



Controlador Velkys: Alternativa de costo reducido para la industria 4.0 en Cuba

Giselle Salgado López, Jonathan Raidel Valdés Alfonso, Roger Concepción Ferrán

RESUMEN / ABSTRACT

La Industria 4.0 ha revolucionado la forma en que operan las industrias en todo el mundo, permitiendo una mayor eficiencia y optimización de los procesos. Sin embargo, para muchos países en desarrollo, como Cuba, el costo de implementar tecnologías avanzadas puede ser un desafío significativo. En este contexto, el controlador Velkys, desarrollado por la empresa AlaSoluciones, se presenta como una solución de bajo costo para impulsar el desarrollo de la Industria 4.0 en el país. El objetivo de este artículo es demostrar las capacidades del controlador Velkys, presentando el desarrollo hardware y software del dispositivo. Se utiliza como elemento principal el microcontrolador ESP32, el cual provee de conexión inalámbrica mediante Wifi y Bluetooth, así como una potente capacidad de procesamiento. El firmware del controlador se basa en el sistema operativo en tiempo real (FreeRTOS), asegurando una operación eficiente y confiable. Esta solución simplifica la transición hacia la Industria 4.0 en contextos donde el nivel de riesgo asociado con el proceso no sea extremo, como en la manufactura liviana y la agroindustria, entre otros, representando una alternativa viable y económica para promover la automatización en la industria cubana.

Palabras Clave: Industria 4.0; IoT; ESP32, FreeRTOS

Industry 4.0 has revolutionised the way industries around the world operate, enabling greater efficiency and process optimisation. However, for many in developing countries, such as Cuba, the cost of implementing advanced technologies can be a significant challenge. In this context, the Velkys controller, developed by the company AlaSoluciones, is presented as a low-cost solution to boost the development of Industry 4.0 in the country. The aim of this article is to demonstrate the capabilities of the Velkys controller, presenting the hardware and software development of the device. The main element used is the ESP32 microcontroller, which provides wireless connection via Wifi and Bluetooth, as well as powerful processing capabilities. The controller firmware is based on the real-time operating system (FreeRTOS), ensuring efficient and reliable operation. This solution simplifies the transition to Industry 4.0 in contexts where the level of risk associated with the process is not extreme, such as in light manufacturing and agribusiness, among others, representing a viable and economical alternative to promote automation in Cuban industry.

Keywords: Industry 4.0; IoT; ESP32, FreeRTOS

Velkys Controller: Low cost alternative for industry 4.0 in Cuba

1. - INTRODUCCIÓN

Internet Industrial de las Cosas (IIoT) es un concepto que ha evolucionado recientemente para el ámbito industrial, derivado de la definición de Internet de las Cosas (IoT), hasta otras definiciones más robustas que incorporan elementos específicos que se deben considerar en los sistemas de producción ciberfísicos asociados al paradigma de la Industria 4.0 [1]. Apelando a los tipos de tecnologías que la componen y los usos distintivos a que estas se destinan, se puede definir Internet Industrial de las Cosas o IIoT, como un sistema que comprende objetos inteligentes en red, activos ciberfísicos, tecnologías de información genéricas asociadas y plataformas informáticas en la nube o en el borde, que permiten el acceso, la recopilación, el análisis inteligente y autónomo de datos, y las comunicaciones en tiempo real, así como el intercambio de información de procesos, productos o servicios, dentro del entorno industrial, a fin de optimizar el valor total de la producción [2].

Recibido: 08/2023 Aceptado: 12/2023

La Industria 4.0 se caracteriza por la interconexión de todos los recursos con los que cuentan las empresas, a través de la utilización masiva de internet e inteligencia artificial, lo que contribuye al mejoramiento de su eficiencia [3]. Además, habilita y apoya nuevos escenarios en la producción donde el hombre, las máquinas, las líneas de producción, los sistemas de software y los productos en sí mismos, se comunican y cooperan unos con otros en tiempo real para facilitar la toma de decisión descentralizada y una producción autoorganizada [4].

