

Plataforma que integra protocolos
**industriales con
datagramas y mensajes**
en la red que permiten la teleoperación
desde cualquier terminal conectado,
pudiendo ser un teléfono celular, una
estación de trabajo, servicio web o una
interface virtual de realidad aumentada.



Plataforma IIoT para el monitoreo y operación remota aplicado a sistemas de control de movimiento industrial

IIoT Platform for Remote Monitoring and Operation Applied to Industrial Motion Control System

RESUMEN

A nivel mundial, nos encontramos frente a una rápida expansión de la COVID-19, sus efectos sociales y económicos llevaron a la OMS a declararla pandemia desde marzo del presente año. Muchos gobiernos implementaron políticas de aislamiento social, cierre de establecimientos y eventos públicos. Estas disposiciones están llevando a la sociedad a nuevos escenarios para resolver estos desafíos y aceleran la transformación digital de las empresas.

El presente trabajo está basado en el desarrollo de una plataforma IIoT que permita el monitoreo y la operación remota de sistemas de control de velocidad de motores trifásicos desde cualquier equipo o dispositivo móvil conectado al internet. Las medidas proporcionadas por el dispositivo remoto son transmitidas a través de un protocolo de comunicación industrial a una puerta de enlace o Gateway Industrial IIoT que a su vez transmite la información hacia un servicio web alojado en la nube.

El desarrollo de la plataforma integra diferentes tecnologías como automatización, redes de comunicación y desarrollo de software, permitiendo una experiencia multidisciplinaria en la búsqueda de soluciones aplicando Industria 4.0 (I 4.0).

ABSTRACT

Worldwide we are facing a rapid expansion of Covid-19; its social and economic effects led WHO to declare it a pandemic since March of this year and many governments implemented policies of social isolation, closure of establishments and public events. These provisions are leading society to new scenarios to solve these challenges by accelerating the digital transformation of companies.

This work is based on the development of an IIoT Platform that allows remote monitoring and operation of a three-phase motor speed control system, from any computer or mobile device connected to internet. Measurements provided by a remote device are transmitted, through an industrial communication protocol, to an Industrial IIoT Gateway, which in turn transmits the information to a web service hosted in the cloud.

Platform development integrates different technologies such as automation, communication networks and software development, allowing a multidisciplinary experience in the search for solutions applying Industry 4.0.



Palabras Claves

Industria 4.0, automatización, internet de las cosas industrial, gateway, control de velocidad de motores, productividad, trabajo remoto, pandemia, COVID-19

Key words

Industry 4.0, Automation, Industrial Internet of Things, Gateway, Motor Speed Control, Productivity, Remote Work, Pandemic, COVID-19

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el Gobierno peruano, quien ha adoptado diversas medidas para frenar la desaceleración económica, conservar puestos de trabajo y preservar la salud de todos sus ciudadanos, emitió disposiciones resaltándose el Decreto de Urgencia N.º 026-2020, el cual establece diversas medidas para prevenir la propagación del coronavirus (COVID-19) en el territorio nacional [3]. En este, se contemplan ciertas situaciones, entre ellas las de materia laboral, así como la consecuente aparición de la nueva figura del trabajo remoto.

El presente artículo está basado en el desarrollo de un sistema que permita el monitoreo y la operación remota de un control de velocidad de motores desde cualquier terminal conectada a internet. Esta plataforma BackEnd permite el soporte para la operación de controladores industriales encargados de supervisar la producción, enlazando sus parámetros de operación con la nube de Google. Este sistema integra protocolos industriales con datagramas y mensajes en la red que permiten la teleoperación o trabajo remoto desde cualquier terminal conectado pudiendo ser un teléfono celular, una estación de trabajo, servicio web o una interface virtual de realidad aumentada.

Se considera trabajo remoto o teletrabajo a la actividad en la que el teletrabajador presta sus servicios a distancia del centro de trabajo tradicional [11], lo cual se puede realizar a través de las redes de telecomunicación para cumplir con las cargas laborales asignadas.

FUNDAMENTOS

El desarrollo del presente trabajo se presenta como una plataforma IIoT industrial, que tiene la finalidad de acceder remotamente a máquinas industriales permitiendo su operación y su diagnóstico en tiempo real desde cualquier dispositivo inteligente. La plataforma desarrollada integra diferentes áreas como automatización, redes de comunicación y desarrollo de *software*, permitiendo una experiencia multidisciplinaria de estudiantes de las carreras de Mecatrónica Industrial, Electrónica y Electricidad aplicando tecnologías relacionadas a Industria 4.0.

Industria 4.0

Una de las tecnologías empleadas para el desarrollo del presente trabajo, se basa en la integración de controladores industriales mediante protocolos con capacidad de escalamiento y capacidad de transmisión de datagramas a Gateway industriales. La Industria 4.0 es un nuevo enfoque, donde se integran el mundo virtual y el mundo físico de las máquinas dando forma a la Fábrica inteligente o Industria Conectada 4.0. Esta es la sincronización perfecta de lo real y el mundo virtual que abre nuevas posibilidades para los fabricantes de equipos, el intercambio continuo de datos en tiempo real permite un nivel de inteligencia mucho más elevado y más automatización, permitiendo una mejor asignación de los recursos y una mayor eficiencia y rentabilidad [1].

