michael Andrade Paredes, Ing. Jenny Elizabeth Carrillo Torres, Ing. Cristian Guiliano Aguirre Alquina, Ing. Mario David Guillen Gavilanes, Ing. Lauro Lenin Macas Blacio Msc

Resumen

El documento expone la automatización de cajas de 12 y 18 botellas utilizando Grafcet, como técnica de automatización Electroneumática. El objetivo del trabajo es implementar y simular el circuito electroneumático del proceso industrial descrito en el tema del trabajo utilizando la técnica Grafcet y a su vez comprender el funcionamiento del módulo de entradas y salidas de Grafcet presente en el software FluidSIM de FESTO. La electroneumática es ampliamente utilizada en la industria, esto debido a que el aire tiene un costo sumamente bajo como fuente de alimentación. Adicionalmente los cilindros de doble efecto son utilizados en un sin número de procesos industriales en los cuales el regreso del actuador pueda darse de manera natural o por medio de aire al igual que su activación (mediante válvulas monoestables o biestables). Estos procesos pueden ser cortadoras por guillotinas, procesos de sellado, estampado. Para el diseño y automatización del circuito electroneumático correspondiente a este proceso fue necesario aplicar conocimiento impartidos por parte del docente con la finalidad de una correcta aplicación de la técnica Grafcet.

Palabras clave: FluidSIM, electroneumática, Grafcet, automatización.

Abstract

The paper presents the automation of 12 and 18 bottle crates using Grafcet, as an electropneumatic automation technique. The aim of the work is to implement and simulate the electro-pneumatic circuit of the industrial process described in the subject of the work using the Grafcet technique and at the same time to understand the operation of the Grafcet input and output module present in FESTO's FluidSIM software. Electro-pneumatics is widely used in industry because air is an extremely low cost power source. In addition, double-acting cylinders are used in a number of industrial processes in which the return of the actuator can occur naturally or by means of air as well as its activation (by means of monostable or bistable valves). These processes can be guillotine cutters, sealing processes, stamping. For the design and automation of the electro-pneumatic circuit corresponding to this process, it was necessary to apply the knowledge imparted by the teacher in order to correctly apply the Grafcet technique.

Keywords: FluidSIM, electro-pneumatics, Grafcet, automation.

EDUCACIÓN Y DESARROLLO

Enero-junio, V°4-N°1; 2023

- ✓ **Recibido:** 20/01/2023
- ✓ **Aceptado:** 18/02/2023
- ✓ **Publicado:** 05/06/2023

INSTITUCIÓN

- ☒ Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- ☒ Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- ☒ Instituto Superior Tecnológico Sucre
- ☒ Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
- ☒ Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila

PAIS:

- ☒ Ecuador – Santo Domingo

CORREO:

- ✉ erickandradeparedes@gmail.com
- ✉ jennycarrillo@tsachila.edu.ec
- ✉ caguirre@tecnologicosucre.edu.ec
- ✉ mariodgg7@gmail.com
- ✉ lenin_macas@hotmail.com

☑ **ORCID:**

- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-3973-5306>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-9663-3854>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0001-9116-6222>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-7942-1961>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0003-3630-6274>

📄 **FORMATO DE CITA APA.**

Andrade, E, Carrillo, J. Aguirre, C. Guillen, M. Macas L. (2023). *Automatización de cajas, 12 y 18 botellas utilizando Grafcet, como técnica de Automatización Electroneumática*. Revista G-ner@ndo, V°4 (N°1), 79-95.

Introducción

En la actualidad la hidráulica y neumática se pueden aplicar en diversos campos, por ejemplo, en el campo industrial para la cual está enfocado este documento.

Como objetivo se tiene el diseño de un proceso neumático mediante el software FluidSIM para la Automatización de cajas, 12 y 18 botellas utilizando Grafcet, como técnica de Automatización electroneumática.