Según lo expresado en [5, 6] los objetivos de la Industria 4.0 son, proporcionar personalización masiva mediante el uso de las tecnologías de la información de los productos fabricados; realizar una adaptación automática y flexible de la cadena de producción; rastrear partes y productos; facilitar la comunicación entre piezas, productos y máquinas; aplicar paradigmas de interacción hombre-máquina (HMI); proporcionar nuevos tipos de servicios y negocios basados en modelos de interacción en la cadena de valor; y lograr la optimización de la producción mediante la IIoT en fábricas inteligentes.[7]

El sector industrial cubano atraviesa una situación contrastante entre la obsolescencia de tecnologías, particularmente de automatización industrial, y una acelerada concientización de la necesidad de transitar a la transformación digital industrial en alineación con el paradigma de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0. En aras de promover la implementación del Plan Nacional de Desarrollo Social y Económico hacia el 2030, concretamente el Macroprograma 2 referido a la “Transformación productiva e inserción internacional” [8], se establece como principal lineamiento buscar el fomento de los encadenamientos vinculados a la transformación de los sectores prioritarios y las actividades de soporte e infraestructuras clave para su competitividad, especialmente de cara a la introducción de las tecnologías digitales y las TIC y para su integración con los llamados servicios modernos.

Con estos antecedentes y la necesidad de impactar de forma acelerada en la transformación digital industrial del país la empresa AlaSoluciones, se propuso desarrollar un controlador industrial IoT como alternativa para lograr la introducción de este tipo de dispositivos en las plantas industriales y cadenas de suministro.

En la actualidad en Cuba existe un auge de los emprendimientos (cooperativas y Mipymes) dedicados a realizar producciones a escala artesanal o semiindustrial, conocidas como pequeñas industrias o minindustrias, las cuales constituyen importantes eslabones dentro de la cadena productiva [9]. Las mini industrias son empresas industriales de pequeña escala, generalmente operadas con la ayuda de maquinaria y poca mano de obra. Estas empresas producen bienes que pueden usarse en otras fábricas más grandes. Por lo general, solo requieren unos pocos empleados y recursos iniciales mínimos, comparado a los complejos industriales. Los procesos industriales presentes en estas minindustrias por lo general tienen bajo o ningún tipo de automatización. La necesidad de rentabilización fuerza hacia la actualización de esos procesos industriales con el objetivo de agilizar los tiempos de fabricación y reducir los costes, manteniendo la calidad de los productos; además, de integrarse algunas mejoras en cuanto a la higiene y la seguridad [10]. Por lo anterior es necesario incorporar la innovación dirigida a mejorar los procesos productivos, por lo que se hace necesario identificar nuevas tecnologías que permitan llevar a cabo la transición y evolución del sector, sin implicar altos costos de inversión. En lo relacionado al campo de la innovación dentro de la industria, en la actualidad merece especial mención el planteamiento de la Industria 4.0.

El controlador industrial Velkys, es una alternativa de costo reducido, que posibilita incorporar de forma paulatina la tecnología necesaria para lograr el desarrollo de la Industria 4.0 en el país. Como elemento principal el dispositivo cuenta con un microcontrolador ESP32, el cual provee conexión inalámbrica mediante Wifi, así como la capacidad de procesamiento y las entradas acondicionadas para interactuar con los distintos sensores y actuadores industriales. El firmware tiene como componente principal un sistema operativo de tiempo real (FreeRTOS) para la gestión de los datos adquiridos y la comunicación en tiempo real con una plataforma web alojada en la nube.

Este artículo se propone analizar cada una de las prestaciones del controlador, presentando así las capacidades que este tiene y las ventajas que traería al país su aplicación en la industria cubana.

2. - ESTADO DEL ARTE

En el ámbito de la automatización industrial, el controlador industrial desempeña un papel fundamental al permitir el monitoreo y la regulación de los sistemas y procesos en entornos de producción. A lo largo de las últimas décadas, se han logrado importantes avances en el diseño y desarrollo de controladores industriales, impulsados por los constantes avances en tecnología y la continua demanda de mayor eficiencia, precisión y flexibilidad en los procesos industriales. Estos controladores han evolucionado desde sistemas basados en circuitos analógicos y relés hasta soluciones digitales y programables, lo que ha facilitado la implementación de técnicas de control más sofisticadas y la integración con tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA). En la actualidad, el controlador industrial se ha convertido en un elemento central en el logro de la eficiencia operativa y la optimización de la producción en la industria.

2.1. - REVISIÓN DE LA LITERATURA

Para proceder con el diseño de los componentes y la arquitectura del sistema presentado en este artículo, fue necesario un análisis bibliográfico de aplicaciones de controladores industriales en entornos productivos o similares.

