



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**ARQUITECTURA COLABORATIVA DE DATOS PARA MONITOREO DE  
EQUIPOS INDUSTRIALES BASADA EN INTERNET OF THINGS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: ANTONY STEVEN ESPINOZA ORBE

TUTOR: JOE FRAND LLERENA-IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2022

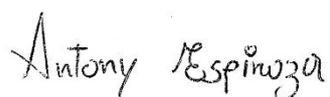
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Antony Steven Espinoza Orbe con documento de identificación N° 0931293294 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 7 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Antony Steven Espinoza Orbe

0931293294

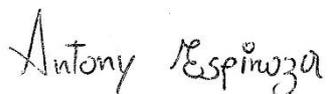
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Antony Steven Espinoza Orbe con documento de identificación No. 0931293294, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor(a) del Artículo académico: *Arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales basada en Internet of Things* el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 7 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Antony Steven Espinoza Orbe

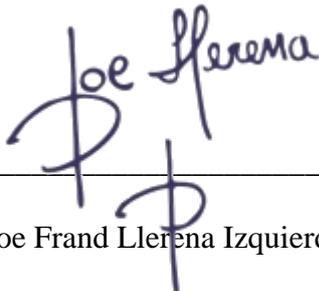
0931293294

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Nombre del trabajo *Arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales basada en Internet of Things*, realizado por *Antony Steven Espinoza Orbe* con documento de identificación N° 0931293294, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 7 de febrero del año 2022

Atentamente,



---

Joe Frand Llerena Izquierdo  
0914884879

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi familia, a mi papá Antonio, a mi hermano Jhon y a mi mamá Pilar por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mi tutor de tesis, el Ing. Joe Llerena por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A la Universidad politécnica Salesiana, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

## RESUMEN

Se revisó la literatura científica para entender la utilidad de IoT en monitoreo de equipos industriales mediante la observación, análisis y deducción. El objetivo es diseñar una arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales en una empresa ecuatoriana basada en IoT. La metodología de esta propuesta se orienta en una investigación empírico-analítica para verificar la factibilidad de una solución mediante el análisis de otras evidencias científicas; se aplica un enfoque cualitativo para estudiar procesos; el método de trabajo es la investigación mediante el estudio de casos para entender la conectividad en arquitecturas IoT. Como resultado se obtuvo el diseño de una arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales basada en IoT, y un caso de estudio en una empresa ecuatoriana para determinar los componentes y costos promedios de la arquitectura. Se concluye que IoT es útil en varios escenarios; la contribución de este documento a través de la arquitectura colaborativa es para empresas que puedan levantar su propia infraestructura IoT y obtener datos en tiempo real para tomar decisiones y correctivos sobre las maquinarias estratégicas.

**Palabras claves:** Internet de las Cosas, Arquitectura Colaborativa, Equipamiento Industrial, Monitorización Remota, IoT.

## ABSTRACT

The scientific literature was reviewed to understand the usefulness of IoT in monitoring industrial equipment through observation, analysis and deduction. The objective is to design a collaborative data architecture for monitoring industrial equipment in an Ecuadorian company based on IoT. The methodology of this proposal is oriented towards an empirical-analytical investigation to verify the feasibility of a solution through the analysis of other scientific evidence; a qualitative approach is applied to study processes; the working method is research through case studies to understand connectivity in IoT architectures. As a result, the design of a collaborative data architecture for monitoring industrial equipment based on IoT was obtained, and a case study in an Ecuadorian company to determine the components and average costs of the architecture. It is concluded that IoT is useful in various scenarios; the contribution of this document through collaborative architecture is for companies that can build their own IoT infrastructure and obtain data in real time to make decisions and corrective actions on strategic machinery.

**Keywords:** Internet of Things, Collaborative Architecture, Industrial Equipment, Remote Monitoring, IoT.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. METODOLOGÍA .....	12
2.1. Tecnologías del Internet of Things y Cloud computing.....	12
2.2. Aplicación de IoT en equipos industriales .....	13
3. RESULTADOS.....	16
3.1. Arquitectura colaborativa de datos basada en IoT .....	16
3.2. Caso de estudio en una empresa ecuatoriana .....	18
4. DISCUSIÓN .....	21
5. CONCLUSIÓN.....	22
REFERENCIAS .....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo o seguimiento de las maquinarias en las industrias se debe ejecutar de manera continua para que el mantenimiento evite la baja del rendimiento o fallos, además el fortalecimiento de las industrias es uno de los ejes en el desarrollo económico de un país; en algunos casos el seguimiento industrial es manual y debe aprovecharse la tecnología; Internet of Things IoT es una tecnología emergente y con IoT es posible acceder a maquinarias en modo remoto y visualizar los datos o comportamientos mediante una página web o aplicación móvil; en IoT las personas y máquinas están enlazadas para generar, capturar, compartir y utilizar datos/servicios, además utiliza distintos tipos de sensores, actuadores o controladores para tomar acción sobre la maquinaria (Prakash & Thakur, 2018).

