

APLICACIÓN DEL INTERNET DE LAS COSAS PARA MONITOREAR EL USO DE EQUIPOS Y CONTACTOS ELÉCTRICOS

C.M. Hernández Mendoza¹

L. M. Rodríguez Vidal²

M. Aguilar Almanza³

RESUMEN

Actualmente, el consumo excesivo de energía eléctrica es uno de los principales problemas para la industria, ya que, además de generar un alto costo monetario, impacta en el calentamiento global que grandes entidades internacionales y sociales buscan detener. Por tanto, es importante conocer y monitorear si el uso de lámparas, equipos o contactos eléctricos, están siendo utilizados en sus jornadas de trabajo de manera óptima, por lo que, se realizó una investigación cuya metodología comienza con la búsqueda de proyectos que atendieran esta problemática y considerar sus resultados, se procedió con el estudio, análisis y comparación de nuevas tecnologías del IoT (Internet of Things), para elegir el más adecuado mediante parámetros de rendimiento. Posteriormente, se procedió con una etapa de pruebas y experimentaciones en las que se implementó la tecnología utilizando servicios del Cloud Computing dando como resultado un producto que muestra y grafica en tiempo real el uso de contactos o equipos eléctricos de un taller además de notificarlo por correo electrónico, lo que permite determinar patrones y tendencias para disminuir el consumo, adicionalmente, se habilitan o deshabilitan contactos con una contraseña. Finalmente, la investigación genera un prototipo que por sí mismo tiene un bajo consumo eléctrico para ser aplicado y adecuado en la empresa, casa u oficina, permitiendo a los estudiantes involucrados trabajar con las nuevas tecnologías, competencias y retos a los que se enfrenta la industria.

ANTECEDENTES

El programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), publicó en noviembre de 2019 que:

La temperatura media del planeta este siglo subiría 3,2 grados Celsius, incluso si se cumplen los compromisos de reducción de emisiones enmarcados en el Acuerdo de París, lo que traería impactos climáticos destructivos al estar lejos del objetivo de mantener el aumento por debajo de 1,5 grados (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2019).

El calentamiento global es uno de los temas más importantes al que a todos nos afecta y compete, por tanto, es indispensable que las nuevas generaciones de ingenieros contemplen esta situación, sobre todo si consideramos la definición de la Real Academia Española, pues dice que la ingeniería: “incluye el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos para la innovación, invención, desarrollo y mejora de técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades y resolver problemas tanto de las personas como de la sociedad” (RAE, 2019).

Los estudiantes que están adquiriendo su formación profesional en las Instituciones de Educación Superior (IES), conviven día a día con palabras como calentamiento global, efecto invernadero, cambio climático, deshielo, energías renovables, escasez de agua, entre otras, a las que debe prestar atención, ya que, están por introducirse a una sociedad laboral que está tomando políticas, estándares o certificaciones para reducir, en pequeña o gran medida este

¹ PTC, Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato. cesar.hernandez@itesi.edu.mx

² PTC, Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, luzrodriguez@itesi.edu.mx

³ PTC, Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, maaguilar@itesi.edu.mx

tipo de problemas. Algunas acciones que ya se están aplicando son, por ejemplo: el compartir autos, aumentar y usar el transporte público, baños ecológicos, reducir horarios de luz artificial, prohibir plástico, entre otras.

Así mismo, el futuro ingeniero debe saber canalizar sus conocimientos y habilidades para mitigar estos problemas y, para ello, cuenta con otros términos y áreas que deben estar dentro de sus intereses, tales como la Industria 4.0 o la Agricultura de Precisión, que contemplan por mencionar algunos ejemplos el Big Data, Inteligencia Artificial, Robótica, Automatización o Internet de las Cosas (IoT). Es importante mencionar como describe Deloitte (2019), “la Industria 4.0 implica la promesa de una nueva revolución que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones, las personas y los activos”.

A fin de solventar las necesidades a las que se enfrenta la población, sin embargo, también se generan ciertas preguntas que deben ser respondidas, tales como ¿Un producto que aplique estas nuevas tecnologías podrá disminuir o reducir el problema ambiental? y ¿Cómo hacerlo?

