

## **El método de memoria interna y su aplicación en sistemas industriales**

### *The Internal Memory Method and its Application in Industrial Systems*

Saturnino Soria Tello<sup>1</sup> <https://orcid.Org/0000-0002-2409-449x>

Francisco Javier Esparza Mendoza<sup>1\*</sup> <https://orcid.Org/0000-0003-4858-5944>

Luis Rolando Hernandez Salazar<sup>1</sup> <https://orcid.Org/0000-0002-0797-8410>

Alejandro Eutimio Loya Cabrera<sup>1</sup> <https://orcid.Org/0000-0002-9388-0814>

Gabriela Guadalupe Martínez Acosta<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3543-9502>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

<sup>2</sup>Estudiante de la Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México.

\*Autor para la correspondencia. [Javier.Esparza.Mendoza@Gmail.Com](mailto:Javier.Esparza.Mendoza@Gmail.Com)

#### **RESUMEN**

Este artículo se propone la comprobación del método de memoria interna para la explicación de sistemas automáticos industriales que requieren la aplicación de más de un estado de memoria para su funcionamiento. El método da solución, de manera estructurada y metódica, a sistemas automáticos industriales del tipo eléctrico. Con él se podrá entender, de manera simple, pero estandarizada, el funcionamiento de los sistemas industriales, hecho necesario para aplicar los resultados obtenidos tanto en el ámbito docente como en la práctica industrial.

**Palabras clave:** automatización, memoria interna, sistemas automáticos industriales.

#### **ABSTRACT**

*This article aims to check the internal memory method for the explanation of industrial automatic systems that require the application of more than one memory state for their operation. The method gives solution, in a structured and methodical way, to industrial*

*automatic systems of the electrical type. With it, it will be possible to understand, in a simple but standardized way, the operation of industrial systems, which is necessary to apply the results obtained both in the teaching field and in industrial practice.*

**Keywords:** *automation, internal memory, industrial automatic systems.*

Recibido: 06/04/2019

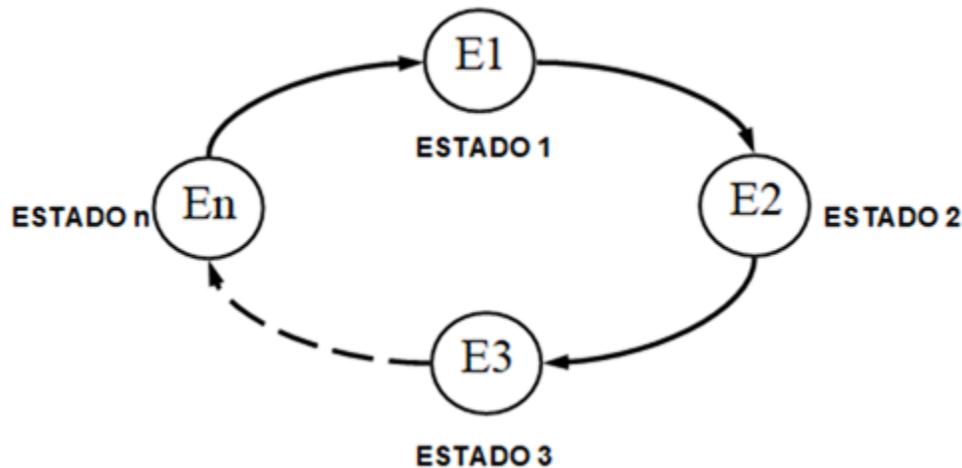
Aceptado: 15/10/2019

## INTRODUCCIÓN

En una exhaustiva búsqueda sobre sistemas automáticos industriales en diferentes textos científicos, observamos que hace unos años solo se contaba con una metodología definida y era para resolver sistemas en los que solo se utilizaba un estado de memoria. Cuando se presentaba un sistema con más de dos estados, no se lograba encontrar una metodología precisa y detallada sobre su funcionamiento. En este artículo se propone la comprobación del método de memoria interna para la explicación del funcionamiento de esta clase de sistemas. La parte fundamental de la metodología es la generación de múltiples estados de memoria, uno por cada cambio de estado. Se basa en la construcción de un esquema que se rige por una serie de reglas y ayuda a solucionar cualquier tipo de problema secuencial de tipo asíncrono (no tiene base de tiempo). Un sistema secuencial asíncrono en lazo sigue los pasos ya estipulados por la propia naturaleza del proceso sin estar sincronizado o comparado con una variable de tiempo. Esto ocasiona que sea difícil predecir el tiempo que tarda el sistema en cada estado y, en consecuencia, la duración de un ciclo completo. Para aplicar el método se necesita conocer el número de las variables lógicas de entrada y de salida. Los pasos de la secuencia natural del proceso y los valores de todas las variables en cada estado de la secuencia. La tabla natural del proceso debe tenerlos todos, incluidos aquellos en los que la variable o variables de salida son cero.

