

Procedimiento para la Implementación de Internet de las Cosas

Procedure to Implement Internet of Things

Ing. Marlys Clemente Oliva¹, Ing. David Benítez Machado², Dr.Sc. Caridad Anías Calderón³, Ing. Enzo Regalado Popa⁴

Recibido: 11/2018 | Aceptado: 02/2019

PALABRAS CLAVE

Internet de las Cosas
Procedimiento
Implementación.

RESUMEN

En este artículo se propone un procedimiento para la implementación de Internet de las Cosas, el cual parte de la búsqueda de los objetivos del cliente, para lograr el despliegue de una solución que responda de manera fiel a los mismos. Dicho procedimiento permite puntualizar, desde sus primeros momentos, importantes requerimientos a partir del análisis de los tipos de datos que se manejan en la solución en cuestión. La utilidad del procedimiento propuesto se comprobó a partir de su aplicación en la digitalización de los pozos petroleros del Yacimiento de Seboruco, ubicado en la franja norte de Cuba.

KEYWORDS

Internet of Things
Procedure
Implementation

ABSTRACT

This article proposes a procedure to implement Internet of Things (IoT), which is based on the customer's goals to achieve the deployment of a solution that faithfully meets them. This procedure allows listing, from the very beginning, relevant requirements based on the analysis of types of data managed for a targeted solution. The usefulness of the proposed procedure was demonstrated from its application in the digitization of the oil wells at Seboruco Oilfield, located in the northern strip of Cuba.

Introducción

El mundo ha experimentado en los últimos años la necesidad de conectar diversos objetos incluyendo los de la vida diaria, los cuales, al encontrarse equipados con microcontroladores, transmisores y sensores, son capaces de generar grandes cantidades de datos que pueden ser transformados en información útil. Esto constituye la base del paradigma conocido como Internet de las Cosas (IoT) —*Internet of Things*—, que posee un inmenso campo de aplicaciones, tales como:

la automatización de hogares, industrias y automóviles; servicios de salud y asistencia remota; y producción inteligente de energía. Los posibles escenarios de despliegue de Internet de las Cosas son muy heterogéneos, haciendo difícil la identificación de una solución capaz de satisfacer de forma correcta los requerimientos de todas las aplicaciones. Además, esta tecnología trae consigo numerosos retos que deben ser considerados a la hora de desarrollar cualquier proyecto de este tipo.

1 Tecnomática, Cuba. marlysc94@gmail.com

2 Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cuba. dbenitez92@gmail.com

3 Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cuba. cacha@tesla.cujae.edu.cu

4 Tecnomática, Cuba, enzo.regalado@gmail.com

Los primeros intentos de despliegue de IoT estuvieron enfocados en aplicaciones industriales, pero en la actualidad esta tecnología se ha expandido hasta objetos que son usados cotidianamente, e incluso a organismos vivientes (plantas, animales y personas). IoT representa la nueva evolución de Internet, por lo que constituye un enorme avance en su capacidad para recopilar, analizar y distribuir datos que se pueden convertir en información y conocimiento.

Sin embargo, el escenario de una solución IoT no se compone solamente de estos dispositivos pues describe sistemas en los cuales los objetos del mundo físico, equipados con sensores, se encuentran conectados a Internet a través de enlaces ya sean cableados o inalámbricos. Esta combinación permite que dichos objetos sean monitoreados y, en muchas ocasiones, controlados remotamente. También posibilita la obtención de grandes cantidades de datos acerca de su desempeño y del ambiente en el que operan. Debido a esto, se considera que IoT es una tecnología de muy amplio espectro, en la cual los elementos que giran a su alrededor son cuantiosos y complejos, que hacen que tanto su despliegue como gestión constituyan una tarea ardua.

Para la implementación de IoT se necesita en primera instancia, contar con un modelo que integre adecuadamente los elementos indispensables para garantizar el correcto funcionamiento de cualquier solución de este tipo. Además, como consecuencia del amplio espectro de opciones existentes en el mercado de productos IoT, es difícil tener claridad en cuanto a la elección de protocolos, herramientas de *software*, dispositivos, y demás componentes que respaldan el correcto despliegue de un proyecto IoT. Por otra parte, en la bibliografía consultada las guías existentes para la implementación de Internet de las Cosas están enfocadas a determinado(s) *software*(s) y/o *hardware*(s) o aplicación(es) específica(s).

Por lo anterior, se hace necesaria una guía que oriente cómo implementar IoT. Por ello, el objetivo de este artículo es brindar un procedimiento para la implementación de esta tecnología que resuelva la problemática anteriormente planteada.

Materiales y Métodos.

Estructura General del Procedimiento

Para la implementación de IoT se necesita en primera instancia, contar con un modelo de referen-

cia que reúna los aspectos fundamentales a tener en cuenta para su puesta en práctica, con este fin, se tomó como base la arquitectura para IoT que se propone en (Machado, 2016).

El procedimiento que se propone para la implementación de Internet de las Cosas debe integrar adecuadamente los elementos indispensables para garantizar el correcto funcionamiento de cualquier solución de este tipo. Es importante destacar que cada solución IoT es única, ya que depende no solo de un modelo de referencia, sino también del tipo de aplicación en la que se enfoque, por lo tanto, debe adaptarse a las especificidades que puedan presentar la gran mayoría de las soluciones IoT.

Para el desarrollo del procedimiento se utilizó un enfoque *top-down* (Kurose y Ross, 2013), con el objetivo de lograr un despliegue final que responda completamente a las necesidades y objetivos del proyecto IoT que se quiera implementar. De acuerdo con dicho enfoque, el procedimiento se encuentra compuesto por cuatro etapas: Caracterización, Diseño Lógico, Diseño Físico, e Implementación.

Resultados y Discusión

El procedimiento que se propone para la implementación de Internet de las Cosas se muestra en el esquema de la figura 1.