La técnica Grafcet permite representar de manera diáfana una tarea de control en una estructura básica (campo de etapa) con sus propiedades fundamentales y en una estructura detallada (campo de comando) con los detalles necesarios para la aplicación en cuestión.

El desarrollo tecnológico con el transcurso del tiempo ha permitido el desarrollo de softwares de simulación como es el caso de Fluid SIM en el cual se desarrolla la automatización del proceso industrial planteado en el tema del trabajo, obteniendo resultados reales previamente a la implementación física del proceso industrial.

Materiales Y Métodos

A continuación, se detallan algunos de los elementos y técnicas empleadas para la automatización de cajas, 12 y 18 botellas.

FluidSIM Neumatics: Es un software de simulación para el conocimiento de la neumática y funciona en entorno Windows(Thomann et al., 2002). Una característica importante de FluidSIM es su estrecha relación con la función y simulación CAD. Permite, por una parte, crear el esquema del circuito de un fluido según DIN; por otra parte, posibilita la ejecución sobre la base de descripciones de componentes físicos de

una simulación plenamente explicativa. Con esto se establece una división entre la elaboración un esquema y la simulación de un dispositivo práctico. Otra característica de FluidSIM es su bien pensado concepto didáctico: soporta el aprendizaje, la formación y la visualización de los conceptos de la técnica neumática [3].

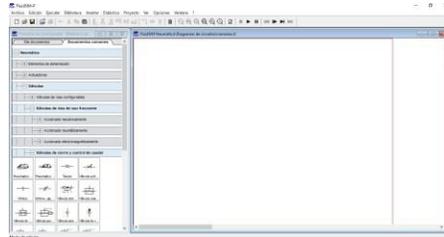


Fig. 1 Interfaz programa FluidSIM

GRAF CET

Al abordar el tema de GRAFCET, FluidSIM ofrece tres modos que se diferencian por el grado de relación existente entre GRAFCET, por un lado, y los circuitos neumáticos, hidráulicos o eléctricos por el otro [4].

Es una representación de tareas de control orientada a procesos e independiente de su implementación, es decir, no vinculada, p. ej., a los recursos utilizados. GRAFCET facilita la interacción entre distintas especialidades técnicas, p. ej., la construcción de maquinaria, los sistemas neumáticos e hidráulicos, la ingeniería de procesos, la electrotecnia, la electrónica y otros. Permite representar de manera diáfana una tarea de control en una estructura básica (campo de etapa) con sus propiedades fundamentales y en una estructura detallada (campo de comando) con los detalles necesarios para la aplicación en cuestión [5].

Compresor: Un compresor es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases [6] [7].



Fig. 2 Compresores

Tipos de compresores:

Estas máquinas se clasifican por su forma de funcionamiento y podemos encontrar dos categorías cada una con sus tipos de compresores diferentes (Francisco et al., 2019):

1. Alternativos
2. Rotativos

Válvulas neumáticas: Son los dispositivos que dirigen y regulan aire comprimido; gobiernan la salida y entrada, el cierre o habilitación, la dirección, la presión y el caudal de aire comprimido (Szabo et al., 2018).

Según su función las válvulas se subdividen en los grupos siguientes (Linqi et al., 1994):

- Válvulas de vías o distribuidas
 - Válvulas de bloqueo
 - Válvulas de presión
 - Válvulas de caudal y de cierre
-



Fig. 3 Válvulas neumáticas

Accionamiento de las válvulas

Existen dos tipos de accionamiento de las válvulas:

- **Accionamiento directo:** El órgano de mando está directamente montado sobre la válvula y actúa sobre su sistema de apertura o cierre (Lianzhi et al., 2010). Se dividen en:

1. Mecánicos
2. Musculares
3. Neumáticos
4. Eléctricos

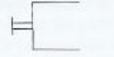
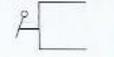
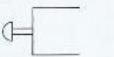
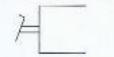
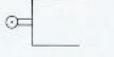
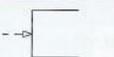
ACCIONAMIENTO MANUAL			
Manual general		Palanca	
Pulsador de seta		Pedal	
ACCIONAMIENTO MECÁNICO			
Pulsador mecánico		Rodillo escamoteable	
Rodillo		Muelle	
ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO			
Presión		Depresión	
ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO			
Electroimán		Electroimán servopilotado	

Fig. 4 Accionamiento directo

- **Accionamiento Indirecto:** El sistema de accionamiento actúa sobre un

elemento auxiliar que transmite la señal a la válvula.