La representación gráfica de estos sistemas se realiza mediante un diagrama de flujo en el que se representan todos sus estados. Estos son unidos mediante conectores de enlace que simbolizan la unión o cambio de estado. Es un ciclo que inicia en el estado 1 y continúa con

los estados  $n$  posteriores, en el que también se indica el flujo de la información. La Figura 1 muestra un sistema secuencial asíncrono con  $n$  estados. Por otro lado, la parte analítica se realiza mediante el desarrollo de una tabla natural del proceso.



**Figura 1.** Sistema secuencial con  $n$  estados.

Actualmente, la enseñanza de sistemas industriales es transmitida por diferentes métodos, ya sea en la industria o en la academia, entre los que se destaca el método heurístico, que se enfoca en la resolución de problemas, el aprendizaje o el descubrimiento. Es un método práctico que no garantiza un resultado óptimo; no obstante, es suficiente para objetivos rápidos. Debido a que no cuenta con ningún tipo de estandarización en el proceso porque es «a prueba y error», se obtienen, en su mayoría, soluciones erróneas, lo que genera incertidumbre en la fiabilidad de los resultados.

El mayor problema que encuentran los docentes al no contar con un fundamento teórico es que los alumnos, al recibir la información, pueden adquirir una idea errónea de la aplicación de la información y, al retransmitirla, se crea una cadena de desinformación que puede terminar en un incidente laboral. Además, no se puede contar con una retroalimentación alumnos-docente óptima, ya que cada estudiante retiene la información de forma distinta.

Por otra parte, se ha observado que el ingeniero es capaz de realizar un proceso industrial gracias a la experiencia laboral adquirida; sin embargo, no puede explicar el funcionamiento debido a su falta de conocimiento. Si se utilizara algún tipo de estandarización o metodología para realizar un procedimiento, sucedería todo lo contrario.

Se cuenta también con el método científico, un modelo con base en la experimentación y la lógica empírica que, junto a la observación de fenómenos y su análisis estadístico, es el más utilizados en el campo de las ciencias sociales y naturales. Su aporte al proceso de investigación es resultado, fundamentalmente, de la experiencia. Posibilita el descubrimiento de las relaciones esenciales y las características fundamentales del objeto a estudiar, accesibles a la detección sensorial a través de procedimientos prácticos. Se destaca debido a que puede utilizarse en campos inexplorados y/o en los que se acentúa el estudio descriptivo. Además, cualquier persona con interés es capaz de entenderlo y aplicarlo.

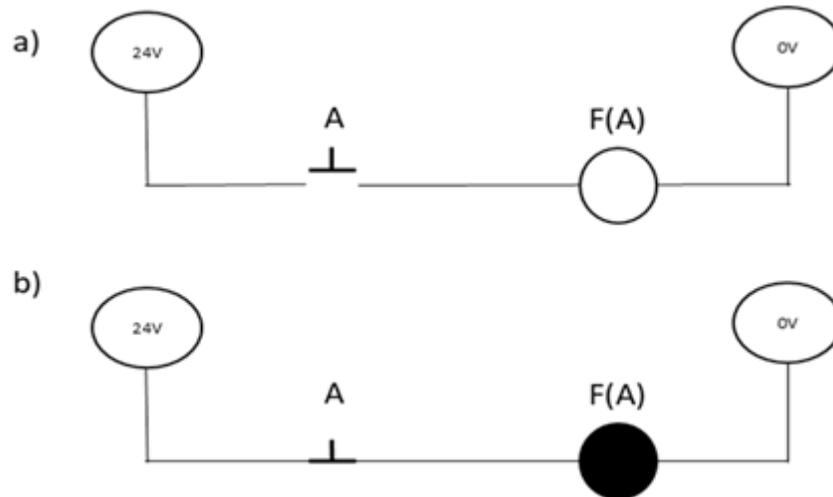
Asimismo, el método analítico nos proporciona una estandarización con una estructura lógica que ocasiona que se elimine la incertidumbre en la fiabilidad de los resultados que puede presentarse en la aplicación de otros métodos. Al contrario del heurístico, la obtención de resultados se especifica en tiempo y forma.

