

Estrategia Virtual enfocada a la industria 4.0 sobre una planta piloto industrial

**Virtual strategy focused on industry 4.0
on an industrial pilot plant**

**Estratégia virtual focada na indústria 4.0
em uma planta piloto industrial**

David L. Martínez H

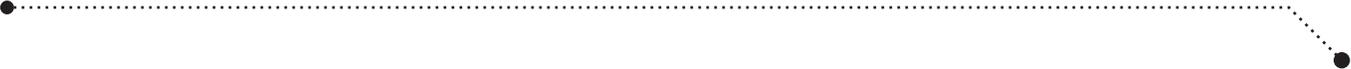
Grupo de Investigación GIDINT
david.martinez@usantoto.edu.co

Resumen— En este trabajo se muestra cómo se desarrolló una herramienta relacionada con la industria 4.0 y su implementación para ser utilizada en los procesos de enseñanza-aprendizaje, especialmente área de automatización industrial de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás - Bucaramanga Seccional Colombia. Esta herramienta se realizó siguiendo la metodología de análisis, fundamentación, diseño y finalmente una implementación. La herramienta se ha realizado mediante una página web local y una aplicación móvil encargada de controlar, almacenar, generar informes y emitir datos obtenidos por un controlador PLC Siemens s7-1200, desde una planta piloto industrial instrumentada. La página almacena una interfaz para un control didáctico inicial, para generar reportes a partir de una base de datos MySQL y una interfaz encargada del monitoreo con de un sistema de supervisión (SCADA). La aplicación móvil se ejecuta sobre Android y cuenta con interfaces de interacción para el control y seguimiento de la información a través de realidad aumentada, con la cual, se permite observar los símbolos de los elementos de una planta piloto industrial y así, seleccionar y emitir o recibir datos del dispositivo seleccionado. Además, la aplicación permite interactuar para obtener información de cada elemento en particular.

Palabras clave— Industria 4.0, aplicación móvil, pagina web, instrumentación virtual.

Abstract— This work shows how a tool related to industry 4.0 was developed and its implementation to be used in teaching-learning processes, especially in the area of industrial automation of the Faculty of Mechatronics Engineering of the Universidad Santo Tomás - Bucaramanga Seccional Colombia. This tool was made following the methodology of analysis, foundation, design and finally an implementation. The tool has been made through a local web page and a mobile application in charge of controlling, storing, generating reports and issuing data obtained by a Siemens s7-1200 PLC controller, from an instrumented industrial pilot plant. The page stores an interface for an initial didactic control, to generate reports from a MySQL database and an interface in charge of monitoring with a supervision system (SCADA). The mobile application runs on Android and has interaction interfaces for the control and monitoring of information through augmented reality, with which it is possible to observe the symbols of the elements of an industrial pilot plant and thus select and issue or receive data from the selected device. In addition, the application allows you to interact to obtain information on each particular element.

Keywords— Industry 4.0, mobile application, web page, virtual instrumentation.



Resumo— Este trabalho mostra como uma ferramenta relacionada à indústria 4.0 e sua implementação foi desenvolvida para ser utilizada em processos de ensino-aprendizagem, especialmente na área de automação industrial da Faculdade de Engenharia Mecatrônica da Universidad Santo Tomás - Bucaramanga Seccional Colombia. Esta ferramenta foi feita seguindo a metodologia de análise, fundamentação, desenho e por fim uma implementação. A ferramenta foi feita através de uma página web local e um aplicativo móvel responsável por controlar, armazenar, gerar relatórios e emitir dados obtidos por um controlador PLC Siemens s7-1200, de uma planta piloto industrial instrumentada. A página armazena uma interface para um controle didático inicial, para gerar relatórios a partir de um banco de dados MySQL e uma interface responsável pelo monitoramento com um sistema de supervisão (SCADA). O aplicativo móvel roda em Android e possui interfaces de interação para controle e monitoramento das informações por meio de realidade aumentada, com a qual é possível observar os símbolos dos elementos de uma planta piloto industrial e assim selecionar e emitir ou receber dados do dispositivo selecionado. Além disso, o aplicativo permite interagir para obter informações sobre cada elemento específico.