1. Servopilotaje
2. Pilotaje diferencial
3. Pilotaje por depresión

Cilindros de doble efecto: Son capaces de producir trabajo útil en los dos sentidos, ya que se dispone de una fuerza activa tanto en el avance como en el retroceso (Sunar et al., 2013). Se construyen siempre en forma de cilindros de émbolo y poseen dos tomas para aire comprimido, cada una de ellas situada en una de las tapas de cilindro.



Fig. 5 Cilindro de doble efecto

Metodología

A continuación, se detalla en que consiste la técnica de Automatización Electroneumática utilizando Grafset y la metodología utilizada.

Identificación de la secuencia: La secuencia predeterminada para el programa se compone de un arreglo matricial donde el cilindro A va a tener una constante de 3 y el

cilindro B puede tomar valores entre 4 y 6 que son los valores con los cuales se arreglan las cajas de 12 y 18 botellas (Velisek & Kostal, 2010).

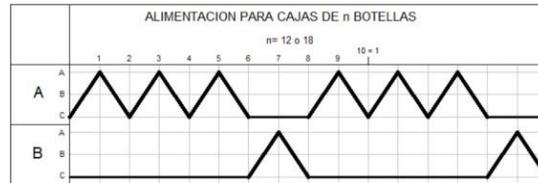


Fig. 6 Diagrama de funcionamiento

Metodología Grafcet: Un GRAFCET es una sucesión de etapas. Cada etapa tiene sus acciones asociadas de forma que cuando aquella etapa está activa se realizan las correspondientes acciones; pero estas acciones no podrán ejecutarse nunca si la etapa no está activa.

En la Fig. 7 se muestra el diseño del diagrama Grafcet que va a comandar la secuencia para cada una de las configuraciones de almacenamiento de cajas (Chaewieang et al., 2008).

