

# Diseño y construcción de un cortador electropneumático para ladrillos de arcilla

## Design and construction of an electropneumatic cutter for clay bricks

**Ricardo Prado<sup>1</sup>**  
**Alarcón Stámiz<sup>2</sup>**  
**Castillo Jordan<sup>2</sup>**  
**Tumbajulca Milder<sup>2</sup>**  
**Velasquez Miki<sup>2</sup>**  
**Yupanqui Bryan<sup>2</sup>**

Recibido: 13 de mayo de 2019  
Aceptado: 25 de mayo de 2019

### RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño, simulación y construcción de una máquina electropneumática de corte para ladrillos de arcilla, que permite obtener diferentes dimensiones de barras de arcilla según programación y con ello aumentar la productividad y minimizar los desperdicios de materia prima para la elaboración de ladrillos.

El ladrillo de arcilla es un producto altamente consumible en el sector construcción tanto para viviendas unifamiliares como multifamiliares; además de construcciones para usos industriales e empresariales. La demanda de este tipo de ladrillo va en aumento cada año lo que exige una mejora continua en el proceso de obtención del producto por parte de los fabricantes a fin de satisfacer eficientemente el mercado.

Una de las fases fundamentales en la fabricación del ladrillo es el cortado de la materia prima humedecida de arcilla la que llega hacia la cortadora como una barra continua rectangular. Actualmente en casi todas las fábricas de ladrillo de la zona norte del Perú, el corte se realiza de forma manual por operarios capacitados específicamente para tal fin. Es importante que los operarios tengan la experiencia necesaria a fin de realizar el corte tal que permita tener ladrillos con las dimensiones estándares que exige las normas para una construcción segura y

1 Investigador principal de la Línea de Investigación de Automatización y Robótica del VIN-UPAO, Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo (UCV)

2 Estudiante de pre-grado de la Escuela de Mecánica-Eléctrica IX ciclo, UCV, sistemas de control automático.

robusta. Por lo que si la demanda del mercado supera la capacidad de producción de los operarios capacitados podría generarse cuellos de botella o producción con calidad irregular según la experiencia y capacitación de los operarios de turno.

Una alternativa de solución para lo descrito previamente, es el corte de ladrillos a partir de una máquina cortadora automática. Actualmente en el mercado existe una diversidad de máquinas cortadoras de ladrillos de accionamiento manual, cuya estructura mecánica ayuda a la precisión de corte del operario; sin embargo no soluciona los cuellos de botella que se pueden presentar por aumento de demanda de producción y asegurar una calidad homogénea. Adicionalmente se debe considerar que una vez realizado el corte se requiere coger y dejar las partes cortadas en determinadas bandejas lo que aumenta las responsabilidades y tiempo de ejecución de los operarios. Por lo que una solución adecuada al problema de falta de recurso humano especializado para el corte de la materia prima humedecida para obtener ladrillos de arcilla sería disponer de una maquina automatizada totalmente en la fase de corte y así dejar a los operarios la acción más simple y concreta de coger y dejar en las bandejas específicas. En este trabajo se presenta el diseño y construcción de un cortador electroneumático para ladrillos de arcilla altamente versátil, eficiente, flexible, fácil instalación, estable en su funcionamiento y en especial con posibilidades de ser modificado y por lo tanto mejorado o complementado tanto en hardware como en software. Primero, se definen los criterios de diseño y las propiedades que intervendrían en la máquina. Segundo, se valida el diseño mediante simulación. Y tercero, se construye la máquina cortadora de ladrillos de acuerdo a los planos elaborados, y finalmente se muestra el funcionamiento de la máquina.

**Palabras clave:** máquina cortadora de arcilla, ladrillo, automatización.

## ABSTRACT

This paper presents the design, simulation and construction of an electropneumatic cutting machine for clay bricks, which allows different sizes of clay bars to be obtained according to programming and thereby increase productivity and minimize the waste of raw material for the production of bricks.

Clay brick is a highly consumable product in the construction sector for both single-family and multi-family homes as well as constructions for industrial and business uses. The demand for this type of brick is increasing every year which demands a continuous improvement in the process of obtaining it by the manufacturers in order to efficiently satisfy the market.