IoT está en un continuo y favorable desarrollo, los dispositivos IoT están adoptados o embebidos en “las cosas”, y se pueden utilizar en conjunto con Computación en la Nube, Aprendizaje Automático y Big Data para analizar datos, identificar tendencias y optimizar procesos, las industrias aprovechan esta tecnología IoT para monitorear y automatizar los procesos (Deroussi et al., 2018).

Los requerimientos de los clientes incentivan la optimización y transparencia de los procesos industriales, el continuo cambio hace que las empresas industriales adopten nuevas tecnologías y conceptos; las pequeñas y medianas empresas adoptan tecnologías de acuerdo a sus capacidades económicas y operativas (Lima et al., 2019). Los dispositivos interconectados de IoT también se utilizan en seguridad física para minimizar el riesgo como presencia de personas en áreas no autorizadas o movimientos de máquinas, esta clase de entorno se envía a la nube de internet (Robinson, 2019)(Pazmiño Sánchez, 2021)(Rodríguez Pesantes, 2021). Este enfoque de dispositivos IoT en el dominio industrial es llamado Industrial IoT en Anass Deroussi (Deroussi et al., 2018), es decir, además de las características propias de IoT se realiza la gestión de los activos industriales.

En IoT las investigaciones académicas tienen amplio estudio sobre el seguimiento de equipos industriales a través de la gestión de dispositivos en la nube, y en caso que los equipos están ubicados en varias regiones o industrias es necesario considerar la capacidad de conexión, el retraso y seguridad de los datos (Zhang et al., 2019).

Los dispositivos IoT capturan cualquier tipo de datos en cualquier formato, e Internet brinda las facilidades para transmitir los datos a la nube, esta interconexión es aprovechada para monitorear personas, procesos y maquinarias, porque el monitoreo manual no es eficiente.

Un problema en las empresas son las maquinarias industriales heredadas, acoplados o sustituidos para su conectividad al concepto Industria 4.0, para esta interconectividad se utilizan sensores o componentes basados en IoT y servicios en la nube que faciliten a equipos nuevos o antiguos el paso de datos y sus funciones (Lima et al., 2019).

Los equipos o máquinas son sensibles y deben mantenerse a una temperatura y humedad promedio (Yuen et al., 2019), alertar sobre vibraciones o humo (Prakash & Thakur, 2018), entonces es necesario monitorear el entorno en tiempo real y los datos obtenidos deben ser exactos.

Para mejorar el seguimiento del estado y nivel de procesamiento de los equipos industriales es necesario integrar IoT y Cloud Computing; esto ayuda en la eficiencia de producción, minimizar mantenimientos, prevenir daños y realizar reemplazos a tiempo (ver Fig. 1).



*Figura 1. Mantenimiento preventivo*

Esta propuesta se dirige a una empresa del sector industrial manufacturero por la cantidad de equipos industriales que posee en diferentes locaciones del Ecuador; de acuerdo al INEC (INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, 2021) en el año 2019 existieron 74265 industrias manufactureras que equivale al 8.41% de empresas formadas en Ecuador, además obtuvieron 35,528,292.00 de dólares americanos en ventas que equivale al 20.97% del total de ventas de todas las empresas; además tenían 384029 plazas de empleo que equivale al 12.74% de todas las empresas. Basados en estas cifras (INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, 2021)

y en la evidencia científica (Zhang et al., 2019), se considera un sector importante la aplicación de IoT para monitoreo de equipos industriales.

El objetivo es diseñar una arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales en una empresa ecuatoriana basada en Internet of Things (IoT).

## 2. METODOLOGÍA

La metodología de esta propuesta, se orienta en una investigación empírica – analítica para verificar la factibilidad de una solución mediante el análisis de otras evidencias científicas, se aplica un enfoque cualitativo para estudiar procesos, el método de trabajo es la investigación mediante el estudio de casos para entender la conectividad en arquitecturas IoT, se utiliza la técnica de la observación y análisis de contenido para entender los componentes de las arquitecturas, se utiliza la deducción para diseñar la propuesta inicial (arquitectura colaborativa).

