

Dispositivos Utilizados en Ingeniería Electrónica para el Control de la Automatización Industrial.

Devices Used in Electronic Engineering for the Control of Industrial Automation.

Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan ^{1*}, Lic. Johnny Marcelo Pancha Ramos ²

1.* Magister en Eficiencia Energética, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Email: marco.ordonez@esepoch.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9255-3168>

2. Magister en Sistemas Automotrices MSC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Email: johnny.pancha@esepoch.edu.ec ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7320-2154>

Destinatario: marco.ordonez@esepoch.edu.ec

Recibido: 15/Enero/2021

Aceptado: 14/Febrero/2021

Publicado: 31/Marzo/2021

Como citar: Ordoñez Viñan, M. A., & Pancha Ramos, J. M. (2021). Dispositivos Utilizados en Ingeniería Electrónica para el Control de la Automatización Industrial. E-IDEA 4.0 Revista Multidisciplinar 2(6), 10-20. <https://doi.org/10.53734/mj.vol3.id152>

Resumen: Las industrias actualmente enfrentan retos como la pandemia de Covid-19 que disminuyó la movilidad y especialización del talento humano en el trabajo, llevando a la gran mayoría de trabajadores a quedarse en casa por la cuarentena. Se redujo la productividad, el consumo, hubo un freno en las actividades económicas, la automatización industrial aparece como respuesta inmediata, es decir las industrias que estaban automatizadas fueron menos impactadas por la pandemia. Las personas formadas en ingeniería electrónica son las llamadas a cumplir ese rol, a la hora de implementar las automatizaciones, para eso disponen de dispositivos tales como los microcontroladores, tarjetas Arduino, FPGA y PLC. El objetivo general de esta investigación es analizar los dispositivos utilizados en Ingeniería Electrónica para el control de la automatización industrial. La metodología utilizada se basó en una investigación no experimental, documental y descriptiva exploratoria. Los resultados que se determinaron fueron las distintas alternativas que ofrecen los dispositivos electrónicos para la automatización industrial. Como conclusión se determinó que el uso de cada dispositivo para la automatización industrial depende de cada proyecto, de la disponibilidad económica y de su robustez.

Palabras Clave: Ingeniería Electrónica, Microcontroladores, Arduino, FPGA, PLC.

Abstract: Industries currently face challenges such as the Covid-19 pandemic that decreased the mobility and specialization of human talent at work, leading the vast majority of workers to stay home due to quarantine. Productivity and consumption were reduced, there was a brake in economic activities, industrial automation appears as an immediate response, that is, the industries that were automated were less impacted by the pandemic. People trained in electronic engineering are called to fulfill this role, when implementing automation, for that they have devices such as microcontrollers, Arduino cards, FPGAs and PLCs. The general objective of this research is to analyze the devices used in Electronic Engineering for the control of industrial automation. The methodology used was based on a non-experimental, documentary and descriptive exploratory research. The results that were determined were the different alternatives offered by electronic devices for industrial automation. As a conclusion, it was determined that the use of each device for industrial automation depends on each project, its economic availability and its robustness.

Keywords: Electronic Engineering, Microcontrollers, Arduino, FPGA, PLC.

INTRODUCCIÓN

La productividad y eficiencia de las industrias dependen de muchos factores involucrados, las empresas requieren de permanente innovación y adaptación tecnológica para estar vigentes, es necesario contar con un personal calificado que domine las diferentes opciones que ofrece la tecnología, para lograrlo la ingeniería electrónica ofrece la alternativa de la automatización de los procesos industriales o simplemente la automatización Industrial.

Para Páez et al. (2017), la ingeniería electrónica ha sobresalido en las últimas décadas, su progreso acelera el desarrollo industrial y fortalece a la ciencia moderna. La automatización industrial es una rama de la ingeniería electrónica que aplica la integración de tecnologías en los campos del control automático industrial, los sistemas de control y la supervisión de datos, la instrumentación industrial, el control de procesos y las redes de comunicación industrial.

Como indica Páez et al (2017), la utilización de tecnología para automatizar procesos industriales requiere de personal capacitado en el diseño, mantenimiento, operación y optimización de sistemas automáticos. Las instituciones de educación superior forman ingenieros electrónicos con estas capacidades, mediante planes de estudios basados en las tecnologías y dispositivos de punta. Es aquí donde las universidades deben mantener en constante actualización tanto los programas de formación como los equipos de laboratorio para que no exista un desfase entre la formación recibida en la universidad y la tecnología presente en la empresa.

