

# Automatización de selección y comprobación de tamaños de materiales para sistemas de envasado



## Automation of selection and verification of material sizes for packaging systems

Pablo Javier Rodríguez-Ugalde<sup>1</sup>

---

Rodríguez-Ugalde, P.J. Automatización de selección y comprobación de tamaños de materiales para sistemas de envasado. *Tecnología en Marcha*. Vol. 37, special issue. June, 2024. IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC). Pág. 30-40.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i5.7216>

<sup>1</sup> Instituto tecnológico de Costa Rica. Costa Rica  
 [pagulder97@estudiantec.cr](mailto:pagulder97@estudiantec.cr)  
 <https://orcid.org/0009-0008-2584-533X>

## Palabras clave

Automatización; codificadores; decodificadores; sensores; circuitos; señales digitales.

## Resumen

Los sistemas de automatización en la selección y comprobación de materiales son sistemas los cuales funcionan por medio de tecnología avanzada, por medio de este tipo de sistemas se permite dentro de la industria el ahorrar en mano de obra y obviar errores humanos dentro de estos tipos de procesos mejorando de esta manera su producción y seguridad laboral. Por medio de la ayuda de sistemas de señales y lógica digital se emplea e implementa un método de automatización basado en sensores con el fin de seleccionar y comprobar los tamaños de distintos materiales dentro de la industria, específicamente para el embazado, se expondrán distintitos términos importantes para una mejor comprensión de las distintas partes que componen un sistema como este además de su aplicación. Además, se cuenta con una demostración visual por medio de software donde se podrá apreciar de una forma más detallada el proceso y los resultados de un sistema de este tipo junto con las recomendaciones y conclusiones pertinentes.

## Keywords

Automation; encoders; decoders; sensors; circuits; digital signals.

## Abstract

Automation systems in material selection and verification are advanced technology-based systems that allow for labor cost savings and elimination of human errors in these types of processes, improving production and occupational safety within the industry. By employing signal systems and digital logic, an automation method based on sensors is implemented to select and verify different materials' sizes, specifically for packaging. Various important terms for a better understanding of the different parts that make up such a system and its application will be presented. Additionally, a visual demonstration through software will show the process and results of such a system in more detail, along with relevant recommendations and conclusions.

## Introducción

En la actualidad, la automatización es un componente clave en la industria moderna, permitiendo una mayor eficiencia, precisión y rentabilidad en los procesos de producción. Uno de los aspectos críticos en la industria es la selección de materiales o productos, lo cual puede ser un proceso laborioso y propenso a errores humanos. Sin embargo, con los avances en la tecnología digital y la integración de sensores en los sistemas de automatización, se ha logrado desarrollar sistemas de selección automatizados altamente eficientes y confiables.

En este contexto, el presente se enfoca en el uso de sistemas digitales para la automatización de la selección en la industria mediante el uso de sensores. Estos sensores son dispositivos que capturan datos de manera precisa y en tiempo real, permitiendo tomar decisiones automáticas en función de los criterios establecidos. Estos sistemas de selección automatizada han demostrado ser una solución efectiva para mejorar la velocidad, precisión y calidad de la selección de materiales o productos en la industria.

En esta sección del artículo se debe introducir los conceptos necesarios para identificar el problema o situación a resolver. Además, especificar el objetivo de la investigación. La automatización de la selección en la industria no solo ofrece ahorro de tiempo y esfuerzo, sino que también tiene un impacto positivo en términos energéticos y ambientales. La eliminación de la necesidad de intervención humana constante permite optimizar el consumo de energía y reducir los costos asociados. Al utilizar sistemas automatizados basados en sensores, se pueden evitar errores humanos y minimizar la generación de residuos al seleccionar de manera precisa y eficiente los objetos o materiales requeridos.