Palavras chave— Indústria 4.0, aplicativo móvel, página web, instrumentação virtual.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de monitoreo para la transmisión y recepción de datos utilizan dispositivos móviles o páginas web se encuentran en constante evolución, por tal motivo, su implementación ha permeado en diversos sectores de la economía. En la actualidad muchas de las compañías requieren de nuevos sistemas que permitan desde sus dispositivos interactuar con el mundo exterior y estos a su vez tener una respuesta.

La industria 4.0 es un tema que requiere ser implementado en diversos sectores tales como: urbano, industrial, agrario, etc. De igual manera se busca aplicar en universidades para que los futuros profesionales se adapten, conozcan y puedan familiarizarse para ser profesionales competitivos.

La industria 4.0 maneja conceptos tales como: realidad aumentada, Big data, internet de las cosas, internet industrial de las cosas, modelos en 3D y 2D, sistemas de integración, bases de datos, reportes, aplicaciones móviles y aplicaciones web. Adicionalmente, la industria 4.0 requiere de múltiples protocolos de comunicación que permitiendo acceder y mostrar información en dispositivos electrónicos casi en tiempo real.

En la actualidad la evolución de los dispositivos móviles representa la gestión del mejoramiento de muchos problemas para el área de la automatización industrial las comunicaciones. El uso de la utilización de aplicación móviles,

páginas web y demás desarrollos han permitido que la automatización industrial tenga análisis estadísticos casi en tiempo real ayudando al ser humano en la producción, reduciendo riesgo y tomar decisiones en el menor tiempo posible. [9]

Los avances de los lenguajes de programación, dispositivos electrónicos, bases de datos, motores de desarrollo y demás sistemas relacionados están permitiendo que todo lo imposible se convierta en una realidad. La creatividad y la investigación juntas permite dar iniciativas a proyectos que puedan llevarse a cabo con el fin de contribuir en la modernización del país.

II. DESARROLLO

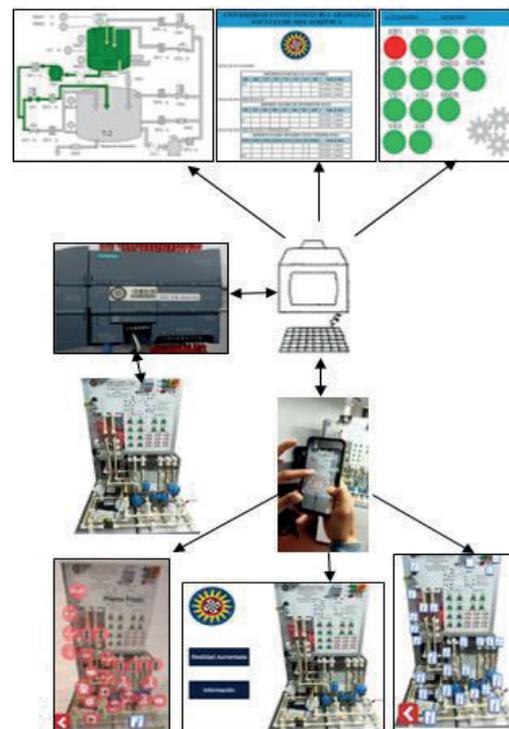


Fig. 1. Componentes de un sistema de unificación de ordenador con dispositivo móvil. Fuente Autor.

En la Fig 1 vemos el diseño e implementación relacionado con la estrategia virtual relacionada con la industria 4.0 sobre una planta piloto industrial tiene las siguientes características: una página web, una aplicación móvil Android con realidad aumentada, controlador PLC, una planta piloto industrial y un servidor.

Existe una relación directa entre un computador y los dispositivos móviles porque permite el diseño y desarrollo de interacciones, mediante la creatividad para la solución e implementación de herramientas que permite ser utilizadas en vida actual [10]. Todos los seres humanos viven de acuerdo de los aportes de la era digital y en la que la mayoría de personas dependemos de las contribuciones que le da a la vida productiva, social, industrial, política, laboral y económica.