Castillo et al. (2019) indican que, el llamado a las universidades es empujar ligeramente la balanza hacia un entorno que facilite la interacción con la industria y apueste por la innovación y la generación de nuevos sectores con potencial económico. Este autor se refiere únicamente al aspecto económico y a la innovación, pero otro aspecto importante de la vinculación viene con entender lo que necesita la empresa, lugar donde será el desempeño del ingeniero electrónico.

Silva y Morejón (2019) definen la automatización como la rama de la tecnología que se ocupa de la aplicación de sistemas de control a las diversas actividades humanas, fundamentalmente a la industria e involucra hardware y dispositivos electrónicos para reemplazar a los humanos por máquinas en algunas labores. Por lo general estas actividades humanas son repetitivas, tediosas o peligrosas.

Según Sharma (2017), algunos de los beneficios del uso de la automatización en los procesos industriales son:

- Reducción de las pérdidas en la producción.
- Optimización de recursos (ahorro de materias primas y energía).
- Mayor seguridad, confiabilidad y seguridad funcional.
- Contribución al cumplimiento de requerimientos regulatorios externos como los medioambientales.
- Flexibilidad en el control, permitiendo adaptarse con facilidad a otras producciones

Además de estas ventajas dadas por este autor tenemos un aumento en la competitividad y mejoras en la calidad.

El adelanto y evolución tecnológica que se vive en todos los aspectos de la vida actual también impacta a las empresas, continuamente los dispositivos físicos y equipos (hardware) se actualizan al igual que los programas informáticos (software) que se utilizan en estos equipos. Para Wang (2017), actualmente la ingeniería electrónica cuenta con una variedad de dispositivos que se utilizan en la automatización industrial, que se adaptan a las necesidades de cada empresa. En este sentido, para el funcionamiento adecuado de estos sistemas es de vital importancia la presencia de un controlador, dispositivo encargado de generar las respuestas adecuadas a cada situación que se presente y quien tiene la responsabilidad de vigilar que todo funcione correctamente como se planifico.

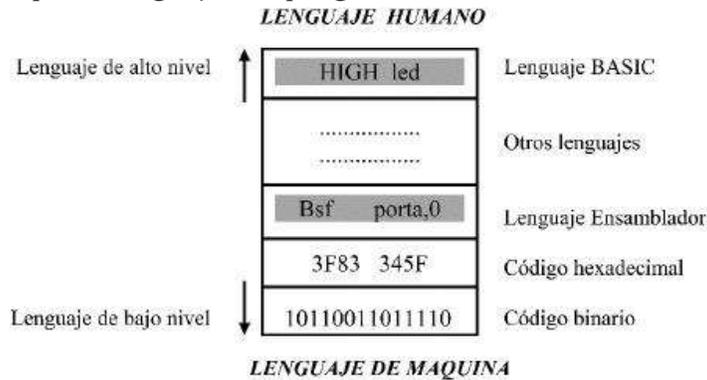
Entre los dispositivos más usados en la ingeniería electrónica para el control de la automatización industrial se tiene:

- **Microcontroladores:** Díaz (2020), afirma que el microcontrolador es un circuito integrado que posee en su interior una arquitectura similar a la de un computador, como memorias RAM, EEPROM, CPU y periféricos de entrada y salida o también llamados I/O. En su arquitectura interna los microcontroladores poseen la mayoría de componentes de un computador, no obstante, se diferencian en que estos cuentan con características fijas que no se altera. Tienen tecnología CMOS. Esto indica que consume muy poca corriente, pero que a la vez resulta ser susceptible a daños por electricidad estática.

Para su uso de debe de proveer al chip de un programa informático con un lenguaje de alto o bajo nivel (figura 1) según el tipo de microcontrolador. Hay algunos chips que se pueden borrar su programación y ser nuevamente reutilizados.

Figura 2.