En esta investigación, estudiantes y profesores de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, se enfocan en uno de los pilares de la Industria 4.0, aprovechando lo que Alcaraz (2014) describe como “la siguiente etapa de la evolución de internet, en la que la conectividad se extiende a los objetos que nos rodean y que se conoce como Internet of Things (IoT) o Internet de las Cosas”. Dedicando tiempo e investigación en las nuevas tecnologías del IoT, con la finalidad de utilizar sus conocimientos, competencias y habilidades para llegar a un objetivo común y brindar una aportación al problema mencionado. En este caso, el objetivo es trazado en la necesidad de implementar un prototipo funcional que pueda contribuir a mitigar los problemas referentes al consumo eléctrico.

Para lo cual, se requieren obtener resultados que permitan ser visuales, entendibles o comprensibles para el usuario final y que pueda ser presentado en diversas plataformas y medios digitales. Es necesario contar con lo que Campoverde, Hernández y Mazón (2015) definen para su operación, “el Cloud Computing adaptado al IoT, el cual está formado por un servidor o conjunto de servidores interconectados que involucran hardware y software para ofrecer servicios de monitoreo y control”.

Dentro de las principales limitantes encontradas en las investigaciones antes realizadas se puede mencionar el contar con escasa información sobre el funcionamiento de las nuevas tecnologías del IoT, mínimos detalles técnicos de los módulos electrónicos, funcionamiento y operación de dispositivos sin acervo bibliográfico, así como, información en el idioma francés, en otros casos, inoperatividad de las tecnologías en el área de estudio, o bien sin servicio en el área geográfica de estudio.

Finalmente, los estudiantes de ingeniería involucrados necesitan generar una conciencia sustentable y en pro del medio ambiente, de modo que logren adquirir un sentido de responsabilidad hacia la solución de los problemas ambientales. Por otra parte, se añade a su formación profesional, el conocer, manejar y controlar tecnologías que aún no son tan conocidas y aplicadas en México, es importante mencionar que al mes de junio de 2019 el

proveedor del IoT con el que se trabajó dio a conocer que era la primera vez que enviaba sus productos en el estado de Guanajuato, lo que implica que este proyecto es pionero en el estado, municipio e institución.

Así mismo los futuros ingenieros del proyecto han realizado previamente el ensamble, configuración y programación de diversos prototipos, por lo que se impregnan en ellos nuevos conocimientos que les permite utilizarlos una vez que egresen y laboren en la industria o bien de manera independiente como emprendedores en este tipo de tecnologías. Así mismo, el convivir directamente con el IoT y de manera colaborativa con los profesores, les permite generar productos de innovación y transferencia tecnológica que pueden ser implementados y adecuados a las necesidades de la industria.

METODOLOGÍA

Para comenzar con el proyecto, es necesario hacer mención en algunos párrafos alarmantes que se dieron a conocer en el informe de junio de 2019, realizado por funcionarios de las Naciones Unidas, en donde se dice que:

El cambio climático pone en peligro el suministro de alimentos, el agua y los lugares donde vive la gente, amenazando el plan de la ONU de abordar estos problemas mundiales para el año 2030 y los efectos compuestos serán catastróficos e irreversibles, estos efectos harán que muchas partes del mundo sean inhabitables (ONU, 2019).

El problema ambiental al que hace referencia este trabajo es tan caótico como preocupante y describirlo es ampliamente complejo, mencionar sus causas y efectos no bastarían en esta investigación, sin embargo, el grupo colaborador, enfoca sus habilidades y conocimientos con el objetivo de generar y estudiar un producto del IoT que sea capaz de aplicarse para que una empresa “X”, pueda además de ser informado en tiempo real por correo electrónico sobre el uso de sus enchufes o contactos eléctricos, obtener patrones o tendencias del uso de sus equipos, líneas de producción o maquinaria, midiendo el tiempo de uso, generando un historial de horas activas o inactivas; de esta manera los CEO’s, podrán contar con la confianza de aplicar acciones con las que mitiguen el consumo eléctrico y, con ello, un aporte para generar un menor impacto en el calentamiento global.