En la etapa de Caracterización se definen los objetivos del proyecto a partir de las necesidades del cliente. Además, se precisa qué tipo de datos serán manejados, cómo y dónde serán procesados (a lo largo del procedimiento se utiliza el término procesamiento, englobando las acciones de procesar y almacenar los datos). Se analizan también las medidas de seguridad que deben ser tomadas a lo largo de toda la solución. Esta información será usada posteriormente para la elaboración del Diseño Lógico del proyecto, en el cual se plasmarán todos los elementos que integran la solución, en correspondencia con sus posiciones geográficas reales, definiendo los enlaces de comunicación necesarios entre ellos, para de esta manera contar con una topología de la solución. En la tercera etapa, Diseño Físico, se definirán los parámetros técnicos que se ajustan a los objetivos del proyecto, lo que permitirá seleccionar correctamente el *hardware* (HW) y *software* (SW) de toda la solución. Finalmente, una vez configurados los equipos, se realizarán pruebas

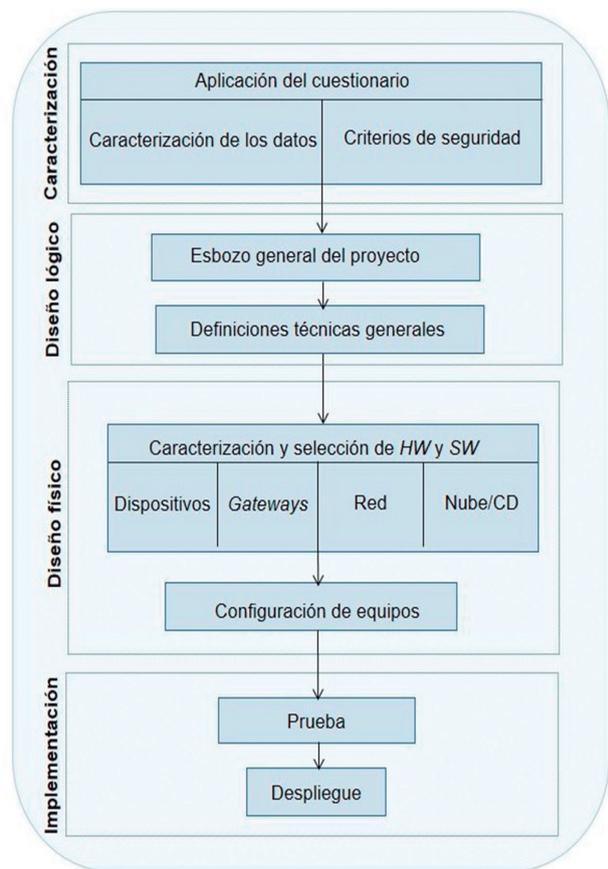


Figura 1. Estructura general del procedimiento propuesto

que avalen el correcto funcionamiento de los mismos, para así proceder a la Implementación del proyecto.

Etapa de Caracterización

Esta primera etapa está integrada por tres procesos: aplicación del cuestionario, caracterización de los datos y criterios de seguridad. Una vez concluida se deben tener definidos los siguientes aspectos:

- Todas las variables asociadas a los eventos que se deben monitorear/controlar.
- Los requerimientos de ancho de banda de toda la solución.
- El tipo de dispositivo a emplear por cada variable.
- Si es necesario el análisis en tiempo real de los datos, los eventos que demandan este tipo de análisis, así como dónde ocurrirá el mismo.
- Dónde se realizarán el análisis y almacenamiento histórico de los datos.
- El tipo de procesamiento con el que se tratarán los datos.

Los criterios de seguridad que se tomarán en cuenta antes, durante, y después de diseñar e implementar el proyecto.

Aplicación del cuestionario

Con el fin de definir las metas del proyecto y sus aplicaciones finales, determinar el tipo de datos que se manejarán en el mismo, así como otra información de interés, se aplicará en primera instancia, un cuestionario al cliente. En la tabla 1 se relacionan las preguntas del cuestionario con el objetivo de las mismas. Además, se ejemplifica cada una de ellas con una aplicación hipotética, en aras de mostrar el enfoque que debe tener cada una.

Caracterización de los datos

IoT es una tecnología que se encuentra en constante ascenso y desarrollo, por lo que cada vez será mayor el número de aplicaciones vinculadas a la misma, compartiendo todas un elemento común: el manejo de algún tipo de datos. Definir un procedimiento para el despliegue de IoT a partir de las aplicaciones en las que pueda ser empleado podría ser un proceso interminable, y en cierta medida llegaría a ser insuficiente. Por este motivo, este procedimiento no se realizó en base a ninguna aplicación, sino a partir del tipo de datos que se vean involucrados.

Una vez focalizados los objetivos del proyecto, así como los eventos que se quieren monitorear y/o controlar, se pueden definir los tipos de datos que serán manejados, y tener claros los requerimientos mínimos de ancho de banda para dicho manejo, así como las tecnologías de red capaces de satisfacer tales necesidades. En el diagrama de la figura 2 se muestra el proceso de caracterización de los datos.

El objetivo del primer paso es agrupar los diferentes eventos según el tipo de datos que manipulen, siendo más fácil tomar decisiones certeras en cuanto a qué recursos destinar a cada agrupación. Dicha información será recogida en una tabla, facilitando la organización de los datos de interés. Se debe tener en cuenta que un evento puede tener asociada más de una variable, por lo que puede manejar más de un tipo de datos.

En la mayoría de estas aplicaciones es necesaria la ejecución de acciones automáticas ante determinada circunstancia, o simplemente controlar algún dispositivo remotamente para iniciar o finalizar un proceso. Por tales motivos, los datos que se recolectan pueden

ser usados tanto para obtener información, como para intervenir en determinado medio.

Por lo tanto, una vez establecido qué se quiere hacer con los datos (lectura y/o escritura) será más simple determinar, a gran escala, qué tipo de dispositivos IoT se necesitan emplear en el proyecto en cuestión:

Dispositivos recolectores: aquellos que figuran como la puerta de entrada de los datos necesarios para obtener la información deseada (Ej.: sensores, cámaras).

Dispositivos de control: aquellos que pueden controlar un evento determinado (Ej.: apagar o encender una lámpa-

ra, cerrar o abrir una válvula, echar a andar o detener un motor), estos dispositivos se denominan actuadores.