Además, la automatización de la selección en la industria también mejora la eficiencia en la gestión de recursos. Los sistemas digitales automatizados pueden analizar y seleccionar los objetos o materiales en función de criterios predefinidos, lo que reduce la posibilidad de errores y desperdicios en comparación con la selección manual. Esto contribuye a una gestión más eficiente de los recursos, lo que es beneficioso tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

## **Materiales y métodos**

### **Automatización industrial**

La automatización industrial se puede definir como el desarrollo de técnicas con las cuales se puede establecer un manejo adecuado de la información recolectada de procesos industriales con el fin de la resolución de problemas en función de la toma de decisiones antes y durante el desarrollo del proceso productivo, las mismas pueden incorporar herramientas informáticas y de control con el fin de llevar a cabo de forma autónoma y óptima procesos según la perspectiva ingenieril y siguiendo los objetivos estratégicos de la empresa [1].

Según el tipo de proyecto de automatización a implementar en la empresa el mismo puede clasificarse según diferentes criterios, como lo pueden ser el grado de participación de la acción humana en el proceso productivo, la metodología para manejo de la información, y el tipo de herramientas tecnológicas utilizadas para diseñar e implementar el sistema de automatización industrial.

Para clasificar el grado de acción humana aplicado en el proceso productivo con un sistema de automatización se pueden utilizar dos conceptos, la automatización parcial o total; en el primer tipo de automatización la acción humana forma parte integral del proceso ya que ciertos accionamientos o movimientos deben ser llevados a cabo por una personas con asistencia de un sistema de producción controlado por alguna herramienta eléctrica o electrónica; en el caso de un proceso con automatización total la participación humana es no esencial en el proceso ya que el sistema posee las capacidades necesarias para llevar a cabo acciones sin necesidad de una persona que realice accionamientos o inicie movimientos en la máquina [2].

En referencia a la metodología utilizada manejo de la información del sistema automatizado de producción se puede realizar una clasificación con los términos de lazo abierto y lazo a cerrado, donde el sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual el que la salida del proceso no incide en la etapa de control del sistema, en la mayoría de los casos estos sistemas funcionan siguiendo una regla de tiempos, por otra parte se tiene el tipo de sistema donde la salida si incide en el etapa de control (lazo cerrado), en la cual se necesitan de sensores en diferentes partes del proceso de producción con el fin de retroalimentar el sistema de control de la máquina [3].

Al analizar las herramientas tecnológicas utilizadas en el sistema de control automático se puede realizar una clasificación con los conceptos de lógica cableada y lógica programada, en la lógica cableada se realiza una conexión de elementos de control para llevar a cabo una acción sobre un proceso automático el circuito en sí posee una forma de conexión la cual permite establecer una función lógica según las necesidades del sistema, este tipo de automatización hace uso de compuertas lógicas que manejan la información de las señales de entrada para presentar una señal a la salida (lógica digital), este mismo proceso se puede desarrollar con relés, contactores, sensores, fines de carrera, etc. Para la lógica programada se tienen dispositivos flexibles y complejos denominados PLC (Programmable Logic Controller), es cual es un tipo de “computadora”, la cual recibe las señales de entrada y mediante un código específico cargado en su memoria, puede realizar ciertas acciones [4].

### Electrónica digital

La electrónica digital se puede entender como una de las ramas de la electrónica encargada del procesamiento de señales binarias (1 y 0), donde el estado de una señal puede ser encendido o apagado, arriba o abajo, sí o no, etc; de esta forma el sistema electrónico digital puede recibir señales de entrada y generar señales de salida en función de las condiciones del sistema siguiendo una lógica booleana; de esta forma se puede procesar mucha información en tiempo real, con una precisión muy alta y a gran velocidad.

Algunos de los componentes principales utilizados en los sistemas de automatización digital son, las compuertas lógicas, los flip-flop, los registros y microprocesadores, ya que los mismos se encargan de realizar operaciones de suma, multiplicación, comparación etc, con las señales que se procesan.

