IMPLEMENTACIÓN DE IIOT Y TELEMETRÍA PARA EL SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL EN LA INDUSTRIA EMPLEANDO UNA APLICACIÓN MÓVIL

Jurado Bichir Lorena [1], Ojeda Nuñez Iveth[2], Ramírez Sánchez Victor[3], Gutierrez Montoya Eduardo[4], Carreón Guevara Manuel[5]*
[1]Universidad Autónoma de Coahuila ljuradobichir@uadec.edu.mx, [2]Universidad Autónoma de Coahuila m.ojeda@uadec.edu.mx, [3]Universidad Autónoma de Coahuila victorramirez@uadec.edu.mx, [4]Universidad Autónoma de Coahuila jose_gutierrez@uadec.edu.mx
[5]Universidad Iberoamericana manuel.carreon@ibero-torreon.edu.mx

Área de participación: **Sistemas Computacionales**

Resumen

El presente artículo describe la telemetría de variables de suministro de gas natural; su flujo y presión en una red de distribución industrial. El objetivo es conocer en tiempo real el funcionamiento, estado y fallas mediante el uso de una aplicación móvil. Para la telemetría se empleó un microcontrolador de prototipado Particle Electron, Internet Industrial de las Cosas y una aplicación móvil sobre la plataforma Blynk; en donde se muestran los valores de operación, alertas y tendencias del funcionamiento de la red de distribución. El resultado es una herramienta que facilita el seguimiento de las fallas durante el suministro de gas, ya que el monitoreo de las variables permite conocer en tiempo real el abastecimiento, las interrupciones programadas y las interrupciones no programadas de los procesos productivos. Al tener el conocimiento del suministro de gas en tiempo real, se interviene de manera inmediata para dar solución a los desperfectos.

Palabras clave: *App, IIoT, Gas natural, Telemetría.*

Abstract

This article describes the telemetry of natural gas supply variables, its flow and pressure in an industrial distribution network. The objective is to know in real time the operation, status, and failures through the use of a mobile app. For telemetry was used a Particle Electron prototyping microcontroller, Industrial Internet of Things, and a mobile application over the Blynk platform; it's displayed operating values, alerts, and operating trends of the distribution network. The result is a tool that makes bug tracking easier during the gas supply, the monitoring of the variables in real time allows us to know supply, scheduled interruptions, and unscheduled interruptions of the productive processes. By having knowledge of the gas supply in real time, we intervene immediately to solve the damage.

Key words: *App, IIoT, Natural gas, Telemetry.*

Introducción

Actualmente el uso de Internet se ha convertido en parte del día a día de las personas, existen sistemas automatizados con los que es posible interactuar para mejorar los estilos de vida, reducir el esfuerzo y aumentar el confort, así como simplificar tareas y procesos en diferentes áreas. Todo esto es posible a través de avances e innovaciones tecnológicas como el Internet de las cosas (IoT). [1]

IoT permite la conexión a internet de millones de dispositivos inteligentes y sensores, lo que facilita la recopilación y el intercambio de información, esta tecnología es usada en las organizaciones para facilitar los procesos industriales y obtener múltiples beneficios en su operación, al aplicar el IoT en la industria recibe el nombre de Internet Industrial de las Cosas (IIoT). [2] El IIoT es una tecnología que permite la integración de dispositivos como equipos de cómputo, redes y objetos físicos usados en la industria y conectados en una red con la finalidad de detectar, monitorizar y tener un control del mundo físico, lo cual permite impulsar el progreso de los negocios. [3]

En los últimos años los lideres empresariales consideran al IIoT como un soporte de mejora en los momentos en los que se presenta una crisis, específicamente para la crisis del COVID-19 las organizaciones iniciaron con esta tecnología sin la necesidad de tener grandes inversiones tecnológicas ya que las soluciones de conectividad se pudieron implementar fácilmente lo cual logró ser fundamental para garantizar la continuidad de los negocios. [4]