El siguiente paso es definir si el proyecto requiere procesamiento de datos en las cercanías de los dispositivos IoT, en caso de ser así, serían necesarios los paradigmas *Computación en la niebla y/o Computación en el borde*. Este tipo de procesamiento garantiza el correcto funcionamiento de aquellas aplicaciones que requieren tiempos de respuesta muy reducidos (en el orden de los milisegundos), que cuentan con dispositivos dispersos geográficamente (Ej.: sistemas de control a

PREGUNTA	OBJETIVOS	EJEMPLO
1 Definir detalladamente qué eventos se quieren impactar con el proyecto.	Definir objetivos del proyecto y los tipos de datos que se manejarán.	Para una solución de monitoreo de transporte, se quiere controlar el estado de las puertas de los vehículos, el ambiente interior de los mismos y activar una alarma en caso de anomalías. Además, se desea conocer el kilometraje diario de dichos vehículos para comprobar su correspondencia con el consumo de combustible. En este caso los eventos involucrados serían: Monitoreo del estado de las puertas (abierta o cerrada). Monitoreo del ambiente interior del vehículo (incluye dos variables a medir: humedad y temperatura). Monitoreo de kilómetros recorridos.
2 ¿Para qué serán empleados los datos recolectados?	Definir si los datos sólo serán leídos (lectura) o se actuará a partir del análisis de los mismos (escritura). Precisar qué tipo de dispositivos IoT serán usados (para sensar y/o controlar).	Analizar, mostrar en una pantalla, activar alarma si el vehículo está en movimiento y la puerta está abierta. Analizar, mostrar en una pantalla, activar alarma si la temperatura no se encuentra entre 20 y 24 °C. Analizar, mostrar en una pantalla, activar alarma si la humedad no se encuentra entre el 10 y el 20%. Analizar y crear informes.
3 ¿Qué eventos requieren análisis/control en tiempo real?	Definir necesidad de procesamiento cercano a los dispositivos IoT.	Los eventos 1 y 2 requieren análisis en tiempo real. Los datos recolectados en el evento 4 no requieren este tipo de procesamiento puesto que serán empleados para la creación de reportes diarios y mensuales.
4 ¿Dónde se deben mostrar los resultados del análisis de los datos? ¿Desde dónde se deben controlar los dispositivos?	Definir dónde se visualizará la información proveniente de los datos y desde dónde se controlará el sistema.	Los resultados del análisis de los datos se mostrarán en la Empresa de Transporte y en la cabina de los vehículos. El estado de las puertas y el valor de temperatura y humedad, se mostrarán en el vehículo, y la alarma se desactivará desde el interior del mismo.

gran escala, como las luces de tráfico inteligente o el monitoreo de gas y petróleo), así como aplicaciones móviles (Ej.: vehículos inteligentes). Esto disminuye la probabilidad de ocurrencia de roturas y desastres, disminuyendo por tanto la pérdida de recursos.

De esta manera, las aplicaciones que demanden las características antes mencionadas, deben optar por el procesamiento cercano a los dispositivos, seleccionando una de las siguientes variantes (o la combinación de ambas):

Procesamiento en los dispositivos IoT: se necesitan dispositivos con capacidades de análisis y, en ocasiones, almacenamiento. Puede ser factible para aplicaciones con dispositivos aislados, muy dispersos geográficamente.

Procesamiento en un nodo: el análisis y almacenamiento de los datos de varios dispositivos se concentrará en un nodo cercano a los mismos. Dicho nodo puede ser un gateway, router, micro Nube/Centro de datos, etc. Su uso es conveniente cuando la mayoría de las variables que se monitorean/controlan requieren este tipo de procesamiento.

Además, este tipo de análisis puede ser una opción en aras de filtrar grandes cantidades de datos y enviar alertas solo ante la detección de cambios significativos, así como hacer una mejor utilización del ancho de banda y lograr mayor seguridad, dado que circula una menor cantidad de datos por la red.

Los datos que requieran análisis y almacenamiento históricos serán enviados a la Nube/Centro de datos (es importante aclarar que el procesamiento cercano a los dispositivos no sustituye a la Nube/Centro de datos). Se debe definir dónde se quiere realizar este tipo de procesamiento, ya que es necesario tener en cuenta su posición geográfica en la etapa de Diseño Lógico. Por último, debe determinarse el empleo o no de Big Data, a partir del volumen de datos que procesará la solución. Para ello, por ejemplo, se debe estimar la cantidad de datos que se manejarán en un período de uno a diez segundos, si excede los 15 GB, entonces se debe utilizar Big Data en la solución. Más detalles al respecto se pueden encontrar en la propuesta de método para la implementación de Big Data en la Gestión de las Telecomunicaciones (García, 2016). En su defecto, se aplicarán métodos tradicionales para el procesamiento de los datos.

Criterios de seguridad

La seguridad se debe tener en cuenta desde las primeras etapas de desarrollo de cualquier proyecto, no

una vez esté concebido, lo cual constituye un error frecuente (Padraig, 2016). Lo primero que debe realizarse es evaluar los posibles riesgos de seguridad a los que está expuesta la solución a partir de sus características.

Además, se deben conocer las políticas de seguridad y las necesidades específicas de privacidad del cliente, en aras de satisfacer las mismas.

Según (Padraig, 2016), existen seis tipos de amenazas comunes a cualquier solución IoT:

Robo de identidad o *spoofing identity* (Ej.: el atacante usa la credencial de algún usuario o dispositivo para acceder al sistema).

Entrometimiento o *tampering* (Ej.: el atacante reemplaza el *software* que corre en algún equipo por malware).

Repudio o *repudation* (Ej.: el atacante cambia la información que debe ser mostrada ante acciones maliciosas).

Publicación de información o *information disclosure* (Ej.: exposición de información sensible a terceras partes).

Denegación de servicio o *denial of service* (Ej.: el atacante inunda el dispositivo con tráfico no solicitado, dejándolo inoperable).

Elevación de privilegios o *elevation of privilege* (Ej.: el atacante fuerza al dispositivo a ejecutar acciones que no tiene permitidas llevar a cabo).

Teniendo en cuenta las amenazas típicas mencionadas anteriormente y las que pueden estar ligadas a la solución según las particularidades de la misma, debe determinarse qué medidas de seguridad serán tomadas antes, durante y después de la ejecución del proyecto, para contrarrestar dichas amenazas. Las principales medidas de seguridad que deben considerarse en toda solución IoT se encuentran recogidas en el trabajo de diploma Procedimiento para la implementación de Internet de las Cosas (Oliva, 2017). Estas se dividen en cuatro niveles: Cliente, Físico, *Software* y Red. Dichas medidas, aunque se encuentran organizadas en capas diferentes, están estrechamente relacionadas, ya que un fallo de seguridad en cualquier nivel puede comprometer a los restantes. Es importante tener en cuenta que no todos los elementos de un proyecto requieren el mismo grado de seguridad, por lo tanto, se debe definir, según el nivel de importancia de los datos que se manejan (Ej: si su pérdida, modificación o explotación es crítica para los propósitos de la empresa, entidad o persona) las medidas de seguridad a adoptar.