#### *Circuito lógico*

El circuito lógico es el sistema conformado por la interconexión de componente electrónicos como lo son las compuertas lógicas, los flip-flop, los registros, contadores, etc, dependiendo de la configuración específica con la que se construyó el sistema las diferentes combinaciones de entrada generan diferentes salidas al realizar operaciones de suma o multiplicación de señales binarias.

#### *Arduino*

Un Arduino es una placa de circuito impreso (PCB), de hardware y software libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra, que internamente están conectadas a las patillas del microcontrolador y permiten que conectarse a sensores y actuadores [5]. Existen distintas pacas de Arduino.

#### *Compuertas lógicas*

Las compuertas lógicas son componentes electrónicos los cuales permiten realizar operaciones lógicas elementales al recibir señales binarias de entrada.

#### *Decodificadores*

Un decodificador es un circuito lógico que acepta un número de entradas representado en binario y activa una salida que corresponde a ese número en otro sistema de numeración tiene  $n$  salidas y  $2^n$  entradas [6]. En la siguiente figura se muestra el diagrama de un decodificador.

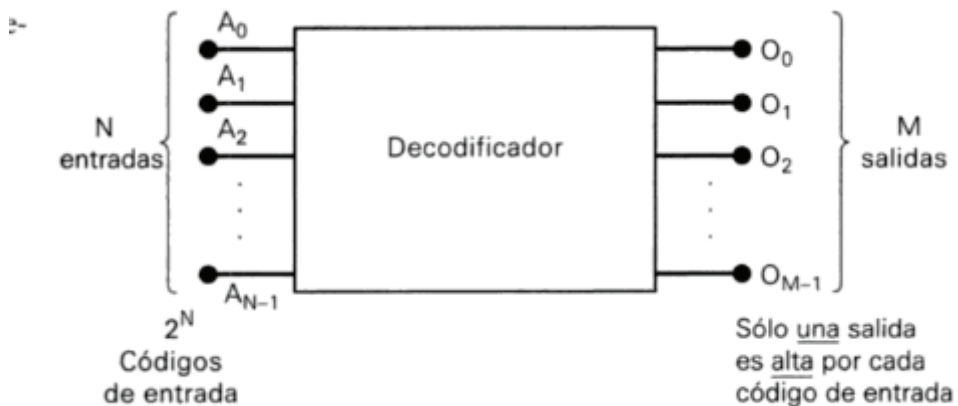


Figura 1. Diagrama general de un decodificador. Fuente: [6].

### Codificadores

Un codificador es un circuito lógico que tiene  $2n$  entradas y  $n$  salidas, las salidas se generan un código binario que corresponde a la señal de entrada [1]. En la figura 2(a) se muestra el símbolo de un codificador de 4 entradas y dos salidas y en figura 2(b) la configuración interna del mismo.

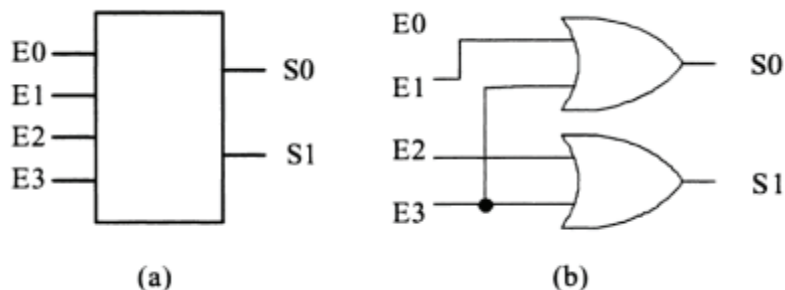


Figura 2. Símbolo de codificador 4:2 y estructura interna del mismo. Fuente: [1].