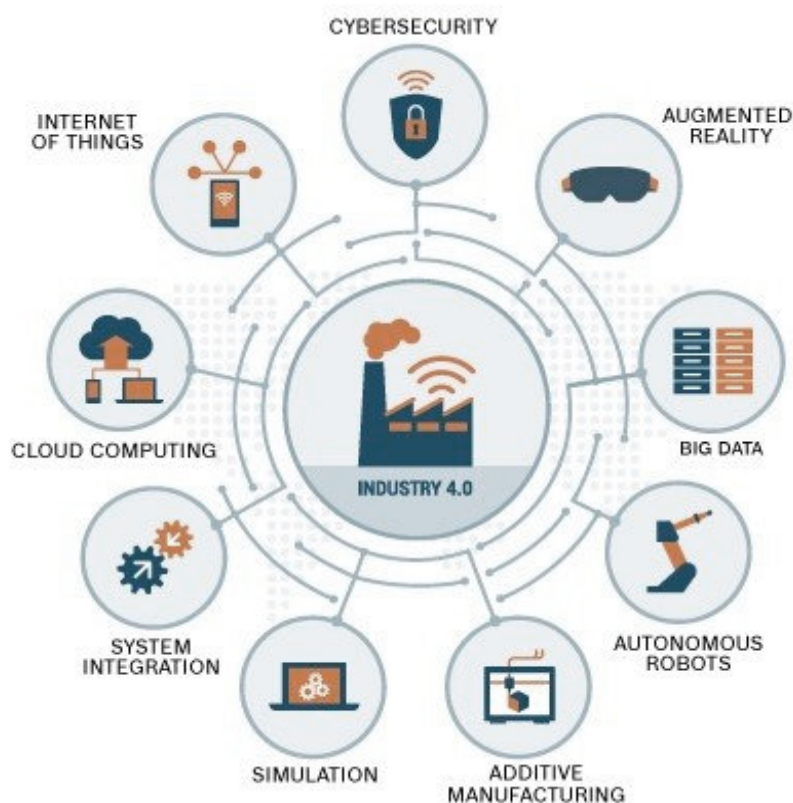


Figura 1. Herramientas para Industria 4.0
Fuente: Manufacturers Alliance.

Los procesos de actualización hacia la tecnología I 4.0 no implican cambiar equipos y maquinarias. Llevar una fábrica a producir en un entorno I 4.0 es realizar una reingeniería de adaptación y un manejo de recursos que minimizan gastos, potencian capacidades no usadas y, sobre todo, generan sinergia económica que se evidencia en mejoras cuantitativas y cualitativas en la producción [10].

Protocolos de comunicación

Para el desarrollo del proyecto, se requiere realizar conexiones entre los diferentes equipos electrónicos que permitan el envío de datos a una plataforma IIoT que se encuentra instanciada en una red de internet, detectando la necesidad de usar protocolos de comunicación que soporten dichas plataformas destacando el MQTT, CoAP y REST [6]. Cabe resaltar que, para evitar filtraciones y malas prácticas con los datos recolectados de los dispositivos, los protocolos de comunicación deben garantizar la confidencialidad y la seguridad de estos, implementando mecanismos de seguridad implementados por las plataformas AWS, Microsoft Azure o Google Cloud empleando este último [6].

Protocolos de aplicación		DDS	CoAP	AMQP	MQTT	MQTT-NS	XMPP	HTTP REST
Descubrimiento de servicios		mDNS			DNS-SD			
Protocolos de Infraestructura	Ruteo	RPL						
	Capa de red	6LoWPAN		IPv4/IPv6				
	Capa de enlace	IEEE 802.15.4						
	Capa física	LTE-A	EPC global	IEEE802.15.4			Z-Wave	

Figura 2. Protocolos de comunicación
Fuente: Adaptado de Manosalva [8].

La plataforma IIoT puede registrar diversos parámetros del proceso de producción de manera automática, precisa y oportuna. Solo la producción industrial tradicional se percata de la comunicación de la máquina a través de la tecnología M2M. La comunicación máquina-a-máquina es una tecnología clave para las futuras aplicaciones del IIoT. Desempeña un papel importante en la conectividad y la integración de máquinas computarizadas, tales como sensores, actuadores, controladores y robots. Las exigencias en cuanto a flexibilidad, eficiencia y compatibilidad multiplataforma de la intercomunicación entre el módulo de máquinas conectadas [5].

Cloud Google

Las máquinas conectadas a los procesos industriales disponen de estándares de protección y confidencialidad de datos mediante puentes de conexión para garantizar la transmisión de datos segura en cualquier condición. Cloud Google es compatible con los protocolos MQTT y HTTP estándar, permitiendo usar los dispositivos con mínimos cambios de *firmware*. Además, se ejecuta en la infraestructura servidor de Google, que se escala automáticamente en respuesta a los cambios en tiempo real y cumple los estrictos protocolos de seguridad estándar del sector que protegen los datos empresariales [5].