El IIoT en las organizaciones permite el monitoreo de sus procesos de manera eficiente y precisa, predecir y detectar en tiempo real la ocurrencia de fallos en equipos o maquinaria; además de mejorar su competitividad en el mercado. [5] Esta mejora en el desempeño de las organizaciones implica la interconexión de dispositivos, recolección y almacenamiento de datos y su procesamiento; con lo cual es posible supervisar plantas industriales desde cualquier ubicación en el planeta mediante aplicaciones móviles instaladas en dispositivos inteligentes. [6]

Existe una estrecha relación entre el IIoT y el uso de sensores, los cuales son usados para la recopilación de datos permitiendo cerrar la brecha entre el mundo físico y el mundo digital. Los sensores miden diversas variables como flujo, nivel, temperatura, presión, humedad, entre otras; la información recolectada por dichas variables forma parte de la materia prima del IIoT. [5] Para esta recolección y transmisión de datos a distancia se implementa la telemetría; la cual es un sistema de comunicación automatizado que permite la recepción, medición y procesamiento de datos a distancia, en donde la información recolectada por los sensores y usada por el IIoT es transmitida mediante telemetría para posteriormente almacenarla y procesarla en plataformas tecnológicas. [7]

Existen empresas en otros países que están en esta transición de automatización y control de forma remota usando telemetría. [8] Actualmente se aplica en los procesos productivos industriales con la finalidad de monitorear variables en tiempo real; los responsables de las actividades en una empresa logran detectar fallas y analizar los datos sin importar el lugar en donde se ubiquen y aplicar acciones inmediatas que ayuden a la compañía a mejorar su competitividad. [9]

El análisis de los datos recopilados por medio de IIoT se realiza en plataformas tecnológicas en las cuales se almacena y procesa la información y su uso es fundamental para gestionar y conectar dispositivos inteligentes eficientemente. Dichas plataformas son entornos digitales que ofrecen herramientas y servicios para que los usuarios puedan interactuar, construir y usar aplicaciones como soluciones tecnológicas que facilitan la interconectividad de los dispositivos. [10]

El presente trabajo se efectuó en una empresa de la industria metalúrgica, la cual en su planta de producción usa el gas natural como combustible en sus procesos pirometalúrgicos para la obtención y refinado de metales mediante calor en su proceso de fundición. [11] La fundición de metales es esencial en la operación por lo que el suministro de gas natural debe estar disponible durante todo el año y en todo momento, en caso de una falla en el abasto, tiene como consecuencias pérdidas económicas para la empresa y más aún si el conocimiento del desabasto es tardío.

Metodología

En la figura 1 se muestra la interconexión de los dispositivos usados para la solución propuesta del presente trabajo, la metodología consiste en una investigación aplicada basada en IIoT donde en conjunto con el uso de sensores, telemetría, un microcontrolador y una Aplicación móvil (App móvil) se monitorean los datos de presión y flujo para conocer en tiempo real el abastecimiento del gas natural y a través de un dispositivo inteligente con la App móvil instalada se visualiza una gráfica y se reciben alertas del monitoreo de dichas variables.



Figura 1. Diagrama de conexiones. Adaptado de [12].

A continuación, se presentan los conceptos generales usados para el desarrollo de esta investigación:

Transmisor: son dispositivos utilizados en la industria que tienen la función de monitorear y medir las variables físicas de gases o líquidos en un sistema en tiempo real, además de garantizar la seguridad y precisión en los datos que proporciona para la operatividad y control del proceso. [13]

Placa de circuito impreso: Son circuitos impresos o llamados también Printed Circuit Board (PCB) y es un componente fundamental en la electrónica, se usa para soportar y proporcionar una base física para conectar componentes electrónicos. [14]

Plataforma Blynk: Plataforma tecnológica de IoT que facilita el desarrollo de aplicaciones móviles que interactúan con microcontroladores y sensores para controlar y monitorear dispositivos de manera remota. [15]

