

INGENIERÍA MECATRÓNICA



DI\_CERO

DIEGO CERVANTES RODRÍGUEZ

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL: PLC

ISP SOFT Y COMMGR

Fundamentos de Automatización: Control  
Lazo Abierto/Cerrado & Analógico/Digital

## Contenido

Fundamentos de Automatización:.....	2
Automatización en Sistemas de Producción:.....	2
Razones para Automatizar:.....	2
Niveles de Automatización: .....	2
Automatización sin control electrónico:.....	3
Automatización con control electrónico:.....	3
Funciones Avanzadas de Automatización:.....	4
Sistemas de Control Industrial: .....	4
Tipos de Controladores Industriales: .....	5
Referencias.....	8



# Fundamentos de Automatización:

La automatización es la rama de la tecnología que se encarga de aplicar en un sistema industrial la mecánica, electrónica y los sistemas de computación con el fin de estandarizar y agilizar procesos de manufactura para la producción en masa de productos [1]. Las tecnologías de la automatización incluyen:

- Máquina-herramientas automáticas para procesar partes metálicas.
- Robots industriales.
- Sistemas de inspección automáticos para el control de la calidad.
- Maquinaria para procesos industriales.

## Automatización en Sistemas de Producción:

Un sistema automático industrial es un conjunto de dispositivos eléctricos, mecánicos, electrónicos, o la combinación de ellos, los cuales pueden estar interconectados entre sí para controlar un proceso [1].

### Razones para Automatizar:

El objetivo de un sistema de producción es dar un resultado igual en varias iteraciones, su proceso será repetitivo y una variable será controlada, en algunos casos con un resultado aceptable dentro de un margen de error y en otros más críticos cuya operación debe ser sin error para mantener un control de calidad. El error se define como la diferencia entre el valor obtenido y el valor deseado en la variable o variables que se quiere controlar. Cuando se tiene un error diferente a cero se utiliza esta información para poder mantener el error dentro de márgenes aceptables. En otras ocasiones la variable que se va a controlar no se puede medir; en este caso es posible que exista un error. Esto permite distinguir entre dos formas de controlar una variable [1].

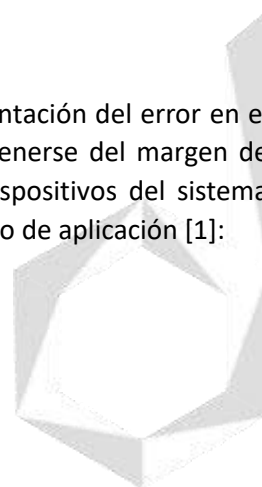
### Niveles de Automatización:

Los sistemas automáticos pueden ser clasificados básicamente en tres tipos [1]:

- Sistemas de automatización fija.
- Sistemas de automatización programable.
- Sistemas de automatización flexible.

**Lazos de control:** Los lazos de control permiten que el sistema reciba retroalimentación del error en el producto final, para que pueda realizar las pertinentes correcciones para mantenerse del margen de error o reducir el error completamente. De acuerdo con la conexión de los dispositivos del sistema automático industrial, existen dos tipos de lazos de control, cada uno con su campo de aplicación [1]:

- Lazo abierto
- Lazo cerrado.



### Automatización sin control electrónico:

Sistemas de automatización fija: Se utilizan cuando la producción es de alto volumen y por lo tanto se puede justificar el elevado costo del diseño del equipo especializado para el procesamiento de un producto en específico, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. El inconveniente de esta clase de automatización es su ciclo de vida, el cual está de acuerdo con la vigencia del producto en el mercado. En la figura 1 se observa un ejemplo de una línea de ensamble automático, que pertenece a la clasificación de sistema de automatización fija [1].