En [11] se diseña una estación de ensamblaje automatizada escalable adaptada a las complejas propiedades de los nuevos materiales de batería de litio de estado sólido. En la estación se evalúan y califican diversas técnicas de manipulación y agarre para el ensamblaje de celdas de batería de estado sólido. Se emplearon plataformas abiertas cercanas a las aplicaciones industriales, por ejemplo, el controlador lógico programable Controllino Mega y se aplicaron protocolos estandarizados para la comunicación (TCP, USB y UART). Todos los módulos utilizados en la estación de montaje automatizada son similares a la tecnología de producción de los procesos de apilado industrial y al mismo tiempo también son flexiblemente adaptables y ampliables. La estación diseñada permitió evaluar distintos algoritmos de manejo de batería de litio de estado sólido, elementos de especial cuidado por sus propiedades químicas.

Otro de los artículos analizados fue [12] donde se realiza un análisis para comprender las ventajas y los desafíos de emplear el monitoreo y la automatización utilizando el microcontrolador Arduino o la microcomputadora Raspberry Pi en la agricultura de precisión basada en IoT. Estos dispositivos se utilizaron en palabras del autor porque el precio es bajo y fácil de conseguir en el mercado y pueden diseñarse para que los técnicos que tienen conocimientos limitados de tecnología de la información puedan ejecutarlos. Las prestaciones obtenidas con estos componentes satisfacen las necesidades de los sistemas diseñados a un precio asequible que permite su expansión y adopción a una escala mayor. Aunque también se detectaron algunos desafíos necesarios de resolver, como la integración en un solo diseño del microcontrolador y los componentes electrónicos necesarios para acoplar los sensores y los actuadores, así como agregar al diseño robustez y protección frente al entorno.

En [13], se desarrolló un deshidratador de productos agrícolas autónomo que también puede funcionar como horno para uso industrial. El deshidratador cuenta con una interfaz web que permite al operador crear su perfil de operación para el proceso de deshidratación. Se utilizó un controlador lógico programable (PLC) de bajo costo y una Raspberry Pi para crear un hardware de grado industrial para el deshidratador. El usuario puede establecer la temperatura objetivo, la humedad objetivo, la velocidad máxima y mínima del ventilador, así como la duración de la operación para un tipo específico de cultivo. Este proyecto demuestra la integración posible entre sistemas de software abierto (Raspberry Pi) y sistemas propietarios (PLC), utilizando el primero para proporcionar conectividad e interfaz web al segundo.

Finalmente, en [14] se presenta un modelo de sistema industrial a pequeña escala basado en relés. Este sistema se apaga automáticamente cuando detecta niveles peligrosos de agua o temperatura, lo cual es beneficioso para la seguridad en operaciones industriales. Utilizando un microcontrolador Arduino, se implementa un sistema que replica aplicaciones industriales, con menor costo y facilidad para configurar y mantener sistemas convencionales como el DCS(Distributed Control System), PLC o SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition). El enfoque también ofrece flexibilidad, prototipos rápidos y corrección de errores eficiente. Sin embargo, se destaca la necesidad de plataformas de hardware de bajo costo con certificaciones y soporte técnico adecuados para implementar estos diseños en entornos industriales a gran escala.

3. – DESCRIPCIÓN DEL CONTROLADOR INDUSTRIAL VELKYS

El controlador industrial Velkys en su versión 1 (Fig. 1), es un equipo compacto basado en Esp32, diseñado para su uso profesional, el cual presenta grandes facilidades por su lenguaje abierto y compatible con otros dispositivos de control. Es ideal para usos privados e industriales en las áreas de automatización, monitoreo y control. La integración del sistema con la plataforma ThingsBoard, complementa cada uno de sus posibles usos.



Figura 1

Controlador Industrial Velkys V1.