One of the fundamental phases in the manufacture of the brick is the cutting of the raw material moistened with clay that reaches the cutter as a rectangular continuous bar. Currently, in almost all brick factories in the north of Peru, the cutting is done manually by operators trained specifically for this purpose. It is important that the operators have the necessary experience in order to make the cut that allows to have bricks with the standard dimensions required by the standards for a safe and robust construction. So if market demand exceeds the production capacity of trained operators could generate bottlenecks or production with irregular quality according to the experience and training of shift workers.

An alternative solution for the previously described is the brick cutting from an automatic cutting machine. Currently in the market there is a diversity of manually operated brick cutting machines, whose mechanical structure helps the cutting precision of the operator, however it does not solve the bottlenecks that may occur due to increased production demand and ensure a quality homogeneous. Additionally, it must be considered that once the cut is made it is necessary to pick up and leave the cut parts in certain trays, which increases the responsibilities and execution time of the operators. So an adequate solution to the problem of lack of specialized human resources for cutting the raw material wetted to obtain clay bricks would be to have an automated machine fully in the cutting phase and thus leave the operators the simplest action and concrete to catch and leave in the specific trays.

This paper presents the design and construction of an electropneumatic cutter for clay bricks highly versatile, efficient, flexible, easy to install, stable in its operation and especially with possibilities of being modified and therefore improved or complemented in both hardware and in software. First define the design criteria and the properties that would intervene in the machine. Second, the design is validated by simulation, third, the brick cutting machine is built according to the elaborated plans and finally the operation of the machine is shown.

**Key words:** clay cutting machine, brick, Automation.

## INTRODUCCIÓN

La demanda de ladrillo ha mantenido en los últimos años un aumento continuo, esto confirma el último dato estadístico que indica un crecimiento del 7%, con respecto al año pasado [1] y ello debido principalmente a la autoconstrucción realizado por las familias.

El ladrillo de arcilla es uno de los más consumidos en el sector construcción, y una fase importante en el proceso de su fabricación es el corte de la barra continua de arcilla húmeda a fin de obtener las dimensiones correctas del producto final [2]. Actualmente, en casi todas las fábricas de ladrillo de la zona norte del Perú, el corte se realiza de forma manual por operarios capacitados específicamente para tal fin. Es importante que los operarios tengan la experiencia necesaria a fin de realizar el corte tal que permita tener ladrillos con las dimensiones estándares que exige las normas para una construcción segura y robusta. Por lo que si la demanda del mercado supera la capacidad de producción de los operarios capacitados podría generarse cuellos de botella o producción con calidad irregular según la experiencia y capacitación de los operarios de turno

Una alternativa de solución para lo descrito previamente, es el corte de ladrillos a partir de

una máquina cortadora automática. Actualmente en el mercado existe una diversidad de máquinas cortadoras de ladrillos de accionamiento manual, cuya estructura mecánica ayuda a la precisión de corte del operario [3], sin embargo no soluciona los cuellos de botella que se pueden presentar por aumento de demanda de producción y asegurar una calidad homogénea. Adicionalmente se debe considerar que una vez realizado el corte se requiere coger y dejar las partes cortadas en determinadas bandejas lo que aumenta las responsabilidades y tiempo de ejecución de los operarios. Por lo que una solución adecuada al problema de falta de recurso humano especializado para el corte de la materia prima humedecida para obtener ladrillos de arcilla sería disponer de una maquina automatizada totalmente en la fase de corte y así dejar a los operarios la acción más simple y concreta de coger y dejar en las bandejas específicas.

Con el fin de solucionar este problema el presente trabajo desarrolla una máquina de corte electropneumatica, altamente reprogramable, versátil y flexible, gobernado por un *controlador lógico programable* (PLC), que asegura el automatismo del corte.

## MATERIAL Y MÉTODO

La máquina automática de corte de ladrillo de arcilla se implementa por etapas bien diferenciadas pero que al integrarlas permiten obtener un producto eficiente y reprogramable.

### 2.1 DISEÑO MECÁNICO

Requerimientos de diseño. Aquí se considera las funciones principales de producción de la máquina cortadora que son descritas en la tabla 1.

CONSIDERACIONES GENERALES	
Medidas del producto cortado- salida	Largo 25cm, ancho 12cm, altura 5 cm
Producción	Máximo 80 ladrillos por minuto y mínimo 600 ladrillos por minuto

Tabla 1. Consideraciones generales de la máquina cortadora de arcilla húmeda.

