

PROTOTIPO DE SISTEMA PARA LA RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE DATOS CON ENFOQUE EN LA INDUSTRIA 4.0

PROTOTYPE OF SYSTEM FOR DATA COLLECTION AND STORAGE FOCUSING IN THE 4.0 INDUSTRY

Luis Daniel Espino Mandujano

Tecnológico Nacional de México en Celaya
13030624@itcelaya.edu.mx

Julio Armando Asato España

Tecnológico Nacional de México en Celaya
julio.asato@itcelaya.edu.mx

Patricia Galván Morales

Tecnológico Nacional de México en Celaya
patricia.galvan@itcelaya.edu.mx

José Salvador Sosa de Santiago

Tecnológico Nacional de México en Celaya
salvador.sosa@itcelaya.edu.mx

Resumen

La recolección de datos digitales, sin un sistema autónomo representa varios inconvenientes, para empezar, se requiere de una persona que esté constantemente realizando y registrando mediciones, lo cual puede resultar tedioso sin mencionar el costo que implica contratar al personal que las realice, además que puede dar entrada a la incorporación de errores o pérdida de datos, lo que es menos propenso en un sistema automatizado, el cual puede realizar su trabajo durante todo el día, sin errores ni mayor costo que el de su adquisición y mantenimiento.

El contenido de este artículo presenta información obtenida en el desarrollo de un proyecto denominado "Prototipo de Sistema para la Recolección y Almacenamiento de Datos con Enfoque en la Industria 4.0", el cual consiste en la recolección de datos en tiempo real con uso de un sistema embebido, que permite guardar los datos en almacenamiento en la nube. Aunado a esto se implementó una página web en la

cual se muestran reportes estadísticos de los datos almacenados en la nube con propósito de aplicarlos en decisiones operativas propias de la llamada Industria 4.0.

Palabra(s) Clave: Almacenamiento de datos, automatización, Industria 4.0, recolección de datos.

Abstract

The collection of digital data, without an autonomous system represents several drawbacks, for example, it requires a person who is constantly making and recording measurements, which can be tedious without mentioning the cost involved in hiring the personnel who make them, in addition to It can give entry to the incorporation of errors or data loss, which is less prone in an automated system, which can perform its work throughout the day, without errors or higher cost than the acquisition and maintenance.

The content of this article presents information obtained in the development of a project called "Prototype System for the Collection and Storage of Data with Focus on Industry 4.0", which consists of the collection of data in real time with the use of a system embedded, which allows you to save the data in storage in the cloud. In addition to this, a web page was implemented in which statistical reports of the data stored in the cloud are displayed with the purpose of applying them in operative decisions of the so-called 4.0 Industry.

Keywords: *Automatization, data collection, data storage, 4.0 industry.*

1. Introducción

Con la creciente competencia en la industria las empresas están en la búsqueda de nuevas estrategias para ganar mercado, mejorar en sus procesos y obtener beneficios a bajo costo, lo cual los obliga a optar por el aprovechamiento de todos los recursos que estén a su disposición, entre ellos los de las tecnologías de información y comunicación.

El término Industria 4.0 se utiliza de manera generalizada en todo el mundo, si bien se acuñó específicamente en Alemania. También es habitual referirse a este concepto con términos como "Fábrica Inteligente" o "Internet industrial". En

definitiva, se trata de la aplicación a la industria de diferentes recursos tecnológicos, entre ellos el denominado "Internet de las cosas" (IoT). Todos estos términos tienen en común el reconocimiento de que los procesos de fabricación se encuentran en un momento de transformación digital, una llamada "revolución industrial" producida por el avance de las tecnologías de la información, particularmente de la informática, el software y las tecnologías de comunicación [Val Román, 2016].