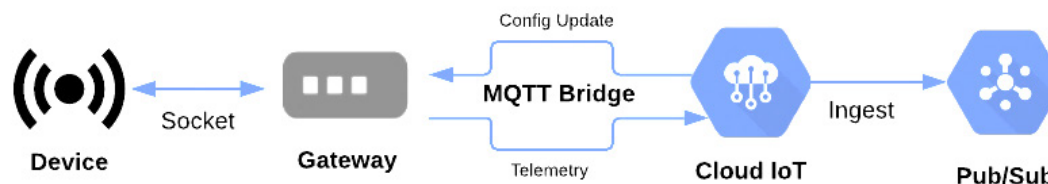


Figura 3. IoT Cloud Google
Fuente: Google.

Node Red

Las máquinas conectadas a la red conforman nodos para generar aplicaciones de IIoT; para su enlace, empleamos Node Red, que es una plataforma web, creada por el equipo de IBM Emerging Technology. Posee una interfaz amigable que permite colocar en el área de trabajo nodos que representan APIs de

web, servicios en línea o dispositivos de *hardware*. Estos nodos se pueden unir con un cableado que representan el flujo de datos, también se pueden programar funciones en JavaScript; de esta manera, es posible programar nodos con determinadas funcionalidades. El motor de tiempo real se basa en Node.js, el cual es un entorno para ejecutar JavaScript realizado con el motor V8 Chrome [9].

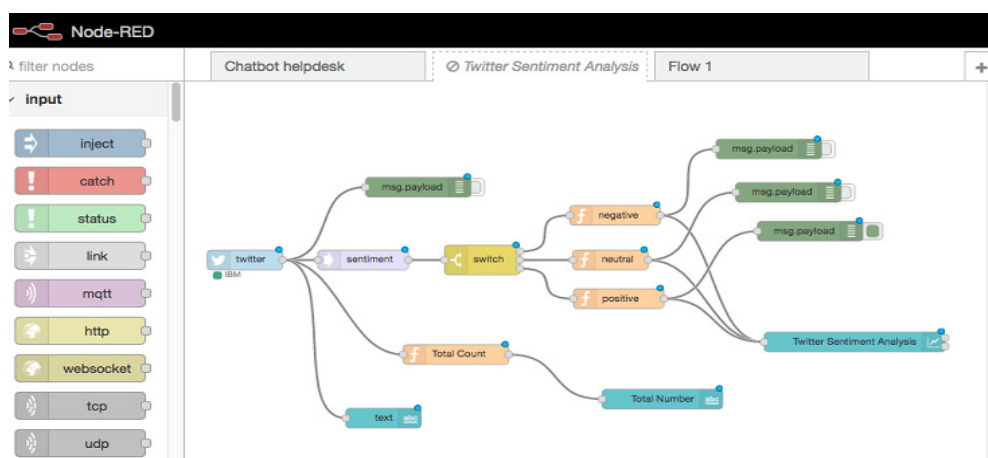


Figura 4. Node Red.
Fuente: IBM.

Gateway industrial

Es el encargado de la interconexión y comunicación con los nodos y la adquisición de la información, sin esta capa el resto de capas y servicios no tiene sentido, está conformado por los conectores que se encargan del protocolo que se va a implementar en el *Gateway*.

El *Gateway* creará servicios web para la consulta y la actualización de los recursos. Estos están identificados por una URI única que permite su acceso, lo que genera operaciones de consulta o lectura (GET) y de actualización (POST), así como operaciones complementarias se pueden implementar operaciones de listado y descubrimiento [2].

La transferencia de información del *Gateway* sigue cuatro principios básicos de diseño de servicios web de REST:

- Utiliza métodos HTTP de forma explícita.
- Los URIS como estructuras de directorios.
- Transfiere información mediante JavaScript Object Notation (JSON).

Oportunidades y limitaciones

En la actualidad, a nivel mundial, muchos sectores industriales están proyectando inversiones o planean invertir en IoT, el grado de implantación varía según la industria; gracias al IoT, para el 2030, se estima que la aplicación de la tecnología a la industria genere 14,2 billones de dólares, lo que se traduce en un incremento en el PIB mundial del 1,5 %.

Las industrias y los sectores que más están apostando por el IoT son, en este orden, el sector financiero, el sanitario, el de telecomunicaciones, la producción industrial, el *retail*, el sector energético y el transporte [12].

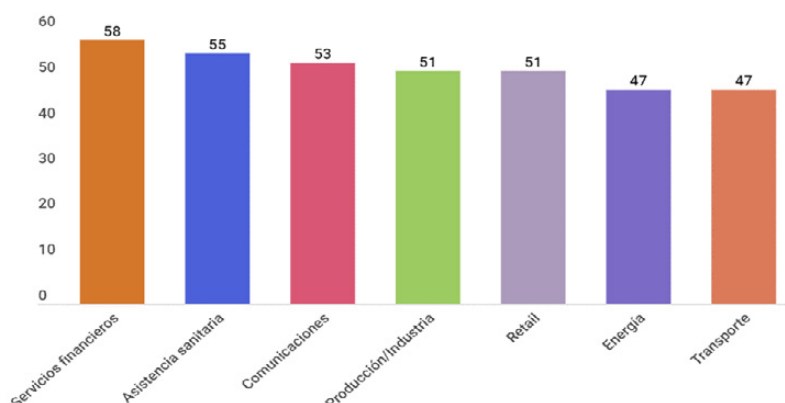


Figura 5. IoT en la industria.
Fuente: Vector ITC.