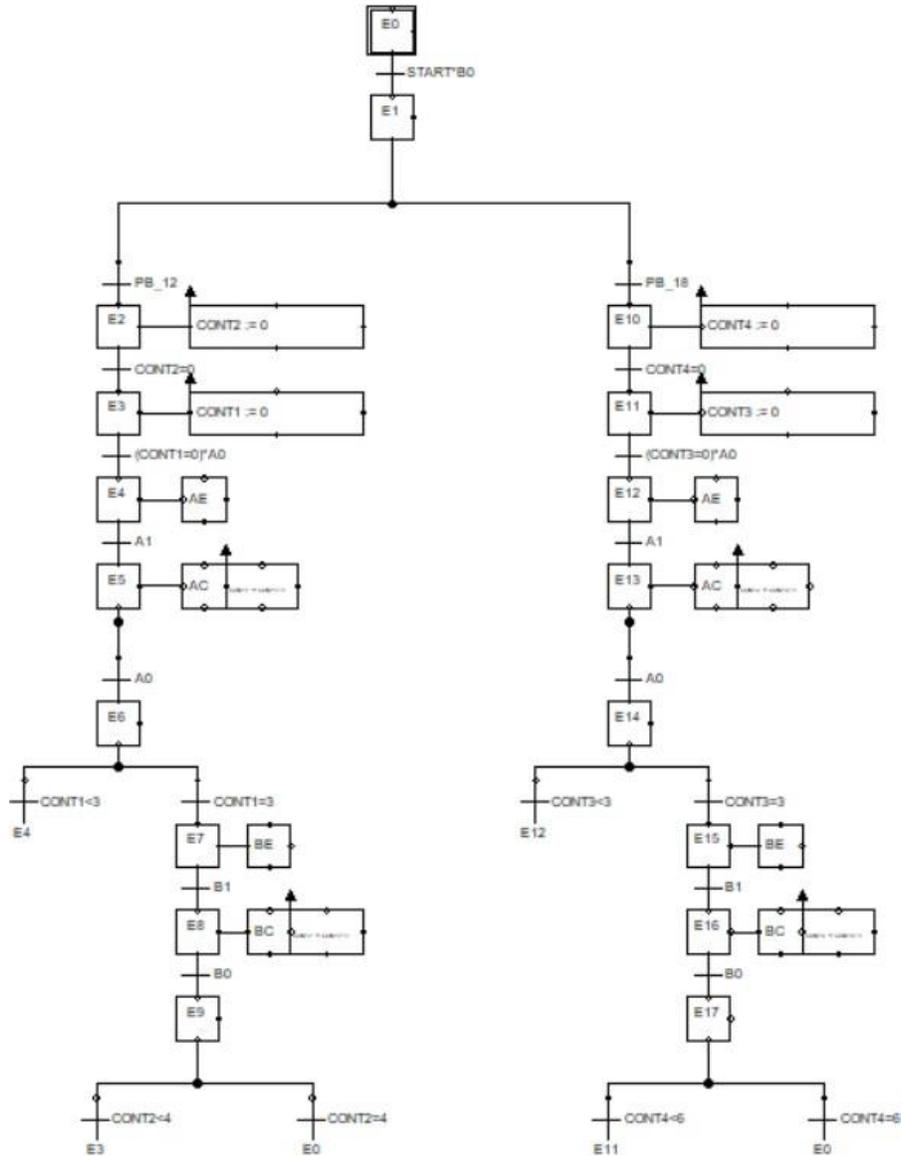


Fig. 7 Grafcet del proceso de almacenamiento de cajas

La Fig. 8 muestra la transición OR que tiene el diagrama Grafcet diseñado, esta transición se activa después de dar un pulso inicial START el cual conectado en serie con B0, activa la etapa (Skarpetis et al., 2013).

1. Después de esto se tiene dos pulsadores los cuales son los encargados de seleccionar la secuencia que van a ejecutar.

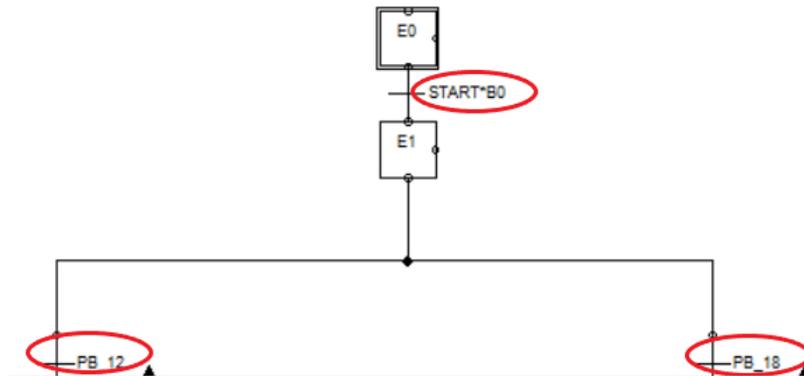


Fig. 8 Transición Or para las secuencias

En la Fig.9 se puede ver la programación para la secuencia de almacenamiento de la cual se destacan los siguientes puntos:

1. Reseteo de los contadores para un inicio del proceso, E2 resetea el contador Dos el cual pertenece al cilindro B, y E3 se resetea al contador 1 que pertenece al cilindro A. Siempre que el cilindro b se accione el contador 1 se resetea.
2. En el E4 se da la opción de extendido del Cilindro A, hasta llegar al sensor A1. Donde se produce el cambio de estado al siguiente Cilindro.
3. En E5, se acciona el retroceso del cilindro A, si se trabaja con válvula monoestables, este punto se utiliza solo para el contador del Cilindro A.
4. Una vez que el cilindro A retorna se da un tiempo de espera en el estado E6, este estado permite definir si se ha cumplido el número necesario de conteos para que el cilindro B se extienda. Si esto no se ha cumplido se vuelve a ejecutar la secuencia.