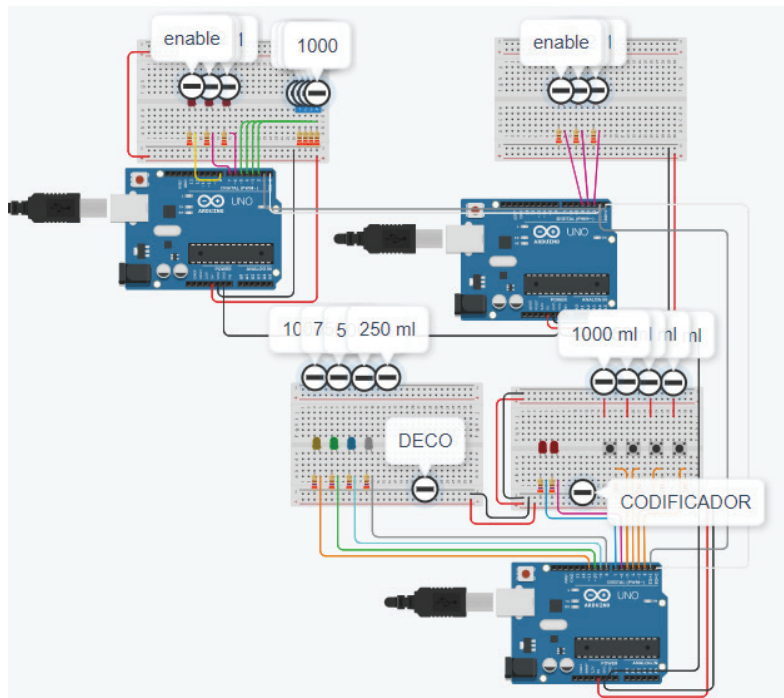
## Resultados

### Descripción de la solución propuesta

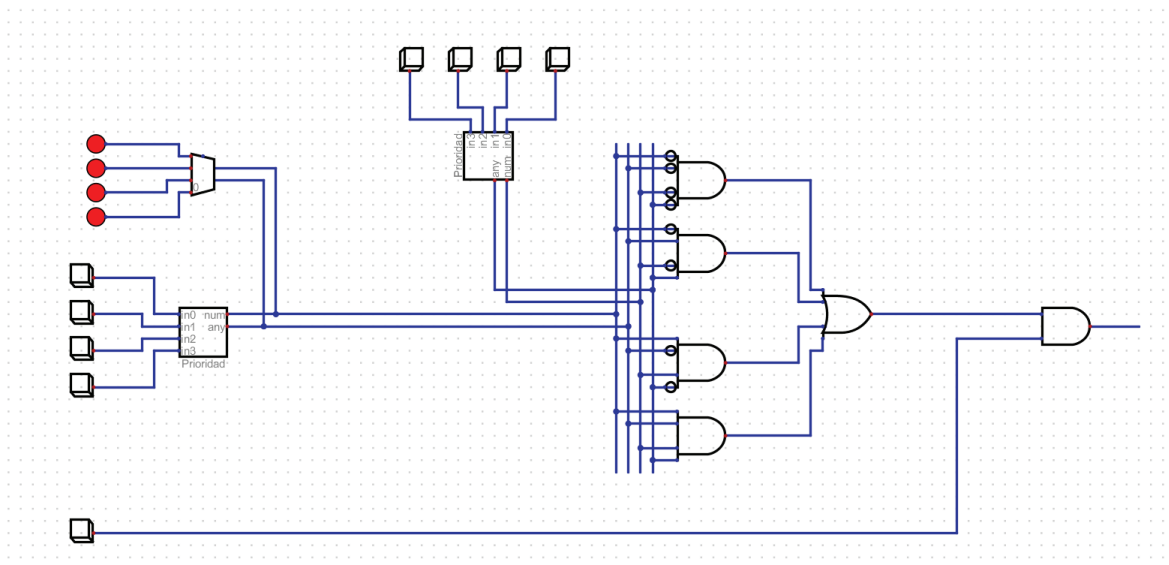
Es un sistema de llenado de botellas de 4 capacidades 250mL, 500mL, 750mL y 1000mL, que consta en tres partes. El panel de control que es donde escoge la capacidad de la botella que se va a llenar. La sección de comparación, que verifica si la botella en la banda tiene la misma capacidad que se seleccionó en el panel de control. Por último, se tiene la sección de llenado que es donde la botella se llena. (Esta simulación se basa en el llenado de botellas pero el sistema por sensores y señales digitales puede ser aplicado dentro de la industria de envasados a conveniencia, de igual manera, para efectos prácticos se limitó a el uso de 4 entradas representadas en los cuatro distintos tamaños de las botellas, pero usando la misma lógica se puede ampliar el número de entradas distintas, variando el código dentro de los arduinos.