Microcontrolador de prototipado: circuito integrado que se utiliza para controlar otros dispositivos o sistemas; está diseñado para el desarrollo y prueba rápida de prototipos electrónicos, son parte de plataformas de desarrollo que incluyen el hardware y el software necesario para programar y probar el microcontrolador. [16]

Presión: Magnitud derivada de la fuerza aplicada a un fluido sobre una superficie sin depender de su velocidad. [17]

Pound per-Square Inch (PSI): Libras por pulgada cuadrada es una unidad de medida de presión que define la cantidad de fuerza en libras que se ejerce sobre un área de una pulgada cuadrada. [18]

Miliamperios (mA): unidad de medida de corriente eléctrica, que es la milésima parte de un amperio (A); es la unidad básica de corriente eléctrica equivalente a 1A = 1000mA. [19]

Voltage of Continuos Current (Vcc): o Voltaje de corriente directa (Vcd) es un tipo de corriente eléctrica que fluye en una sola dirección, es la unidad de medida para el potencial eléctrico. [20]

Flujo o caudal: se refiere al movimiento de un fluido (líquido o gas) a través de una superficie o conducto y se expresa en unidades de volumen sobre tiempo. [21]

Medición física de presión y flujo

Para medir las variables de presión y flujo en las líneas de suministro de gas se usaron transmisores con salida análoga de 4-20mA; dichas señales análogas son para transmitir la información del proceso con un lazo de corriente de 4-20mA el cual es el estándar dominante en la industria. [22] La función de los transmisores es convertir la señal física de presión y flujo del gas a una señal eléctrica, usando el rango de 4-20mA escalado; dependiendo de las características del transmisor la escala es a PSI para la presión y metros cúbicos para el flujo. Para el transmisor de presión se considera un rango de trabajo de 0-100 PSI escalado a un lazo de corriente de 4-20mA, cuando el transmisor mida 0 PSI su salida de corriente será a 4mA y cuando mida 100 PSI su salida será a 20mA. [23]

En la figura 2a se muestra el transmisor de presión de la marca Rosemount modelo 3051T en línea usado para medir la variable presión del gas natural. Para el transmisor de flujo se considera un rango de trabajo de 0-10,000 metros cúbicos por hora (m^3/hr) escalado a un lazo de corriente de 4-20mA, cuando el transmisor mida 0m^3/hr su salida de corriente será de 4mA y cuando mida 10,000m^3/hr su salida será de 20mA. En la figura 2b se muestra el transmisor de flujo de la marca Micro Motion modelo 5700 usado para medir la variable de flujo del gas natural.



(a) (b)

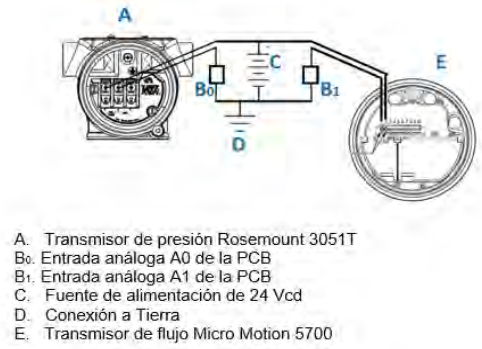
Figura 2. (a)Transmisor Rosemount 3051T para la medición de presión. Tomado de [24].
(b) Transmisor Micro Motion 5700 para la medición de flujo. Tomado de [24].