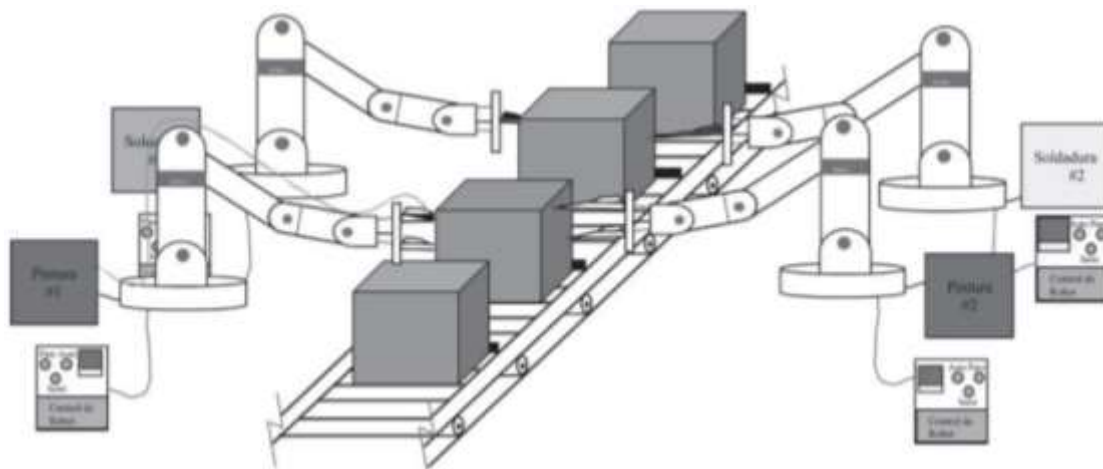


Figura 1. Línea de ensamble automático – Sistema de automatización fija [1].

### Automatización con control electrónico:

Sistemas de automatización programable: La aplicación de este tipo de sistemas se da en volúmenes de producción relativamente bajos. Puesto que hay una gran diversidad de productos que pueden ser manufacturados bajo este concepto, el equipo de producción se diseña para adaptarse a las variaciones de las configuraciones del producto. La secuencia de operación se controla mediante un programa que se expresa como instrucciones codificadas para que el sistema pueda interpretarlas. De este modo es posible preparar y programar nuevos programas en el equipo para producir nuevos productos. Ejemplos de ello son las máquinas-herramientas de control numérico, robots y maquinaria industrial automatizadas con base en controladores lógicos programables (del inglés PLC) (figura 2) [1].

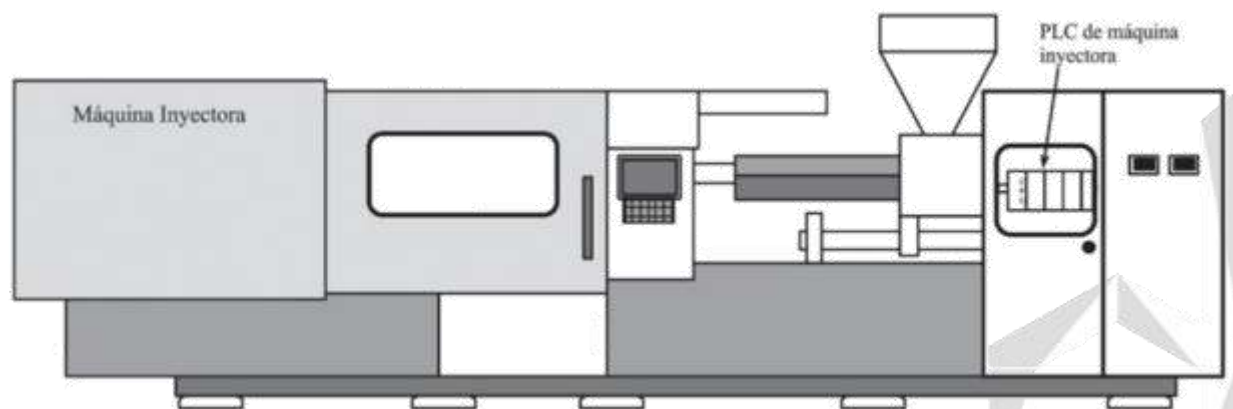


Figura 2. Máquina industrial automatizada con base en PLC – Sistema de automatización programable [1].

Sistemas de automatización flexible: Este tipo de sistemas son una extensión de la automatización programable y es capaz de producir una gran variedad de productos o partes sin perder mucho tiempo en adaptarse para la producción de un producto a otro. Algunas características de la automatización flexible son [1]:

- I. Producción continua de una serie de productos.
- II. Tasa de producción media.
- III. Flexibilidad ante las variaciones de diseño en el producto a manufacturar. Un ejemplo de este sistema es la celda de manufactura automatizada con base en PLC (figura 3).