Los dispositivos móviles puedan ser parte de topología de redes de comunicación tales como: anillo, doble anillo, árbol, bus, malla, mixta, conexa, etc. Los dispositivos móviles son capaces en la interconexión con ordenadores, swiches, routers, servidores web o a bases de datos relacionales y no relacionales.

En las redes móviles existe tipos de conexión inalámbrica tal como Wifi, Bluetooth, infrarrojo, Telefonía Móvil(4G) y entre los protocolos de comunicación existe una delgada capa que hace que la información sea convertida de niveles micro a niveles macro.

Existan protocolos de comunicación industrial tales como: HART, Modbus

TCP IP, FOUNDATION Field, WirelessHART, PROFIBUS, OPC FOUNDATION, HART-IP, DeviceNet, EtherNet/IP, AS-interface y CANopen, [1] utilizadas en su mayoría por fabricantes nacionales para ser utilizado dentro de sensores, actuadores y controladores industriales que requiere de un constante funcionamiento en rutinas de alta capacidad.

Mediante el protocolo de comunicación Wifi se puede hacer que dispositivos móviles tales como: tablets o celulares pueda hacer control, monitoreo y gestión de máquinas de alta producción.[11]

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La industria 4.0 ha estado en estudio y ha evolucionado desde el año 2011 para el control, monitoreo y conocimientos de procesos de forma didáctica para operarios, técnicos e ingeniero de plantas de alta producción.

La industria 4.0 dentro de sus características contempla la realidad aumentada que permite dar información o controlar de manera didáctica para plataformas industriales. Adicionalmente, la industria 4.0 contempla diseños de modelos en tres dimensiones que, ajustado con animaciones, sonidos y efectos, se adquiere conocimientos relacionados con diferentes campos del conocimiento y que junto con la instrumentación virtual se propone una estrategia en el campo industrial.

El desarrollo de este proyecto se ajusta a los tipos de investigación exploratoria

y descriptiva [6], porque se pretende hacer pruebas de funcionamientos en temas nuevos en el área de automatización industrial de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás –Seccional Bucaramanga. Para esto, se inicia con un análisis, una fundamentación, un diseño, una implementación y una verificación. En la investigación se busca analizar lo que sucede utilizando herramientas de software y hardware disponibles para plantear ideas que se ajusten en el cumplimiento de los objetivos relacionados con la industria 4.0. Para esto se realiza la programación móvil, web, programación en PLC y base de datos.

En la programación y desarrollo del modelo virtual se utiliza tecnología Android y Windows. Para esto se utiliza el software Unity para el desarrollo de aplicación móvil con realidad aumentada, el software Node-red para la programación de desarrollo de interfaces web, bases de datos y protocolos de comunicación tales como WebSockets y RFC 1006. Así mismo, se utiliza el software 3DMax para hacer las figuras tridimensionales utilizadas para la programación de realidad aumentada, el software Boxy para el diseño del SCADA, el software XAMPP para la gestión de bases de datos [5] y el software TIA-Portal para la programación del controlador PLC.

En la Fig 2 se puede apreciar la arquitectura de distribución cliente-servidor, para la gestión de peticiones entre ordenadores y dispositivos móviles. Los

clientes se dividen entre dispositivos móviles u ordenadores y el servidor es una central encargada de responder las peticiones hechas por sus clientes.

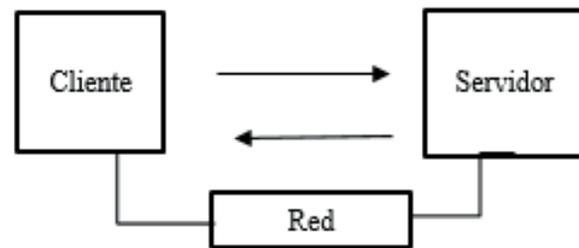


Fig. 2. Arquitectura cliente-servidor, Fuente Autor.

Un servidor puede ser tenido en cuenta mediante el acceso a su dirección IP, por ejemplo: 172.16.140.100. El protocolo de red puede permitir la gestión de datos y ser integrados dentro de los clientes y vinculados dentro de red para la gestión de la trama de datos.