Por otro lado, el método de la memoria interna indica el verdadero comportamiento de los dispositivos. Además, uno de los objetivos originales es que los estudiantes puedan entender de manera simple, pero estandarizada, el funcionamiento de los sistemas industriales. Este se obtuvo con el estudio de diferentes problemas para varios tipos de procesos, en el que participaron ingenieros, maestros y doctores para cubrir la mayoría de los escenarios posibles. El estudiante y/o profesional que sepa utilizar esta metodología será capaz no solo de explicar, con un fundamento teórico, el funcionamiento de distintos procesos industriales, sino también de leer los diagramas de control.

## **1. MEMORIA INTERNA. CONCEPTOS BÁSICOS**

En sistemas digitales, las respuestas de los dispositivos se caracterizan por tener dos estados lógicos que determinan su comportamiento. En la Figura 2 se muestra la interpretación de estos dos estados lógicos. A representa un botón pulsador normalmente abierto y F(A) una

bobina de relevador. Veamos que: a)  $A = 0$ ,  $F(A) = 0$ , Estado Lógico 0, abierto, apagado y  
b)  $A = 1$ ,  $F(A) = 1$ , Estado Lógico 1, cerrado, encendido.



**Figura 2.** Estados lógicos que determinan el comportamiento de las respuestas de los dispositivos en sistemas digitales.

En la operación de los procesos industriales, por muy complejos que sean, todas las decisiones se basan en dos niveles lógicos. Por otro lado, la memoria, en sistemas industriales, es un dispositivo que almacena y recupera información para ayudar en la toma de decisiones en una secuencia lógica. Es nombrada memoria interna porque es un dispositivo programado que no existe físicamente, por lo tanto, necesita del apoyo de las funciones que operan las salidas de los sistemas secuenciales. Esto se logra con la estructura de ecuaciones lógicas que resultan de encender una función.

## 2. FUNCIONAMIENTO

### 2.1. Sistemas secuenciales lógicos asíncronos

Los procesos industriales basan su operación en los sistemas secuenciales asíncronos. Su estructura lógica opera bajo el concepto de cambio de estado en las salidas, con la

condición de que exista también en las entradas. La solución de estos sistemas se vuelve compleja si no se tiene un método estructurado para obtener el resultado efectivo en tiempo y función. Algunos ingenieros prefieren los métodos tradicionalistas (el conocimiento es fundamentado con los años de experiencia) a la hora de explicar su resolución. Los métodos son funcionales, sin embargo, presentan limitaciones porque se requiere más tiempo para realizar las pruebas y ajustes del sistema; como consecuencia, el inicio del proceso se puede retrasar significativamente.

## **2.2. Ventajas de utilizar métodos analíticos**

Antes no se contaba con un método que ayudara en la enseñanza. El primer apoyo era la experiencia que se tenía en el campo de la asignatura que se estaba instruyendo. Sin embargo, es poco probable que se presenten en la práctica todas las variantes posibles para ser exacto en la solución de un problema.

Este método surge, principalmente, por la necesidad de estandarizar la enseñanza de la automatización a profesiones con diferente preparación académica. Es una gran ventaja cuando se revisan los resultados de problemas, ya que todos son iguales. En ese caso, a diferencia de cuando un problema es resuelto con métodos heurísticos, el profesor debe analizar de manera detallada cada resultado para evitar cometer errores en el momento de realizar la evaluación. Además, gracias a su metodología, es capaz de despertar en los alumnos una serie de competencias genéricas, que no son específicas de una sola profesión (Poblete y Villa, 2004), pero son básicas para su desarrollo.

Poblete y Villa (2004) mencionan una serie de competencias genéricas organizadas por categorías, de las que destacamos el desarrollo del pensamiento analítico, sistémico, reflexivo, lógico y práctico, gracias al uso de la metodología analítica. El buen desarrollo de todas las competencias requiere de un docente capacitado que cuente con las herramientas necesarias para transmitir la información a los alumnos de forma correcta. Por eso, se propone el uso de una metodología concreta para explicar ciertos temas relacionados con la ingeniería.