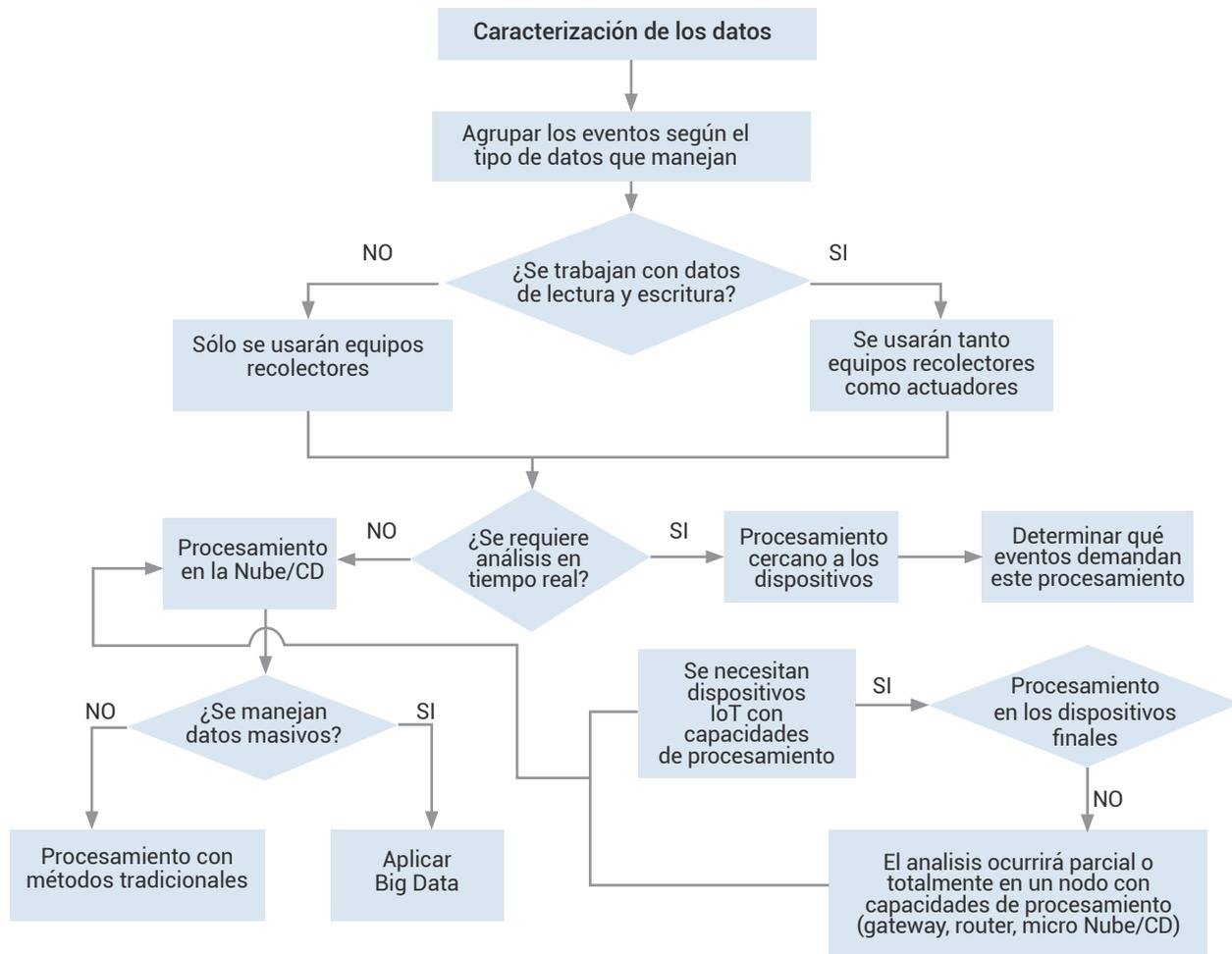


Figura 2. Manejo de datos

Etapa de Diseño Lógico

En la etapa de Diseño lógico del proyecto se confeccionará un esbozo del mismo, el cual será complementado con las definiciones técnicas generales que se ajustan a las características de la solución, en aras de determinar, en la siguiente etapa del procedimiento, qué tecnologías satisfacen de manera adecuada dichas necesidades. Las figuras 3 y 4 guían este proceso.

Esbozo general del proyecto

Esta etapa tiene como propósito obtener una representación de todos los elementos físicos asociados a los eventos que serán atendidos en la solución, indicando además la relación entre los mismos. Así se pretende lograr una mayor claridad de la topología que debe tener la red que interconecta los dispositivos con la capa superior (Gateway o Red).

Siguiendo las instrucciones delineadas en el diagrama de la figura 3, y utilizando la información ob-

tenida de la etapa anterior, se realizará un esbozo de la solución, con el objetivo de lograr un mayor entendimiento de la misma y seleccionar las tecnologías de red y protocolos de comunicación que más se adecúen a las necesidades encontradas.

Definiciones técnicas generales

A partir del esbozo general del proyecto, y siguiendo el diagrama de la figura 4, se hará un análisis de las necesidades técnicas de la solución. El primer punto a evaluar es si el proyecto parte desde cero o no. En muchas ocasiones, las empresas deben asumir proyectos que ya tienen un punto de partida. Incluso, es un error frecuente comenzar seleccionando nuevo equipamiento, sin hacer un análisis preciso de las características técnicas ideales necesarias.