### Panel principal y sistema de comparación de envases

Para ilustrar el funcionamiento del sistema propuesto para el control y comparación de botellas se realizó una simulación en Arduino con ayuda de la plataforma de Tinkercad, en la figura 4, se puede observar el diagrama del circuito armado en esta plataforma. Para simular los Sensores 1, 2, 3 y 4 se utilizó un SPST de conmutadores DIP x 4 estos darán la señal del tipo de botella que pasara a la parte del llenado y trasladara esta información al codificador el cual esta implementado por medio de un Arduino uno y Código, en esa misma protoboard se implementaron tres leds los cuales representaran las salidas SS1, SS2 y Enable. Para representar las señales provenientes del panel del control se agregaron cuatro botones representados en la protoboard de abajo a la derecha en la figura 3, dicha señal da entrada al Arduino uno que se encuentra debajo, este Arduino tiene un Código el cual permite hacer el trabajo de un codificador 4:2 con prioridad en el bit de menor peso (LSB) y un decodificador 2:4, las señales recibidas por los botones ingresan al Arduino, este realiza la función del codificador y en representación de las salidas de este se colocaron dos leds de color rojo representando C1 y C2 respectivamente, además este Arduino como se mencionó antes toma esas dos salidas las ingresa pero esta vez como valores de entrada para el decodificador y este luego de decodificar los valores envía las salidas a la proto de su izquierda donde por medio de cuatro leds se representara el botón presionado para la botella seleccionada.



**Figura 3.** Circuito en Tinkercad del sistema de comparación de botellas.



**Figura 4.** Diagrama del panel principal y sistema de comparación de embaces realizado en DIGITAL.

### Descripción general del panel principal

#### *Funcionamiento del codificador y decodificador*

En el primer parte del proyecto de control digital se tiene la propuesta de un panel principal conformado por un codificador 4:2 con prioridad en el bit de menor peso (LSB), un decodificador 2:4 y un botón de seguridad los cuales van a dar inicio al sistema para la selección de comparación de botellas, el codificador cuenta con cuatro botones los cuales van a dar entrada a el tipo de botella, en base a esta entrada se tendrán dos salidas C1 y C2, dichas salidas avanzaran a la siguiente fase y también a la entrada del decodificador y este por medio de los LEDs mostrara la salida y esta deberá coincidir con el botón que se seleccionó. Una vez se comprobó que la entrada y la salida por el LED coinciden se puede presionar el botón de seguridad.

#### Sistema de comparación de botellas

Para la segunda parte se va a contar con un codificador 4:2 con prioridad en el bit de mayor peso (MSB) el cual recibirá entradas por medio de sensores los que se encargaran de identificar el tamaño de las botellas, esta señal será codificada y enviada por las salidas SS1 y SS2, en la continuación del sistema de comparación e botellas se recibirán las dos señales del sistema de control (C1 y C2) y las dos señales de salida del codificador anterior (SS1 y SS2) para así entrar a el comparador creado a base de compuertas, dicho comparador se encargara de verificar que tanto las señales de control como las recibidas por el codificador de los sensores son iguales y de ser así permitir que el sistema siga, lo cal nos lleva a la comprobación final de esta parte del sistema el cual sería el compara por medio de una compuerta AND la salida del Sistema de comparación de botellas y el del botón de seguridad del Sistema de control y de esta forma si recibe ambas señales en positivo continúe con la siguiente parte del sistema el cual sería el proceso de llenado.