Tipos de lenguajes de programación



Fuente: Díaz, 2020

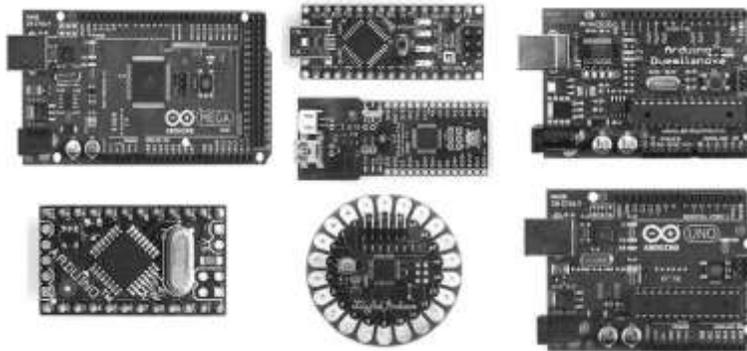
Para llevar un lenguaje de alto nivel a bajo nivel es necesario un compilador, el cual es un programa que “traduce” el algoritmo para que, al ser grabado en el chip, este lo pueda ejecutar. Hay una amplia gama de microcontroladores formados a partir de elementos variados (diferentes tamaños de RAM, diferentes procesadores, diferentes módulos de entrada/salida) según el uso que se le vaya a dar, esto hace posible que al momento de tener que escoger lo hagamos por el que mejor se adapte a las necesidades.

Este dispositivo es fabricado por varias compañías entre las que se encuentran, Texas Instrument, Atmel, Microchip Technology entre otros. Esta última produce los microcontroladores PIC (Programmable Interrupt Controller) uno de los más usados actualmente.

- **Placa Arduino:** Flores (2017) la define como una plataforma de desarrollo completa (hardware y software) basada en un Microcontrolador. La plataforma Arduino es un pequeño sistema computacional que puede ser programado con nuestras instrucciones para interactuar con su entorno físico por medio de diversas formas de entradas y salidas. El Arduino es esencialmente una pequeña tarjeta madre o motherboard, que puede ser programada por medio de un lenguaje de programación, para ejecutar las acciones que el usuario requiere (Arduino, 2021). La plataforma Arduino y sus aplicaciones están basadas en la filosofía open-hardware-source significa que tanto su diseño electrónico como su distribución en software son libres.

La plataforma Arduino fue desarrollada en el Instituto de Diseño de Ivrea en Italia, por un equipo de trabajo formado por 5 ingenieros, unir dos grandes campos de las ciencias aplicadas: la electrónica y la informática.

Figura 3
tarjetas ARDUINO



Fuente: (Arduino, 2021)

Según Flores (2017), Arduino produce un entorno de desarrollo que nos evita casi todos los problemas a la hora de subir el código a los microcontroladores, que por sí mismos solían tener métodos muy diferentes de “flasheado” y compilación con un proceso largo y tedioso. El entorno de desarrollo Arduino acorta y facilita este proceso, y de ahí la gran popularidad que han ido ganando a lo largo de los años.

- **Arreglo de Compuertas Programables en Campo (FPGA):** Las FPGAs es un dispositivo que contiene una red de celdas o compuertas lógicas que pueden ser rápidamente reconfiguradas, lo que facilita la rápida creación de prototipos de sistemas embebidos, son uno de los últimos escalones en la evolución del hardware reconfigurable (Wang, 2017). Diseñar y probar componentes hardware era un proceso lento y muy costoso. No había muchas formas de probar que un diseño funcionara hasta que se imprimía en una placa, y el proceso de impresión es delicado y pocoflexible, sobre todo para ir probando cambios en el diseño.

Para que funcione simplemente se diseña en un lenguaje concreto (llamado lenguaje de descripción hardware, HDL por sus siglas en inglés), y una herramienta proporcionada por el fabricante de la FPGA convertirá ese lenguaje en conexiones abiertas o cerradas en los miles de componentes internos de la FPGA. Hoy en día sí existen soluciones que incorporan FPGAs en el producto final antes no era así, solamente se usaban en crear prototipos.

- **Controladores Lógicos Programables PLC:** El controlador lógico programable más conocido por sus siglas PLC, derivadas de su nombre en inglés Programmable Logic Controller, es un dispositivo digital electrónico con una memoria

programable para el almacenamiento de instrucciones, las cuales pueden ser lógicas, secuenciales, temporizadas y de conteo, aplicadas para automatización industrial es básicamente una computadora de uso industrial (Ortíz, 2018)

La programación de un PLC es recibida por captadores y esta, a su vez, es implementada a través de acciones en las instalaciones. El PLC interactúa con el medio que le rodea por medio de puertos de entrada de información y puertos de salida. El fabricante indica los requisitos mínimos con que debe contar el computador, también debe proporcionar los cables adecuados para la conexión y los softwares necesarios. Los PLC se pueden clasificar de acuerdo a su cantidad de entrada y salida o por su estructura.