En nuestro país, aplicar una plataforma IoT industrial brinda una gran oportunidad para muchas empresas que permitiría reactivar el sector productivo promoviendo el trabajo remoto, el diagnóstico y la trazabilidad de datos en tiempo real. Sin embargo, la cobertura de datos de internet es limitada, pues el 73 % de la población rural peruana carece de conexión a internet según el reporte «Inclusión digital en América Latina y el Caribe», elaborado por GSMA Groupe Speciale Mobile Assotiation [7].

En la figura 6, podemos ver la cobertura de internet en el Perú, la cual confirma los datos obtenidos por GSMA. Esta información es de mucha utilidad debido a que no es necesario contar con una conexión de internet de banda ancha para transmitir datos, ya que el sistema propuesto puede trabajar con la red de telefonía móvil, aprovechando la cobertura de los diferentes proveedores de servicios de internet.



Figura 6. Cobertura de Internet en el Perú.
Fuente: nPerf.

METODOLOGÍA

La metodología para el análisis, el diseño, la implementación y las pruebas del *software* fue basada en el RUP (Rational Unified Process). El RUP guía el proceso de desarrollo del *software* al proporcionar una pauta y un orden en las actividades del equipo. Asimismo, especifica los artefactos que deberían ser adaptados y en el momento de hacerlo [4].

El desarrollo del proyecto consiste en que un controlador industrial, conectado a un proceso productivo, mide el estado de operación del proceso y las condiciones para su correcto funcionamiento. Las medidas proporcionadas por el controlador son transmitidas a través de un protocolo de comunicación industrial a una puerta de enlace o *Gateway* IoT que, a su vez, transmite la información hacia una base de datos alojada en la nube. Una vez, almacenada

la información, los usuarios registrados en el sistema tendrán acceso mediante un aplicativo a la información almacenada en la nube de Google. Posteriormente, visualizan los datos, permitiendo el registro e ingreso de parámetros correctivos con base en la información proporcionada; de igual manera, la información proporcionada permitirá programar paradas programadas sobre la base de sus condiciones de operación.

La primera actividad que se realizó fue la determinación de los requerimientos funcionales del sistema desarrollado:

- RF01. Enviar los parámetros de la máquina a un servicio web.
- RF02. Inicio de sesión.
- RF03. Consulta parámetros del dispositivo remotamente.
- RF04. Corrección parámetros del dispositivo en la nube.
- RF05. Registro de parámetros del dispositivo remotamente

Luego, se realizó la determinación de los requerimientos no funcionales del sistema desarrollado:

- [Usabilidad] RNF01. La interfaz gráfica de la plataforma facilitará su empleo a usuarios sin conocimientos en el uso de aplicaciones en entorno web.
- [Eficiencia] RNF02. La plataforma debe estar disponible en 99 %, ante fallas de conectividad con los servicios web, causados por problemas del proveedor de servicios de Internet.
- [Eficiencia] RNF03. El sistema debe actualizar los parámetros del dispositivo remoto en tiempo real sin necesidad de actualizar la interfaz gráfica.
- [Seguridad] RNF04. Los permisos de acceso a la plataforma solo podrán ser cambiados por el administrador de acceso a datos.
- [Seguridad] RNF05. Todas las comunicaciones externas entre servidores de datos, aplicación y cliente del sistema deben estar encriptadas utilizando el algoritmo RSA.
- [Seguridad] RNF06. El sistema debe garantizar su funcionamiento en ambientes con grado de protección IP20.
- [Rendimiento] RNF07. El tiempo de respuesta de la plataforma debe ser menor de 2 segundos después de realizar el enlace remoto.

Tabla 1.
Actores del sistema

Actor	Descripción
AS01: Controlador industrial	Es el actor encargado de registrar los datos de la máquina.
AS02: IoT - Gateway industrial	Es el actor encargado de enviar los datos generados por AS01, al AS03.
AS03: Operario remoto	Es el actor que ingresa a la plataforma para verificar y actualizar los datos recopilados por el AS01.
AS04: Administrador remoto	Es el actor que ingresa a la plataforma para generar las órdenes de inspección para AS03.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los requerimientos, los requerimientos funcionales y no funcionales se determinaron en los casos de uso de sistema.