En la figura 1 se muestra el diagrama lógico de implementación del prototipo desarrollado en este trabajo. La estructura mecánica de la máquina debe ser resistente dado que soportará el peso de todos los actuadores (eléctricos y electroneumáticos), sensores, componentes electrónicos, sistema de transporte por fajas, y la materia prima en forma rectangular y continua a la que hay que cortar cada cierta distancia (fig. 2). Después de un estudio de estructuras y sus componentes de acoples desde un enfoque técnico y económico (factibilidad de adquisición en nuestro entorno y a bajo coste) se optó por: tubos galvanizados, ángulos de aleta, rodamientos, perfiles tipo T y cuyas dimensiones se obtuvieron después de un diseño y simulación de la misma mediante Solidworks (fig. 3).

#### Soporte móvil.

El proceso requiere que la velocidad de la estructura móvil esté sincronizada con la velocidad de salida de la masa de ladrillo extruida, de tal manera que se cumpla la siguiente ecuación:

$$V_{L/E} = V_L - V_E = 0 \quad (1)$$

Lo que significa que la velocidad de la masa extruida de ladrillo con respecto a la de la estructura móvil debe ser igual a 0. En otro caso, el corte sobre la masa de arcilla generaría ladrillos irregulares que no cumplen los

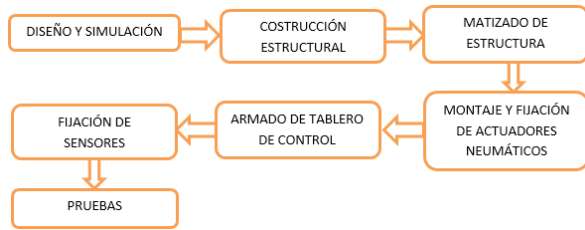


Figura. 1. Diagrama lógico fundamental de la implementación de la máquina de corte de arcilla.



Figura. 2. Estructura soporte de la máquina de cortar de arcilla húmeda para fabricación de ladrillo.

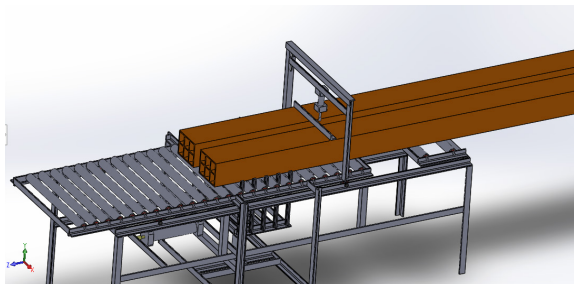


Figura. 3. Diseño en CAD del equipo desarrollado en este trabajo.

estándares de calidad. A fin de cumplir con la Ec 1, la máquina tiene un soporte móvil de ángulos rectangulares, la que de manera transversal sostiene una cantidad determinada de polines que giran alrededor de su propio eje; dicho elemento se relaciona con el rodillo por medio de un cojinete de 1.5'. Los rodillos permiten este movimiento gracias a la rotación alrededor de su eje (fig. 4).



Figura. 4. Sistema de polines que permite transportar la masa de arcilla húmeda.



Figura. 5. Sistema de electroneumática del equipo desarrollado en el proyecto.

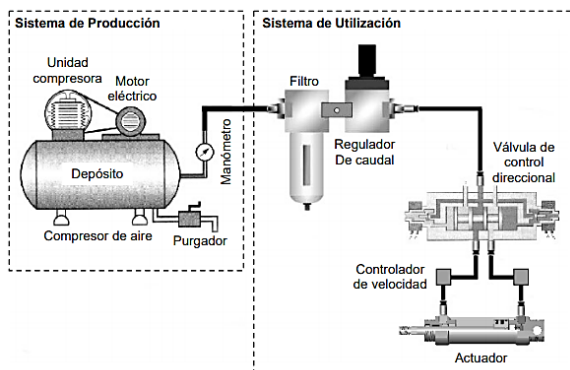


Figura. 6. Sistema electroneumatico usado en el proyecto (Festo)

### Estructura fija.

Soporta o sirve de base a la estructura móvil y está compuesta por 27 polines y una estructura metálica de 180 cm con ángulos en forma de "L", mediante cuatro cojinetes que le permiten el deslizamiento en el eje X (fig. 5). El diseño de la estructura fija y la estructura móvil hacen posible sincronizar sus movimientos a fin de cumplir con la Ec.1.