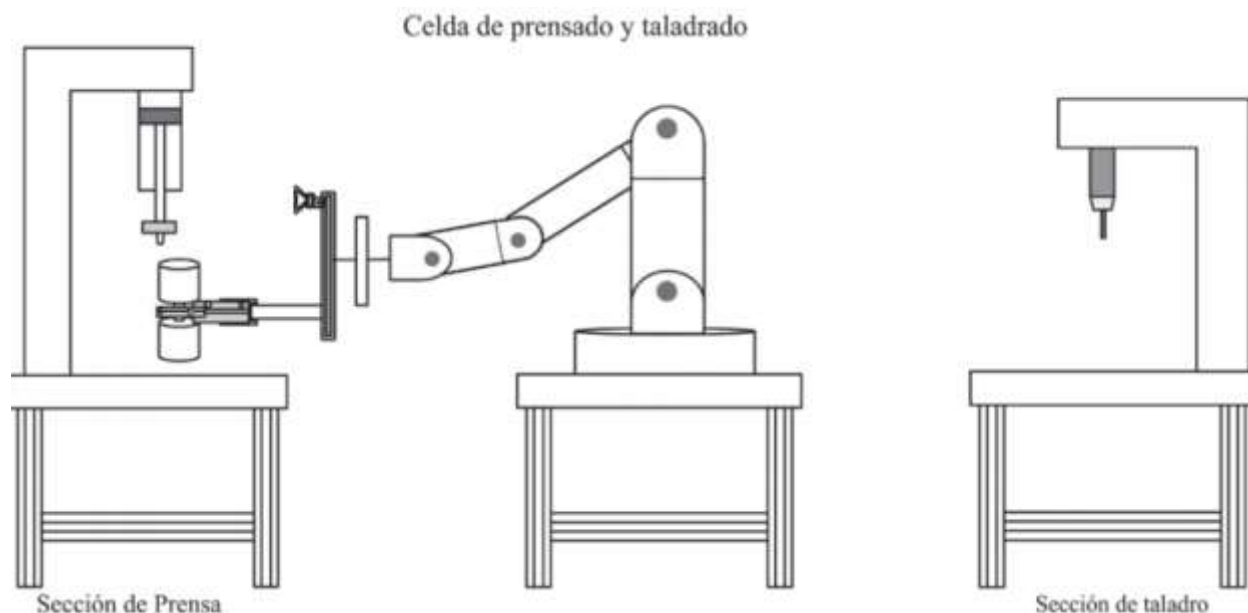


Figura 3. Celda de manufactura automatizada con base en PLC – Sistema de automatización flexible [1].

### Funciones Avanzadas de Automatización:

Los sistemas automáticos industriales pueden ser del tipo combinacional o secuencial. La mayoría de los sistemas industriales son secuenciales, y pueden ser síncronos o asíncronos en lazo abierto o lazo cerrado. La estructura de un sistema combinacional o secuencial se establece mediante variables de entrada discretas en valor y variables discretas de salidas, y la secuencia se representa por un control eléctrico o secuencia programada en un controlador lógico programable [1].

### Sistemas de Control Industrial:

**Sistema combinacional:** Es aquel donde el valor de las salidas sólo va a depender del valor que tengan las entradas, no recuerda estados anteriores, es decir, no tiene memoria, por lo tanto, se puede considerar como un sistema puntual, esto se podría resumir como: valores idénticos en entradas producen valores idénticos en salidas. La estructura de un sistema combinacional se basa en variables de entrada, compuertas lógicas (circuito lógico de control) y variables de salida. El circuito

combinacional al recibir señales de entradas genera 1 valores que manda a las variables de salida. La estructura de un sistema combinacional se muestra en el diagrama de bloques de la figura 4.

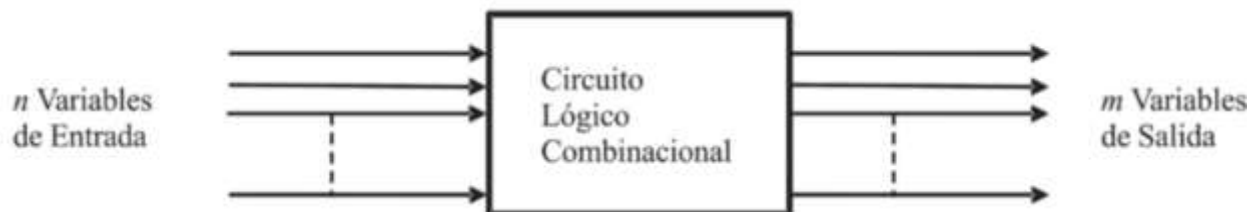


Figura 4. Diagrama de un sistema combinacional [1].