Tabla 2.
Especificación de casos de uso – Medir parámetros de la máquina

Caso de uso	CU01: Medir parámetros de la máquina.
Actor	AP01: Controlador industrial AP02: IoT industrial.
Propósito	Al encender AS01, inicia el proceso y se envían los datos al servicio web en la nube mediante AS02.
Descripción	Se enviarán parámetros de la máquina en protocolo S7 al Gateway, una conexión de internet transportará esta información, mediante mensajes PUT en protocolo MQTT, los cuales serán registrados en el servicio web.
Requerimiento funcional	RF01.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.
Especificación de casos de uso – Visualizar parámetros de la máquina

Caso de uso	CU02: Visualizar parámetros de la máquina.
Actor	AS03: Operario remoto.
Propósito	Luego de iniciar sesión de AS03, se visualizan los datos de la máquina, registrados en el servicio web en la nube mediante AS02.
Descripción	Se reciben los parámetros de la máquina, mediante mensajes GET en protocolo MQTT enviados por el aplicativo móvil.
Requerimiento funcional	RF01, RF02.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.
Especificación de casos de uso – Actualizar parámetros de la máquina

Caso de uso	CU03: Actualizar parámetros de la máquina.
Actor	AS03: Operario remoto.
Propósito	Luego de que AS03 visualiza los parámetros de la máquina, puede actualizar sus parámetros, modificando los registros del servicio web en la nube mediante AS02.
Descripción	Se modifican los parámetros de la máquina, mediante mensajes PUT en protocolo MQTT enviados por el aplicativo móvil.
Requerimiento funcional	RF01, RF02, RF03.RF04.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.
Especificación de casos de uso – Generar órdenes de mantenimiento

Caso de uso	CU04: Generar órdenes de mantenimiento.
Actor	AS04: Administrador remoto.
Propósito	Al ingresar AS04, puede visualizar los parámetros de AS01, analizar los datos del proceso y generar órdenes de inspección por parte de AS03.
Descripción	Se visualizan los parámetros de la máquina, mediante mensajes GET en protocolo MQTT enviados por el aplicativo móvil. Se generan órdenes de mantenimiento y se asignan operadores responsables.
Requerimiento funcional	RF01, RF02, RF03.RF04, RF05.

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama del modelo conceptual

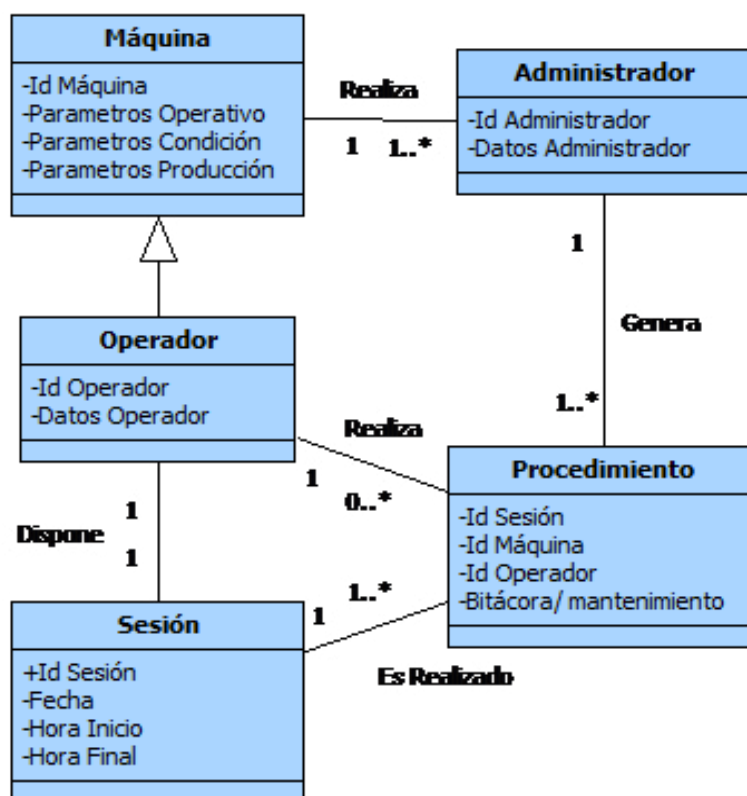


Figura 7. Diagrama del modelo conceptual.
Fuente: Elaboración propia.

Vista lógica de la arquitectura de software

La vista lógica muestra el soporte de la arquitectura a los requerimientos funcionales orientados al usuario final.

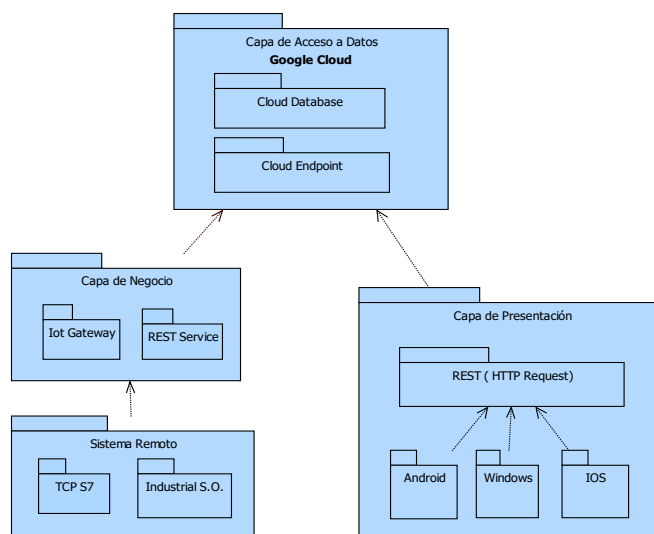


Figura 8. Vista lógica de la arquitectura del software.

Fuente: Elaboración propia.