Unos de los protocolos de red utilizados son http y Websockets. El protocolo de red WebSocket, permite tener una gestión de comunicación full dúplex, la cual se tiene emisión y recepción de datos de manera simultánea. Este protocolo permite que los datos sean mostrados sin tener que hacer actualización de página o interfaz. Este protocolo es utilizado en el desarrollo de página web o "dashboard" para gestionar datos dentro de muchas aplicaciones tales como chats, etc.

Los dispositivos industriales tales como sensores u actuadores de una planta piloto industrial maneja el protocolo de comunicación industrial Modbus, el cual realizan el proceso de enviar

o recibir datos de manera simultánea a un controlador PLC SIEMENS s7 1200 que maneja en sus entradas y salidas con este protocolo.

El protocolo de comunicación RFC1006 (Request for Comments) es el encargado de enviar y transmitir datos relacionados a una base de datos dentro del software de programación TIA-Portal utilizado en la programación de PLC relacionado con nodos de comunicación de Node.js, haciendo uso de Node-RED. [4]

El protocolo RFC1006 fue creado por los autores Marshall. T.Rose y Dwing E.. Cass. El nombre del estándar es "ISO Transport Service on top for the TCP". Para esto reserva el puerto 102 para el host, el cual, implementa este estándar. Este estándar está basado en el modelo cliente-servidor y propone una noción "gateway" entre TCP/IP y el protocolo ISO para la capa de transporte. El sistema es basado en el modelo OSI mediante comunicación TSAP(transport service access point), la cual, direcciona el canal a una base de comunicación con ethernet. Este canal de comunicación es mediante el protocolo RFC1006. En este protocolo se programa eventos y acciones. El establecimiento de la conexión y transferencia de datos es mediante el estándar ISO8073. Los datos se maneja con una longitud de encabezado, un código, crédito ,TPDU-NR y EOT con el dato. [2] Este protocolo permite comunicarse con un PLC SIEMENS s7 1200, porque se utiliza interconexión mediante el protocolo TCP/IP, unido

con un mensaje con longitud de encabezado según el protocolo RFC106 .Este protocolo es utilizado en tecnologías de automatización y permite emisión y recepción de datos en varios PLC SIEMENS y SIMATIC. [3]

IV. RESULTADOS

En la Fig 3, podemos apreciar los valores resumidos en una gráfica de barras relacionada con la puntuación promedio para cada variable de diseño. En esta grafica vemos que el mayor valor hace referencia a la claridad de la información. En la presentación intuitiva, seguridad y usabilidad se obtuvo una puntuación de siete equivalentes a superior.

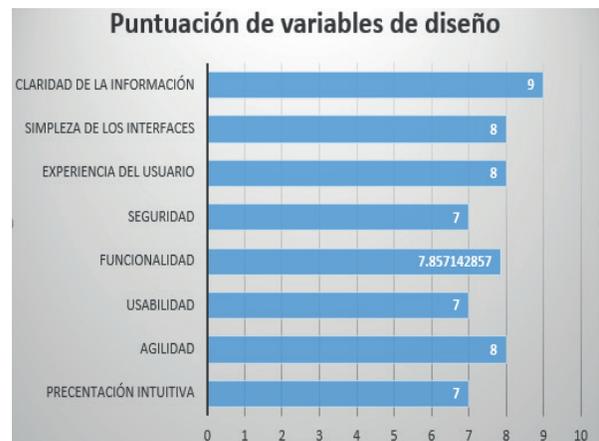


Fig. 3. Variables de diseño, Fuente Autor.

En la Fig 4, podemos apreciar que los datos promedios, el menor valor, mayor valor y la moda obedecen a una valoración superior. El mayor valor fue nueve lo que equivale a una valoración excelente. El promedio de la valoración de las variables de diseño fue de 7.73 y la mediana de 7.93.

PROMEDIO	7.734375
MENOR VALOR	7
MAYOR VALOR	9
MEDIANA	7.9375
MODA	7

Fig. 4. Análisis estadísticos de las variables de diseño. Fuente Autor.

En la Fig 5, se puede apreciar el modelo de realidad aumentada para la aplicación móvil relacionado con la automatización industrial. Adicionalmente, se puede ver el uso de cada simbología referente a cada dispositivo dentro de la planta piloto de la Facultad de Mecatrónica de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga. La implementación puede mostrar simbología e información luego de seleccionar el dispositivo al que quiere interactuar. Una vez seleccionado un dispositivo se abre una interfaz con información y monitoreo relacionado al dispositivo. La realidad aumentada utilizada en el campo de la enseñanza y aprendizaje [7].