Se dice que es un micro PLC, cuando tiene menos de 64 E/S, pequeño cuando tiene menos de 256 E/S, mediano, cuando tiene menos de 1024 E/S, y es grande si tiene más de 1024 E/S.

De esta manera, el objetivo general de esta investigación tiene como finalidad analizar los dispositivos utilizados en Ingeniería Electrónica para el control de la automatización industrial. La metodología se basó en un diseño bibliográfico de tipo documental.

MÉTODO

Esta Investigación se realizó basándose en un diseño bibliográfico de tipo documental. El trabajo se fundamenta en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos (Palella y Martins, 2010) La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información de diversas fuentes, con el objeto de organizarla describirla e interpretarla de acuerdo con ciertos procedimientos que garanticen confiabilidad y objetividad en la presentación de los resultados (Palella y Martins, 2010). Para lograr este propósito se utilizaron herramientas como textos, documentos y artículos científicos publicados disponibles en la web.

Los objetivos de esta investigación se basaron en, definir los dispositivos utilizados en Ingeniería Electrónica para el control de la Automatización Industrial, describir la importancia de los dispositivos utilizados en Ingeniería Electrónica para el control de la automatización industrial, mostrar la Ingeniería electrónica en la realidad Industrial, especificar la importancia de la Ingeniería Electrónica en la automatización industrial, describir la relevancia de la Automatización Industrial.

RESULTADOS

Los microcontroladores son empleados en sistemas donde la relación entre las entradas y las salidas usualmente están claramente definidas. Como el ratón de la computadora, lavadoras, cámaras digitales, hornos de microondas, teléfonos celulares y relojes digitales. Poseen poca demanda de recursos como memoria RAM, ROM, puertos E/S, y por lo tanto pueden ser presentados en un solo chip con el procesador. Esto reduce el tamaño y el costo. Son muy fáciles de reemplazar. Además, los microcontroladores generalmente consumen menos energía y son más inmunes a los picos de potencia comparada con otros dispositivos (Wang, 2017)

Según Silva y Morejón (2019), los microcontroladores son fáciles de grabar por diferentes puertos, la serie o el USB, permite controlar, programar y sincronizar tareas electrónicas a través del tiempo simplemente realizando una correcta programación. Existen varios softwares que nos ayudan a programar un microcontrolador, como por ejemplo el PICC, o el MPLAB. Una de las desventajas de un microcontrolador es que se necesitan llamar a muchas instrucciones para realizar una tarea en particular. Esto siempre y cuando el proyecto sea complejo.

Los microcontroladores basados en placas Arduino son más accesibles comparadas con otras plataformas de microcontroladores. Los módulos más costosos de Arduino pueden ser montadas a mano bajando sus costos. El software de Arduino funciona en los sistemas operativos Windows, Macintosh, Linux mientras que la mayoría de otros entornos para microcontroladores están únicamente limitados a Windows (Silva et al. 2017)

Según Gómez (2018), Arduino está basado en el entorno de programación Processing, con lo que los nuevos usuarios que aprendan a programar en este entorno se sentirán familiarizados con el entorno de desarrollo. Para Flores (2017) el software utilizado es totalmente libre, con lo que los usuarios expertos pueden desarrollar sus proyectos a la medida. En los últimos tiempos Arduino ha tratado de ofrecer productos más robustos para el uso industrial. Aunque su orientación es primordialmente dirigida a la creación de prototipos.

Los FPGA son comúnmente utilizados en la etapa de diseño y generalmente se reemplazan en el producto final con circuitos personalizados, debido a un mayor rendimiento y menor costo. Cuando la reconfiguración es una parte esencial de la funcionalidad de un sistema integrado en tiempo real, los FPGA aparecen en el producto final (Wang, 2017).

La posibilidad que ofrecen las FPGA de obtener un hardware sin necesidad de construir una placa facilita en muchos aspectos el proceso de diseño y construcción, porque permitía probar de manera rápida y barata cada cambio en el diseño. Hoy en día existen soluciones que incorporan FPGAs en el producto final. La solución industrial al problema de la automatización del control de un proceso o una planta incluye el empleo de controladores lógicos programables PLC y sistemas de monitorización y/o supervisión, como los Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos, SCADA por sus siglas en inglés. Holt y Huang (2018), mencionan que esta solución a pesar del costo ofrece una gran robustez, adaptabilidad, posibilidades de crecimiento y una gran seguridad al momento de ocurrir un desperfecto o accidente en la línea de producción.

En un primer momento usar un PLC necesariamente condicionaba al uso de una sola marca de instrumentos, actualmente esto cambio y el uso de una marca no significa una relación única.