El internet de las cosas se refiere a la conexión a una red digital de objetos usualmente triviales, por ejemplo, zapatos o paraguas, con la intención de enviar o recibir datos. Como mínimo, esta conexión, permite a los objetos transmitir información sensorial de forma remota, aumentando las capacidades del material con la obtención de datos sobre el ambiente y capacidad de procesamiento. Una vez conectado cada objeto adquiere una dirección de red otorgando un identificador único. El objeto por lo general tiene alguna capacidad sensitiva permitiéndole registrar cambios en su ambiente y transmitir esa información por medio de internet [Mitew, T. 2014].

El *Cloud Computing*, o computación en la nube, es un modelo de computación que permite al proveedor tecnológico ofrecer servicios informáticos a través de internet. De esta forma los recursos, es decir el hardware, software y datos se pueden ofrecer a los clientes bajo demanda. Esta prestación de servicios permite al cliente el acceso bajo demanda y a través de la red a un conjunto de recursos compartidos y configurables que pueden ser rápidamente asignados y liberados con una mínima gestión por parte del proveedor. Permite acceder a los servicios y recursos contratados proporcionando flexibilidad de dimensionamiento y acceso.

De manera ideal el cliente, bien sea una empresa o un particular, se abstrae de la infraestructura tecnológica necesaria para poder utilizar una determinada aplicación, ya que simplemente se requiere un navegador web con conexión a la red para tener acceso a los procesos o a los datos. El cliente puede acceder a los servicios contratados desde cualquier lugar y todos los días del año, adaptándose a sus necesidades de forma dinámica. Todo ello sin realizar inversiones en equipos y software sin los gastos derivados de su mantenimiento [Incibe, 2017].

Para la implantación del modelo de computación en la nube, propio para lo anteriormente descrito, se requiere integrar cinco características esenciales [Mell y Grance 2011], las cuales se describen a continuación.

- Autoservicio en demanda. Se refiere a que un cliente puede obtener de forma unilateral recursos computacionales, tales como tiempo en el servidor y almacenamiento en la red, conforme sea necesitada sin la necesidad de interacción humana con cada proveedor de servicio.
- Amplio acceso a la red. Se puede acceder a los servicios en la red a través de mecanismos estándar que promueven el uso de plataformas del cliente, como teléfonos móviles, laptops o estaciones de trabajo.
- Conjunto de recursos. Los recursos computacionales del proveedor están disponibles para servir a varios clientes, cada uno con diferentes recursos físicos y virtuales, asignados dinámicamente y reasignados de acuerdo con la demanda del cliente. Esto con una independencia de locación debido a que el cliente generalmente no tiene control ni conocimiento sobre la ubicación exacta del proveedor de recursos. Ejemplos de recursos incluyen almacenamiento, procesamiento, memoria y ancho de banda.
- Rápida flexibilidad. Los recursos pueden ser provisto y liberados de forma flexible, en algunos casos automáticamente, para escalar rápidamente hacia cualquier dirección de forma adecuada. Para el cliente, los recursos disponibles suelen parecer ilimitados y pueden ser obtenidos en cualquier momento.
- Medición del servicio. Los sistemas en la nube controlan y optimizan el uso de recursos de manera automática aprovechando un medidor de capacidad en algún nivel de abstracción según el tipo de servicio, como almacenamiento, procesamiento o ancho de banda. El uso de los recursos puede ser medido, controlado y reportado, proveyendo transparencia para tanto el proveedor como para el cliente del servicio utilizado.

El almacenamiento en la nube es un servicio que permite almacenar datos transfiriéndolos a través de Internet o de otra red a un sistema de almacenamiento

externo que mantiene un tercero. Hay cientos de sistemas de almacenamiento en la nube diferentes que abarcan desde almacenamiento personal, que guarda o mantiene copias de seguridad de correo electrónico, fotos, vídeos y otros archivos personales de un usuario, hasta almacenamiento empresarial, que permite a las empresas utilizar almacenamiento en la nube como solución comercial de copia de seguridad remota donde la compañía puede transferir y almacenar de forma segura archivos de datos o compartírlas entre ubicaciones.