Fig. 5. Realidad aumentada para una planta piloto industrial.

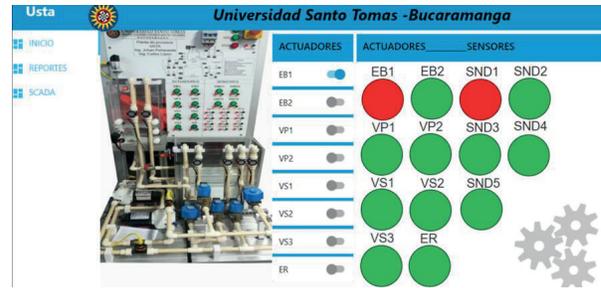


Fig. 6. Interfaz web. Fuente Autor.

El interfaz web permite emitir datos y gestionar el desarrollo del funcionamiento junto con la programación de un controlador PLC SIEMENS s7 1200 y una aplicación móvil para prácticas de laboratorios en los procesos de enseñanza y aprendizaje en las áreas de automatización, instrumentación y control.

En la Fig 6, podemos apreciar el interfaz inicial que puede accionar los actuadores de la planta piloto industrial y visualizar la activación de sensores digitales de nivel (SND1-SND5).

Esto unificado con realidad aumentada hace parte del desarrollo de la industria 4.0.[8]

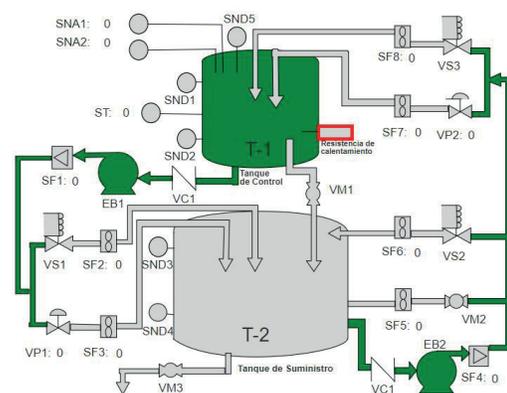


Fig. 7. SCADA. Fuente Autor.

En la Fig 7, se puede apreciar un sistema de control y monitoreo de datos (SCADA), relacionado a el diagrama PI&D de la planta piloto de procesos. Es posible observar y gestionar un monitoreo de datos relacionados a sensores y actuadores tanto análogos como digitales.

El color verde representa la activación para el paso de agua por medio de la electrobomba uno (EB1), la electrobomba dos (EB2) y el electroresistencia (ER).

REPORTE-ESTADO DE LOS ACTUADORES							
EB1	EB2	VP1	VP2	VS1	VS2	VS3	ER
ON							
							Time & Date
							6/6/2022 18:33:54

Fig. 8. Gestión de reportes- Fuente Autor.

En la Fig 8, se puede observar la interfaz de reportes para la visualización de datos de actuadores, sensores de flujo, sensores de nivel análogos u digitales y sensor de temperatura análogo y un resumen general en un archivo PDF de todos los datos de tres tablas y cada una de ocho variables. Cada dato que ha sido mostrado y organizado en conjunto con la fecha y hora de su lectura de dato.



Fig. 9. Verificación de funcionamiento App a PLC real. Fuente Autor.

En la Fig 9, Se puede apreciar que desde la aplicación móvil de un dispositivo Android, se activó tres salidas del controlador PLC S7 1200, lo que permite observar tres leds piloto activos en el banco de pruebas del PLC. Estos tres leds pilotos se activaron al enviar un dato booleano verdadero para las variables EB1, EB2 y ER haciendo uso de la aplicación móvil con realidad aumentada. Esta variable hace referencia a la electrobomba uno (EB1), la electrobomba dos (EB2) y electroresistencia (ER) de calefacción relacionadas directamente con la planta piloto de procesos industrial. En el banco del PLC se activaron los leds pilotos definidos como salidas Q0.0, Q0.1 y Q0.2, relacionados a EB1, EB2 y EB3.