La metodología que se siguió se muestra en la Figura 1, en donde se pueden ver las cinco etapas contempladas en el proyecto.

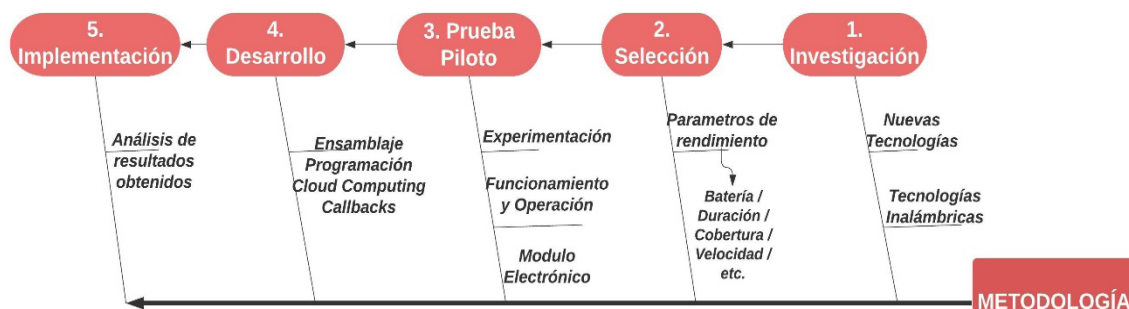


Figura 1. Etapas de la metodología que se llevaron a cabo.

Fuente: Elaboración propia

1.- Investigación

Durante la etapa de investigación se determinaron las tecnologías inalámbricas más comunes que se utilizan para desarrollar proyectos de domótica y posteriormente algunas tecnologías inalámbricas que fueron creadas específicamente para el uso del IoT.

Es decir, algunos medios inalámbricos como el Bluetooth, ZigBee o Radiofrecuencia, son ampliamente usados para automatizar, monitorear u operar ciertos equipos u objetos en el hogar, sin embargo, al tratarse de medios de comunicación de una Red Área Local (LAN), se ven limitados para enviar datos a la nube del Cloud Computing, o bien, deben pasar por una segunda etapa en la que otro componente o medio reciba los datos de interés y este los “suba” a una página web o servidor, aunado a esto, debe considerarse que la duración de la batería es uno de los principales problemas para estos medios, ya que, al estar todo el tiempo en escucha o espera para recibir las instrucciones del usuario se mantiene un consumo energético de batería o de algún regulador/eliminador, por lo que, cambiar baterías no es una buena opción para proyectos de IoT.

WiFi, hoy en día, sigue siendo uno de los medios inalámbricos que posee una mayor cantidad de ventajas tales como la portabilidad, eficiencia, seguridad, alcance, velocidad de transmisión y ancho de banda con acceso a internet, que ha permitido contar con numerosas aplicaciones, al punto de que existen en el mercado una gran variedad de dispositivos inteligentes y módulos electrónicos con sensores y actuadores que facilitan la operación del IoT a un bajo costo.

Partiendo de este punto, quedan algunos factores importantes que mencionar, como lo es una vez más, la batería, ya que, el WiFi al operar en un canal, alcance y ancho de banda más amplio requiere también mayor consumo para ejecutarse lo que en ocasiones puede ser viable para operar, pero no para reducir el consumo eléctrico, así mismo, el lugar o ubicación geográfica en donde se pretenda conectar algún objeto a la nube, siempre requerirá de un equipo con acceso a internet.

Queda entonces por mencionar las tecnologías desarrolladas en los últimos años específicamente para el IoT, explicar las características y diferencias con las que cuentan, dentro de las cuales tenemos: la red 4G, 5G, LoRa y SigFox.