Los sistemas de almacenamiento suelen ser escalables para adaptarse a las necesidades de almacenamiento de datos de una persona o una organización, accesibles desde cualquier lugar e independientes de aplicaciones para ofrecer accesibilidad desde cualquier dispositivo. Las empresas disponen de tres modelos principales para elegir: un servicio de almacenamiento en nube pública, adecuado para datos no estructurados; un servicio de almacenamiento en nube privada, que puede estar protegido detrás de un firewall de la compañía para tener más control sobre los datos; y un servicio de almacenamiento en nube híbrida, que combina servicios de almacenamiento en nube pública y privada para ofrecer una mayor flexibilidad [Microsoft Azure, 2017].

Una propuesta como apoyo a las industrias en esta era de digitalización es la implementación de conceptos como Industria 4.0, Computación en la Nube y Análisis de Datos.

En el ambiente de negocios competitivo actual, las compañías enfrentan desafíos al tratar con problemas de Big Data para la ágil toma de decisiones con el objetivo de aumentar la productividad. Conforme más software y sistemas inteligentes embebidos son integrados en los productos industriales y sistemas, las tecnologías predictivas pueden entrelazar aún más algoritmos inteligentes con la electrónica para predecir la degradación en el rendimiento del producto para gestionar y optimizar las necesidades del producto [Lee, Bagheri, Kao, 2014].

Hace pocos años era impensable concebir a la algoritmia compleja y a la analítica en general como pilar fundamental de las empresas de transformación digital. Sin embargo, hoy, gracias al aumento de disponibilidad de datos a lo largo de toda la cadena de valor de la industria, el incremento de las capacidades de

almacenamiento y las nuevas posibilidades de análisis y el procesado de datos mediante algoritmos más potentes y complejos; surgen múltiples oportunidades de aplicaciones con gran impacto en diferentes sectores como, por ejemplo, en el área de fabricación/manufactura. Esta área, únicamente ha conseguido capturar entre el 20 y el 30% del potencial estimado para la misma en 2011, lo que significa que aún existen grandes oportunidades para el despliegue de analítica en la industria [Torres Ciruelo, 2018].

El Análisis de Datos es usado en varias industrias para permitir que estas tomen mejores decisiones empresariales. También es usado en las ciencias para verificar o reprobar modelos o teorías existentes.

Los datos y la información ya son un valor significativo para las industrias, por lo tanto, el presente desarrollo de proyecto se empeña en ofrecer una solución de un sistema prototipo para adquisición de datos de un sistema embebido de sensores para la industria 4.0, a través de una red privada virtual.

Los procesos de la industria 4.0 demandan información relevante que permita conocer a cada momento la situación de los equipos operativos, para la toma de decisiones desde distintos puntos de vista: Ingeniería de Diseño, Planeación y Logística, Mantenimiento Predictivo y Servicio, Expansión del Negocio y Conexión con los Clientes. [EAGLECMMS, 2016].

Actualmente los procesos productivos no incluyen la tecnología y conectividad necesarios, la cual desafía al sector de manufactura integrar TI y tecnología operacional para crear valor, conectar el área de manufactura con el punto de venta, examinar los flujos de información de cadenas de producción inteligentes y conectadas que informen y administren la producción, distribución y la postventa. [Riveroll, 2017].

Con estos antecedentes, el presente artículo corresponde a la presentación de una experiencia de desarrollo de una solución tecnológica integral, la cual permite a una organización incorporar un ámbito operativo a los conceptos de la Industria 4.0, computación en la nube y análisis de datos. Esta solución se compone de dos partes importantes, hardware y software, las cuales permiten obtener, conectar y almacenar variables físicas generadas en tiempo real, para posteriormente darles

un tratamiento a datos y así poder obtener información que sirva para la toma de decisiones. El caso descrito corresponde a un establecimiento donde es requerido tener un registro y control de ruido y temperatura, ya que los usuarios esperan condiciones confortables en esos dos aspectos a fin de que puedan realizar sus actividades. Anteriormente estas dos variables se controlaban de manera manual mediante el encendido y apagado de aires acondicionados y la llamada de atención personalmente a los usuarios que estuvieran generando mucho ruido, sin embargo, estos controles resultaban inadecuados para un servicio uniforme.