3.1. - CAPACIDADES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Las especificaciones del sistema electrónico se dividen en las especificaciones del controlador, especificaciones eléctricas, puertos, conectividad, entradas y salidas. (Tabla 1)

Tabla 1
 Especificaciones electrónicas del controlador industrial Velkys

Controlador	Placa	ESP32 DevKitC-32UE
Especificaciones Eléctricas	Alimentación	24 VDC
	Consumo	300mA
USB	Puerto micro USB	x1
Conectividad	Bluetooth	Bluetooth V4.2 BR/EDR y Bluetooth LE
	Wifi	- 802.11 b/g/n y frecuencia: 2412 ~ 2484 MHz - Antena Externa
Interfaces de Comunicación	Puerto Serie	x1
	SPI (Serial Peripheral Interface)	x1
Entradas / Salidas	Entradas Digitales Optoacopladas	x4
	Entradas Analógicas	x3
	Salidas Digitales	x4
	Salidas Analógicas	2 canales DAC con resolución de 8-bit
	Salidas a Relé (NO)	x2 (Voltaje de 110 a 240 VAC)

El diseño de la placa se realiza en el software Altium Designer; para lograr la estructura del controlador se diseñaron dos placas, la principal y la placa de interfaz con el usuario las cuales se acoplan mediante una cinta. En la Fig. 2, se evidencia el modelo 3D de ambas placas y algunas especificaciones.

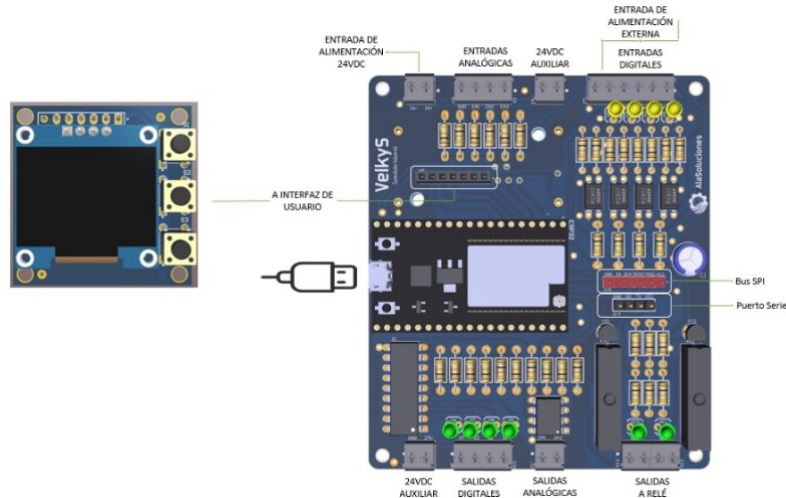


Figura 2.

Modelo 3D de las placas del controlador Velkys

El sistema embebido principal del dispositivo es el módulo ESP32 DevKitC-32UE (Fig. 3), una placa de desarrollo de tamaño pequeño basada en Esp32 producida por Espressif, a este se le agrega una antena externa que permite una mejor señal Wifi. Los microcontroladores de sistema en un chip (SoC) de bajo costo con capacidades de red inalámbrica integradas representan una solución confiable y en constante crecimiento para la interfaz de sensores y actuadores industriales que se usan comúnmente. Estos dispositivos económicos y potentes están acelerando el desarrollo de aplicaciones IoT, es por ello que se selecciona como cerebro para el controlador industrial.



Figura 3.

Placa de desarrollo Esp32-DeviKit C

El autómatas Velkys se puede conectar a un ordenador (cable de conexión micro USB) a través del puerto serie presente en el lateral, la función principal del puerto USB es realizar la programación de este.

El controlador cuenta con una variedad de entradas digitales y analógicas que son adecuadas para recopilar varios datos o estados. Las entradas para señales digitales necesitan de una alimentación externa de 24VDC, para el funcionamiento del optoacoplador. En el caso de las interfaces analógicas estas son de dos hilos para dispositivos activos basadas en señales de voltaje de 0 – 10V, el registro de datos funciona con el convertidor análogo digital (A/D) interno del microcontrolador y tiene una resolución de 12bit.

Para la conexión de periféricos y módulos se dispone de una comunicación SPI y un puerto serie libres y expuestos. Además, presenta una interfaz de usuario que cuenta con una pantalla y 3 botones para el control de la misma, la cual puede ser configurada en dependencia de la aplicación.

3.2. - ESPECIFICACIONES DEL FIRMWARE

Para la implementación de programas de control con el autómatas Velkys, se requiere de una base de firmware flexible para adaptarse a diversas aplicaciones. Además, es necesario gestionar de forma simultánea diversas tareas, como la conexión con un servidor IoT, la lectura y escritura en las entradas y salidas, la gestión de buses de comunicación y la ejecución de

algoritmos de control. Todo esto debe atenderse de forma paralela y respetando los tiempos de procesamiento de cada tarea. Para responder a estos requerimientos se utiliza el sistema operativo de tiempo real de código abierto, FreeRTOS.