- El paquete de acceso datos representa el servicio web que recibirá los parámetros de la máquina en tiempo real y recibirá las órdenes remotas que realizarán las correcciones respectivas sobre aquellos parámetros monitoreados fuera de los rangos permitidos en el proceso.
- El paquete Capa de negocio refiere al componente de *software* donde se almacenan las reglas de negocio del sistema y el componente de *software* encargado de enviar los datos de la máquina remota al servicio web alojado en la nube.
- El paquete Sistema en tiempo real representa al componente de *software* a desarrollar para que la máquina industrial pueda enviar y recibir los datos al *Gateway* industrial.
- El paquete Capa de presentación se refiere al componente de *software* multiplataforma para el acceso del operador remoto al servicio web que permitirá el acceso a los parámetros de condición, operativos y de producción de la máquina.

Vista de implementación de la arquitectura de software

Está orientada a la organización de componentes desde una perspectiva de programación de sistemas.

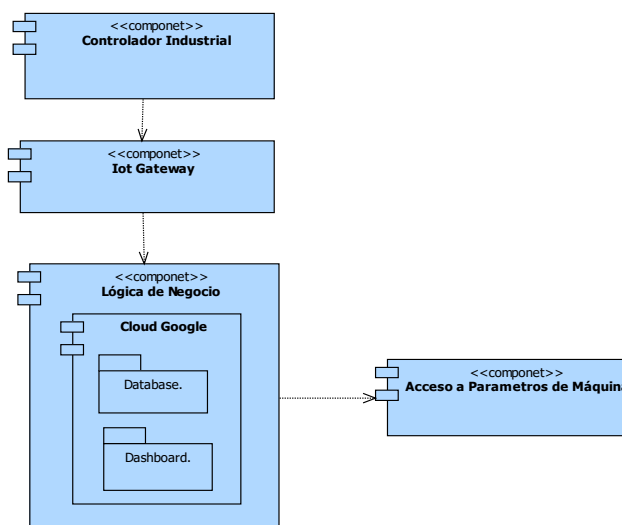


Figura 9. Vista de implementación.

Fuente: Elaboración propia.

Vista de despliegue de la arquitectura de software

Muestra los requerimientos no funcionales como confiabilidad, rendimiento y restricciones.

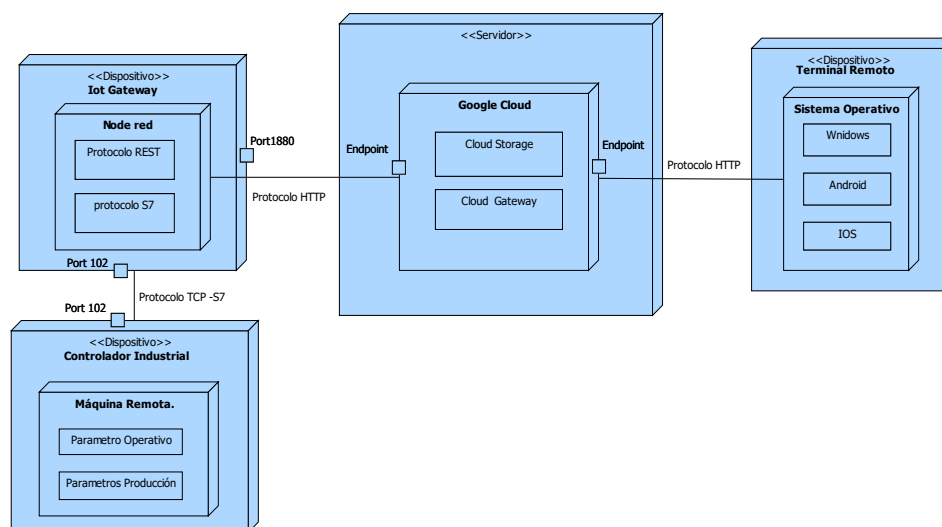


Figura 10. Vista de despliegue de la arquitectura de software.

Fuente: Elaboración propia.

Requerimientos

Máquina remota

Hardware

- Procesador S7
- Módulo de 8DI, 8DO, 4AI
- Interfaz Ethernet
- Medidor de energía interfaz Ethernet

IoT Gateway

Hardware

- Intel Quark x 1000 (Galileo)
- 512 MB de RAM
- Interfaz Ethernet
- MicroSDHC (de 8 a 32 GB)

Servicio web

Software

- Google Cloud Platform
- Google Firestore Database

Terminal remoto

Software

- Android 4.4 o superior
- Windows 7 o superior
- IOS o superior
- Interfaz Ethernet Wireless
- Conexión a internet móvil

RESULTADOS

El proyecto basa su desarrollo en diseñar e implementar una aplicación IIoT en un sistema de automatización industrial que permita el monitoreo del sistema de forma local o remota, basándose en un diseño simple, genérico y extensible para la fácil identificación e integración de los equipos en procesos de automatización [5].

La aplicación de monitoreo industrial se enlaza con la máquina remota por medio de un IoT Gateway para controlar su estado de funcionamiento. Para este desarrollo, se realizaron pruebas de laboratorio y se tomó como referencia los parámetros de sentido de giro, velocidad y frecuencia de un motor industrial conectado a un controlador lógico.