**Cuadro 1.** Codificador 4:2 con prioridad en el bit de menor peso (LSB) implementado en la sala de control para seleccionar la presentación de la botella.

| Combinación | C 1 | C 2 | LED 1 | LED 2 | LED 3 | LED 4 | Presentación (mL) |
|-------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| 0           | 0   | 0   | 1     | 0     | 0     | 0     | 250               |
| 1           | 0   | 1   | 0     | 1     | 0     | 0     | 500               |
| 2           | 1   | 0   | 0     | 0     | 1     | 0     | 750               |
| 3           | 1   | 1   | 0     | 0     | 0     | 1     | 1000              |

**Cuadro 2.** Decodificador 2:4 implementado en la sala de control para visualizar mediante leds la presentación de la botella seleccionada.

| Combinación | B 4 | B 3 | B 2 | B 1 | C 1 | C 2 | Presentación (mL) |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------|
| 0           | x   | x   | x   | 1   | 0   | 0   | 250               |
| 1           | x   | x   | 1   | 0   | 0   | 1   | 500               |
| 2           | x   | 1   | 0   | 0   | 1   | 0   | 750               |
| 3           | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1000              |
|             | MSB |     |     | LSB |     |     |                   |

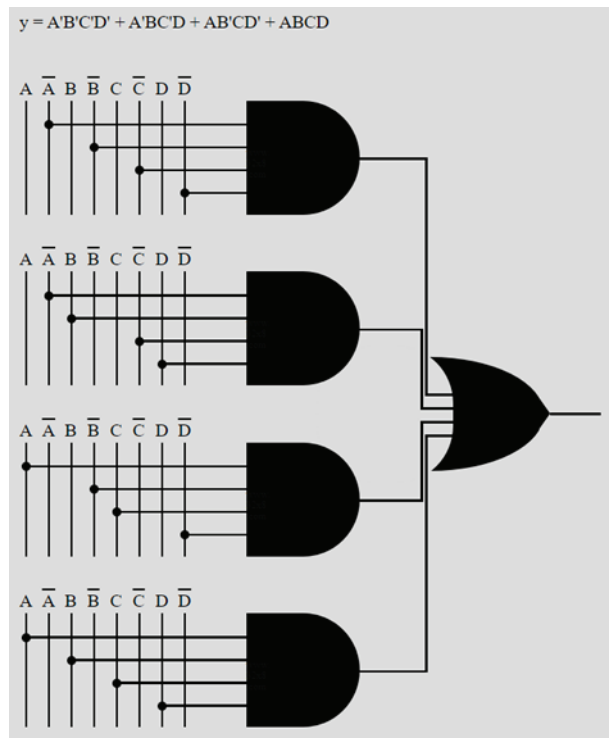
**Cuadro 3.** Codificador 4:2 con prioridad en el bit de mayor peso (MSB) implementado en el comparador de botellas.

| Combinación | SEN 4 | SEN 3 | SEN 2 | SEN 1 | SS 1 | SS 2 | Presentación (mL) |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------------------|
| 0           | 0     | 0     | 0     | 1     | 0    | 0    | 250               |
| 1           | 0     | 0     | 1     | x     | 0    | 1    | 500               |
| 2           | 0     | 1     | x     | x     | 1    | 0    | 750               |
| 3           | 1     | x     | x     | x     | 1    | 1    | 1000              |
|             | MSB   |       |       | LSB   |      |      |                   |