A continuación, se muestran las tablas 1 y 2 con los costos y características de algunos microcontroladores y PLC de gama baja y media.

Tabla 1

Costo y características de algunos microcontroladores

MICROCONTROLADOR	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<i>PIC10F322</i>	8-bit PIC MCU, Memoria de programa: 0.896 KB, Memoria RAM: 64 b, Conteo de Pin: 6, Velocidad máxima de la CPU: 16 MHz, Canales de conversor A/D (Max.): 3 (8 bits), Cantidad de temporizadores: 2 (8 bits), Salidas PWM (Max.): 4 (10 bits)	0,37 USD
<i>PIC16F18323</i>	8-bit PIC MCU, Memoria de programa: 3.5 KB Flash, Memoria RAM: 256 b, Conteo de Pin: 12, Velocidad máxima de la CPU: 32 MHz, Canales de conversor A/D (Max.): 5 (10 bits), Cantidad de temporizadores: 2 (8 bits) y 1 (16 bits), Salidas PWM (Max.): 2 (10 bits) con CWG	0,82 USD
<i>PIC18F97J94</i>	8-bit PIC MCU, Memoria: 128KB Flash, Memoria RAM: 4KB, Conteo de Pin: 100, Velocidad máxima de la CPU: 64 MHz, Canales de conversor A/D (Max.): 24 (10/12 bits), Cantidad de temporizadores: 4 (16 bits), Salidas PWM (Max.): 7 (10 bits) con CWG, Comunicaciones: USB V2.0, SPI, I2C, USART (RS-485, RS-232 y LIN/J2602).	3,56 USD
<i>PIC24FJ256GB406</i>	16-bit PIC MCU, Memoria: 256kB Flash, Memoria RAM: 4KB, Conteo de Pin: 64, Velocidad máxima de la CPU: 32 MHz, Canales de conversor A/D (Max.): 24 (10/12 bits), Canales de conversor D/A: 1, Cantidad de temporizadores: 5 (16 bits), Salidas PWM (Max.): 6 (16 bits), Comunicaciones: I2C, SPI, UART, USART, LIN.	3,87 USD
<i>PIC32MX110F016B</i>	32-bit PIC MCU, Memoria: Hasta 128 KB Flash y 32 KB SRAM, Conteo de Pin: 28, Velocidad máxima de la CPU: 40 MHz, Canales de conversor A/D (Max.): 10 (10 bits), Cantidad de temporizadores: 5 (16 bits), Salidas PWM (Max.): 6 (16 bits), Comunicaciones: USB, I2C, SPI, UART, USART.	1,47 USD

Fuente: Elaboración propia 2021

Tabla 2

Costos y características de algunos PLC de gamas baja y media.

PLC	Características	Precio
<i>LOGO! 8 12/24RCE</i>	Modulo lógico simple LOGO! 8 12/24 RCE. LOGO! Soft Comfort V8. WinCC Basic V13	241,66 USD
<i>SIMATIC S7-1200 + KTP300 Basic</i>	CPU 1212C AC/DC/RLY. KP300 Basic Mono PN. SIMATIC STEP 7 Basic V13 en el TIA Portal.	605,23 USD
<i>SIMATIC S7-1200 + KTP700 Basic</i>	CPU 1212C AC/DC/RLY. HMI KTP700 Basic Color PN. Step7 Basic.	1128,38 USD
<i>SIMATIC S7-1511-1PN Compacto</i>	SIMATIC S7-1500C, CPU compacta 1511C-1PN. Módulo central que Integra: Memoria central 175 KB para programa y 1 MB para datos, 16 entradas digitales, 16 SD, 5 entradas analógicas, 2 salidas analógicas, 6 contadores de alta velocidad, 1 Interfaz: PROFINET IRT.	2281,25 USD

Fuente: Elaboración propia 2021

De las tablas 1 y 2 se deduce que por el costo los microcontroladores serían la opción a escoger, pero resulta que no en todos los casos esa es la variable principal, más bien se debe tener un balance entre el costo y los requerimientos del proyecto a automatizar, la disponibilidad de equipos, el servicio postventa entre otras variables a tomar en cuenta.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los dispositivos más usados por la Ingeniería Electrónica en la Automatización Industrial están representados por los microcontroladores, como los PIC, las placas Arduino, como Arduino UNO o NANO, Los Arreglos de Compuertas Programables en Campo FPGA y los controladores lógicos programables PLC.