Estructura del microcontrolador de prototipado y su funcionamiento en una Placa de Circuito Impreso (PCB)

El microcontrolador utilizado es de la marca Particle del modelo Electron para prototipado con una plataforma para proyectos de IoT con conectividad a celular del modelo ARM Cortex alimentado con una fuente de salida de 250mA a 5Vcd y la conectividad a internet fue a través de una tarjeta SIM de una compañía telefónica con un plan de datos. [25]

Tanto el transmisor de presión como el de flujo son alimentados por una fuente de voltaje de 24Vcd para su funcionamiento. Posteriormente las señalas análogas de 4-20 mA se conectan en la entrada 0(A0) y en la entrada 1(A1) de la tarjeta PCB para las variables de presión y flujo respectivamente. La

tarjeta PCB se diseñó con un convertidor de señal interno para convertir la señal de 4-20mA a una señal de 0 a 3.3Vcd, estos valores son los adecuados para ser leídos por el microcontrolador Particle Electron. En la figura 4 se muestra el diagrama de conexión de los transmisores a la PCB.



A. Transmisor de presión Rosemount 3051T
B_0. Entrada análoga A0 de la PCB
B_1. Entrada análoga A1 de la PCB
C. Fuente de alimentación de 24 Vcd
D. Conexión a Tierra
E. Transmisor de flujo Micro Motion 5700

Figura 4. Diagrama de conexión de transmisores a PCB. Adaptado de [26].

A nivel de software, cada entrada análoga del microcontrolador se interpreta con un valor digital que va de 0 a 4095 bits. Es decir, 0Vcd equivale a 0 bits y 3.3Vcd equivale a 4095 bits. En la tabla 1 se muestra los escalamientos utilizados.

Tabla 1. Escalamientos de variables físicas, eléctricas y de software. Adaptado de [27].

Variables físicas		Variables eléctricas		Variables en software
Presión	Flujo	Salida Transmisor	Salida de convertidor en PCB y entrada análoga Particle Electron	Valores en Particle Electron
PSI	m^3/hr	mA	Vcd	Bits
0	0	4	0	0
25	2500	8	0.825	1024
50	5000	12	1.65	2048
75	7500	16	2.475	3072
100	10,000	20	3.3	4095

La señal en Vcd es posteriormente tratada dentro del microcontrolador con el convertidor analógico-digital interno y enviada mediante una variable hacia la plataforma Blynk para su procesamiento.

Para la programación del microcontrolador se usó la plataforma Web IDE (Entorno de Desarrollo Integrado Web) la cual es una herramienta en línea que brinda la propia marca Particle y que permite programar y probar el microcontrolador Electron. [25] Se estableció conexión y se accedió desde un navegador web a dicha plataforma en donde se cargaron las librerías de la plataforma Blynk y se definió la función de Escalamiento(). En la figura 5 se muestra el fragmento de la programación en lenguaje C++ definido para el escalamiento de las variables.

```
61
62  void Escalamiento()
63  {
64      int Entrada0 = analogRead(A0);
65      PGN = map(Entrada0,0,4095,0,100);
66      Blynk.virtualWrite(V0,PGN);
67
68      int Entrada1 = analogRead(A1);
69      FGN = map(Entrada1,0,4095,0,10000);
70      Blynk.virtualWrite(V1,FGN);
```

Figura 5. Escalamiento de señales en Web IDE. Adaptado de [27].

Las variables Entrada0 y Entrada1 almacenan los valores de las entradas análogas A0 y A1, presión y el flujo respectivamente. En la variable PresionGasNatural (PGN) se guarda el valor escalado de la entrada análoga A0 donde 0 PSI es a 0 bits y 100 PSI es a 4095 bits. Para la variable FlujoGasNatural (FGN) se guarda el valor escalado de la entrada análoga A1 donde 0 m3/hr es a 0 bits y 1,000 m3/hr es a 4095 bits. Posteriormente los valores de PGN y FGN se envían a variables virtuales definidas en Blynk.

En la plataforma Blynk se creó un nuevo proyecto para el monitoreo del gas natural, se seleccionó el microcontrolador Particle Electron y se definió la conexión Cellular para posteriormente generar automáticamente el AuthToken (Token de autenticación) que sirve para establecer una comunicación segura entre el microcontrolador y la plataforma.