Si el proyecto no parte desde cero deben analizarse las características de los equipos y/o herramientas de *software* con que cuenta el cliente, para determinar

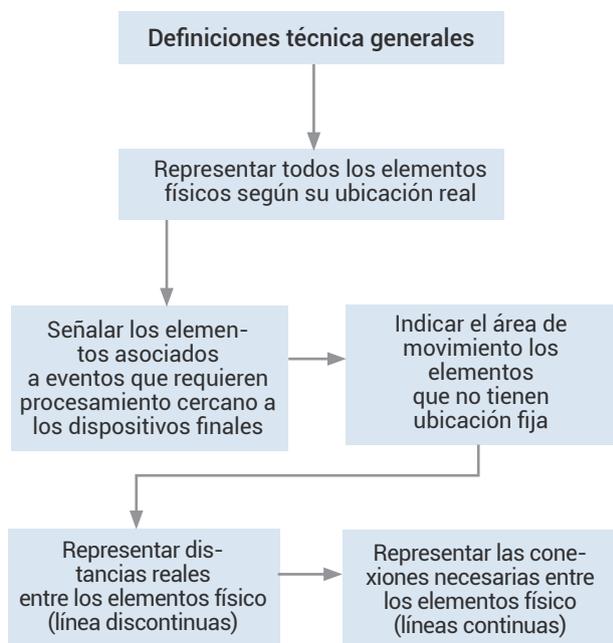


Figura 3. Esbozo general del proyecto

si se pueden integrar al proyecto en cuestión. Si dicha tecnología no puede ocupar ninguna función de manera eficiente en la solución actual, se debe decidir entre conservarla como repuesto o desecharla.

Por otro lado, muchas empresas cuentan con preferencias por determinado fabricante o proveedor dada la experiencia como consumidores, o porque reciben ofertas cuya relación calidad/precio es muy interesante. Dichas preferencias, deben ser consideradas en cualquier tipo de selección.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta son las condiciones medioambientales donde se desplegará la solución. Se deben precisar, a partir de las características del entorno donde se desarrollará el proyecto, si los dispositivos finales requieren parámetros operacionales específicos (Ej: tipo de material, rango de temperatura de trabajo, protección contra shock y vibración, entre otros) para garantizar la calidad de los servicios y alargar la vida útil de dichos dispositivos.

A partir del esbozo general del proyecto, y con la información obtenida hasta el momento del diagrama de la figura 4, se seleccionarán la(s) tecnología(s) de red y el(los) protocolo(s) de comunicación entre los dispositivos. La selección de la(s) tecnología(s) de red y el(los) protocolo(s) de comunicación, debe estar guiada, en primera instancia, por las necesidades de ancho de banda de la solución. Además, es necesario tener en cuenta:

Las distancias de cada uno de los enlaces.

El tipo de suministro de energía que más se ajusta a las condiciones donde se desplegará la solución.

La topología de red necesaria.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que el uso de una tecnología inalámbrica aporta ventajas tales como flexibilidad de instalación y despliegue, así como la eliminación de costos por cableado, sin mencionar que en muchas aplicaciones IoT el uso de una solución cableada simplemente no es viable, dadas las condiciones del entorno.

Por otro lado, dos de las principales razones para seleccionar una opción cableada, son el ancho de banda y la fiabilidad. La selección de una tecnología cableada o inalámbrica estará condicionada, en gran medida, como se mencionó anteriormente, por las limitaciones que imponga el entorno en el cual se desarrolla el proyecto.

A partir de los aspectos anteriormente mencionados, se deben seleccionar la(s) tecnología(s) de red que se empleará(n) y el(los) protocolo(s) de comunicación de los dispositivos. Constituye una buena práctica idear más de un escenario de conexión, para así analizar qué variantes se pueden tener en cuenta en el proyecto, en dependencia de lo que se encuentre en el mercado de productos.

La conexión entre la Capa de Dispositivos y la Capa de Red puede ser directa en aquellos casos en que sea factible y más efectivo emplear la misma tecnología para comunicar ambas capas. Si dicha comunicación no es directa, debe añadirse la Capa de Gateways. Una buena razón para incluir esta capa es el uso de diferentes protocolos de comunicación entre la red y los dispositivos (o entre dispositivos IoT que requieren comunicación entre sí), donde la Capa de Gateways figura como intermediario, encargándose de la conversión de protocolos. No obstante, puede ser empleada aunque la comunicación entre los dispositivos y la red pueda ser directa, para otras funciones tales como: actuar como nodo de procesamiento, así como para albergar aplicaciones encargadas de la gestión, la seguridad de los dispositivos y la compresión, filtrado y encriptación de datos.

Llegado a este punto, es conveniente realizar nuevamente un esbozo del proyecto, pero esta vez incluyendo los parámetros técnicos del mismo. De esta manera, se tendrá una topología final de la solución, y se analizará la necesidad de incorporar equipos extras para la conversión de protocolos de comunicación, cuyo uso es común en proyectos donde se necesiten integrar sistemas legados.