### Estructura para cilindro de sujeción.

Sujeta de forma estable la masa de arcilla húmeda y para ello usa una sección de perfil metálico de 20cm de altitud cuyo movimiento se realiza mediante un actuador neumático que lo sostiene.

Estructura para función de corte. Realiza el corte propiamente dicho tiene una estructura de perfiles de 65.44 cm x 45cm, que sujeta a unos hilos metálicos sometidos a tensión que son los que atraviesan la masa extruida. Esta estructura de deslizará en el eje Y, verticalmente mediante un actuador neumático.

### Montaje y fijación de actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos usan aire comprimido para generar fuerza y torque y en este proyecto permiten el movimiento de la basa móvil y la estructura para el corte [4]. Aquí se usa cilindros de doble efecto (fig. 4, usan aire comprimido para desplazar hacia dentro o hacia fuera el eje del cilindro).

Adicionalmente se trabaja en la presentación de la maquina a fin de lograr una adecuada estética de la misma. Realizando actividades como: esmerilado en uniones, lijado de superficies, masillado de holguras presentadas en la superficie debido a la soldadura (uniones) y pintado de toda la estructura mecánica.

## 2.2. SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO

El sistema neumático básico se compone de dos partes principales (fig. 6): Sistema de producción y distribución de aire y sistema de consumo de aire o utilización [5].

Los principales componentes neumáticos usados en este proyecto son:

### Compresora.

Alimenta de aire comprimido al sistema neumático. Tiene un émbolo de 1 etapa, 2 HP de potencia y 50 L de almacenamiento de aire. Este equipo aspira el aire a presión atmosférica y lo comprime a la presión deseada en un solo ciclo.

### Válvula de control direccional.

Permite la distribución del aire comprimido generado en el compresor hacia las diferentes partes del sistema a accionar. Los hay de diferentes tipos pero todas tienen la misma función de permitir o no, el paso del aire comprimido hacia las diferentes conexiones previamente instaladas.

En el proyecto se usan tres electroválvulas (válvulas accionadas eléctricamente a través de unas bobinas acopladas a ellas), con bobinas de 220 V AC cuya alimentación estará gobernada por un controlador lógico programable (PLC). Las electroválvulas son del tipo biestable (tienen dos bobinas una para cada cambio de estado).

### Actuador neumático (cilindro).

En un sistema neumático es el actuador propiamente dicho (fig. 7). Transforma la energía neumática en energía mecánica. Aquí se usan cilindros de doble efecto (el desplazamiento de avance y retroceso del eje del cilindro se hace mediante el ingreso de aire comprimido).

La selección de los cilindros se basa en los siguientes criterios:

- Cilindro de sujeción: doble efecto AST modelo DNC de 100 mm de carrera. Sujeta la sección de perfil metálico para que haga contacto con la masa extruida y permitir tener la misma velocidad que la estructura móvil.
- Cilindro de corte: doble efecto AST modelo DNC de 300 mm de carrera. Desplaza verticalmente la estructura armada que sujeta los hilos para el corte transversal de la masa de arcilla húmeda.
- Cilindro de desplazamiento: Cilindro XPC modelo DNC de 200 mm de carrera. Desplaza y retorna la estructura que sostiene los polines.

### Válvula reguladora de caudal (estranguladora).

Permite regular el caudal de aire comprimido y con ello poder modificar la velocidad de avance o retorno del eje del cilindro de doble efecto usado en el proyecto. Aquí se usaron seis estranguladoras, dos por cada cilindro de doble efecto.

La calibración y configuración del sistema neumático se realiza siguiendo los manuales técnicos y realizando prueba y error hasta alcanzar el trabajo deseado.

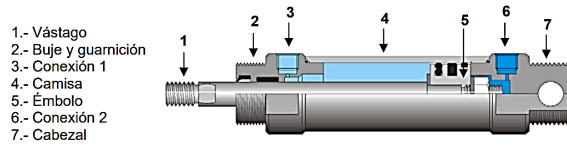


Figura. 7. Cilindro de doble efecto (Festo).