5. Es la condición de conteo si no se cumple para el accionamiento del cilindro A.
 6. Es la condición de conteo el contador 1, si se cumple pasa al estado E7.
 7. El estado E7 acciona el cilindro B.
 8. Cuando llega al E8 se produce un conteo en el contador 2 y retorna el Cilindro B, si se desea poner cilindros monoestables, el estado E7 solamente da un bit positivo al conteo.
 9. Cuando B retorna por completo el E9 es un estado de espera para analizar que condición se cumple.
 10. Retorna al estado E3 para una nueva secuencia del cilindro A.
 11. Retorna al estado E0, esto confirma que la caja ya se ha armado por lo tanto se espera una nueva orden de ejecución.
-

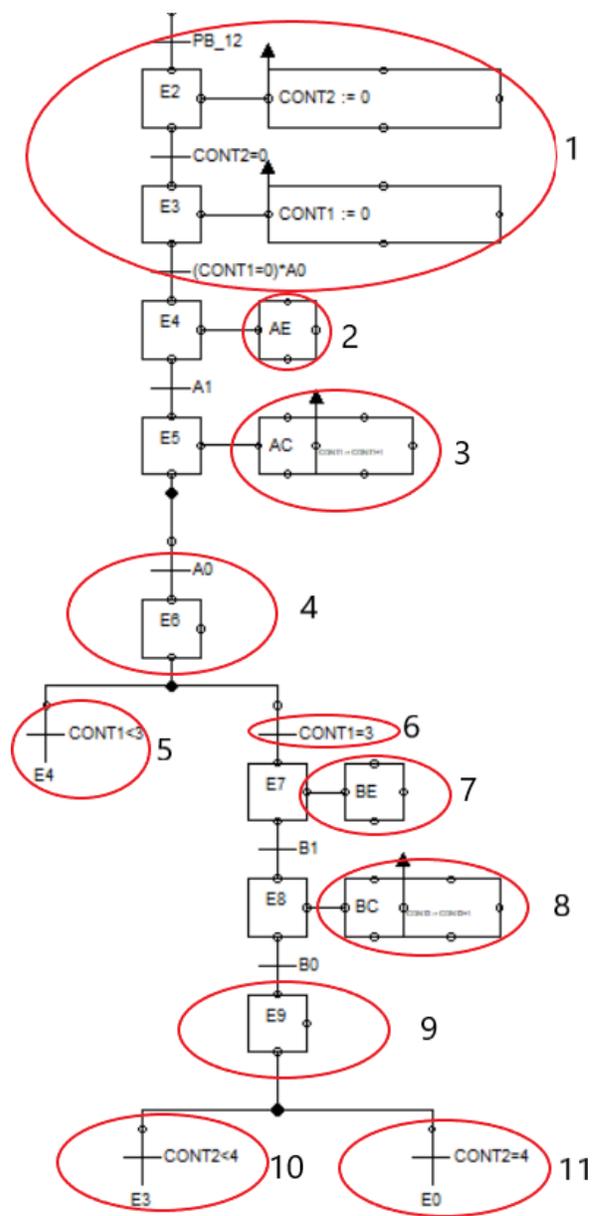


Fig. 9 Pasos de ejecución del Grafset

Una vez definido la secuencia defuncionamiento y el Grafcet del proceso seprocede al diseño del sistema neumático para el control del proceso de almacenamiento de botellas (Koumboulis et al., 2006). El sistema neumático para el control del proceso descrito se muestra en la Fig. 10