## **2.3. Estructura del método de memoria interna**

La metodología tiene una estructura sencilla. Se inicia a partir de la tabla natural del proceso en la que se muestran los valores lógicos de las entradas y salidas de cada uno de los estados. Después se determina el número de memorias que se tienen que generar y, mediante una serie de pasos, se obtienen las ecuaciones de las entradas y las salidas. Finalmente, se transfieren las ecuaciones a un diagrama de lógica programada. La tabla natural del proceso muestra un sistema secuencial asíncrono con una entrada y una salida. En la Tabla 1 se observa la operación de un sistema secuencial.

**Tabla 1.** Sistema secuencial asíncrono

	A	F(A)
E1	0	0
E2	1	1
E3	0	1
E4	1	0
E1 2.º ciclo	0	0

Después de representar la secuencia lógica en la tabla natural del proceso, se agrega la tabla de memorias. La cantidad de memorias a desarrollar es igual al número de estados que tenga el proceso, # Estados = # Memorias. El arreglo es monótono ascendente y se realiza una diagonal en la tabla de memorias. Si aplicamos la igualdad descrita en el párrafo anterior a la Tabla 1, se obtiene la tabla de memorias (Tabla 2). En este caso, se requieren cuatro.

**Tabla 2.** Aplicación del método de memoria interna

	A	F(A)	M1	M2	M3	M4
E1	0	0	1	0	0	M4
E2	1	1	M1	1	0	0
E3	0	1	0	M2	1	0
E4	1	0	0	0	M3	0
E1 2.º ciclo	0	0	1	0	0	M4

Luego, se deben obtener las ecuaciones lógicas, una para cada memoria y otra para cada función de salida. Para ello se consideran todas las entradas en sus valores lógicos y se

multiplica por las memorias hasta  $M_{n-1}$ . La ecuación de la memoria M1 es la más crítica. Recordemos que M representa la memoria, A es el botón pulsador normalmente abierto,  $\bar{A}$  negado es un botón pulsador cerrado y F(A) representa una bobina.

$$M1 = \bar{A} \cdot \bar{M2} \cdot \bar{M3} + A \cdot M1$$

$$M2 = A \cdot M1 + \bar{A} \cdot M2$$

$$M3 = \bar{A} \cdot M2 + A \cdot M3$$

$$f(A) = M2$$

Las ecuaciones se transcriben en un diagrama de lógica programada para poner en funcionamiento la secuencia.

El método de memoria interna es fácil de aplicar, elimina el error que tienen los métodos heurísticos, proporciona efectividad en tiempo y forma y soluciona problemas secuenciales propios de los procesos industriales. La mayor parte de los ingenieros siguen trabajando con métodos heurísticos u otros precisos en la solución de la secuencia a desarrollar. La metodología propuesta solo es utilizada por ciertos ingenieros que conocen el sistema y, hasta el momento, su aplicación ha tenido éxito.

Como en cualquier método propuesto, es necesario reconocer el límite de operación. Aplica a sistemas secuenciales desarrollados con lógica programada basada en un controlador lógico programable (PLC por sus siglas en inglés); no aplica a la lógica cableada por el tiempo de respuesta que se tiene en el cambio de estado de los elementos digitales.

## CONCLUSIONES

Como conclusión fundamental debemos decir que la memoria interna es una metodología innovadora para la resolución de sistemas automáticos industriales de eventos discretos. Es una opción viable para que el docente explique su solución, al resultar fácil de entender para los alumnos. La aplicación de metodologías detalladas facilita la obtención de un resultado fiable. Además, ayuda a que los estudiantes consigan una mejor comprensión, de

manera que se formen profesionales competentes, capaces de solucionar los distintos problemas que enfrentarán en su área de trabajo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

POBLETE, M. Y A. VILLA (2004): «Practicum y evaluación de competencias», *Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, vol. 8, n.º 2, <<http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/15212/rev82ART2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [20/04/2018].

### **Conflictos de intereses**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

### **Contribución autoral**

SATURNINO SORIA TELLO: especialista de la asignatura e investigador principal; se ocupó de la metodología y la redacción.

FRANCISCO JAVIER ESPARZA MENDOZA: encargado del desarrollo de la investigación y redacción; contribuyó también a la metodología.

LUIS ROLANDO HERNÁNDEZ SALAZAR: colaboró en la investigación y en la metodología.

ALEJANDRO EUTIMIO LOYA CABRERA: colaboró en la investigación y en la metodología.

GABRIELA GUADALUPE MARTÍNEZ ACOSTA: colaboró en la redacción de la investigación.