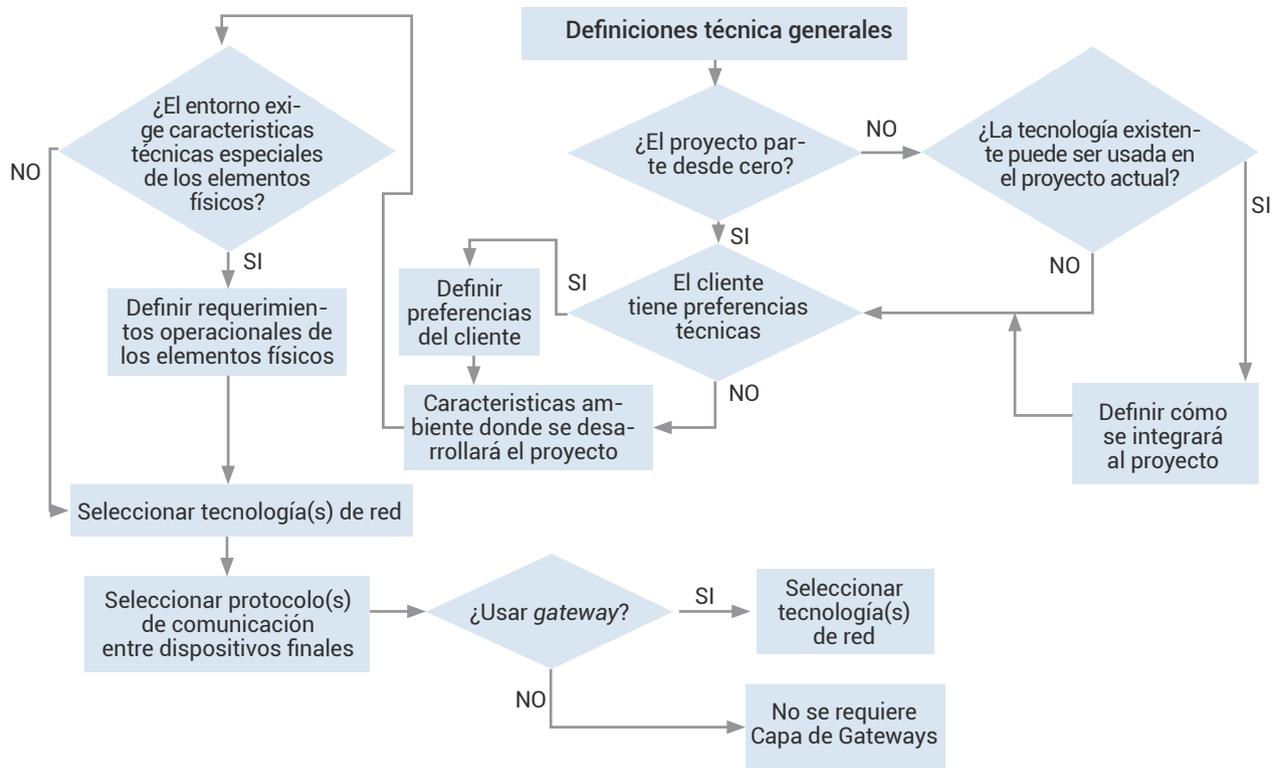


Figura 4. Definiciones técnicas generales

Etapa de Diseño físico

El mercado para las aplicaciones IoT es inmenso y se encuentra en ascenso. Para enfrentar la gran cantidad de ofertas disponibles, es necesario tener bien definidas las necesidades del proyecto, las cuales permitirán seleccionar los productos más adecuados. La etapa de Diseño físico se encuentra compuesta por dos procesos: caracterización y selección de *hardware* y *software*, y configuración de equipos. Esta etapa tiene como objetivo facilitar la selección de los elementos que conforman la solución y hacerlo correctamente.

Caracterización y selección de *hardware* y *software*

El próximo paso es definir las características técnicas de los elementos que integran cada una de las capas de la arquitectura de referencia, de forma tal que se ajusten a los requerimientos del proyecto. Este proceso estará guiado por el diagrama la figura 5.

Capa de Dispositivos: para el caso de los dispositivos IoT, se empleará una tabla para relacionar los dos grupos de dispositivos IoT definidos en la etapa de Caracterización de datos, con los parámetros técnicos que se deben tener en cuenta para su selección. Cada uno de los eventos definidos al inicio del procedimiento puede contar con uno o más dispositivos.

Parámetros de selección de sensores:

Tipo de sensor: definido por lo que se desee monitorear.

Parámetros operacionales: delimitados por las características del ambiente en el que opere el sensor.

Requerimientos de precisión: la precisión será directamente proporcional al nivel de importancia que tenga el dato que se quiera recolectar.

Rango de medición necesario: intervalo de valores que debe cubrir la medición del sensor.

Área de detección: alcance que debe tener el sensor.

Protocolos: aspecto a tener en cuenta, dado que es conveniente el uso de protocolos más adaptados a los requerimientos de IoT.

Comunicación y conectividad: protocolo de comunicación seleccionado.

Tamaño físico: debe tenerse en cuenta si la ubicación del sensor demanda un tamaño específico.

Tipo de alimentación: si se requiere el uso de baterías, la duración de la misma, etc.

Procesamiento en tiempo real: si la aplicación requiere este tipo de procesamiento, y se ha elegido realizarlo en el propio dispositivo, entonces este debe poseer inteligencia, o sea, estar equipado con un microprocesador capaz de responder a las necesidades de procesamiento, un sistema operativo, y capacidades de almacenamiento.