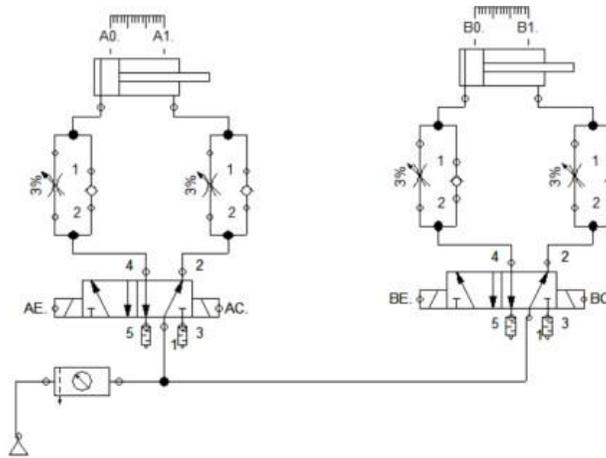


Fig. 10 Sistema neumático para el control del proceso

Análisis de Resultados

La implementación de sistema de control neumático en la actualidad ha tomado gran importancia, esto se debe a la flexibilidad que poseen. La automatización de estos procesos puede mejorar notablemente la productividad de las empresas industriales.

En la Fig. 11 se muestra la incorporación del módulo Grafcet que permitió traducir las ordenes ejecutadas en el Grafcet diseñado hacia el circuito.

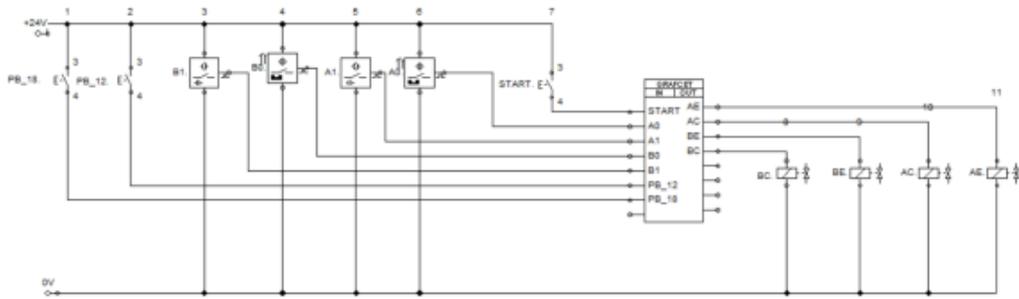


Fig. 11 Incorporación modulo Grafset

Después de completar con el diseño del sistema, se procedió a la simulación.

Para esto se da clic en ejecutar simulación, se confirma que hay alimentación en los cilindros y se da clic en el botón START, después se selecciona el número de botellas que se van a armar. En la Fig. 12 se muestran detalles del inicio de la simulación.