La base de la programación se centra en una clase maestra que gobierna todas las características del controlador. Esta clase facilita el acceso a interfaces específicas de sus componentes, sus estados y su configuración. Como se muestra en la Fig. 4, cada interfaz utiliza componentes del FreeRTOS para realizar sus funciones y comunicarse con otros componentes de los que dependa o con los que interactúe.

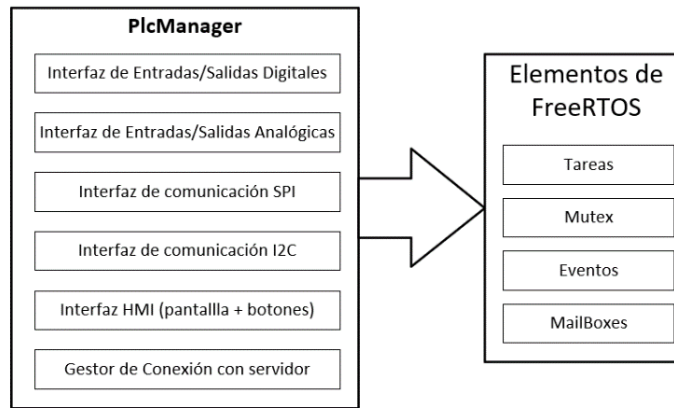


Figura 4.

Componentes principales de PlcManager

Para el despliegue y distribución de soluciones de firmware se pone a disposición del usuario una interfaz de configuración de los componentes del controlador, que incluye además una biblioteca estática con el paquete de PlcManager y las interfaces de cada componente. Los requerimientos para la programación son:

- Programación en lenguaje C++
- SDK Arduino para ESP32
- Sistema operativo de tiempo real FreeRTOS (opcional, gracias a la abstracción con PlcManager)
- Entorno de desarrollo recomendado: PlatformIO
- Librerías para programación del ESP32 correspondientes al sistema operativo
- Conocimientos sobre programación en microcontroladores

3.3. - PLATAFORMA IOT

Las plataformas de IoT son el punto de arranque para lograr la interconexión entre diversos dispositivos. De cierta forma, permiten la creación de ecosistemas digitales, capaces de intercambiar grandes cantidades de datos. Son sitios de componentes que posibilitan a los desarrolladores, desplegar aplicaciones de colección remota de datos, conectividad segura y administración de dispositivos y sensores. Una plataforma de IoT es una capa de middleware que toma los datos de los sensores y dispositivos para entregarlos a las personas y al software analítico para obtener información [15]. Asegura, además, una integración perfecta con variedad de hardware mediante el uso de una gama de protocolos de comunicación populares, la aplicación de diferentes tipos de topología (conexión directa o puerta de enlace) y el uso de SDK cuando sea necesario.

ThingsBoard es una plataforma de IoT de código abierto que permite el desarrollo rápido, la gestión y la ampliación de los proyectos de IoT. Entre sus funcionalidades está el control y la provisión de dispositivos, la recopilación y visualización de datos, el análisis de datos de los diferentes dispositivos y el disparo de sus respectivas alarmas, la entrega de datos de los dispositivos a otros sistemas y la puesta en marcha de aplicaciones de casos de uso específicos usando reglas y complementos (plugins) personalizables.

Velkys ofrece a sus clientes la posibilidad de poder monitorear y controlar de forma remota todos los equipos conectados al proceso productivo que controla este, mediante la plataforma ThingsBoard. Esto permite la planificación productiva y la creación de acciones de mantenimiento por parte de los técnicos.

4. PUESTA EN MARCHA Y PRUEBAS

Para la comprobación del funcionamiento del controlador se realiza una maqueta de prueba, con el fin de presentar una idea de las múltiples aplicaciones que se pueden dar en la industria tomando en cuenta que la única limitante es nuestro ingenio. En la Fig. 6 se evidencia la maqueta realizada, en este caso se utiliza como referencia para las pruebas el primer controlador (izquierda) y la solución que se realiza con él.