### 2.1. Tecnologías del Internet of Things y Cloud computing

Internet de las cosas o Internet of Things (IoT), son cosas o dispositivos conectadas a Internet para para compartir datos con aplicaciones, dispositivos, máquinas industriales, entre otros, aquí los sensores están integrados o conectados para atrapar datos o generar (Namee et al., 2020). También es la interconexión de sensores para compartir información entre diferentes plataformas, estas plataformas IoT integran hardware y software en varias capas, una IoT general está formada por: una capa dispositivos que contiene sensores y actuadores, una capa conectividad que contiene protocolos de comunicación, y una capa nube que almacena y accede a la data con software para presentarlos (Yuen et al., 2019).

IoT se utiliza en hogares inteligentes, fábricas inteligentes, salud, comercio, industrias, temas ambientales (Namee et al., 2020), seguridad física en industrias (Robinson, 2019), consumo de energía eléctrica (Lima et al., 2019), máquinas expendedoras (Phade et al., 2021). También se utiliza en seguimiento de máquinas en: industrias (Prakash & Thakur, 2018)(Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2018)(Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2017), infraestructura, agricultura, telemetría (Deroussi et al., 2018), procesamiento de carne (Wu et al., 2020), cadena de suministros y procesamiento de helados (Biscotti et al., 2020).

Computación en la nube o Clou computing, son servicios e infraestructura que proveedores ponen a disposición en Internet, se puede seleccionar procesamiento, almacenamiento, servidores, bases de datos, mail, hospedaje, entre otros, además el proveedor replica los datos hacia otras partes en caso de desastre (Namee et al., 2020)(Llerena-Izquierdo et al., 2021). De acuerdo a (Zhang et al., 2019) se procesan y analizan los datos en largos ciclos, una ventaja es su utilidad en mantenimientos de tiempos largos y toma de decisiones. Es un elemento básico de Internet que brinda servicios de análisis de datos para entregar datos validados y optimizados a los usuarios (Yakimov & Iovev, 2018).

## 2.2. Aplicación de IoT en equipos industriales

Chetna Prakash en (Prakash & Thakur, 2018) se diseña una arquitectura para monitorear la temperatura, vibraciones y humo en motores industriales, este sistema contiene sensores, pantalla, unidad inalámbrica y Arduino (Llerena-Izquierdo et al., 2020), si el ambiente llega a los parámetros permitidos entonces el motor se apaga y se envía una señal de alerta. Anass Deroussi en (Deroussi et al., 2018) diseñaron una arquitectura para monitorear y controlar los artefactos industriales, aquí la conexión es redundante es decir por internet y celular, además se utiliza Arduino, node .js, JavaScript, protocolo hipertexto, protocolo TCP y mensaje de texto.

Fábio Lima en (Lima et al., 2019) se utiliza sensor de energía y envía los datos a través de un Gateway, una aplicación móvil monitoriza y sintetiza los datos; el proceso para calcular el consumo de energía fue con algoritmo genético y una red neuronal, además este proceso fue virtual, el sensor utiliza protocolo IP, y la aplicación móvil utiliza protocolo hipertexto, estructura JSON, protocolo de telemetría. Hua Zhang en (Zhang et al., 2019) se diseña una arquitectura y realizaron un caso de estudio, la arquitectura en sus capas utiliza servicios de infraestructura, plataforma y software; en la capa recursos están los equipos con sus dispositivos IoT, en la capa nube están los datos y configuraciones; además utilizan protocolo de hipertexto, transporte de mensajes, bases de datos y Gateway.

Joseph S. M. Yuen en (Yuen et al., 2019) se diseña un modelo de riesgos que captura los datos de los equipos electrónicos a través de sensores, en la primera capa los datos son enviados a una base de datos centralizada en la nube, en la segunda capa se aplica jerarquía analítica que clasifica los riesgos, en la tercera capa se formulan y evalúan las soluciones. Khanista Nameel en (Namee et al., 2020) se crea un prototipo de plataforma para monitorear y registrar las

actividades de los equipos de redes y servidores, utilizaron Raspberry y un sistema para gestión de los datos sobre el tráfico en la red, generar alertas y comparación de eventos; los datos se almacenan en una hoja electrónica en la nube; se presentan en diagramas los datos y estado de la red; las alarmas se envían al celular de los administradores.