2. Métodos

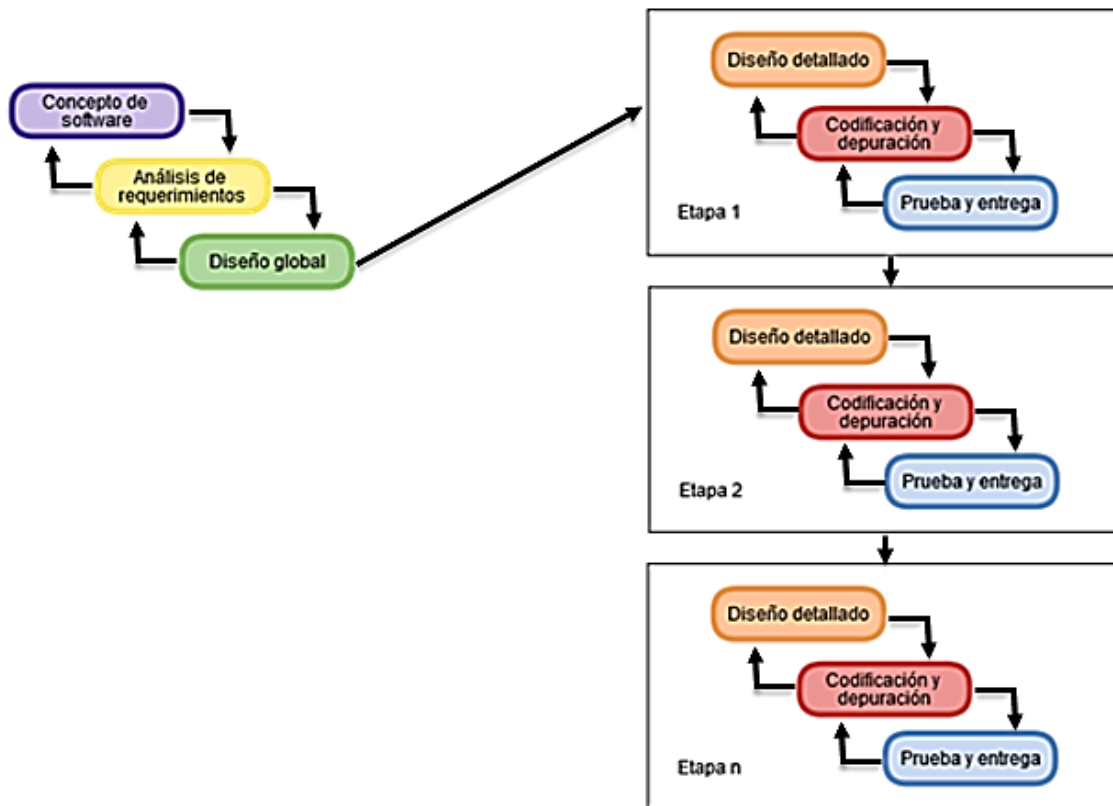
El modelo utilizado para la realización de este proyecto fue el Modelo de desarrollo de entrega por etapas. En este modelo, el software desarrollado se muestra al cliente en etapas refinadas sucesivamente. Con esta metodología se desarrollan las capacidades más importantes reduciendo el tiempo necesario para la construcción de un producto; el modelo de entrega por etapas es útil para el desarrollo de la herramienta debido a que su uso se recomienda para problemas que pueden ser descompuestos en problemas más pequeños y se caracteriza principalmente en que las especificaciones no son conocidas en detalle al inicio del proyecto y por tanto se van desarrollando simultáneamente con las diferentes versiones del código, como se presenta en la figura 1. En este modelo pueden distinguirse las siguientes fases [McConnell, 1996]:

- Especificación conceptual.
- Análisis de requisitos.
- Diseño inicial.
- Diseño detallado (codificación, depuración, prueba y liberación).