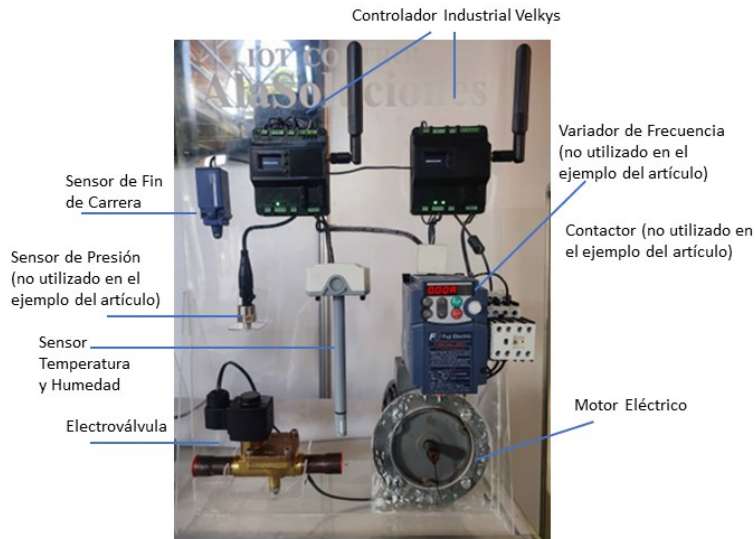


Figura 6.

Maqueta de prueba del controlador Velkys

Esta aplicación de muestra realiza una recopilación de valores de temperatura y humedad adquiridos por el sensor de SIEMENS QFM2160, además del monitoreo del estado del sensor de fin de línea, el control de una electroválvula y la visualización adicional en el tablero web en tiempo real. El propósito de esta aplicación es demostrar las capacidades que presenta el controlador Velkys en conjunto con la plataforma IoT. En Fig. 7 se muestra un esquema de la maqueta analizada.

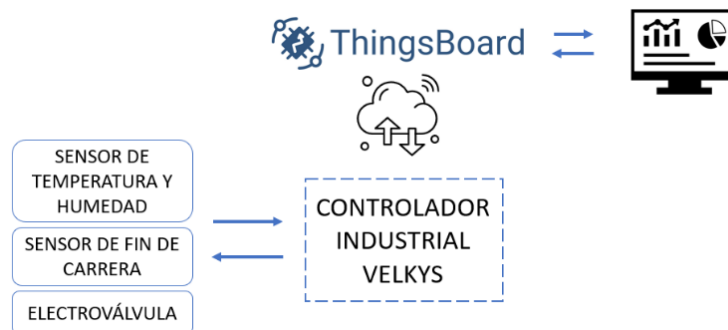


Figura 7.

Esquema de la maqueta realizada

4.1. - CARACTERÍSTICAS DE LOS SENSORES Y ACTUADORES EMPLEADOS EN LA MAQUETA

Sensor Siemens QFM2160 [16]: Es un sensor de conductos utilizado principalmente en conductos de aire de plantas de ventilación y aire acondicionado para adquirir la humedad relativa y la temperatura del medio (**Error! Reference source not found.2**).

Tabla 2.
Características del Sensor Siemens QFM2160

Tensión de operación	AC 24 V / DC 13.5...35 V
Salida de señal para la humedad	DC 0...10 V / 4...20 mA
Salida de señal para la temperatura	DC 0...10 V / 4...20 mA
Precisión de medición	3 % r. h.
Rango de medición	Temperatura: -15...+60 °C Humedad: 0...95 % r. h.

Electroválvula HONGSEN de 220v de 3/8 de pulgada [17]: Es una electroválvula de paso simple empleada para restringir el flujo en un solo sentido. Se utiliza tanto para conductos de aire, líquido o gases en sistemas de clima y ventilación (**Error! Reference source not found.3**).

Tabla 3.
Características de la Electroválvula HONGSEN

Temperatura de trabajo	-30C a +105C
Tensión de trabajo del solenoide	AC 380V, 220V, 110V, 24V/50, 60Hz, DC24V
Precisión de medición	+10% a -15%
Conexión del solenoide	Conector estándar de 3 cables

Para realizar la prueba del hardware diseñado se realizó un programa básico que interactúa con la maqueta. El programa se implementa a partir del kit de desarrollo de software (SDK, por sus siglas en inglés) de Arduino para ESP32, que incluye el sistema operativo de tiempo real FreeRTOS.