4G

Es la red que se utiliza para el servicio del teléfono celular (smartphone), para llamadas o mensajes que no provienen de una aplicación del tipo red social, brinda un ancho de banda demasiado amplio, y su consumo de energía por lo general es alto, basta con calcular cuantas veces a la semana se carga el teléfono. La principal desventaja de usar esta red proviene en el alto costo de operación, pues por lo general requiere de un plan de datos con el proveedor. Eventualmente esta tecnología será remplazada por la red 5G.

5G

A diferencia de su predecesor, esta red es utilizada en los automóviles autónomos que se han dado a conocer en diversas fuentes de información y medios de comunicación, sus principales ventajas son prestaciones significativas en mejoras de latencia y ancho de banda, además de

que, al ser considerada como una tecnología para el IoT, su costo de operación podrá ser más accesible para el público general.

LoRa

Opera bajo la especificación de Low-Power Wide-Area- Network (LPWAN) diseñada específicamente para redes de baja potencia establecidas en un área amplia, aunque actualmente no está siendo muy aplicada en México y Latinoamérica, el bajo consumo de energía, el largo alcance de 20km, cobertura por antena y su mínima tasa de transferencia, es ideal para trabajar el IoT. Cabe destacar que existe una diferencia entre LoRa y LoRaWAN, ya que, el primero viene de la tecnología que habita en un módulo electrónico propio de la tecnología y el segundo es un protocolo de comunicación.

SigFox

Es una tecnología que también opera bajo la especificación LPWAN, por lo que, posee en términos de protocolo de comunicación las mismas características de LoRa, la principal diferencia consiste en que la red es operada por un proveedor francés, por lo que, el cliente final conecta sus equipos o dispositivos a la red para obtener otros beneficios como un backend en donde se registran los historiales de datos recibidos o enviados, así mismo, permite programar diversos “callback” con los cuales puede mantener comunicación y compatibilidad a correos electrónicos y plataformas como Azure o IoT Platform, la principal desventaja es que en algunas zonas del país no opera la red, sin embargo, su expansión está en aumento. Cabe destacar que en términos de programación “callback” se explica como una función que se ejecuta inmediatamente cuando otra función haya terminado de ejecutarse.

2.- Selección

Para la selección de la tecnología se buscó medir parámetros importantes como la tasa de transferencia, alcance, costo y cobertura. En la Tabla 1 se pueden apreciar las características obtenidas, en donde destacan SigFox y LoRa, ya que, de los cinco parámetros evaluados en varios de ellos sus resultados son muy semejantes.

Tabla 1. *Tecnologías del IoT comparados con diversos parámetros*

| Tecnología | Transferencia de datos | Consumo de energía | Costo | Frecuencia / Velocidad | Alcance |
|------------|------------------------|--------------------|-------|------------------------|---------|
| 4G | Alta | Media | Alto | 1.7 a 2.1 MHz | < 10 km |
| 5G | Alta | Media | Media | 3 a 30 GHz | 1 km |
| WiFi | Alta | Media | Bajo | 2.4 a 5 GHz | < 100m |
| SigFox | Baja | Bajo | Bajo | 915 MHz | 10 km |
| LoRa | Media | Bajo | Bajo | 915 MHz | 5 km |

Nota Fuente: Elaboración propia

En un estudio más enfocado en estas dos últimas tecnologías se miden algunos parámetros técnicos más detallados que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de cobertura y operación técnica de LoRa y SigFox

| | Rango urbano | Rango rural | Tamaño de paquete | Status | Topología |
|---------------|--------------|-------------|----------------------|-----------------|-----------|
| SigFox | 3 a 10 km | 30 a 50 km | 12 bytes | En despliegue | Estrella |
| LoRa | 2 a 5 km | 15 a 20 km | Definido por usuario | Lanzada en 2015 | Estrella |

Nota Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la tecnología seleccionada para esta investigación es SigFox, ya que a diferencia de LoRa, fácilmente se conecta a internet sin costo alguno de la ubicación geográfica, no requiere de alguna configuración de red para una ubicación específica o sitio web, además de que es compatible con tecnologías como Arduino y Raspberry, lo que permite que todo objeto y prototipo desarrollado con esas tecnologías puedan conectarse a internet, de forma asequible y sin necesidad de recargar su batería, cuenta con una plataforma que permite adaptar notificaciones y tomar los datos censados para su posterior estudio y procesamiento. Así mismo, existe cobertura en el estado de Guanajuato.