Cuando es por etapas, en el diseño global estas fases pueden repetirse según la cantidad de etapas que sean requeridas. Entre sus ventajas se destacan las siguientes:

- Detección de problemas antes y no hasta la única entrega final del proyecto.

- Eliminación del tiempo en informes debido a que cada versión es un avance.
- Estimación de tiempo por versión, evitando errores en la estimación del proyecto general.
- Cumplimiento a la fecha por los desarrolladores.



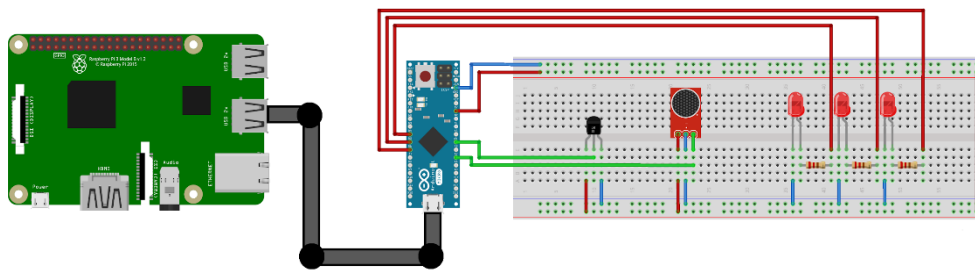
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1 Diagrama del modelo de desarrollo de entrega por etapas.

En la parte operativa del método fue preciso hacer algunos ajustes que permitieran su aplicación, uno de los más relevantes fue la asignación de roles. Por un lado, estaba el equipo de desarrollo, el cual se encargó de hacer el análisis y diseño, así como definir la circuitería y la infraestructura requerida. Por otra parte, estaba el dueño del producto, el cual vigilaba de manera continua que los avances se encaminaran en la dirección que era requerida. Finalmente se contó con un líder de proyecto, que se responsabilizó de verificar avances, resolver problemas y orientar el desarrollo del proyecto.

3. Resultados

Los resultados del proyecto se dividen en dos grupos, por una parte, está la construcción e instalación de los componentes de hardware y software requeridos por el proyecto; por otro lado, están los resultados de la operación del sistema. Respecto al desarrollo del hardware requerido para la recolección de datos, se utilizó un tablero de prueba de circuitos (protoboard) para conectar los sensores a un microcontrolador Raspberry, a su vez se usaron tres pines como salida, los cuales encienden tres diodos emisores de luz (comúnmente conocidos como LEDs), para el caso de no disponer de un monitor para visualizar los datos, se encienda uno de acuerdo con un rango propuesto, ya sea para sonido o temperatura. El microcontrolador se conectó directamente a una computadora a través del puerto USB, como se muestra en la figura 2. Para que la computadora pudiera recibir los datos de los sensores fue necesario realizar un programa que leyera el puerto USB al que estaba conectado el microcontrolador. Además, fue necesario utilizar un medidor para calibrar los sensores de modo que la información que obtuvieron los mismos coincidiera con la de los medidores.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Representación del circuito de prueba.

Para el almacenamiento de datos, se utilizó un servidor web, en el cual se creó una base de datos con la estructura necesaria para guardar la información pertinente, en este caso la magnitud registrada por los sensores, así como la hora en la que se guardó el registro y la variable, es decir, temperatura y nivel de ruido. En el servidor, también se creó una interfaz web para la visualización de la información mediante gráficas utilizando una librería especializada y extrayendo la información de la base de datos.