Gayatri Phade en (Phade et al., 2021) se diseña y se desarrolla una máquina expendedora de equipos médicos conectada a internet por medio de hardware IoT como Raspberry, radio frecuencia y microcontroladores para gestión del inventario; el software utilizado es Python (Llerena Izquierdo, 2020), mail, hoja electrónica sobre un sistema operativo Linux y esta propuesta es limitada a hospitales. Fang Wu en (Wu et al., 2020) se diseña e implementa un sistema para monitoreo del procesamiento de carne, este sistema minimiza el tiempo y costo de malos funcionamientos, además la arquitectura se compone de controladores que recogen datos del equipo, servicios de la nube que contiene bases de datos y aplicaciones remotas, las aplicaciones informáticas que monitorean las actividades. La base de datos está en MySQL, el texto se envía en formato de intercambio, se usa protocolo de hipertexto y transporte de mensajes.

Antonio Biscotti en (Biscotti et al., 2020) adoptan IoT y blockchain en máquinas industriales para control de temperatura y pasteurización de helado, en blockchain se almacenan la información de forma permanente y no repudio de los datos, con esto se evita errores en la recolección de datos y tiene acceso remoto. Li YanJun en (YanJun et al., 2021) se diseña un framework para seguimiento de equipos eléctricos entre proveedores y clientes y está basado en IoT y blockchain (Melendrez-Cacedo & Llerena-Izquierdo, 2022), los datos se mantienen seguros para trazabilidad de los equipos; en la capa percepción utiliza códigos QR (Mora Alvarado, 2021)(Povea Martillo, 2021), radio frecuencia y sensores; en la capa datos se guarda en blockchain los materiales eléctricos y dispositivos, la capa aplicación presenta los datos para gestión de los equipos; también utilizan XML para traspaso de datos (Chila & Ávila, 2020). Rahul N. Gore en (Gore et al., 2018) se diseña e implementa una unidad para localización y mantenimiento de motores que contiene acelerómetro, giroscopio, radio frecuencia; las aplicaciones de software se desarrollaron en servidores y dispositivos móviles; en la nube se almacenan los datos de la fábrica y motores, con este sistema se minimizan las falsas alarmas, mantenimiento y reparaciones.

Deyang Yin en (Yin et al., 2019) se diseña una arquitectura IoT para seguimiento del estado de los equipos de distribución de energía; la capa sensores contiene dispositivos inteligentes, sensores, radio frecuencia, video; la capa red contiene conexión local y externa; la capa plataforma contiene servicios en la nube, Big data y almacenamiento; la capa aplicación contiene procesos, interfaces de monitoreo y mantenimiento.

De acuerdo a la última estadística del año 2019 realizada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, 2021) en Ecuador existen: 299231 empresas comerciales, 84540 empresas agrícolas, 82546 empresas de transporte, 79501 empresas de servicios, 74265 industrias manufactureras, 61976 empresas de actividades profesionales, 61830 empresas de alojamiento, 29633 empresas de construcción, 20896 empresas inmobiliarias, 19686 empresas de servicios administrativos, 8088 empresas de información, 25314 de enseñanza, 20327 empresas de salud, 6235 empresas de arte, 2724 empresas financieras, 2131 empresas de administración pública, 1824 empresas de explotación minera, 1582 empresas de distribución de aguas, 437 empresas de suministro de energía.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Arquitectura colaborativa de datos basada en IoT

Es necesario mantener la vigilancia sobre las maquinarias industriales para que personal técnico o administradores puedan verificar y realizar correcciones en menor tiempo y costo, sin la continua inspección o sin tecnología que ayude en la gestión, las maquinarias pueden dañarse. El seguimiento de equipos o máquinas industriales a través de una arquitectura que proporcione datos para la gestión y colaboración es una oportunidad de mejora y eficiencia en la empresa; la información obtenida es útil para direccionar el problema en menor tiempo y daño en las máquinas, alertar a los técnicos por los indicadores inusuales y evitar la paralización en la cadena de valor empresarial.

La arquitectura colaborativa se divide en siete capas lógicas para un mejor entendimiento, la Fig. 2 representa la distribución en: Capa Maquinarias Industriales, Capa Dispositivos y Sensores IoT, Capa Conexión a Internet, Capa Almacenamiento, Capa Integración, Capa Aplicaciones Informáticas, y Capa Usuarios.