3.- Prueba Piloto

Para esta etapa, además de contar con el módulo electrónico, el equipo de investigación se dedicó a identificar los pines y puertos con los que cuenta y que se describen en la Figura 2.

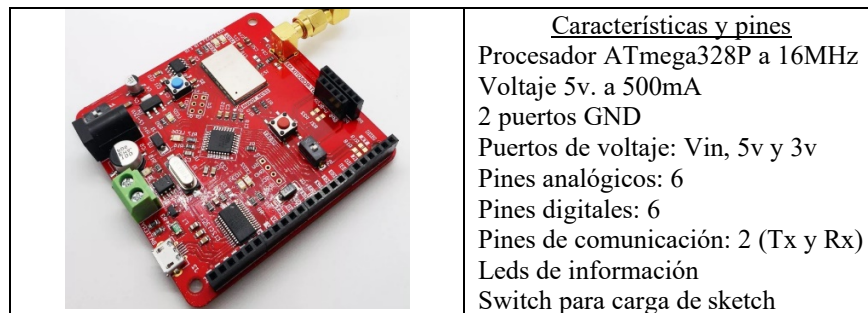


Figura 2. Módulo electrónico de SigFox utilizado con cobertura en México

Fuente: Elaboración propia

El primer objetivo fue recolectar los datos de un sensor ultrasónico que bien puede ser configurado en cualquier tipo de Arduino o conectarse directamente sobre el módulo en cualquiera de los pines digitales. Posteriormente, para ver los resultados en el backend de SigFox se encontraron algunos obstáculos de los cuales se da una breve explicación:

- El sketch(programa) no se guarda: hace falta desactivar el switch de carga en el módulo y subirlo como Arduino Uno.
- Los datos recolectados por el sensor no se envían a la nube: Activar los dos Switch que posee el módulo, ya que uno es del sketch y el otro del módulo propio de SigFox.
- Los datos recolectados en el sensor no coinciden con los que se muestran en el backend: todo dato enviado al backend se muestran en sistema hexadecimal, hace falta convertirlo al sistema decimal.

Finalmente, los datos del sensor ultrasónico fueron enviados y mostrados en el backend de SigFox de manera exitosa. Esta etapa fue muy importante de modo que el equipo investigador conoció el funcionamiento del módulo, sus potenciales y las características con las que cuenta, lo que permitió pasar a la siguiente etapa.

4.- Desarrollo

El desarrollo del prototipo funcional comienza con la adaptación de una caja de pared (chalupa) con tres contactos, relevadores, Arduino nano, cables, teclado matricial y el módulo SigFox. La finalidad es, que mediante una contraseña de 4 dígitos se activen o desactiven cada uno de los tres contactos, avisar inmediatamente (callback) vía correo electrónico al o a los usuarios registrados y se lleve un historial de estas acciones a modo de tablas y gráficas que puedan ser mostradas en una página web ajena a SigFox.

De esta forma, se cuenta con la fecha, hora, relevador y duración que estuvieron activados cada uno de los contactos, si en la experimentación se agrega que cada contacto tiene algún aparato eléctrico entonces se pueden generar tendencias y patrones mediante los cuales se pueda determinar:

- a) Si el equipo eléctrico está siendo usado en el tiempo requerido o si existe un lapso en el que este activo el equipo y no se utilice.
- b) Se garantiza que sólo el personal autorizado haga uso del consumo eléctrico en los contactos mediante la contraseña.
- c) El correo electrónico llega en cuestión de segundos una vez que se active o desactive el contacto, por lo que un director o jefe inmediato puede conocer y aprobar la acción.
- d) Los resultados obtenidos se traducen en gráficos y tablas perfectamente comprensibles para el usuario final.
- e) Al contar con una página web externa y ajena al backend de SigFox, permite manipular y procesar los datos censados, lo que puede generar una aportación para el problema del calentamiento global, pues una vez que se tenga esta información, los jefes o CEO's pueden aplicar mejoras y reducción en el consumo eléctrico de su empresa o industria al aplicar esta tecnología.