Plataforma Blynk

La plataforma Blynk cuenta con diversas herramientas entre las cuales está la creación de App móviles (Blynk.apps) para controlar dispositivos de manera remota, una consola (Blynk.console) la cual es una aplicación web para conectar, supervisar, analizar y controlar los dispositivos físicos, además de infraestructura de almacenamiento en la nube (Blynk.cloud) que facilita el monitoreo de datos en tiempo real y brinda seguridad en la gestión de la información. Para la creación y el funcionamiento de la App se empleó el almacenamiento de la propia plataforma Blynk, se creó una cuenta de usuario y una plantilla llamada Telemetría 2023. Una plantilla es un conjunto de elementos en donde se almacenan las configuraciones de los dispositivos físicos basados en IoT, cada plantilla permite configurar flujos de datos, interfaz del usuario y se configura en modo desarrollador. [28]

En la figura 6 se muestra el entorno de desarrollo de la plataforma Blynk para crear las App móviles mediante plantillas, en la sección Datastream permite ver el flujo de datos mediante “pines virtuales” los cuales son utilizados para simplificar la comunicación entre la aplicación Blynk y el hardware conectado; con la finalidad de acceder a las variables previamente programadas en el microcontrolador y tener conectividad se creó el pin virtual V0 para PGN y V1 para FGN. La creación de los dichos pines virtuales V0 y V1 se escriben por medio de la función Blynk.virtualWrite() con los datos recibidos desde las variables definidas en el microcontrolador.

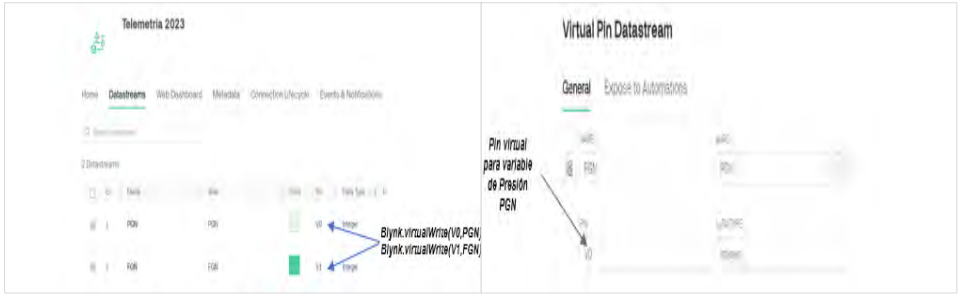


Figura 6. Consola Blynk: Creación de pin virtual. Adaptado de [29].

La consola de Blynk tiene un Panel web (Web Dashboard) en el cual se visualizan los datos y se tiene el control de los dispositivos conectados, en este apartado se proporcionan Widgets los cuales son elementos de control, visualización y notificaciones como botones, gráficos, leds, terminales, display de valor, entre otros y permite seleccionar según las necesidades del monitoreo; estos tienen la finalidad de mostrar a los usuarios los valores obtenidos desde los dispositivos de medición con los que se está interactuando mediante IoT. [30] En la figura 7 se muestra el Panel web para el microcontrolador Particle y los datos de PGN y FGN en donde se visualiza la medición en tiempo real de dichas variables, además de dos gráficas que muestran las estadísticas de los últimos tres meses de consumo mediante la etiqueta “Flujo GN” en m^3/hr y “Presión GN” en PSI.



Figura 7. Panel web en Blynk para Telemetría de Gas Natural. Adaptado de [31]

Interfaz de aplicación móvil para telemetría del gas natural

Blynk.app es la aplicación móvil de Blynk y cuenta con una interfaz gráfica con las modalidades de desarrollador y usuario, en el modo desarrollador permite ver las plantillas previamente diseñadas además de controlar los dispositivos y sensores conectados, está basada widgets que permite a los usuarios arrastrar y soltar elementos como gráficas, botones para personalizar dicha interfaz, los widgets permiten ser configurados para interactuar con pines virtuales y físicos. También permite configurar notificaciones y alertas para que los usuarios puedan conocer en tiempo real el estado de sus dispositivos. [28]