**Sistema secuencial:** En este tipo de sistemas el valor de las salidas de cada estado del proceso depende de los valores de las entradas del mismo estado y de los valores que hayan tenido las entradas y salidas en los estados anteriores; esto significa que los sistemas secuenciales tienen memoria, lo cual se puede resumir como: valores idénticos en entradas pueden producir valores diferentes en las salidas. La estructura de un sistema secuencial se establece mediante un circuito lógico combinacional y elementos de memoria. Los sistemas secuenciales pueden ser del tipo asíncrono o síncrono, de lazo abierto o lazo cerrado, y están contruidos con variables de entrada, compuertas lógicas (circuito lógico de control) y variables de salida. El circuito secuencial al recibir las señales de las entradas y recordar los estados anteriores, genera los valores que manda a las variables de salida. La estructura de un sistema secuencial se muestra en el diagrama de bloques de la figura 5. La señal de reloj se utiliza en los sistemas síncronos y se removería para un sistema asíncrono, ya que los sistemas síncronos se ejecutan siguiendo los flancos de la señal de reloj y los procesos asíncronos no siguen el paso de la señal de reloj.

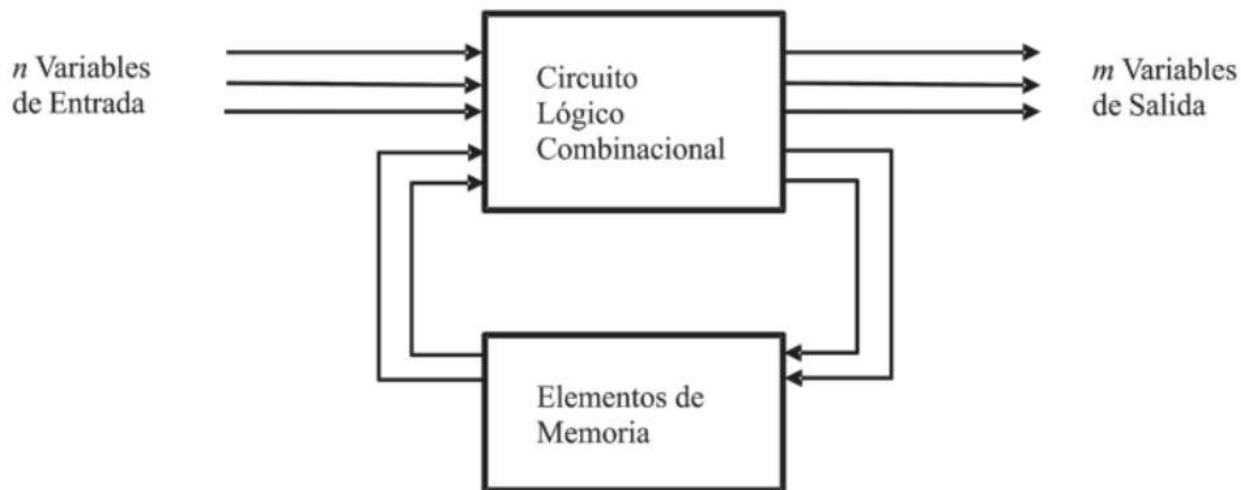
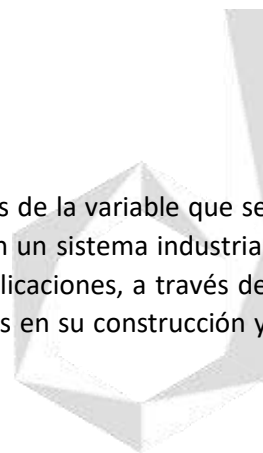


Figura 5. Diagrama de un sistema secuencial [1].

### Tipos de Controladores Industriales:

**Sistema de lazo abierto:** En los sistemas de lazo abierto no se realizan mediciones de la variable que se va a controlar y generalmente se diseñan con base en el tiempo o por conteo. En un sistema industrial de lazo abierto el error se identifica de manera empírica en la mayoría de las aplicaciones, a través de los sentidos de un operador. Por lo tanto, este tipo de sistemas son muy sencillos en su construcción y



no requieren de mucha tecnología, además de ser en general económicos. La figura 6 muestra un sistema donde no hay señal retroalimentada, donde el valor preestablecido para accionar o detener algunos procesos automáticos puede ser un valor de tiempo transcurrido o conteo, el cual se ejecuta durante el proceso y activa o desactiva un dispositivo de salida. En consecuencia, el ajuste de tiempos de activación y desactivación se basa en el conocimiento del proceso [1].