De parte del servidor, se codificó un programa en lenguaje PHP, el cual se encargará de recibir peticiones GET. Con los datos recibidos de dicha petición almacena un registro en la base de datos; mientras que la computadora conectada al sensor se encargaría de enviar los valores obtenidos por los sensores hacia el servidor, realizando una petición hacia el programa previamente mencionado.

Para realizar una conexión entre el microcontrolador Raspberry y el servidor, se requirió que se hiciera por medio de una red privada virtual (VPN) a fin de garantizar la confidencialidad de los datos transferidos. Inicialmente se modificó un archivo en el cual se establecieron los datos de la organización, así como la longitud de la clave y el tipo de clave que se utilizó. Una vez configurado, se procedió a crear la PKI (Infraestructura de clave pública). Se confirmaron los datos ya existentes y se implementó la clave privada de CA; terminado esto se creó el certificado del servidor. Se organizaron los certificados y claves en directorios separados, uno para el servidor y otro para el cliente.

Se creó el archivo de configuración del servidor, el cual se encarga de brindar los permisos necesarios los clientes para que entren a la red del servidor, también se configura la negociación TLS y se establece la dirección del VPN.

Para el cliente se realizó de igual manera un archivo de configuración, el cual se estableció en modo cliente, se le señaló la dirección IP del servidor a la cual se conectaría y también la comprobación de la identidad del servidor mediante los certificados previamente hechos, estos certificados.

Una vez estando los archivos correspondientes, tanto en el cliente como en el servidor, se procedió a ejecutar el archivo de configuración del servidor y enseguida el del cliente, permitiendo así la conexión por VPN.

Se realizó un registro de datos hacia el servidor por medio de la VPN, aunque estuvieran en la misma área de trabajo, posteriormente se cambió la ubicación del cliente de datos al establecimiento objetivo.

Para el montado del cliente, se colocó un estante en una columna del edificio, en la parte central del establecimiento, además se tomó la decisión de mantener el flujo eléctrico para que el cliente se mantuviera encendido y enviando información en todo momento. En este proceso se presentaron diferentes eventualidades que

forman parte de la memoria técnica del proyecto, las cuales son relevantes para documentar como parte del proceso.

Durante los primeros minutos de prueba, el cliente dejó de enviar datos hacia el servidor, por lo cual se decidió acceder a este mediante el protocolo de comunicaciones seguras SSH, sin embargo, el cliente no contaba con contraseña, la cual era solicitada para realizar la conexión por SSH, por lo que se procedió a ir a la ubicación del cliente a configurar la contraseña, y resolver el error, por el cual se detuvo la transferencia de datos.

El error provenía de la red wifi a la cual se conectaba el cliente, la cual solicitaba autenticación por medio de una página web para que esta red le brindará acceso a la red; por lo que se decidió establecer una red wifi, a la cual se conectó el Raspberry.

Después de unos días volvieron a surgir problemas con la VPN y el programa que envía los datos al servidor; en el caso concerniente a la VPN, cada vez que se caía la conexión, se volvía a iniciar por medio de un *script* de código, esto provocó que se añadiera una conexión de VPN adicional a la ya existente, por lo que al final de la semana se tenían varias VPN activas, evitando que se mandaran datos, para resolver esto simplemente se dieron de baja las VPNs redundantes o innecesarias y se cambiaron algunas configuraciones principalmente validando que no se crearan VPN adicionales, esto se realizó con programación del lado del cliente, después, simplemente se volvió a activar el archivo de la VPN.

Como medida adicional se crearon scripts que el sistema operativo ejecuta de manera regular para revisar que los procesos involucrados estén funcionando, así como para crear respaldos periódicos de la información recabada.