El controlador lógico empleado es el Logo V8 Siemens (dirección IP: 192.168.43.60) conectado a un variador de frecuencia Powerflex 525 Rockwell, el cual está conectado a un motor trifásico de 2Hp, de igual manera como dispositivo gateway IoT se utilizó un Simatic IoT 2000 (dirección IP: 192.168.43.100). Es importante mencionar que los equipos empleados son de uso y aplicación estándar, encargados de accionar las máquinas que se encuentran instaladas en muchos procesos productivos.



Figura 11. Implementación de máquina remota y aplicación móvil.
Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la instalación y pruebas de funcionamiento del equipo remoto enlazado a la red TCP S7 mediante la dirección 192.168.43.60 y este al IoT Gateway con la dirección 192.168.43.100 con un retardo de 0.083 segundos, este dato es registrado mediante un analizador de protocolos y examinando el puerto 102(puerto S7COMM).

Es necesario mencionar que, cuando el operador/administrador se registra por primera vez y se conecta con el equipo remoto, se experimenta un retraso de 1 a 2 segundos, este tiempo se disminuye a 0,083 segundos luego de haberse establecido el enlace. Se realizaron pruebas de conexión con operarios ubicados en La Molina, Callao, el Agustino e Ica y se obtuvieron los mismos resultados.

ip.src == 192.168.43.100						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.43.100	192.168.43.60	S7COMM	85	ROSCTR:[Job] Function:[Read Var]
3	0.041763	192.168.43.100	192.168.43.60	TCP	54	56271 → 102 [ACK] Seq=32 Ack=27 Win=64656 Len=0
5	0.083758	192.168.43.100	192.168.43.60	S7COMM	85	ROSCTR:[Job] Function:[Read Var]
7	0.126553	192.168.43.100	192.168.43.60	TCP	54	56272 → 102 [ACK] Seq=32 Ack=27 Win=64760 Len=0
8	0.500662	192.168.43.100	192.168.43.60	S7COMM	85	ROSCTR:[Job] Function:[Read Var]
10	0.541410	192.168.43.100	192.168.43.60	TCP	54	56271 → 102 [ACK] Seq=63 Ack=53 Win=64630 Len=0
11	0.584434	192.168.43.100	192.168.43.60	S7COMM	85	ROSCTR:[Job] Function:[Read Var]
13	0.626276	192.168.43.100	192.168.43.60	TCP	54	56272 → 102 [ACK] Seq=63 Ack=53 Win=64734 Len=0
14	1.001318	192.168.43.100	192.168.43.60	S7COMM	85	ROSCTR:[Job] Function:[Read Var]
16	1.043086	192.168.43.100	192.168.43.60	TCP	54	56271 → 102 [ACK] Seq=94 Ack=79 Win=64604 Len=0
17	1.084092	192.168.43.100	192.168.43.60	S7COMM	85	ROSCTR:[Job] Function:[Read Var]
19	1.125851	192.168.43.100	192.168.43.60	TCP	54	56272 → 102 [ACK] Seq=94 Ack=79 Win=64708 Len=0
Destination: 192.168.43.60						
Transmission Control Protocol, Src Port: 56271, Dst Port: 102, Seq: 32, Ack: 27, Len: 0						
Source Port: 56271						
Destination Port: 102						

Figura 12. Paquetes de datos visualizados en analizador de protocolos.
Fuente: Elaboración propia.

Realizando un filtrado de 44 616 paquetes producidos en una transmisión en 60 minutos, en la cual el operario realiza operaciones de visualización/actualización de parámetros a la dirección del equipo remoto 192.168.43.60, se registra aproximadamente 4

kb/seg de transferencia de datos, mientras se mantiene el enlace, confirmando que este tipo de redes transmiten en una banda muy estrecha de datos, permitiendo realizar múltiples transmisiones por periodos de acceso programados.

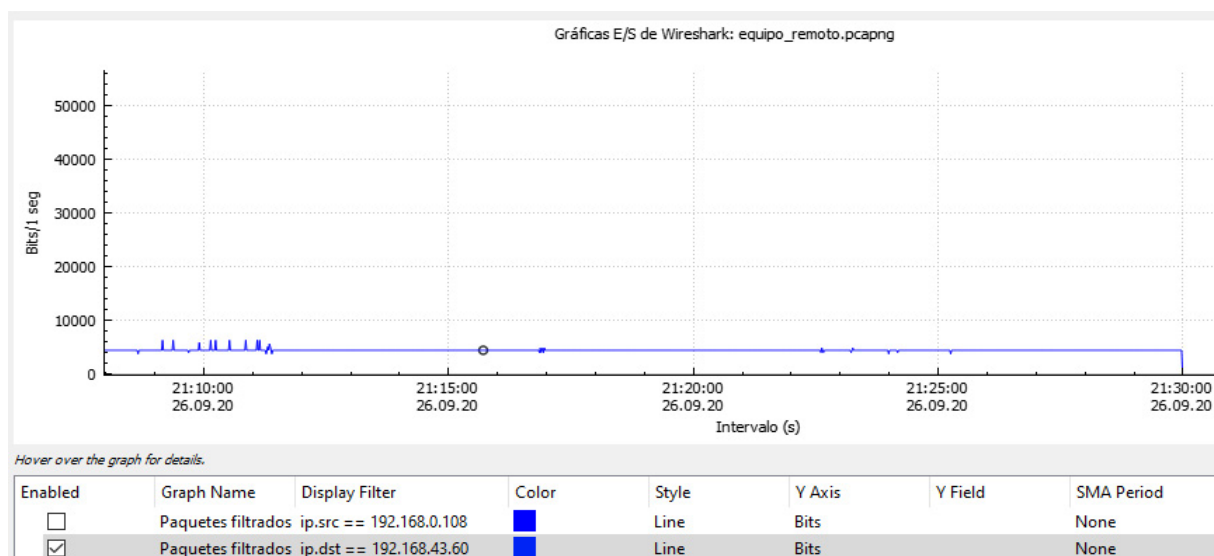


Figura 13. Redimiendo del sistema.
Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