En la Figura 8 se evidencia el tablero creado en la plataforma ThingsBoard para el monitoreo y control de la maqueta, en esta se realizan dos gráficas que muestran en tiempo real el estado de las variables Temperatura y Humedad, también se muestra un led que conmuta su estado en dependencia de la lectura del sensor de contacto o fin de línea y por último el control de apertura o cierre de la electroválvula se realiza mediante un interruptor.

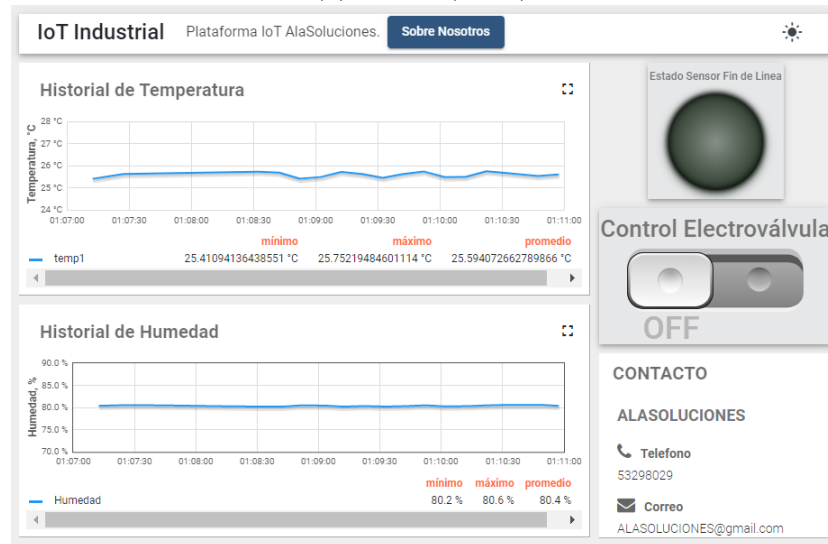


Figura 8.

Panel para el control y monitorización de la maqueta.

Con la maqueta realizada se comprueba el funcionamiento óptimo del controlador Velkys, demostrando la operatividad de todas las entradas y salidas del sistema, así como del panel de control.

5. - CONCLUSIONES

En el contexto industrial cubano actual en medio de condiciones económicas muy difíciles para acceder a un grupo de tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, se precisa apuntar a aquellas que refuercen la soberanía tecnológica, a la vez que habiliten en su máximo esplendor las capacidades transformadoras del nuevo paradigma industrial emergente. Es por ello que el controlador Velkys es una alternativa novedosa y necesaria para nuestro país, comprobándose mediante las pruebas realizadas que puede ser usado en un entorno industrial para realizar tareas específicas y de precisión acompañado de una plataforma online escalable.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer especialmente a nuestros colegas y compañeros de trabajo, cuyo apoyo y colaboración han sido esenciales para el éxito de este proyecto. Gracias a su dedicación y esfuerzo hemos logrado superar los desafíos y obstáculos que se han presentado en el camino. Además, nos gustaría agradecer a nuestros familiares y amigos por su apoyo y paciencia durante el desarrollo del proyecto, su ánimo y motivación nos han ayudado a mantenernos enfocados.

Referencias

1. Fernández TD. Plataformas IIoT con potencial aplicación en el contexto industrial cubano. Revista cubana de transformación digital. 2022.
2. Boyes H, Hallaq B, Cunningham J, Watson T. The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. Computers in Industry. 2018;101:1-12.
3. Lascano AMP. Industria 4.0 Implicaciones, certezas y dudas en el mundo laboral. Revista Universidad y Sociedad. 2022.
4. Fernández TD. INDUSTRIA 4.0: MARCOS DE REFERENCIA Y FACTORES DE ALISTAMIENTO EN EL CONTEXTO CUBANO. 19 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura 2018.
5. Shafiq S, Sanin C, Szczerbicki E, Toro C. Virtual Engineering Factory: Creating Experience Base for Industry 4.0. Cybernetics and Systems. 2016;47:32-47.
6. Shafiq SI, Sanin C, Toro C, Szczerbicki E. Virtual Engineering Object (VEO): Toward Experience-Based Design and Manufacturing for Industry 4.0. Cybernetics and Systems. 2015;46(1-2):35-50.
7. Fengwei Yang SG. Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. 2020.