En la Figura 3 se observa el prototipo funcional, a la izquierda se encuentra a modo de esquema electrónico los componentes utilizados y a la derecha una fotografía real.

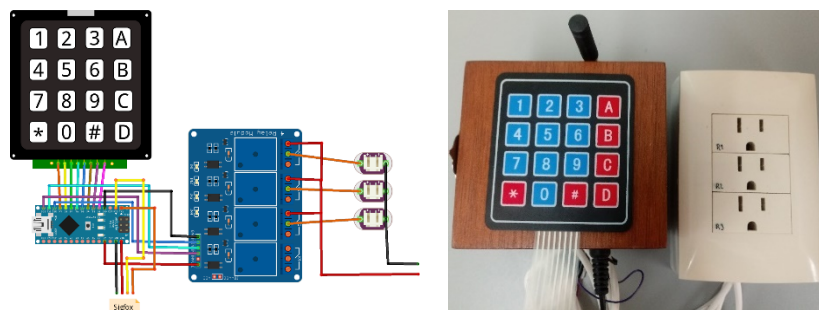


Figura 3. Armado, configuración y ensamblaje del prototipo desarrollado
Fuente: Elaboración propia

Programación y configuración

El Arduino Nano es el encargado de procesar y verificar que la contraseña ingresada en el teclado matricial sea la correcta a la que se programó, en este caso verifica que sea de cuatro dígitos y compara dentro de una base de datos de 6 registros, (3 para habilitar cada uno, 3 para desactivar cada uno), cual contacto se activó o desactivo o si no debe realizar ninguna acción, este parámetro es enviado al módulo SigFox.

El relevador está compuesto por 4 canales de 5v cada uno, sin embargo, para el prototipo sólo se utilizan 3 de los canales, asignado uno a cada contacto, y este es el componente que permite o impide el paso de corriente eléctrica.

El módulo SigFox en primera instancia, necesita de un puente virtual de comunicación que reciba los datos enviados por el Arduino, posteriormente, necesita cargarse un sketch de programación para que según el parámetro recibido envíe la notificación o el mismo dato al backend en la nube.

Backend de SigFox, además de registrar las acciones realizadas en el prototipo y mostrar los datos e intensidad de señal del dispositivo, se configuran dos callback en sistema decimal, uno para avisar en correo electrónico la acción del usuario u operador y otro para manipular los datos en otras plataformas o páginas web propias.

Página web y servidor propio, en este espacio y plataforma se realiza la programación en HTML y PHP, de modo que se tomen los datos e historiales para generar las gráficas y tablas que permiten obtener los patrones, tendencias y mediciones acerca del comportamiento de los elementos en el entorno y ambiente controlado en relación con el tiempo de uso.

5.- Implementación

En esta etapa, la implementación del prototipo funcional se llevó a cabo en uno de los talleres de la localidad durante tres semanas y en donde se establece la siguiente relación de contactos y equipos eléctricos:

- Contacto 1 – Relevador1 – Lámpara de iluminación en área sin luz natural del taller
- Contacto 2 – Relevador2 – Televisión en área de comida/descanso
- Contacto 3 – Relevador3 – Hidro lavadora de alta presión

El contacto 1 debería ser activado en momentos específicos para la búsqueda de herramienta especializada y de poco uso en el taller.

El contacto 2 debería ser activado en horas determinadas y limitadas para el desayuno o comida, 10:00 a 10:40 am y 2:00 a 3:00pm, respectivamente.

El contacto 3 debería ser activado variablemente según los servicios de autolavado.