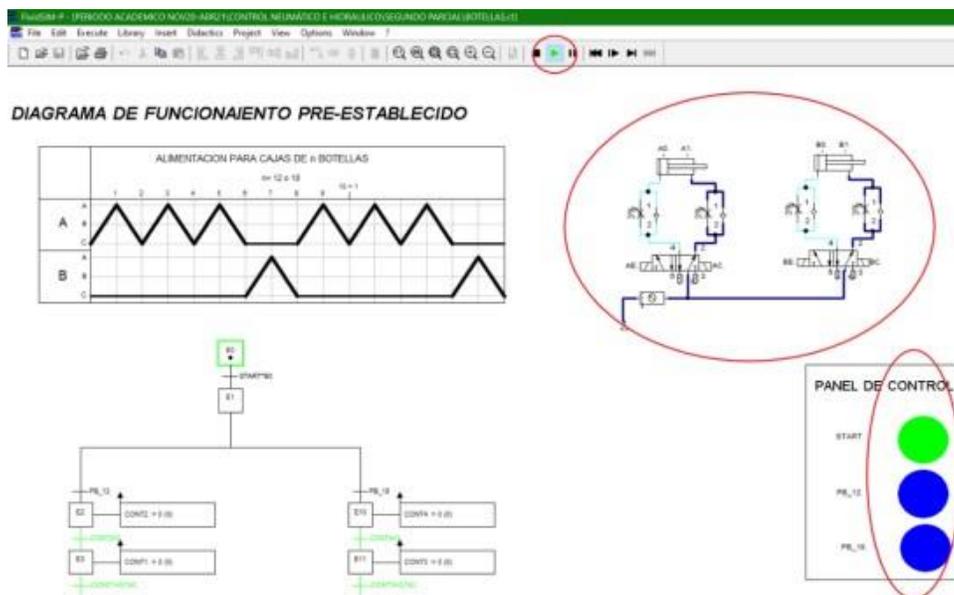


Fig. 12 Inicio de la simulación

Seguidamente de debe seleccionar el número de botellas que se desea armar.

Después de iniciar la simulación y dar clic en START se selecciona el número de cajas que se desea armar mediante los pulsadores PB_12 y Pb_18 respectivamente. Se deja que la ejecución se realice y el diagrama obtenido es validado con el diagrama planteado.

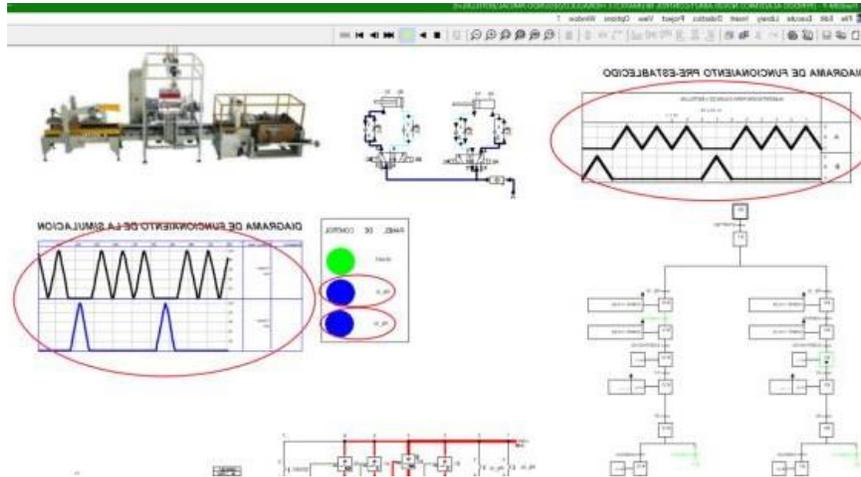


Fig. 13 Ejecución y validación del programa

Finalmente, mediante la aplicación del método de programación secuencial utilizando Grafcet se pudo obtener que el diseño realizado cumpla con las especificaciones requeridas, en la Fig.14 se muestra la validación del sistema utilizando la función definida con la función obtenida.