**Capa Maquinarias Industriales:** El progreso económico de un país es apoyado por la productividad de todo tipo de empresas que generan un comercio dinámico y bienestar general; las maquinarias utilizadas en empresas están encaminadas a reducir tiempos de producción, reemplazar actividades sencillas o realizar actividades de precisión; existen diferentes tipos de maquinarias industriales de acuerdo a los servicios que brinda la empresa, y entre las maquinarias hay motores eléctricos, motores de combustión, bombas eléctricas, reductores, compresores, intercambiadores, homogenizadores, colectores, entre otros. Las máquinas son el equivalente de apoyo y recursos que hacen posible el trabajo en escenarios industriales, también se utilizan en el sector artesanal y en el microempresarial.

**Capa Dispositivos y Sensores IoT:** Esta capa captura, toma o adquiere los datos generados por las máquinas industriales, aquí se capturan los datos masivos mientras las maquinarias trabajan y estén conectadas a los sensores; cada maquinaria genera diferentes tipos de datos, diferentes longitudes o formatos, y estos datos deben ser cambiados a tipos homogéneos en la capa de integración. Los sensores están de acuerdo con los datos que brindan las maquinarias, además los sensores tienen sus propias características de conexión sea alámbrica o inalámbrica. En caso de que el sensor IoT no pueda transmitir por sí solo, es necesario utilizar tarjetas Raspberry que toman los datos del sensor y los transmite a la red.

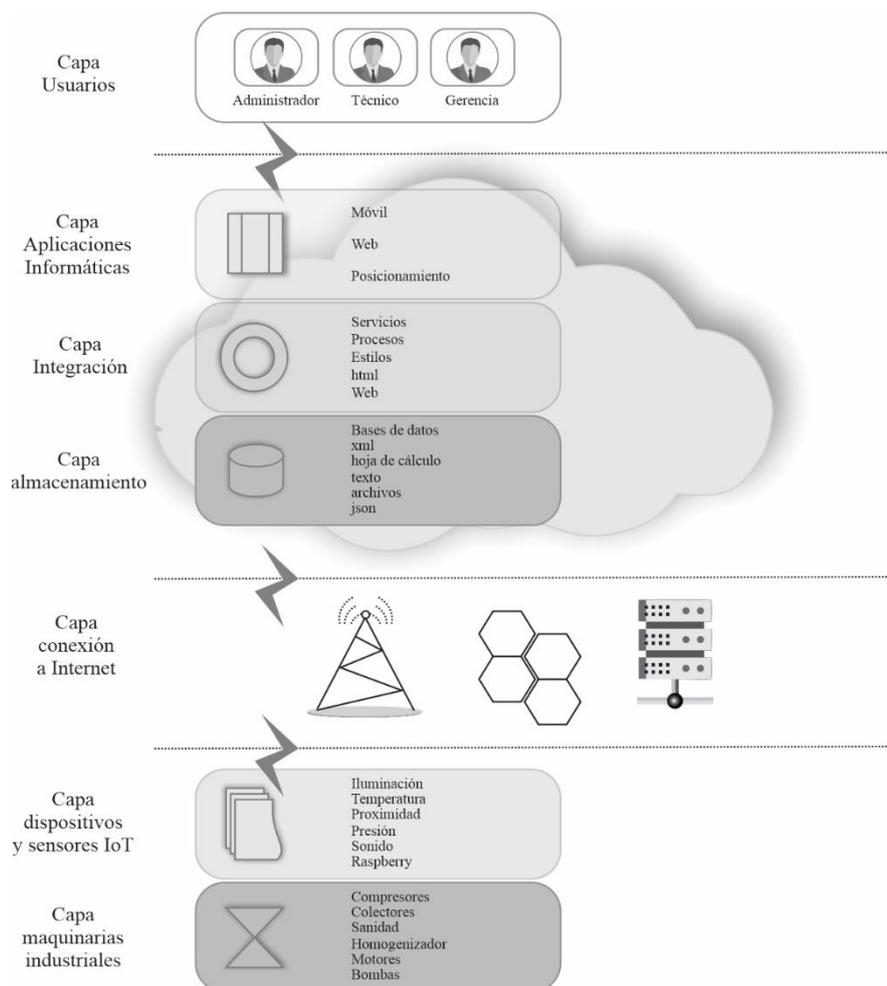
**Capa Conexión a Internet:** Está formada por la red de la empresa que utiliza la comunicación moderna para alcanzar todos los sensores IoT; esta capa adapta los datos recolectados por los sensores hacia los protocolos de comunicaciones estándares en las redes, luego se transmiten los datos hacia internet a través de la red de comunicaciones, luego las redes se encargan del enrutamiento, traspaso de datos y el control, también se puede utilizar redes de conexiones públicas. Los tipos de conexiones que se puede utilizar es alámbrico/cableado, inalámbrica, infrarrojo o señal de radio.