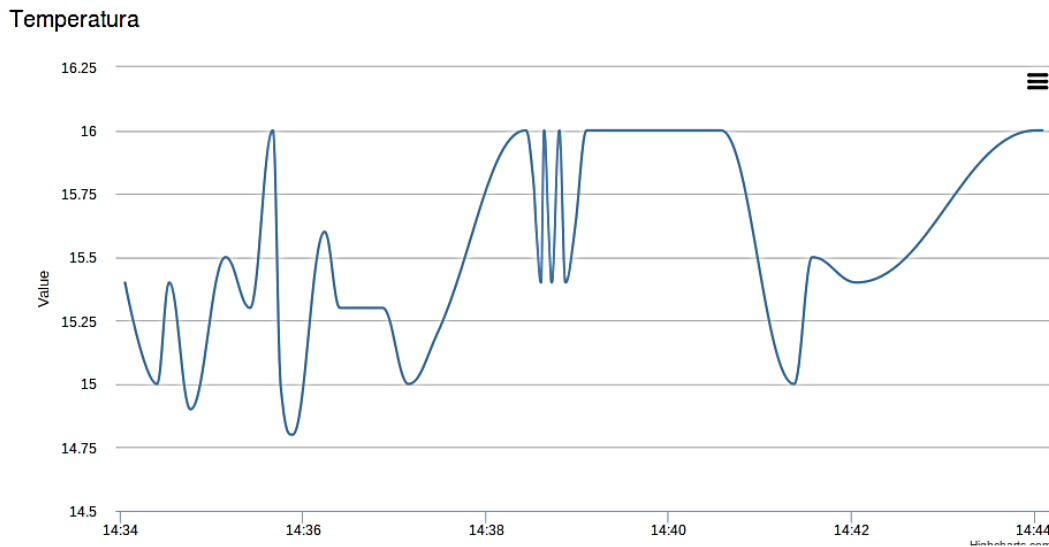
El resultado operativo del proyecto consiste en un sistema de recolección y almacenamiento de datos, el cual consiste en la implementación un servidor para el almacenamiento de datos, y un cliente para la recolección de datos. A continuación, se presentan los resultados en estas dos instancias.

Concerniente al servidor:

- Migración del sistema SADNI 4.0 al servidor (base de datos e interfaz web).
Esto junto a la adaptación del sistema de modo que se ajustara a los

requerimientos del proyecto, incluyendo corrección de errores y modificación en cuanto a la información desplegada en la página web.

- Creación de una base de datos para el almacenamiento de la información.
- Creación de una interfaz web que permite la visualización de la información, mostrada en la figura 3.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Interfaz web mostrando la gráfica en tiempo real de temperatura.

- Se implementó un servicio web que se encarga de almacenar la información en la base de datos.
- Se implementó un VPN para la realizar la comunicación entre el cliente y el servidor.

En cuanto al lado del cliente:

- Se ensambló un sistema que consiste en dos sensores, de sonido y temperatura; un microcontrolador, para la recolección de datos por parte de los sensores; y una computadora que toma los datos del microcontrolador y los envía al servidor.
- Se creó un programa para que el microcontrolador interprete los datos recolectados por los sensores.

- Se creó un programa para que la computadora envíe los datos al servidor.
- Se implementó una VPN para que el componente cliente se comuniquen con el servidor de manera segura y confidencial.

4. Discusión

Con respecto al proyecto, hay que recordar que lo que se realizó se enfoca en principalmente en la recolección y almacenamiento de datos. En este sentido, el proyecto resultó en un éxito, debido a que el sistema realiza exactamente lo que se supone que debe hacer. Si bien es necesario que alguna persona se asegure que el cliente, el servidor estén encendidos y que ambos se encuentren en la misma red, la comunicación por parte de la VPN, así como el hecho de que se está recolectando la información está garantizado. Sin embargo, el sistema actual está limitado a un sólo sensor las lecturas para ambas variables, por lo que su precisión es limitada ya que los niveles de temperatura y ruido pueden ser diferentes en distintos lugares del establecimiento, considerando que lo se está midiendo es sonido, la distancia con respecto a la fuente influye considerablemente en la magnitud registrada, lo que significa que un sonido muy fuerte, cuya fuente se encuentra bastante alejada del sensor, registra una magnitud muy pequeña, del mismo modo, un sonido débil pero producido justo a un lado del sensor, registrará un sonido muy fuerte.