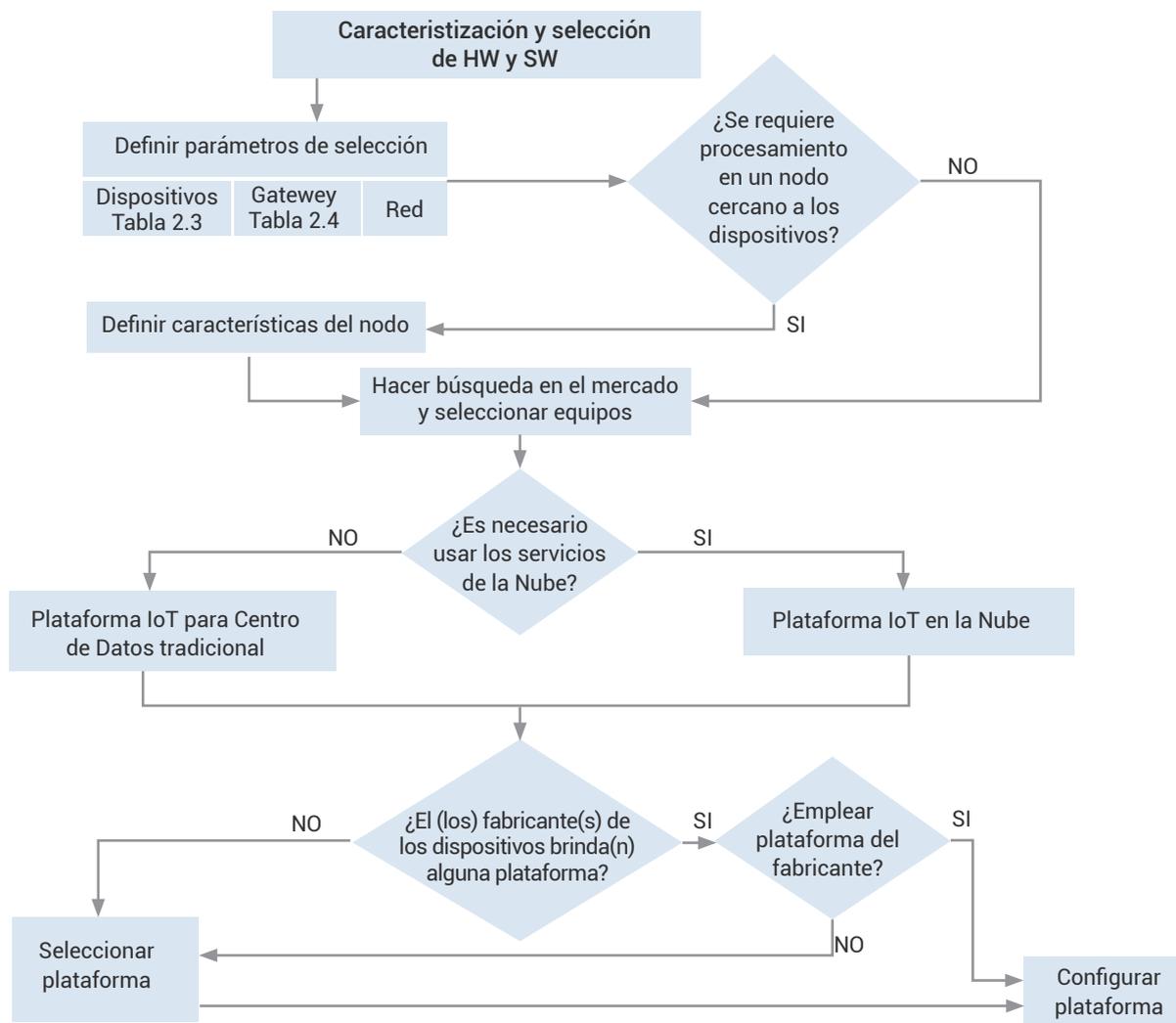


Figura 5. Caracterización y selección de hardware y software

Opciones de seguridad: capacidades necesarias para garantizar la seguridad.

Opciones de gestión: capacidades de gestión necesarias.

Parámetros de selección de actuadores:

Tipo de actuador: definido por el tipo de salida que presente, clasificándose así en: neumáticos (muy seguros y simples), eléctricos (corriente directa o alterna), hidráulicos (eficientes por su menor tamaño), o digitales.

Parámetros operacionales: igual a sensores.

Tiempo de respuesta: tiempo que demora en ejecutar una acción.

Comunicación: en entornos industriales son típicamente controlados por sistemas de control, tales como: Controlador Lógico Programable (PLC) —*Programmable Logic Controller*—, Sistemas de Control Distribuido (DCS) —*Distributed Control Systems*—, Controladores de Automatización

Programables (PAC) —*Programmable Automation Controller*—, por lo que deben soportar el protocolo de comunicación que empleen dichos sistemas. Los actuadores digitales se encuentran normalmente emparejados con sensores (de forma inalámbrica o cableada), o recibiendo órdenes directamente desde la Nube o Centro de datos.

Tamaño físico: igual a sensores.

Tipo de alimentación: igual a sensores.

Opciones de seguridad: igual a sensores.

Opciones de gestión: igual a sensores.

Capa de Gateways: en caso de incluirse la Capa de Gateways en la solución, será utilizada una tabla para relacionar los parámetros de selección con los elementos que la conforman. Una vez definidos dichos parámetros, se debe hacer un dimensionamiento de la cantidad total de equipos que serán empleados.

Parámetros de selección de gateways:

Parámetros operacionales: igual a sensores.

Comunicación y conectividad: tiene que soportar el(los) protocolo(s) de comunicación usado(s) en los extremos que interconecta.

Protocolos: igual a sensores.

Opciones de seguridad: es de vital importancia la encriptación y aseguramiento de los datos. Las conexiones que se establecen entre el gateway, los dispositivos y la Nube/Centro de datos, deben ser seguras.

Capacidades de procesamiento: debe tenerse en cuenta si se requiere que el gateway, además de la conversión de protocolos, realice otras funciones, como las mencionadas en la etapa de Definiciones técnicas generales, o si se requiere procesamiento en tiempo real y se ha decidido que tenga lugar en el gateway.

Opciones de gestión: igual a sensores.

Tipo de alimentación: igual a sensores.

Capa de Red: en dependencia de la tecnología de red escogida, se debe analizar los elementos necesarios para poder implementarla. No obstante, uno de los factores que más posibilitan el despliegue de IoT es la conectividad que actualmente existe en el mundo, lo cual permite el uso de las redes desplegadas hasta el momento para acceder a Internet. Una de las tecnologías más empleadas actualmente para hacer posible el paradigma de IoT, son las redes celulares.

Capa de Nube o Centro de datos: si en la solución en cuestión se requiere procesamiento en un nodo cercano a los dispositivos, y se ha decidido que el mismo no será realizado en los dispositivos IoT ni en el(los) gateway(s), entonces ha de tenerse en cuenta el(los) protocolos de comunicación que debe soportar, qué capacidades de procesamiento se requieren, y los servicios que debe brindar dicho nodo. En dependencia de las necesidades de seguridad y ubicuidad del proyecto, se debe decidir si es necesario o no, el uso de los servicios de la Nube o el Centro de datos. Esta decisión dependerá también de las capacidades que posea la entidad para enfrentar los gastos de infraestructura que implica el despliegue de un centro de datos propio. Por lo tanto, si la solución en cuestión demanda acceso ubicuo, sin dudas será necesario el uso de la Nube. Si además la empresa cuenta con información muy delicada, entonces un modelo híbrido podría ser la decisión correcta.

Una vez definidos los parámetros de selección de los recursos de *hardware* y *software* de toda la solu-

ción, el próximo paso será realizar una búsqueda de las opciones existentes, y seleccionar las más adecuadas. Se recomienda realizar nuevamente un esbozo en el cual se incluyan todos los equipos de la solución y se especifiquen sus interconexiones.

Configuración de equipos

En la fase de configuración se debe tomar extremo cuidado, ya que hacerlo de forma incorrecta, podría devenir en un ineficiente funcionamiento de la solución, la recolección de datos erróneos o no necesarios y, de manera general, traería consigo consecuencias no deseadas (Ej: incurrir en fallos técnicos, roturas, tiempos de inactividad y riesgos de seguridad). Para la correcta culminación de esta etapa, se deben adquirir y estudiar a fondo los manuales de configuración de cada uno de los equipos y, en caso de ser necesario, solicitar ayuda técnica del fabricante.