**Capa Almacenamiento:** Esta capa es encargada a un proveedor de servicios en la nube para evitar los problemas de desconexión o indisponibilidad; entre los datos que se capturan están: serie de la máquina, nombre, modelo, material de maquinaria, estado de operación, dirección IP, dirección única; entre los datos que cualquier maquina puede generar están: voltaje, ruido, vibración, temperatura, presión, nivel de líquidos, entre otros. Los datos originales pueden estar en diferentes formatos como: texto sencillo, marcado de lenguaje XML, texto, hoja de cálculo, formato de intercambio JSON, entre otros. Estos datos originales y heterogéneos son convertidos a datos homogéneos e insertados en una base de datos, el proceso de transformación se encuentra en la capa Integración.

**Capa Integración:** Esta capa utiliza los datos almacenados y aplica procesos eficientes en la obtención de indicadores que ayuden en la colaboración de conocimiento, es decir genera información compuesta o mantiene datos simples; un proceso capta los datos desde los sensores IoT para envío al almacenamiento, luego otro proceso selecciona los datos para entrega a las aplicaciones informáticas, luego otro proceso transforma los diferentes tipos de datos (heterogéneos) a tipos de datos similares (homogéneos) e insertarlos en la base de datos; otro proceso mantiene disponible los servicios web y servicios para aplicaciones móviles; otro proceso toma los indicadores y los envía a las aplicaciones cada cierto tiempo; todos los procesos mejoran la calidad de la información y entrega en tiempo real.

**Capa Aplicaciones Informáticas:** Esta capa promueve la visualización de los indicadores y datos, aquí se garantiza el acceso y envío de información; las aplicaciones web entregan conjuntos de datos en formato enriquecido; las aplicaciones móviles entregan datos más específicos y en menor tamaño; otra aplicación web es para el administrador de sistemas que utiliza para gestión de usuarios, accesos y opciones; esta capa acepta los intervalos de tiempo y datos entregados por los servicios de la capa Integración.

**Capa Usuarios:** En esta capa están definidos 3 tipos de usuarios: el administrador realiza la gestión de accesos y usuario, el técnico es la persona que recibe y trabaja de acuerdo con las alarmas que el sistema le notifique, y el gerente es la persona que colabora en la gestión de repuestos, horas extras, traslados y decisiones de última hora.



*Figura 2. Arquitectura colaborativa basada en IoT*

### 3.2. Caso de estudio en una empresa ecuatoriana

En este caso se aplica la arquitectura colaborativa a una empresa ecuatoriana del sector industrial que tiene 7 sucursales, (3 en Guayaquil, 1 en Manta, 1 en Quito, 1 en Lima, 1 en Bolivia) es una empresa de soluciones industriales que brinda servicio técnico, repuestos y servicio postventa; la empresa autorizó el estudio para 2 motores en oficina matriz. A continuación, se explican los componentes en cada capa de la arquitectura sobre la empresa:

*Capa Maquinarias Industriales:* La empresa tiene bombas centrifugas, sistemas de desplazamiento, bombas de vacío, motores, reductores, sistemas sanitarios y compresores, para esta capa se considera un motor de diésel y un compresor de aire ubicados en oficina matriz.

*Capa Dispositivos y Sensores IoT:* Se considera un sensor de temperatura para el motor de diésel (ver Fig. 3) y un sensor de presión para el compresor de aire (ver Fig. 4). Estos dispositivos envían sus datos cada 10 minutos.



Figura 3. Sensor de temperatura



Figura 4. Sensores de presión

*Capa Conexión a Internet:* La empresa tiene su propia infraestructura de red física y conexión a internet con un proveedor por fibra óptica; en oficina matriz existe una red de 25 computadoras y 2 puntos de acceso inalámbrico; el motor de diésel está ubicado a 50 metros y el compresor está ubicado a 80 metros del punto de red; para mejorar la captación de datos se instala un punto de acceso inalámbrico cerca de los motores y protegido del medio ambiente, (ver Tabla 1).