**Cuadro 4.** Tabla de la verdad comparador.

| Combinación | C 1 | C 2 | SS 1 | SS 2 | F |
|-------------|-----|-----|------|------|---|
| 0           | 0   | 0   | 0    | 0    | 1 |
| 1           | 0   | 0   | 0    | 1    | 0 |
| 2           | 0   | 0   | 1    | 0    | 0 |
| 3           | 0   | 0   | 1    | 1    | 0 |
| 4           | 0   | 1   | 0    | 0    | 0 |
| 5           | 0   | 1   | 0    | 1    | 1 |
| 6           | 0   | 1   | 1    | 0    | 0 |
| 7           | 0   | 1   | 1    | 1    | 0 |
| 8           | 1   | 0   | 0    | 0    | 0 |
| 9           | 1   | 0   | 0    | 1    | 0 |
| 10          | 1   | 0   | 1    | 0    | 1 |
| 11          | 1   | 0   | 1    | 1    | 0 |
| 12          | 1   | 1   | 0    | 0    | 0 |
| 13          | 1   | 1   | 0    | 1    | 0 |
| 14          | 1   | 1   | 1    | 0    | 0 |
| 15          | 1   | 1   | 1    | 1    | 1 |



**Figura 4.** Implementación del comparador. Fuente: [7].

**Cuadro 5.** Tabla de la verdad de compuerta AND.

| Combinación | S1 | S2 | F |
|-------------|----|----|---|
| 0           | 0  | 0  | 0 |
| 1           | 0  | 1  | 0 |
| 2           | 1  | 0  | 0 |
| 3           | 1  | 1  | 1 |

**Cuadro 6.** Tabla de la verdad de compuerta OR.

| Combinación | S1 | S2 | F |
|-------------|----|----|---|
| 0           | 0  | 0  | 0 |
| 1           | 0  | 1  | 1 |
| 2           | 1  | 0  | 1 |
| 3           | 1  | 1  | 1 |

## Recomendaciones

- Implementar microcontroladores más robustos, o en el mejor de los casos PLC's. Arduino Uno es limitado para el tamaño de este proyecto.
- Suponiendo que se usa Arduino Uno, implementar otro protocolo de comunicación de datos, por ejemplo; SPI, I2C o wireless.

## Conclusiones

- Por medio de los resultados anteriores se concluye que los sistemas de automatización para la selección y comprobación de materiales basado en sensores por medio de la identificación de los diferentes tamaños en la industria de embazado es una manera efectiva de eliminar mano de obra y error humano dentro de una empresa ya que por medio de los sistemas digitales y el hardware electrónico pertinente se consigue la sustitución.
- Se comprobó que el uso de Arduino no es la manera mas eficiente de realizar el sistema propuesto ya que existen limitantes a la hora del análisis de información y las conexiones necesarias, pero existen sistemas y métodos los cuales se recomiendan en la sustitución de este, para obtener una mejora en la eficiencia del sistema.

## Referencias

- [1] C. Blanco, "Plan Estratégico del Programa Nacional de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad 2000-2010," Colciencias, 2000.
- [2] E. García Moreno, "Automatización de procesos industriales," Universitat Politècnica de València, 1999.
- [3] A. Perez, A. Hidalgo and E. Berenguer, "INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO," Universidad Nacional de San Juan, 2007.
- [4] L. Martínez and R. Durán, Automatización Industrial, México: Trillas, 2015.
- [5] O. Torrente, Arduino. Curso práctico de formación, México: Alfaomega, 2013.
- [6] R. Tocci and N. Widmer, Sistemas digitales. Principios y aplicaciones, México: Pearson Educación, 2003.
- [7] "Online Karnaugh map solver with circuit for up to 6 variables," [Online]. Available: <http://www.32x8.com/index.html> .

# Automation of Selection and Verification of Material Sizes for Packaging Systems

**Pablo Rodriguez Ugalde**  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
pagulder97@estudiantec.cr

## Introduction

Automation is a key component in modern industry, allowing greater efficiency, precision and profitability in production processes. One of the critical aspects in the industry is the selection of materials or products, which can be a laborious process and probably human errors. However, with advances in digital technology and the integration of sensors in automation systems, highly efficient and reliable automated selection systems have been developed.