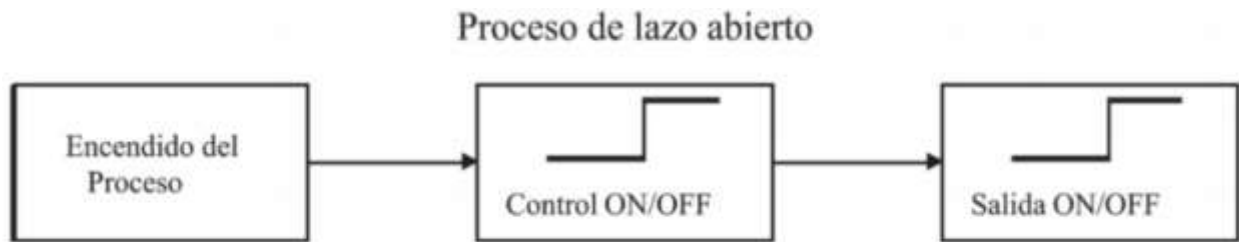


Figura 6. Sistema de lazo abierto controlado por tiempo – Control industrial de lazo abierto [1].

**Sistema de lazo cerrado discreto:** A diferencia de los sistemas de lazo abierto, en los sistemas de lazo cerrado se observa la variable que se va a controlar por medio de una retroalimentación de su señal. Estos sistemas pueden ser muy precisos al obtener el valor de la variable, por lo que es factible determinar un rango de error exacto comparando la referencia contra el valor obtenido de la señal; la precisión del sistema depende de varios factores como son: el dispositivo que va a retroalimentar la variable, tipo de control ya sea PID o control ON/OFF, tipo de respuesta del dispositivo de salida y algoritmo de control que se desarrolle. El sistema de lazo cerrado con respuesta discreta mostrado en la figura 7 muestra un valor preestablecido, el cual es el valor requerido para realizar un trabajo o controlar un proceso. Este valor envía una señal a un comparador, que en este caso un comparador discreto, el cual se encarga de discriminar si el valor de la variable llegó al requerido o no. En caso de que no haya llegado al valor, el control actúa manteniendo la variable energizada hasta que llegue al valor preestablecido. El control ON/OFF no tiene respuesta variable en el tiempo, simplemente verifica que la variable esté dentro de un rango de valor contante preestablecido. El diseño de este control es más complicado comparado con el sistema de lazo abierto y contiene más dispositivos de control. El valor preestablecido es el valor de la variable que se requiere tener al final o durante el proceso. En el diseño de sistemas automáticos de lazo cerrado con respuesta discreta, se debe considerar que siempre va a existir un error por lo que es importante establecer un ancho de banda donde va a estar oscilando el valor de la variable a controlar [1].

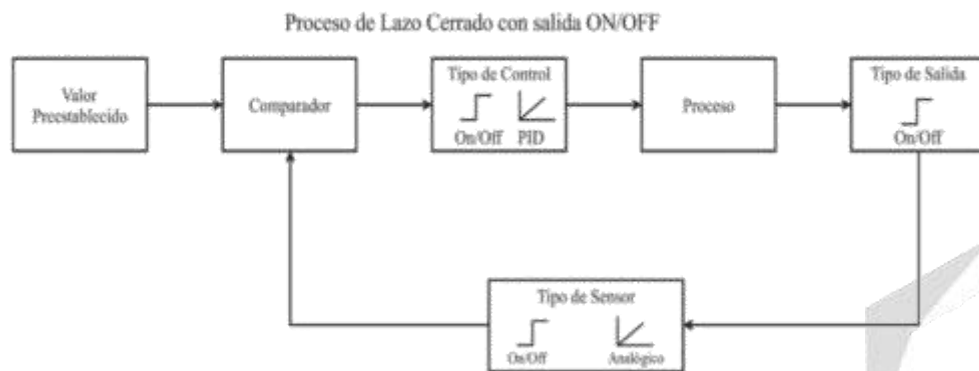


Figura 7. Sistema de lazo abierto cerrado con respuesta ON/OFF – Control industrial de lazo cerrado discreto [1].

**Sistema de lazo cerrado analógico:** La precisión de un sistema en lazo cerrado con salida analógica se debe a que tenderá a un error mínimo dentro del rango de error determinado para la variable controlada, la estructura más comúnmente usada en este tipo de sistema es el control PID, el cual está compuesto por un control proporcional, integral y derivativo. La figura 8 muestra el lazo de control de un sistema en lazo cerrado con salida analógica [1].