- La solución propuesta permite aprovechar la información obtenida de los procesos conectados a redes industriales, generando herramientas para el análisis predictivo, el aprendizaje automático y analítica, procesos que se anticipan a los fallos, incrementan su rendimiento y reducen los tiempos.
- Uno de los inconvenientes de la tecnología propuesta es el alcance del servicio limitado por la cobertura de datos de internet, ya que el 73 % de la población rural peruana carece de conexión a internet.
- Se desarrolló una plataforma mediante la cual un operador calificado puede realizar el monitoreo de condición, operación remota de máquinas industriales desde cualquier equipo o dispositivo móvil conectado al internet, lo que permite la asistencia técnica remota.
- La plataforma desarrollada integra diferentes áreas como automatización, redes de comunicación y desarrollo de *software*, permitiendo una experiencia multidisciplinaria en la búsqueda de soluciones aplicando Industry 4.0, con la posibilidad de ampliar su implementación en laboratorios remotos en la formación técnica.

REFERENCIAS

- [1] Bosch Rexroth España. (s. f.). Industria 4.0 [Artículo web]. Recuperado de <https://www.boschrexroth.com/es/es/temas-de-actualidad/industria-4-0/connected-industry-1>
- [2] Cancio Gómez, A. (2018). *Diseño, desarrollo y prototipado de un Gateway M2M multiprotocolo para aplicaciones IoT* [Tesis de grado]. Universidad Abierta de Cataluña.
- [3] Castro, I. «Medidas legales adoptadas en el ámbito laboral peruano debido al COVID-19», p. 4. Recuperado de <http://www.cielolaboral.com/medidas-legales-adoptadas-en-el-ambito-laboral-peruano-debido-al-covid-19/>
- [4] Ccoyllo, I., Díaz, G., y Rodríguez, D. (2016). Alerta temprana ante huaycos (Satah UNO). *Revista I+i*, 3-12. Recuperado de <https://www.tecsup.edu.pe/sites/default/files/page/file/revista/Volumen-10/Art-1.pdf>
- [5] Gallo, T. (2018). Desarrollo e implementación de internet industrial de las cosas aplicado al laboratorio de PLC'S de la Facultad de Ingeniería Industrial en procesos de automatización de la Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9228>
- [6] García, J., y Benavides, J. (2019). *Arquitectura REST para la plataforma UAO-IO* [Tesis de grado]. Universidad de Oriente. Recuperado de <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/11597/5/T08762.pdf>
- [7] GSMA Latin America. (s. f.). Inclusión Digital en América Latina. Recuperado de <https://www.gsma.com/latinamerica/es/sociedad-conectada/>
- [8] Manosalva Barrera, N., y Cangrejo Aljure, L. (2018). Arquitectura tecnológica IoT para la trazabilidad de productos frescos. *Rev. Cuba. Cienc. Informáticas*, 12(1), 28-42.
- [9] Marinelli, M., y Urquijo, R. (2017). Sistema de control de una cámara de germinación hidropónica con IoT. En *XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación* (oct. 2017). Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/63881>
- [10] Rivera, J., Luna, M., y Andrade, M. (2019). Estrategias de aplicación de Industria 4.0 en las empresas peruanas, *Revista i + i*, 5-13.

[11] Valencia Catunta, A. (2018). Aspectos regulatorios del teletrabajo en el Perú: análisis y perspectivas, *Rev. IUS*, 12(41). Recuperado de 10.35487/rius.v12i41.2018.319

[12] Vector ITC. (23 de julio de 2019). Próximos retos en la adopción del Internet of Things [Artículo web]. Recuperado de <https://www.vectoritcgroup.com/tech-magazine/innovation-trends/cuales-son-los-proximos-retos-en-la-adopcion-del-iot/>

ACERCA DEL AUTOR

Carlos Otiniano Noé

Profesional en sistemas mecatrónicos industriales, Train the Trainers en Industria 4.0 certificado por Bosh Rexroth. Es desarrollador asociado CLAD certificado por National Instruments. Certificación de Mechatronics WorldSkills

Festo WSA. Cuenta con más de 7 años de experiencia como integrador de sistemas industriales y 12 años de experiencia como docente en instituciones tecnológicas, brindando formación tecnológica en las carreras de Mecatrónica y Electrónica Industrial.

@ cotinianon@tecsup.edu.pe

Recibido: 27-09-20

Revisado: 18-10-20

Aceptado: 20-10-20



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial 4.0 Internacional.