En la figura 8a se muestra la imagen del modo desarrollador de la aplicación móvil en Blynk para las variables del gas natural en donde se configuraron los Widgets Label, Gauge y Superchart para mostrar los datos en tiempo real de las variables V1 y V0. El Widget Label muestra en formato de texto el flujo en m^3/hr, el Widget Gauge de manera gráfica y similar a un manómetro muestra la presión general en PSI y el Widget SuperChart para visualizar los datos históricos y en tiempo real en forma de gráfica, con la finalidad de monitorear y conocer las tendencias del abastecimiento de la presión y el flujo.

En la figura 8b se muestra la imagen de la configuración de las notificaciones definidas en Blynk, la cuales cuentan con un switch que permite activar o desactivar los eventos cuando el desarrollador lo considere conveniente. Los eventos se programan como elementos de control que se usan para informar lo que sucede en el dispositivo. El evento usado es el personalizado, se programaron dos eventos como notificaciones para informar al usuario final cuando el flujo y/o la presión del gas natural están fuera de rango, el mensaje definido es “Presión GN fuera de rango” y “Flujo GN fuera de rango”.



(a) (b)

Figura 8. (a) Blynk.apps: configuraciones en modo desarrollador, (b) *Blynk.apps: configuración de notificaciones y alertas*. Adaptado de [31].

Resultados y discusión

Seguimiento del gas natural mediante la App móvil

El usuario final es quien monitorea el proceso de suministro de gas natural desde su dispositivo inteligente, la instalación de la App móvil basada en Blynk se hace por medio de un correo electrónico en donde se le proporciona una dirección de acceso para validar el usuario y que pueda realizar la instalación en primera instancia de la App Blynk en su dispositivo, posteriormente se autoriza su acceso a la interfaz final de monitoreo previamente diseñada para que pueda visualizar la pantalla de la telemetría de gas natural que se está suministrando.

En la figura 9a se muestra una impresión de pantalla de lo que visualiza el usuario final en su dispositivo móvil una vez que tiene acceso al monitoreo. En la interfaz final se muestran los valores de las variables del suministro de gas natural en tiempo real capturados mediante telemetría y el uso de sensores de presión y flujo, en la parte superior izquierda de la pantalla se muestra la leyenda de Telemetría, seguido de la palabra GAS para indicar mediante una etiqueta el Flujo de Gas Natural en m^3/hr. En seguida se muestran los valores de presión en PSI en un rango de 0-200, además un indicador que muestra la presión general en línea del dispositivo, así como las tendencias históricas de ambas variables.

En la figura 9b muestra la gráfica del flujo de gas natural con el horario por día con un intervalo de tres horas, lo que permite monitorear y analizar las tendencias y observar cómo cambian los valores de las variables del gas a lo largo del tiempo. Las gráficas de la aplicación permiten usar el cursor y posicionarlo en algún punto para conocer un momento exacto del día, mostrando los valores de presión y flujo que se midieron y que están almacenados como datos, puede visualizarse hora, día, semana y hasta tres meses.



(a) (b)

Figura 9. (a) Blynk.apps: configuraciones en modo usuario, (b) Gráfica de flujo de gas natural con intervalo de tiempo. Adaptado de [28].

Las alertas de los mínimos permitidos para el suministro del gas natural llegan a un dispositivo inteligente previamente configurado con la App móvil y el perfil del usuario. En la figura 10 se muestra una la imagen con las alertas recibidas.



Figura 10. Al*ertas en dispositivo inteligente. Adaptado de [28]*.