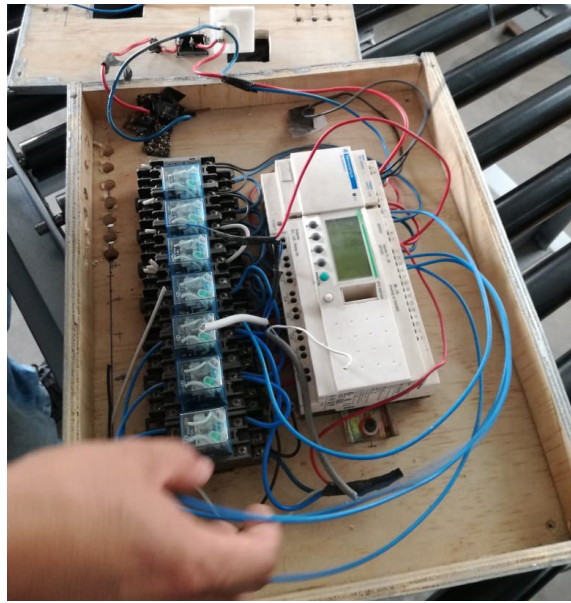


Figura. 8. PLC (caja blanca) y relés usados en el proyecto.

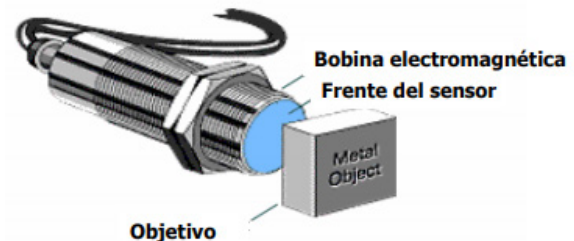


Figura. 8. Sensor inductivo usado en el proyecto (Festo).

## 2.3 SISTEMA ELECTRÓNICO

Aquí se usa un PLC (controlador lógico programable) para el control del trabajo de la máquina cortadora (fig. 8). El PLC es un controlador (puede verse como una computadora industrial) robusto y estable diseñado y construido para soportar los ambientes agresivos que generalmente se dan en entornos industriales [6]. Tiene diferentes módulos de entradas y salidas tanto para señal analógica como digital. La programación estándar es a base de códigos gráficos lo que facilita la programación por el personal de planta.

Aquí el PLC se usa básicamente para recibir la orden del panel de mando y permitir que la corriente llegue a las bobinas de electroválvula (las que a su vez permitirán o bloquearán el flujo del aire comprimido hacia los cilindros) siguiendo una lógica de trabajo previamente programada por el operario.

Con el fin de proteger las bobinas de electroválvulas, se usa 6 relés encapsulados (uno por cada bobina de electroválvula), los que se conectan a las salidas del PLC. La conexión se realizará por medio de porta relés y por cable vulcanizado de 2x16.

Por otro lado, como entradas al PLC están los pulsadores de inicio de trabajo y sensores inductivos de detección de objetos y que permiten en nuestro proyecto tener información del recorrido de la parte móvil de la maquina así como de los ejes de los cilindros de doble efecto (desplazamiento de avance o retroceso).

Hay cuatro entradas analógicas entre pulsadores y sensores inductivos pertenecientes a la lógica de mando que se conectan al PLC, las que luego de ser leídas se convierten en señales binarias o digitales y enviadas al CPU para ser procesadas por el programa de aplicación y finalmente guardadas en la memoria.

Las entradas analógicas son: pulsador de inicio Start; sensor inductivo A; manda una señal cuando detecta al elemento metálico unido a uno de los polines; sensor inductivo B; manda una señal de posición del perfil de sujeción y sensor inductivo C; manda una señal de posición del cilindro de desplazamiento.

Estas 4 entradas al PLC una vez procesadas por el programa de aplicación activaran seis salidas del PLC conectados a las bobinas de electroválvulas, según una lógica previamente diseñada, los que permitirán el movimiento deseado y sincronizado de la maquina cortadora de arcilla.

### **Relés encapsulados.**

Un relé se define como un dispositivo eléctrico (también los hay electrónicos) que permite el paso o no de la corriente eléctrica (ver fig. 8). También pueden usarse como protección [7]. Aquí se usan seis relés una por cada bobina de electroválvula con ello se logra un trabajo más seguro y estable dado que el relé permite incidir una pequeña y estable corriente a la bobina de electroválvula.