Automation of sorting in the industry not only saves time and effort, but also has a positive impact in energy and environmental terms. Eliminating the need for constant human intervention makes it possible to optimize energy consumption and reduce associated costs. By using sensor-based automated systems, human errors can be avoided and waste generation minimized by accurately and efficiently selecting the required objects or materials.



Figure 1. Industrial automation illustration. Fuente: (Logistic world, 2023)

## Materials and Methods

### Industrial Automation

Depending on the type of automation project to be implemented in the company, it can be classified according to different criteria, such as the degree of participation of human action in the production process, the information management methodology, and the type of tools. technologies used to design and implement the industrial automation system.

Some of the main components used in digital automation systems are logic gates, flip-flop, registers and microprocessors, since they are in charge of carrying out operations of addition, multiplication, comparison, etc., with the signals that are process.

- Arduino
- Logic Gates
- Encoders Decoders
- Logic Circuits

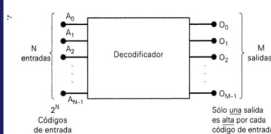


Figure 2. Diagrama general de un decodificador. Fuente: (Tocco & Widmer, 2003)

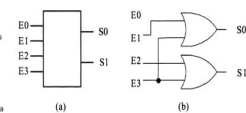


Figure 3. Símbolo de codificador 4:2 y estructura interna del mismo. Fuente: (Blanco, 2003)

## Results and Discussion

To illustrate the operation of the proposed system for the control and comparison of bottles, a simulation was carried out in Arduino with the help of the Tinkercad platform. To simulate Sensors 1, 2, 3 and 4, an SPST of DIP switches x 4 was obtained, these will give the signal of the type of bottle that will go to the filling part and will transfer this information to the encoder which is implemented by means of an Arduino. one and Code, in that same breadboard three leds were implemented which will represent the outputs SS1, SS2 and Enable. To represent the signals coming from the control panel, four buttons represented on the breadboard at the bottom right in figure 3 were added, said signal gives input to the Arduino one that is below, this Arduino has a Code which allows to do the job of a 4:2 encoder with priority in the least weight bit (LSB) and a 2:4 decoder, the signals received by the buttons enter the Arduino, this performs the function of the encoder and representing its outputs were placed two red leds representing C1 and C2 respectively, also this Arduino as mentioned before takes these two outputs, enters them but this time as input values for the decoder and after decoding the values it sends the outputs to the proto on its left where by means of four leds the button pressed for the selected bottle will be represented.

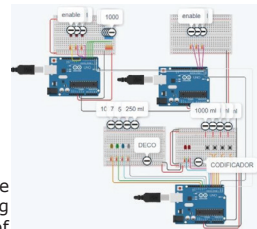


Figure 4. Circuit in Tinkercad of the bottle comparison system. Source: self made

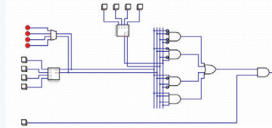


Figure 5. Diagram of the main panel and package comparison system made in DIGITAL. Source: own realization.

## Conclusions / Next Steps

### Recommendations

- Implement more robust microcontrollers, or at best PLC's. Arduino Uno is limited for the size of this project.
- Assuming that the Arduino Uno is used, implement another data communication protocol, for example; SPI, I2C or wireless.

### Conclusions

- By means of the previous results it is concluded that the automation systems for the selection and verification of materials based on sensors by means of the identification of the different sizes in the packaging industry is an effective way to eliminate labor and human error. within a company since by means of digital systems and the relevant electronic hardware substitution is achieved.
- It was found that the use of Arduino is not the most efficient way to carry out the proposed system since there are limitations when it comes to analyzing information and the necessary connections, but there are systems and methods which are recommended to replace it, to obtain an improvement in the efficiency of the system.