Mediante la implementación de IIoT, telemetría y el uso de microcontroladores y sensores, se logró realizar el seguimiento exitoso en tiempo real de las variables de gas y presión en el suministro de gas natural de una empresa metalúrgica. Los datos recopilados permiten visualizar, a través de una aplicación móvil, los niveles de abastecimiento del recurso en tiempo real y alertar a los trabajadores cuando el suministro cae por debajo de lo necesario para los procesos. Este proyecto tiene un impacto significativo en las áreas de operación y mantenimiento de la empresa, ya que facilita la toma de decisiones de manera rápida e informada en caso de interrupciones en el suministro. Además, el monitoreo constante permite la detección y predicción temprana de fallas, reduciendo así el tiempo de inactividad.

Trabajo a futuro

Para el enfoque a futuro se tiene como objetivo buscar la mejora de los sensores y microcontroladores a los que se usan actualmente con la finalidad de hacerlo más compacto, sin comprometer su funcionalidad y rendimiento; lo que permitirá que sea más portátil y adaptable. Adicionalmente, desarrollar una interfaz propia para la App móvil que sustituya el uso de las plantillas que proporciona Blynk, con una interfaz personalizada se pretende tener mayor control sobre las funciones y características de la App con la posibilidad de diseñarla en base a necesidades específicas de los usuarios.

Conclusiones

Como conclusión, un sistema de monitoreo mediante una App móvil y el uso de IIoT es una buena herramienta en la gestión y supervisión de procesos industriales, la visualización en tiempo real del flujo y la presión en el gas natural mejoró significativamente la detección de problemas en el suministro y le permitió al usuario tomar decisiones informadas y de manera rápida, logrando reducir los tiempos de inactividad. Dentro de la misma interfaz de monitoreo de la aplicación es posible agregar otras variables que estén relacionadas con las medidas actualmente, como por ejemplo la temperatura de los equipos; así como también el análisis de los datos almacenados en el Panel web para conocer y comparar los tiempos de respuesta a las fallas en el suministro del gas natural con la finalidad de tener datos históricos y saber la eficiencia del sistema de monitoreo con respecto a la mano de obra que se está destinando en la solución de los problemas en el proceso.