8. Cuba PyGd. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL HASTA EL 2030. La Habana, Cuba2017.
9. EcuRed [Available from: <https://www.ecured.cu/Miniindustrias>.
10. Bruno Alexandre JS, Maria-Estela Peralta-Alvarez, Francisco Aguayo-Gonzalez, Enrique Ares. Aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 al diseño y fabricación de productos artesanales. 2017.
11. Arian Fröhlich SMaKD. Design of an Automated Assembly Station for Process Development of All-Solid-State Battery Cell Assembly. 2022.
12. Irfan Ardiansaha NB, Edy Suryadib2, Awang Bonoc. Greenhouse Monitoring and Automation Using Arduino: a Review on Precision Farming and Internet of Things (IoT). International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology. 2020.
13. Sunkanmi Oluwaleye VO, Francis Idachaba. Conceptual design of smart multi-farm produce dehydrator using a low-cost programmable logic controller and raspberry pi. 2021.
14. ARSHEEN MIR RS. Implementation of an industrial automation system model using an Arduino. Journal of Engineering Science and Technology 2018.
15. Rodríguez MSM. Selección y configuración de una plataforma de internet de las cosas para la supervisión de una casa de cultivo 2018.
16. SIEMENS. Duct sensors QFM21. 2018.
17. HONGSEN HV Model Valve Solenoid and Solenoid Valve 12v 220v 24v 3/8 in 1/2 in 5/8 in Port [Available from: https://www.alibaba.com/product-detail/HONGSEN-HV-Model-Valve-Solenoid-and_62208437273.html.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses entre los autores, ni con ninguna institución a la que cada uno está afiliado, ni con ninguna otra institución.

Las opiniones expresadas aquí son únicamente responsabilidad de los autores y no representan la posición de la Institución o las instituciones a las que están afiliados.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Giselle Salgado López: Contribución importante en la conceptualización y diseño del proyecto, contribuye en el diseño hardware, diseño del circuito impreso y en la implementación del firmware del controlador haciendo uso de FreeRTOS. También participó en la implementación y pruebas del controlador industrial.

Jonathan Raidel Valdés Alfonso: Contribución importante en la conceptualización y diseño del proyecto, contribuyo en el desarrollo del hardware del controlador industrial, incluyendo la selección y adquisición de los componentes necesarios.

Roger Concepción Ferrán: Contribuye en la implementación de la interfaz de usuario para el controlador industrial, así como en la implementación del firmware de los controladores.

AUTORES

Ing. Giselle Salgado López, Ingeniera Automática graduada en el 2021 en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Se desempeña como investigadora de I+D en desarrollo de sistemas embebidos en la PYME AlaSoluciones, en La Habana, Cuba. Correo: gsl.automatica@gmail.com ORCID: 0000-0002-5826-4047 .Durante sus años en la CUJAE estuvo vinculada al Grupo de investigaciones del Centro de Investigaciones de Microelectrónica (CIME), donde investiga temas relacionados con los sistemas domóticos. En la actualidad sus principales temas de interés son: sistemas digitales, domótica, automatización, IOT y tecnologías inteligentes.

Ing. Jonathan Raidel Valdés Alfonso Ingeniero Automático graduado en el 2018 en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Actualmente se desempeña como investigador de I+D en la construcción de máquinas herramientas y su automatización en la PYME Mecánica LG. En conjunto a lo anterior, es profesor Instructor en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE). Ha participado en varios proyectos de I+D relacionados con la línea de adquisición, procesamiento y transmisión de señales digitales de video y audio empleando

Giselle Salgado López, Jonathan R. Valdés Alfonso, Roger Concepción Ferrán

RIELAC, Vol. 45(1):e2402 (2024) ISSN: 1815-5928

computadoras de placa única. Sus principales temas de interés son: video digital, visión por computación, sistemas digitales, robótica y control de máquinas herramientas. Email: jonathan.public1994@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0850-9966

Ing. Roger Concepción Ferrán Graduado en el 2018 en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE) de la carrera Ingeniería Automática. Se desempeñó como Investigador de I+D+i en el Centro de Investigación y Desarrollo Técnico, en la unidad organizativa Investigaciones Electrónicas y en la PYME Mecánica LG. Actualmente realiza actividades de I+D vinculado a la PYME AlaSoluciones y es profesor Instructor en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (CUJAE) . Sus principales temas de interés son: sistemas embebidos, IoT, control de máquinas herramientas CNC, robótica y vehículos autónomos. Email: rogercf1901@gmail.com. ORCID: 0000-0001-9537-9217.



Esta revista se publica bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)