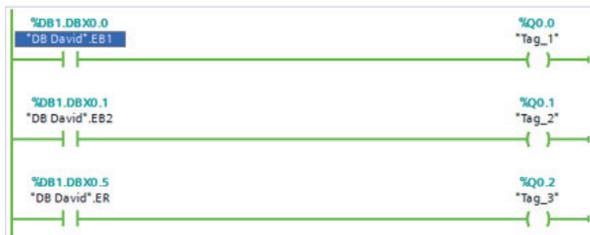


Fig. 10. Programación de verificación de funcionamiento App-PLC. Fuente Autor.

En la Fig 10, se puede apreciar la programación en el software TIA-Portal para la activación de las variables relacionadas con la electrobomba uno(EB1), electrobomba dos(EB2) y el electro resistencia de calefacción(ER). El color verde en la programación del PLC hace referencia a la activación de cada variable, lo que permite el paso de voltaje hacia las salidas del controlador PLC. Las salidas del controlador PLC pueden ser conectadas a la planta de procesos mediante el uso de las borneras. Los nombres de las salidas son "Tag_1" para la electrobomba uno(EB1)," Tag_2" para la electrobomba dos(EB2) y "Tag_3" para el electro resistencia de calefacción(ER). Esto verifica que el funcionamiento de comunicación y activación de los dispositivos es considerado con un desempeño aceptable entre la aplicación móvil y el controlador PLC para ser conectado a la planta de procesos.

Para la verificación y análisis estadístico del desarrollo del proyecto se realiza una serie de toma de datos, consiste en activar un dispositivo mediante realidad aumentada haciendo uso de un dispositivo móvil y registrar el tiempo que dura en llegar un dato al servidor

y el tiempo que dura en llegar un dato al controlador PLC s7 1200, al activarse la salida en el PLC. Para la verificación de tiempo de latencia se usó la variable EB1 relacionada a la electrobomba. Al mismo tiempo se programa en el PLC la activación de dos variables adicionales tales como EB2 y ER confines de análisis de desempeño. Adicionalmente, se verifica el funcionamiento de la interfaz SCADA.

La cantidad de pruebas consiste en dos tablas de noventa y cinco (95) datos. Estos datos son registrados en el software TIA-Portal al activarse la variable EB1 noventa y cinco (95) veces y tomarse los tiempos en llegar el dato al software Node-Red encargado de enviar el minuto, segundo y milisegundo. Adicionalmente, al llegar el dato de activación en el TIA-Portal se registra el dato de minuto, segundo y nanosegundo al ser activado la variable EB1 en el controlador PLC.

Estos datos son comparados para analizar la latencia de trasmisión de datos. Esta latencia se hizo al tener los datos de minuto, segundo y milisegundo de Node-red y los tiempos de minuto, segundo y nanosegundos del controlador PLC. Con esto datos se insertaron en tablas de Excel para realizar las gráficas y análisis de promedio, valor máximo, valor mínimo, mediana y media armónica.

Como se puede observar en la figura 48, para la toma de datos se pudo visualizar inicialmente que el reloj para

el controlador PLC S7 1200 y el reloj para el ordenador tiene un desfase de 379 milisegundos que se adquiere en tener 235 milisegundos de la hora de internet y 144 milisegundos tomados de la variable "nanosecond" de la hora del controlador PLC.

PROMEDIO:	1.134037211	S
VALOR MAX:	1.303662	S
VALOR MIN:	0.078575	S
MODA:	1.254656	S
MEDIANA:	1.255715	S
MEDIANA.ARMO:	0.958154487	S

Fig. 11. Análisis estadístico de tiempo de latencia. Fuente Autor.

En la Fig 11, se puede apreciar los valores estadísticos de tiempo de latencia entre la trasmisión de dato y la recepción al controlador PLC. El tiempo promedio de trasmisión es de un segundo con ciento treinta y cuatro milisegundos(1.134s). EL valor máximo es de un segundo con trescientos tres milisegundos(1.303s). EL valor mínimo es de setenta y ocho milisegundos(0.078s). La moda es de un segundo con doscientos cincuenta y cuatro milisegundos(1.254s). La mediana es de un segundo con doscientos cincuenta y cinco milisegundos(1.255s). La mediana armónica es de novecientos cincuenta y ocho milisegundos(0.958s).