Referencias

[1] Y. D. S. Anaya, D. G. G. Rodríguez, I. G. Prince, & J. A. O. Sakanassi, "El impacto del internet de todas las cosas (IoT) en la vida cotidiana". *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 1369-1378. 2022.
[2] M. G. Munguía, H. D. M. Ruíz, M. C. Velázquez, S. S. M. Gutiérrez & J. L. A. Reséndiz. "Internet de las cosas". *Tepexi Boletín Científico De La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 7(14), 46-51. 2020.
[3] T. Qiu, Wu. D. Oliver, P. Pathi. "Introduction to the special section in software architecture and to model Industrial Internet of Things¨ *Elsevier*. 2017.
[4] S. Fahrni, C. Jansen, M. John, T. Kasah, B. Körber, & N. Mohr. "Coronavirus: Industrial IoT in challenging times". *McKinsey & Company*, 22. 2020.
[5] K. A. Yague Zapata, J. E. Hernandez Alvarado, C. F. Trujillo & D. R. Delgado. "Internet industrial de las cosas, evolución y desafíos", Tesis, Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia. 2020.
[6] A. Toro, G. Sánchez, M. Strefezza & E. Granado. "IIoT y sistemas de control: oportunidades, desafíos y arquitecturas", *Ciencia e Ingeniería*, 38(3), 209-214. 2017.
[7] E. R. Cáceres Alvarado. "Desarrollo de una plataforma basada en telemetría e IOT para el monitoreo remoto del consumo e indicadores de energía de una planta industrial", Tesis, Universidad Politecnica Saleciana, Ecuador, 2022.
[8] S. Atehortúa. "Sistema de monitoreo de variables físicas en tanques en un entorno IoT para la empresa Distrifull", Tesis, Universidad de Antioquia, Ecuador. 2022.
[9] L. F. H. Quintero. "Telemetría y telegestión en procesos industriales mediante canales inalámbricos Wi Fi utilizando instrumentación virtual y dispositivos PDA (Personal Digital Assitant)", *Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Red*. III Jornadas, JDARE. 2006.
[10] T. D. Fernández. "Plataformas IIoT con potencial aplicación en el contexto industrial cubano" , *Revista cubana de transformación digital*, 3(2), e175-e175. 2022.
[11] G. Brito Armas. "Estudio de viabilidad técnica y económica de una planta para la recuperación de metales preciosos a partir de residuos tecnológicos", Tesis, Universidad de la Laguna. España. 2017.
[12] A. R. Alpizar. "Instalando Blynk Server localmente". Sysadmins de cuba. https://www.sysadminsdecuba.com/2020/04/instalando-blynk-server-localmente/. (Junio,10, 2024).
[13] W. A. Chafla Bustamante & N. S. Alava Rosado. "Automatización de un horno industrial a gas con PLC y su monitoreo a distancia", Tesis, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. 2024.
[14] J. A. B. Pacheco. "Fundamentos de Placas de Circuito Impreso". *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria*. No. 4, 11(22), 15-17. 2023.
[15] Blynk. "Blynk: a low-code IoT software platform for businesses and developers". https://blynk.io/developers. (Marzo, 12, 2024).
[16] F. Valdés & R. P. Areny. "Microcontroladores fundamentos y aplicaciones con PIC", (Vol. 1149). *Marcombo*. 2007.
[17] Y. A. Barón Diseño prototipo banco de pruebas de presión de 0 a 100 Psig para transmisores de presión con salida analógica 4 a 20 mA para la empresa Hidrocasanare. [online]. Disponible en: https://repository.unad.edu.co/handle/10596/28467.
[18] J. A. Sánchez. Instrumentación y control básico de procesos. Ediciones Díaz de Santos. 2013.
[19] Real Academia Española: *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., [versión 23.7 en línea]. <https://dle.rae.es> [14/07/2024].
[20] R. M. Castro. Electrónica. Grupo Editorial Patria, 2014.
[21] R. Salcedo Díaz. Operaciones de Flujo de Fluidos. Tema 6: Flujo externo. Operaciones de Flujo de Fluidos, 2011.
[22] Precision digital. "Los fundamentos de los lazos de corriente de 4-20 mA". Predig. https://www.predig.com/whitepaper/de-regreso-lo-b%C3%A1sico-los-fundamentos-de-los-lazos-de-corriente-de-4-20-ma. (Julio, 20, 2024).
[23] WIKA Instrument Corporation. (2024). "WIKA Handbook Pressure & Temperature Measurement[Manual de WIKA Medición de presión y temperatura]", Lawrenceville, USA: WIKA Instrument Corporation. www.wika.com.mx. (Abril, 10, 2024)
[24] Emerson Electric Co. "Industrias". Emerson. https://www.emerson.com/es-mx/automation(Mayo,20,2024)
[25] Particle. "Particle Electron: Cellular", Particle Docs. https://docs.particle.io/electron/ (Noviembre, 22, 2023).
[26] Rosemount. "Transmisor de presión Rosemount 3051", Emerson Process Management. https://www.emerson.com/documents/automation/manual-rosemount-3051-transmisor-de-presi%F3n-con-protocolo-hart-es-es-78704.pdf (Enero, 28, 2012).
[27] J.C. Padilla. "Escalas de medición", Paradigma, vol. 2, 104-125. Julio,2007.
[28] Blynk. "Blynk.Documentation", Widgets (app). https://docs.blynk.io/en/blynk.apps/widgets-app. (Julio, 2024).
[29] Events | Blynk Documentation. (s. f.). https://docs.blynk.io/en/getting-started/events-tutorial. (Mayo,7, 2024).
[30] P. Seneviratne. "Hands-On Internet of Things with Blynk: Build on the power of Blynk to configure smart devices and build exciting IOT projects". *Packt Publishing Ltd*. 2018.
[31] Blink. "Components of the Blynk IoT Platform". Blynk.Documentation. https://docs.blynk.io/en (25, Marzo, 2024)