Los microcontroladores como los PIC presentan una solución para automatizar cuando los proyectos son sencillos y no se cuenta con muchos recursos, las placas Arduino ofrecen soluciones de fácil aplicación, las FPAG nos brindan la posibilidad de hacer cambios a nuestros proyectos de automatización sin necesidad de hacer una placa nueva, y los Controladores lógicos programables PLC nos dan la robustez necesaria para grandes proyectos de automatización.

La ingeniería Electrónica ha ido avanzando a la par de la tecnología, y está cada vez más se hace presente en la industria, se ha hecho indispensable para mantener competitivas a las empresas, por eso el papel de tanta importancia de la ingeniería Electrónica, que por medio de la atención de las universidades en cuanto a tener actualizado el currículo y los laboratorios actualizados nos garanticen la formación del personal idóneo para la industria.

La Automatización Industrial se basa en el uso de dispositivos electrónicos de nuevas tecnologías, en el manejo eficiente de los recursos y en la selección adecuada de las soluciones a adoptar, este recurso humano se forma en nuestras universidades, por gente que escogió como su modo de vida la formación en una carrera sencillamente maravillosa la Ingeniería Electrónica, no es la única involucrada, pero si la que ejerce mayor peso. Sus profesionales son quienes hacen realidad un proyecto tan complejo como la automatización de un proceso productivo.

Hacer una industria competitiva en este siglo XXI surge de la realización de varias tareas, permanentemente hay que ir mejorando la calidad de los productos y servicios a la par de incrementar las ganancias, reducir la dependencia del control y supervisión humano es una de esas tareas, es aquí donde la Automatización Industrial provee a la empresa de la producción continua con un mínimo de interrupciones. Reduciendo al mínimo la posibilidad de errores humanos producto de la fatiga o de las condiciones ambientales adversas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino. (2021). What is arduino. Recuperado el 18 de Agosto de 2021, de <http://www.arduino.cc>
- Castillo, J., Álvarez, N., & Treviño, A. (2019). La vinculación como potenciadora de la formación profesional de profesionales de ingeniería: Propuesta de acciones con base en experiencias en la Universidad Autónoma de Nuevo León. *Revista electronica Educare* , 23 (2), 201-221.
- Díaz, E. (2020). Relevancia de la ejecución experimental de proyectos con microcontroladores en el aprendizaje de la ingeniería electrónica. *Educación. Educacion* , 29 (56), 48-72.
- Flores, O. (2017). *Aprende ARDUINO: Guía Teórica Práctica* (Primera ed.). San Salvador, El Salvador: INGNAC.
- Gómez, P. (2018). *Gestión de un proceso industrial mediante sistema microcontrolador*. Universidad de Jaen, Ingeniería Electronica y Automatica. Trabajo especial de grado de la Universidad de Jaén para optar al título de Ingeniería Electrónica Industrial.
- Holt, A., & Huang, C. (2018). *Embedded Operating Systems. A Practical Approach* (Segunda ed.). London, United Kingdom: Springer International Publishing AG.
- Jiménez, A. (2016). *Relaciones universidad-empresa: Hacia una productividad basada en innovación*. *Revista Gestión y Tendencias* , 1 (2), 7-10.
- Ortíz, J. (2018). *Implementación del pic plc al laboratorio de electrónica III*. Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Guatemala.
- Páez, H., Zabala, V., & Zamora, R. (2017). Análisis y actualización del programa de la asignatura Automatización Industrial en la formación profesional de ingenieros electrónicos. , 11(21). *Revista Educación En Ingeniería* , 11 (21), 39-44.
- Palella, S., & Martins, P. (2010). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. (2da ed.). Caracas, Venezuela: FEDEUPEL.
- Sharma, K. (2017). *Overview of Industrial Process Automation* (Segunda ed.). USA: Elsevier.
- Silva, J., Comas, Z., De la Hoz, E., Elguedo, A., Fuentes, J., Osorio, C., y otros. (2017). *Implementación de nueva herramienta de seguimiento académico que valida la*

evaluación por competencias genéricas dentro de la facultad de Ingeniería de la Universidad de la Costa (CUC). *Revista Educacion* , 9 (18), 1-11.

Silva, L., & Morejón, Y. (2019). Embedded Systems: An Alternative for Cuban Agroindustry Automation. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* , 28 (3), 1-8.

Wang, J. (2017). *Real-Time Embedded Systems*, ser. Quantitative software engineering series (primera ed.). John Wiley & Sons, Inc.,.