Tabla 1. Costos periféricos

Hardware	Cantidad	Costo
Rollo de cable UTP Categoría 6	1	\$299.00
Punto de acceso inalámbrico	1	\$45.00
Raspberry pi 4	2	\$160.00
Sensor de temperatura	1	\$9.00
Sensor de presión	2	\$18.00
Instalación y configuración	1	300.00
Subtotal		\$831.00

Fuente: Elaboración Propia.

*Capa Almacenamiento:* Para mantener los datos obtenidos por los dos sensores se contrata el servicio de almacenamiento, aquí estará una base de datos SQL Server y archivos texto originales de los sensores.

El servicio Amazon Simple Storage Service es escalable, disponible en cualquier hora, es seguro, se puede utilizar para aplicaciones web y móviles. La empresa cuenta con licencias de Windows Server y SQL server Standard para utilizarlas en la nube, (ver Tabla 2).

Tabla 2. Costos de plataforma

Sistema operativo y base de datos	Costo por hora	Costo mensual
Windows Server, SQL Server Standard	\$0.349	\$254.77
500 MB de almacenamiento, 4 CPU, 4 GB de RAM		\$15.20
Costo mensual		\$269.97
Costo en 12 meses		\$3239.64

Fuente: Elaboración Propia.

*Capa Integración:* Se utiliza JAVA Enterprise Edition para implementar los servicios captación de datos, servicios de selección de datos, servicios de transformación de datos, servicios web, servicios móviles, selección de los indicadores.

*Capa Aplicaciones Informáticas:* En la aplicación móvil del técnico se entrega las características del motor de diésel como nombre, ubicación, serie, tiempo prendido y temperatura actual; las características del compresor de aire son nombre, ubicación, serie, tiempo prendido, primera presión actual y segunda presión actual; también existe un historial de temperatura y un historial de presión. El gerente también tiene estas mismas opciones y acceso. En la aplicación web del administrador de sistemas se gestionan usuarios, accesos y opciones.

*Capa Usuarios:* Se consideran los mismos usuarios definidos en la arquitectura: administrador del sistema, técnico y gerente, con sus mismos roles.

Este caso de estudio aterriza la arquitectura colaborativa en una empresa ecuatoriana, con costos iniciales y anuales; el primer año es costo es \$4070.64; los siguientes años es \$3239.64 anuales; el valor anual de la nube sería el mismo al tener 20 sensores IoT, (ver Tabla 2).

#### 4. DISCUSIÓN

Se discute que la arquitectura colaborativa utiliza IoT que permite obtener de forma remota los datos de las maquinarias, y además aprovecha los servicios de la nube que permite enviar alertas de acuerdo con los parámetros y presentar los indicadores.

Las tres capas Almacenamiento, Integración y Aplicaciones Informáticas están en la nube de un proveedor porque facilita la infraestructura, procesamiento y recursos para la tecnología IoT.

La implementación depende algunos factores como: disponibilidad inmediata del hardware, cantidad de personas que participen en el proyecto, apoyo financiero, apoyo gerencial, tiempos de dedicación al proyecto, distancia de los activos, entre otros. La arquitectura solo considera sensores, no están considerados actuadores ni controladores.

Es necesario mantener y aprovechar las redes actuales de las empresas porque se pueden utilizar para seguimiento de otra clase de activos fijos o administración remota de las maquinarias.

## 5. CONCLUSIÓN

IoT es útil en varios escenarios, se analizó esta tecnología en monitoreo de equipos; la contribución de este documento a través de la arquitectura colaborativa es para empresas que puedan levantar su propia IoT, obtener datos en tiempo real para tomar decisiones y correctivos sobre las maquinarias estratégicas.

Se diseñó una arquitectura colaborativa de datos que está distribuida en siete capas lógicas y descritas con sus elementos y funciones, esta arquitectura es útil para monitorear los equipos industriales utilizando la tecnología Internet of Things.

Se realizó un caso de estudio en una empresa ecuatoriana, la autorización fue aplicada en oficina matriz y 2 motores industriales; el estudio determinó los componentes y costos el primer año es \$4070.64; los siguientes años es \$3239.64, una reducción en gasto del 20.41%; la arquitectura es escalable en sensores IoT sin aumentar los costos anuales.