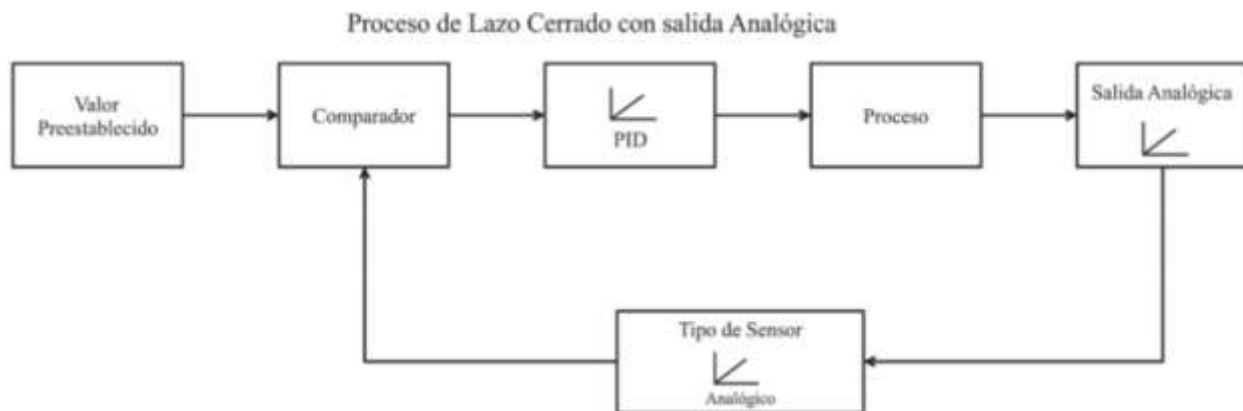


Figura 8. Estructura de control – Control industrial de lazo cerrado con salida analógica [1].

**Sistemas de eventos discretos:** Los sistemas automáticos industriales pueden ser de eventos discretos, de eventos analógicos o combinados. Un evento discreto o digital es aquel que sólo puede discriminar entre dos valores “1” o “0”, este tipo de sistema va a estar conformado por variables de entrada, variables de salida y memorias internas. A partir de esto podemos definir que una variable lógica de entrada se considera como cualquier dispositivo captador de señal discreta donde los valores que adquiere son “1” o “0”, a través de un sistema con lazo abierto o cerrado, respectivamente, mientras que la variable lógica de salida se considera como cualquier dispositivo que requiere se le aplique un voltaje del tipo discreto “1” o “0”, lo cual indica presencia o ausencia de voltaje en la variable de salida respectivamente. Se puede obtener una ecuación de control mediante técnicas de tabla de verdad que describan el funcionamiento del sistema, pudiendo utilizar de esta manera una combinación de compuertas lógicas para obtener el resultado deseado. Otra herramienta que se utiliza en el diseño de sistemas de eventos discretos es el diagrama de estados del sistema, en el cual se grafica cada estado del proceso, y una vez elaborado este diagrama se puede obtener una tabla de estados (figura 9) [1].

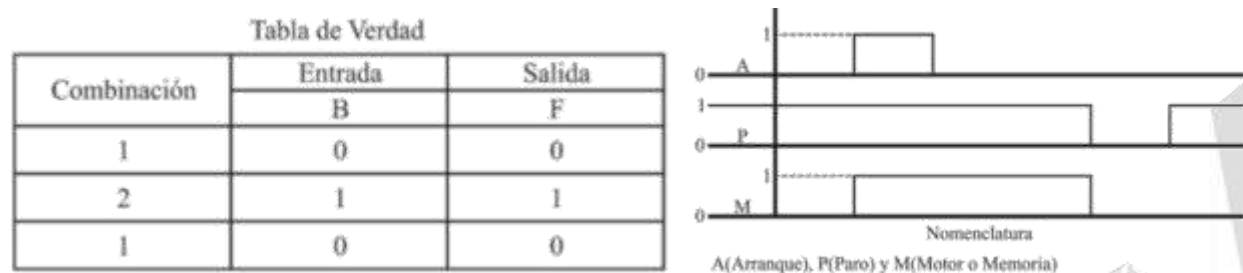


Figura 9. Tabla de verdad y diagrama de estados – Control industrial para sistemas de eventos discretos [1].



## Referencias

[1] “Sistemas Automáticos Industriales de Eventos Discretos”, Saturnino Soria Tello, Primera Edición, 2013, [Último acceso: 01 junio 2021]