Etapa de Implementación

Esta constituye la última etapa del procedimiento y se encuentra dividida en dos fases: Prueba y Despliegue. La etapa de prueba es de suma importancia ya que a partir de la misma se verifica si todos los elementos de la solución funcionan de forma correcta, lo cual permite la toma de acciones correctivas en aras de perfeccionar el desempeño de los mismos, y pasar al despliegue del proyecto con la certeza de que se obtendrán los objetivos propuestos.

Prueba

Existen varios tipos de pruebas de desempeño, incluso empresas dedicadas a la ejecución de las mismas. Estas permiten analizar y evaluar las características de desempeño de una aplicación (Ej.: tiempos de respuesta, tasa de atención de peticiones y capacidad de trabajo útil por unidad de tiempo) (Espinoza, Quintas y Vega, 2011):

Pruebas de *benchmark*.

Pruebas de estrés.

Pruebas de perfil de desempeño.

Pruebas de carga.

Además, se deben realizar pruebas destinadas a comprobar la estabilidad de la comunicación entre los dispositivos IoT y los equipos de interconexión, frente a diferentes niveles de intensidad y ancho de banda de una señal interferente, dentro de la banda de frecuencia de trabajo de los mismos (estas pruebas se limitan a dispositivos con comunicación inalámbrica). También

se debe comprobar la calidad de la señal variando diferentes parámetros, tales como la posición entre el dispositivo IoT y el equipo de interconexión (el ángulo entre los mismos), y la distancia. Estas pruebas deben realizarse primeramente en un ambiente controlado, y luego en el lugar real de la solución con un despliegue a mediana escala.

Despliegue

Una vez superada la etapa de prueba satisfactoriamente, se procederá al despliegue total de todos los elementos que conforman el proyecto. De esta manera concluye el diseño y puesta en práctica de la solución.

Empleo del procedimiento propuesto para la implementación de Internet de las Cosas en la digitalización de los pozos petroleros del Yacimiento de Seboruco

Tecnomática es una empresa cubana que ofrece servicios de comunicaciones, informática y automática a la organización empresarial CUPET (Cuba Petróleo). La misma cuenta con permiso de importación de equipos para las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y la automática industrial (Tecnomática, 2017).

PETRAF S.A, uno de los clientes de la empresa, opera el Yacimiento petrolero de Seboruco, ubicado en la Franja Norte de Cuba. La producción anual de esta zona está valorada en varios millones de dólares americanos y garantiza el combustible para generar el 54% de la electricidad que se consume en Cuba, así como el combustible doméstico (gas manufacturado) para más de 260 mil familias y muchos centros laborales e industrias de la capital cubana.

En el momento de realización de este trabajo, toda la instrumentación existente para la recolección de las variables de fondo y de superficie de cada uno de estos pozos era local y se recogía manualmente, así ocurre igualmente con los parámetros de desempeño de los todos los equipos presentes. Además, se requería la recolección de datos que permitieran determinar la calidad de la energía eléctrica. En la figura 6 se pueden apreciar los sensores de presión instalados en los pozos. Los datos recolectados por los variadores de velocidad se recogían semanalmente en una memoria flash para la elaboración de informes acerca del desempeño de los pozos, lo cual es extremadamente ineficiente dada la ausencia de mecanismos para la generación

de alarmas ante algún fallo operacional. El yacimiento se encuentra rodeado por una comunidad, por lo que cualquier alteración en la operación de las bombas de los pozos traería consigo numerosas pérdidas humanas.

A partir de la problemática señalada anteriormente, se planteó la necesidad de automatizar el monitoreo de las variables que indican el desempeño del yacimiento. Partiendo de tal necesidad, se decidió dar paso al uso de IoT, donde sin dudas el primer y mayor beneficio sería poder actuar de manera inmediata ante cualquier fallo operacional.

La aplicación del procedimiento propuesto en un caso de estudio, con el objetivo de ofrecer una solución a la situación descrita anteriormente, hizo posible realizar una propuesta funcional y viable a la problemática existente, demostrándose la validez del mismo.



Figura 6. Sensores de presión (superficie del pozo)

Conclusiones

Con el desarrollo de este trabajo se logró elaborar un procedimiento para la implementación de IoT que integra los principales elementos que se deben tener en cuenta en esta tecnología, arribándose a las siguientes conclusiones:

La seguridad debe considerarse desde los dispositivos hasta las aplicaciones, partiendo del análisis de las posibles vulnerabilidades ligadas a las características de la solución en cuestión, y de aquellas que son intrínsecas a cualquier proyecto IoT.

El uso de la conectividad existente para el despliegue de soluciones IoT minimiza en gran medida el costo y tiempo de implementación de estas.

La escalabilidad es un aspecto fundamental a tener en cuenta durante el diseño de cualquier proyecto en

aras de poder enfrentar el crecimiento futuro que puede tener cualquier solución IoT.

En un proyecto IoT debe garantizarse la convivencia de distintos protocolos y formatos de datos, para lograr interoperabilidad entre productos de diferentes fabricantes.

No todas las aplicaciones IoT demandan los mismos recursos y tecnologías, las necesidades dependen de las características de las mismas.

Muchas aplicaciones demandan la extensión del procesamiento hasta la cercanía de los dispositivos, el cual a su vez brinda numerosas ventajas.

A partir de la aplicación del procedimiento propuesto en un caso práctico, se demostró la factibilidad del mismo.

Referencias

- Espinoza, B., Quintas V., Vega A. (2011). *Pruebas de Desempeño*. Recuperado de carolina.terna.net/ingsw3/datos/Pruebas_de_Desempe%F1o.pdf
- García, A. (2016). *Método para la implementación de Big Data en la Gestión de las Telecomunicaciones*. (Tesis de grado). Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.
- Kurose J.F and, R. K. (2013). *Computer Networking. A Top-Down Approach, Inc. USA*. Estados Unidos: Pearson Education Inc.
- Machado, D. (2016). *Propuesta de arquitectura para Internet de las Cosas* (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.
- Oliva, M. C. (2017). *Procedimiento para la implementación de Internet de las Cosas* (Tesis de Grado). Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.
- Padraig Scully, K. L. (2016). *Guide to IoT Solutions Development*.
- Tecnomática. (2017). Tarea Técnica Adquisición y Transmisión de Datos de los Pozos de Petróleo de Seboruco.