RESULTADOS

Como resultado de la implementación, se obtuvo una mejora significativa en dos de los tres contactos, ya que, en el caso de la lámpara, las mediciones obtenidas a lo largo del día laboral,

reflejan que el consumo de energía eléctrica está por encima de las 4 horas lo que por ende se entiende como una falta de atención de los empleados, dado que su ubicación y objetivo en el taller es el almacenamiento de herramienta de poco uso, al que sólo se accede para buscar y tomar el material.

En otro caso, y con mayor relevancia, las mediciones obtenidas en la hidro lavadora reflejaron que los empleados la dejan encendida durante largos periodos que no corresponden a los tiempos estimados para la cantidad y tiempo por servicio que atiende el taller, para ambos casos, el estudio permitió al dueño tomar acciones en relación al problema, más aún, este resultado demuestra que al contar con mediciones y datos cuantitativos del uso del consumo eléctrico, brinda la oportunidad de tomar medidas con impacto en el comportamiento y rendimiento del empleado en pro de la economización y el medio ambiente. Así mismo, usuarios registrados y directivos pueden acceder al monitoreo en tiempo real desde cualquier equipo o dispositivo con acceso a internet, o bien enterarse vía correo electrónico de los tiempos en los que se activan y desactivan los contactos.

La página web de consulta, donde se siguen registrando estos datos es: <http://www.cmhernandezm.com/iot/asesores/>. Finalmente, en la Figura 4 se pueden observar algunos de los datos recabados al accionar el producto generado.



Figura 4. Tabla con historial de activaciones, Gráfico de valores y Correos de notificación respectivamente. Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El equipo de investigación colaboró para que el objetivo del proyecto se cumpliera, en este caso fue analizar, aplicar e implementar conocimientos y nuevas tecnologías de la Industria 4.0 que trabajen en disminuir el grave problema del cambio climático. Es una aportación que de ser implementada en la industria puede traer diversos beneficios, como el control seguro

de los contactos mediante la contraseña, el saber quién o qué departamento lo realizó, identificar y medir el equipo o línea de producción que está trabajando o no está trabajando, obtener parámetros de tiempo de rendimiento para obtener procesos y trabajos eficientes, notificaciones en tiempo real, así como, gráficos cuyo historial permanecerá activo durante el tiempo deseado.

Es importante mencionar que actualmente en el mercado existen productos y tecnologías similares del IoT, sin embargo, a diferencia del producto generado no son capaces de mantener un historial, ni mandar o procesar datos, en cambio al utilizar SigFox se pueden declarar y trabajar hasta con más variables que se envían en un sólo mensaje, además de que la tecnología a la fecha de enero de 2019 ya cuenta con más cobertura en el país, lo que implica que cada vez más este tipo de trabajos de investigación serán de utilidad para dar a conocer que existen antecedentes en el idioma local, un acervo bibliográfico con detalles técnicos y de operación (documento), y módulos electrónicos del IoT compatibles con la alta demanda de proyectos realizados con Arduino y RaspBerry.

Como recomendación es importante mencionar que, al obtener datos numéricos a lo largo de las 24 horas en los 365 días del año, puede intervenir el procesamiento de datos (Big Data) para conocer y analizar aún más el comportamiento de la industria o casa en estudio mediante las tendencias encontradas. Finalmente, se respondió a la pregunta generada, ya que es una herramienta eficiente que puede ayudar a disminuir el consumo eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaraz, M. (2014). *Internet de las cosas*. Recuperado de: <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/Internet-of-Things.pdf>

Campoverde, A., Hernández, D. y Mazón, B. (2015). Cloud Computing con herramientas open-source para Internet de las cosas. *Publicaciones Científicas de la Universidad de Cuenca*. Recuperado de: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/712/624>

Deloitte (2019). *¿Qué es la Industria 4.0? Davos y la Industria 4.0*. Recuperado de: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html#>

Organización de las Naciones Unidas (2019). *ONU lanza nueva alarma sobre aumento de calentamiento global*. Recuperado de: <https://www.dw.com/es/onu-lanza-nueva-alarma-sobre-aumento-de-calentamiento-global/a-51415697>

Real Academia Española (2019). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de: <https://dej.rae.es/lema/ingeniería>