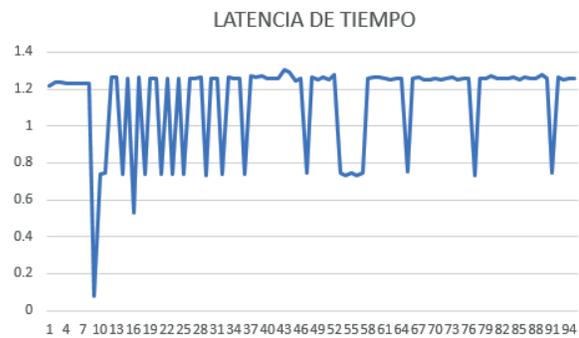


Fig. 12. Grafica de latencia de tiempo real. Fuente Autor.

En la Fig 12, se puede apreciar que los datos iniciales fueron enviados con mayor rapidez en la activación y desactivación del dispositivo EBI(Electrobomba uno), lo cual, las velocidades de trama de datos variaron desde 0.07 a 1.3 segundos. Los últimos datos se enviaron con menor rapidez ajustándose a una mediana de 1.255 segundos.

V. CONCLUSIONES

Basado en las características del modelamiento 3D, realidad aumentada, diagramas P&ID de un modelo SCADA y software de desarrollo, se logró el análisis de reconocimiento sobre una planta industrial, para la cual, fue seleccionado el análisis de reconocimiento mediante una imagen frontal. Los elementos relacionados se generaron para cada uno de los actuadores y sensores de la planta piloto, permitiendo que el usuario tuviera interacción y monitoreo para cada elemento mediante un dispositivo móvil Android con cámara y su aplicación móvil. Esto permitió consolidar una estructura didáctica, cuyo propósito es dar a conocer los conocimientos

prácticos sobre la industria 4.0, mediante la realización de prácticas de laboratorio en la Facultad de Mecatrónica de la Universidad Santo Tomas Seccional Bucaramanga.

Para el desarrollo del proyecto se diseñaron los elementos biunívocos, los cuales, representaron cada elemento en la planta piloto de un elemento virtual, con características tridimensionales, relacionados con sensores y actuadores de la planta piloto. Cada elemento tridimensional virtual tiene un diseño gráfico, representa su simbología y es utilizado en el reconocimiento de realidad aumentada mediante el uso de la aplicación y dispositivo móvil. Cada elemento es único y cumplió con la función de transmitir y recibir datos desde el dispositivo móvil hacia el controlador PLC y desde el controlador a la planta piloto de procesos industrial.

En el desarrollo del proyecto se implementó y verificó los elementos virtuales. El funcionamiento de la página web y aplicación móvil logra una valoración en escala cualitativa de orden superior de acuerdo con su funcionamiento. La verificación del funcionamiento de los protocolos de comunicación Web-Socket y del protocolo RFC1006 hacia el controlador industrial PLC Siemens s7 1200 cumplieron su propósito según los objetivos planteados para este proyecto.

Se logró la generación del modelo virtual con realidad aumentada para la planta piloto de procesos, por

consiguiente, en la aplicación móvil se genera la implementación de los modelos tridimensionales, obteniendo resultados de respuesta positivos en el funcionamiento. Se hizo necesario el uso de dos capas para la selección, interacción y monitoreo de cada elemento de realidad aumentada. La capa AR se utilizó para los elementos de realidad aumentada, la cual, permitió solo interactuar con estos elementos tridimensionales de realidad aumentada, y la capa UI solo permitió la interacción para la interfaz de usuario de monitoreo y transmisión de datos referente a cada elemento. Adicionalmente, los elementos virtuales web relacionada con el panel de control, tablas de reportes, SCADA vinculados con cada uno de los dispositivos de la planta piloto de procesos y diagrama PI&D de la planta piloto, fue de gran utilidad para el diseño, implementación y verificación del modelo virtual.