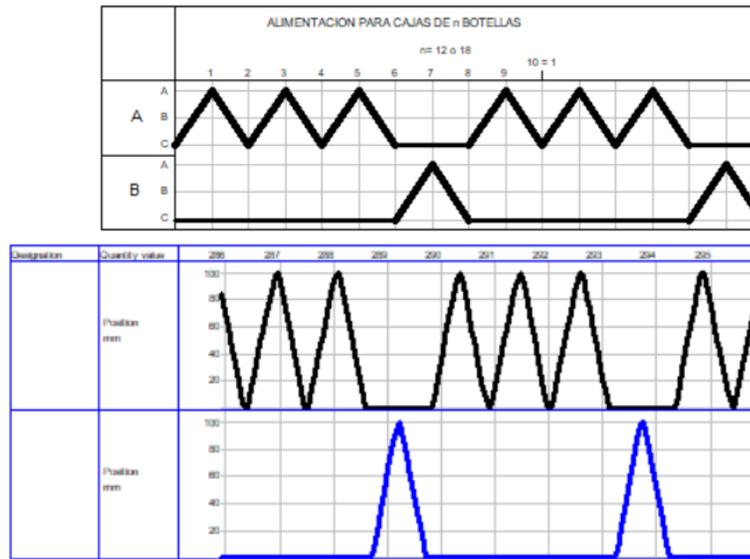


Fig. 14 Diagrama de diseño vs diagrama obtenido

Conclusiones

El diseño del sistema para la automatización del proceso de almacenamiento de botellas fue validado por el software Fluid Sim cumpliendo con el objetivo del trabajo. Mediante la aplicación del método de programación secuencial utilizando Grafset se pudo obtener que el diseño realizado cumpla con las especificaciones requeridas, en la Fig.14 se muestra la validación del sistema utilizando la función definida con la función obtenida. Un sistema neumático puede cumplir diferentes secuencias, por lo que se dice que en sus aplicaciones tiene gran flexibilidad para la resolución de los problemas

Referencias bibliográfica

- Chaewieang, P., Sirisantamrit, K., & Thepmanee, T. (2008). Pressure control of pneumatic-pressure-load system using generalized predictive controller. *2008 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, 788-791. <https://doi.org/10.1109/ICMA.2008.4798857>
- Francisco, M. B. R. M., Mendes, M. J. G. C., & Calado, J. M. F. (2019). An Electro-pneumatic Prototype to Support the Teaching of Industry 4.0 Concepts. *2019 5th Experiment International Conference (exp.at'19)*, 428-433. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2019.8876524>
- Koumboulis, F. N., Skarpetis, M. G., & Tzamtzi, M. P. (2006). Robust PI Controllers for Command Following with Application to an Electropneumatic Actuator. *2006 14th Mediterranean Conference on Control and Automation*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/MED.2006.328738>
- Lianzhi, Y., Yuesheng, L., Zhongying, H., & Jian, C. (2010). Electro-Pneumatic Pressure Servo-Control for a Miniature Robot with Rubber Actuator. *2010 International Conference on Digital Manufacturing & Automation*, 1, 631-634. <https://doi.org/10.1109/ICDMA.2010.158>
- Linqi, H., Wei, W., & Qingyuan, L. (1994). Dynamics of robotic manipulators with electropneumatic proportion/servo balancing system. *Proceedings of 1994 IEEE International Conference on Industrial Technology - ICIT '94*, 598-601. <https://doi.org/10.1109/ICIT.1994.467131>
- Skarpetis, M. G., Koumboulis, F. N., & Ntellis, A. S. (2013). Robust control of pneumatic clutch actuators using Simulated Annealing Techniques. *21st Mediterranean Conference on Control and Automation*, 1069-1075. <https://doi.org/10.1109/MED.2013.6608853>
- Sunar, N. H., Rahmat, M. F., Faudzi, A. M., Ismail, Z. H., & Salim, S. N. S. (2013). Identification and self-tuning control of electro-pneumatic actuator system with control valve. *2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology*, 118-123. <https://doi.org/10.1109/ICSEngT.2013.6650155>
-

- Szabo, A., Becsi, T., Gaspar, P., & Aradi, S. (2018). Control oriented modeling of an electro-pneumatic gearbox actuator. *2018 European Control Conference (ECC)*, 2623-2628. <https://doi.org/10.23919/ECC.2018.8550589>
- Thomann, G., Redarce, T., & Betemps, M. (2002). A new type of colonoscope, less painful for the engineering society. *Proceedings of the Second Joint 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society [Engineering in Medicine and Biology, 3, 2362-2363 vol.3]*. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2002.1053323>
- Velisek, K., & Kostal, P. (2010). Pneumatics and Electro-pneumatic Control Laboratory. *2010 International Conference on e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 651-654. <https://doi.org/10.1109/IC4E.2010.156>