### **Sensor Inductivo.**

Son sensores de proximidad que generan campo magnético para detectar la presencia de objetos ferrosos (hierro, níquel, cobalto...) cuando un objeto absorbe el campo magnético generado por el sensor lo modifica, esta modificación es cuantificada por la electrónica del sensor y envía la señal correspondiente al PLC [8]. En este trabajo se usa para detectar la presencia de solo objetos metálicos y permite medir el movimiento rotacional de los polines mediante pulsos. El sensor envía al PLC los pulsos y este lo traduce en distancia física. El correcto cortado de la masa continua de arcilla humeada depende en gran medida (lo otro es la velocidad de movimiento de la estructura móvil) de la detección y precisión de este sensor, puesto que su señal indicara al PLC que debe activar al cilindro de corte para que mueva verticalmente la estructura que realizara el corte. En caso de falla, los ladrillos se fabricarían con dimensiones incorrectas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como resultado del trabajo se presenta el prototipo implementado con un funcionamiento básico que permite alcanzar la meta del proyecto que es una maquina cortadora electroneumática para ladrillos de arcilla altamente versátil, operativo, eficiente, flexible y fácil instalación.

Una vez realizada el diseño y simulación del correcto funcionamiento de la maquina se pasa a la elaboración de los planos (fig. 9) de las diferentes partes para su fabricación o construcción en taller, otras piezas de mayor complejidad de manufactura simplemente se adquieren en establecimientos especializados (fig. 10). Posteriormente se pasa a la implementación de cada pieza física acoplándolas entre ellas adecuadamente a fin de evitar juegos, huelgas y ruidos mecánicos que hacen ineficiente el movimiento del equipo (fig. 8).

El calibrado y configuración se realiza en base a los manuales técnicos y prueba-error hasta lograr el resultado deseado. Los autores presentaran el equipo en una próxima feria tecnológica así como diversos videos de su trabajo en campo.

El equipo desarrollado aquí permite hacerle continuas mejoras tanto en hardware como software por lo que se presenta como una fuente importante de trabajos de innovación tecnológica e investigación aplicada.







Figura. 9. Diversos materiales para la construcción del prototipo del proyecto.



Figura. 10. Manufactura e implementación del prototipo del proyecto.



Figura. 11. Prototipo terminado.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se diseñó y construyó una máquina cortadora de arcilla húmeda para fabricación de ladrillos mediante el uso de electroneumática, sensores inductivos y PLC.

El trabajo presentado aquí ha tenido también como propósito incentivar y promover la innovación tecnológica en un entorno de formación profesional universitaria. La meta no solo fue obtener un producto tecnológico, sino uno de las primeras máquinas cortadoras de arcilla húmeda para ladrillos dispensadores de tragos automatizado en el Perú. Finalmente, el proyecto está abierto a nuevas mejoras y optimizaciones.

El cortador electroneumático desarrollado en este trabajo se basó en criterios reales exigidos en el entorno industrial del ladrillo y aunque en general en las ladrilleras existen diversas máquinas cortadoras manuales, casi en ninguna de ellas tienen accionamiento automático. Por lo que el proyecto presentado aquí tiene un perfil de innovación tecnológica a nivel local.

## REFERENCIAS

1. <http://www.peruconstruye.net/wpcontent/uploads/2015/08/MATERIALES-DE-OBRA-CRECIMIENTO-DEMANDA-DE-LADRILLOS-.pdf>
2. Aguirre, Dionisia. Evaluación de las Características Estructurales de la Albañilería Producida con Unidades Fabricadas en la Región Central Junín. Lima: Tesis de Maestría PUCP. 2004.
3. M. Casado. Procesos de Producción Más Limpia en Ladrilleras de Arequipa y Cusco. 2005.
4. R., Sarce. Pinball doble neumático. <https://renatosarce.files.wordpress.com/2011/11/cap4-valvulas-neumaticas.pdf> 2004.
5. Festo didactic. Neumática nivel básico. 2015.
6. <http://www.microautomacion.com/capacitacion/anual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
7. <http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>
8. [https://www.zettlex.com/wp-content/uploads/Zettlex\\_C%C3%B3mo-funcionan-los-sensores-inductivos\\_rev2.0\\_ES-1.pdf](https://www.zettlex.com/wp-content/uploads/Zettlex_C%C3%B3mo-funcionan-los-sensores-inductivos_rev2.0_ES-1.pdf)