Con la generación de noventa y cinco pruebas de funcionamiento sobre la planta piloto, se verificó una respuesta de latencia de promedio de un segundo con ciento treinta y cuatro milisegundos(1.134s), en la transmisión de datos entre el servidor gestionado la toma de datos en el software Node-red y el controlador PLC s7 Siemens 1200. Adicionalmente, se logró la correcta gestión de respuesta del cien por ciento de funcionamiento respecto a tres datos emitidos desde la aplicación móvil con una respuesta en el controlador PLC relacionados a las variables de los actuadores electro bomba uno(EB1),

electrobomba dos (EB2) y electro-resistencia de calefacción (ER).

Durante la implementación y verificación del diseño final realizado, se observó que la aplicación móvil reconoció la planta de procesos real a una distancia de un metro, desde la aplicación móvil a la planta para la generación de los elementos de realidad aumentada. Adicionalmente, se puede evidenciar que la intervención de la luz hace que el elemento de realidad tenga dificultad en su interacción, notando que aparezca y desaparezca los elementos ante el cambio lumínico o de distancia entre la aplicación móvil y la planta piloto de procesos. Es necesario usar la aplicación móvil analizando factores externos que pueden afectar su funcionamiento.

Durante el desarrollo de esta investigación, se ha logrado un importante avance para ser aplicado en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la industria 4.0, pero se observa, que se puede incrementar la complejidad de los desarrollos de software y hardware adaptables en diferentes tipos de laboratorios con procesos industriales, tableros de automatización industrial y prototipos de robótica. Esto se puede asociar con temas de "machine learning" y "Big data" para el monitoreo de grandes cantidades de datos industriales en la nube. Adicionalmente, llegar a profundizar en conocimientos sobre proyección tridimensional, monitoreo mediante protocolos de comunicación web con dispositivos móviles, bases de

datos y temas de tendencia sobre los que se basa la industria 4.0 en el área de automatización industrial.

REFERENCIAS

- [1] E. E. Co., «Emerson-Protocolos de comunicación,» 2022.
- [2] [En línea]. Available: <https://www.emerson.com/es-es/automation/measurement-instrumentation/rosemount/about-communication-protocols>. [Último acceso: 20 06 2022].
- [3] R. Editor, «RFC Editor,» 1969. [En línea]. Available: <https://www.rfc-editor.org/about/search/>. [Último acceso: 15 06 2022].
- [4] 15 06 2022].
- [5] S. AG, «SIEMENS-Industry Online Support,» 2009-2022.
- [6] [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/15048962>
- [7] /what-is-rfc1006-and-what-do-i-need-this-service-for-?dti=0&lc=en-US. [Último acceso: 15 06 2022].
- [8] O. Foundation, «Node-RED,» OpenJS Foundation y Node-RED, 2013. [En línea]. Available: <https://nodered.org/>. [Último acceso: 20 06 2022].
- [9] A. Silberschatz, H. F. Korth y S. Sudarshan, FUNDAMENTOS DE BASES DE DATOS, Madrid, Madrid: McGrawHill, 2002.

- [10] J. A.-L. G. V. Marcela Genero Bocco, Metodología de investigación en ingeniería de software, Bogotá: ediciones de la U, 2015.
- [11] M. M. E. M. y. E. G. D. Segovia, «Augmented Reality as a Tool for Production and Quality Monitoring,» de International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, 2015.
- [12] N. M. S. I. J. I. y. M. J. A. M. Becerra, «Integración Escalable de Realidad Aumentada basada en Imágenes y Rostros Aumentación de Sistemas SCADA en el Contexto de la Industria 4.0,» XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, pp. 356-360, 2018.
- [13] A. Z. M. Nahir Abir, «Industry 4.0 plants,» IEEE. Xplore, 2019.
- [14] N. M. S. I. J. I. y. M. J. A. M. Becerra, «Integración Escalable de Realidad Aumentada basada en Imágenes y Rostros Aumentación de Sistemas SCADA en el Contexto de la Industria 4.0,» XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, pp. 356-360, 2018.
- [15] H. G. &. M. Dave, «Dispositivos de seguridad IoT y puntos de conexión usando REST API y Middleware,» IEEE, p. 6, 2019.