Además, las pruebas se realizaron dentro de una red local, por lo tanto, no es posible consultar la información que se está recolectando desde cualquier red, sino que es necesario estar conectado a la misma que el servidor, contrario a lo que busca en la computación en la nube, el acceso al sistema debería de estar disponible desde cualquier sitio con acceso a internet. Esto en particular no es considerado que represente una gran dificultad técnica, debido a que para la comunicación entre el dispositivo de recolección de datos y el servidor se realiza mediante una VPN por lo que lo único que se necesita reconfigurar, una vez que se pueda acceder al servidor desde internet, es la dirección del servidor VPN.

Aunque a primera vista el proyecto pueda percibirse como algo sencillo por los resultados, el desarrollo está enfocado a tener una característica modular, de manera que eventualmente y conforme la organización cliente disponga de

recursos, podrá ampliarse con facilidad para conformar un sistema distribuido que permita verificar las variables en diferentes puntos, e incluso hacer cruces de información para implementar un esquema de localización que permita no solamente saber la intensidad y tiempo en que ocurrió, sino además dónde, con lo cual puedan desarrollarse diferentes análisis con mayor profundidad para la toma de decisiones, lo cual es la esencia de la cuarta revolución industrial.

5. Revisores, recepción y aceptación de artículo

Recepción artículo: 29/mayo/2019 **Aceptación artículo:** 12/junio/2019

Revisor 1:

Nombre: Samuel Valadez Ramírez
Institución: Universidad del Centro del Bajío
Cédula Profesional: 9968771
Área de conocimiento: Sistemas computacionales
Correo electrónico: samuel.valadez@uniceba.edu.mx

Revisor 2:

Nombre: Filiberto Durán García
Institución: Delegación Regional Sureste de la SEG
Cédula Profesional: 6650624
Área de conocimiento: Sistemas computacionales
Correo electrónico: F_duran@sep.guanajuato.gob.mx

6. Bibliografía y Referencias

- [1] EAGLECMMS. (12 junio 2016). Industria 4.0 Aplicaciones en Manufactura, parte 2: <https://www.eaglecmms.com/es-mx/parte-2-industria-4-0-aplicaciones-en-manufactura/>.
- [2] Incibe (2017). Cloud Computing. Una guía de aproximación para el empresario: https://www.incibe.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/guia-cloud-computing_0.pdf.
- [3] Lee, Bagheri y Kao (2014). Recent Advances and Trends of Cyber-Physical Systems and Big Data Analytics in Industrial Informatics: <http://bit.ly/2JKnObr>.

- [4] McConnell, Steve. (1996). *Desarrollo y gestión de proyectos informáticos*. E.U.A.:Microsoft Press.
- [5] Mell y Grance (2011, septiembre). *The NIST Definition of Cloud Computing*: <http://nvlpubs.nist.gov:80/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf>
- [6] Microsoft Azure. (2017). *¿Qué es el almacenamiento en la nube?* E.U.A.: Autor: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-cloud-storage/>.
- [7] Mitew, T. (2014). *Do objects dream of an internet of things?* *The Fibreculture Journal: Digital Media + Networks + Transdisciplinary Critique*: <http://fibreculturejournal.org/wp-content/pdfs/FCJ-168Teodor%20Mitew.pdf>
- [8] Riveroll (2017, 13 agosto). *Industria 4.0: Oportunidades y retos de la cuarta revolución industrial*. En la revista *Mundo plástico*, volumen 1, número 86: <https://issuu.com/mundoplastico.net>
- [9] Torres C., Hervás S., Rubio B. y Sánchez M. (2018). *Analítica Avanzada para la Industria 4.0*: <http://bit.ly/2JOWfgU>.
- [10] Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Informe CODDII: <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>.