## REFERENCIAS

- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2017). *Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14450>
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2018). *4to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria académica*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16318>
- Biscotti, A., Giannelli, C., Keyi, C. F. N., Lazzarini, R., Sardone, A., Stefanelli, C., & Virgilli, G. (2020). Internet of Things and Blockchain Technologies for Food Safety Systems. *2020 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, 440–445. <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP50058.2020.00091>
- Chila, R. D. L., & Ávila, A. E. A. (2020). *E-commerce, Rival o Aliado para las Comercializadoras Textiles de Guayaquil*. E-Commerce, Rival or Ally for the Textile Marketers of Guayaquil; Editorial Abya-Yala. <https://pure.ups.edu.ec/es/publications/e-commerce-rival-or-ally-for-the-textile-marketers-of-guayaquil>
- Deroussi, A., MADI, A. A., ADDAIM, A., & Erraoui, A. (2018). New Scalable Smart Telemetry for Industrial Systems: IoT solutions. *2018 International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science (ICECOCS)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICECOCS.2018.8610510>
- Gore, R. N., Kour, H., & Gandhi, M. (2018). IoT based equipment identification and location for maintenance in large deployment industrial plants. *2018 10th International Conference on Communication Systems & Networks (COMSNETS), 2018-Janua*, 461–463. <https://doi.org/10.1109/COMSNETS.2018.8328244>
- INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. (2021). *Cantidad de Empresas en Ecuador, Visualizador de Estadísticas INEC*. INEC 2021.
- Lima, F., Massote, A. A., & Maia, R. F. (2019). IoT Energy Retrofit and the Connection of Legacy Machines Inside the Industry 4.0 Concept. *IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2019-Octob*, 5499–5504. <https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8927799>
- Llerena-Izquierdo, J., Procel-Jupiter, F., & Cunalema-Arana, A. (2021). Mobile Application with Cloud-Based Computer Vision Capability for University Students' Library Services. *Advances in Intelligent Systems and Computing, 1277*, 3–15. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-60467-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-60467-7_1)
- Llerena-Izquierdo, J., Viera-Sanchez, N., & Rodriguez-Moreira, B. (2020). Portable Device and Mobile Application for the Detection of Ultraviolet Radiation in Real Time with a Low Cost Sensor in Arduino. *Communications in Computer and Information Science, 1193 CCIS*, 301–312. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-42517-3\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-42517-3_23)
- Llerena Izquierdo, J. (2020). *Codifica en Python*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19346>
- Melendrez-Caicedo, G., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Secure Data Model for the Healthcare Industry in Ecuador Using Blockchain Technology. *Smart Innovation, Systems and Technologies, 252*, 479–489. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8\\_43](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_43)
- Mora Alvarado, M. L. (2021). *Aplicación móvil de información registral para el contexto de la planificación urbana con Realidad aumentada y códigos QR*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21702>
- Namee, K., Vantaneeyakul, C., Polpinij, J., Albadrani, G. M., & Namee, S. (2020). Integration of Cloud Computing with Internet of Things for Network Management and Performance Monitoring. *2020 18th International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE), 2020-Novem*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICTKE50349.2020.9289876>
- Pazmiño Sánchez, C. A. (2021). *Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20340>
- Phade, G., Tribhuvan, A., Vaidya, O., & Gandhe, S. (2021). Design and Development of Smart Personal Protective Equipment Vending Machine using Internet of Thing. *2021 International Conference*

- on *Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*, 252–257. <https://doi.org/10.1109/ESCI50559.2021.9396775>
- Povea Martillo, J. R. (2021). *Uso de la codificación QR en el sector urbanístico: Un mapeo sistemático*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21502>
- Prakash, C., & Thakur, S. (2018). Smart Shut-Down and Recovery Mechanism for Industrial Machines Using Internet of Things. *2018 8th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, 824–828. <https://doi.org/10.1109/CONFLUENCE.2018.8442589>
- Robinson, S. H. (2019). Living with the Challenges to Functional Safety in the Industrial Internet of Things. *Living in the Internet of Things (IoT 2019)*, 2019(CP756), 35 (6 pp.)-35 (6 pp.). <https://doi.org/10.1049/cp.2019.0160>
- Rodríguez Pesantes, R. P. (2021). *Seguridad en dispositivos IOT en Organizaciones de América Latina*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20970>
- Wu, F., Miao, Z., & He, C. (2020). Remote Monitoring System for Intelligent Slaughter Production Line Based on Internet of Things and Cloud Platform. *2020 11th International Conference on Prognostics and System Health Management (PHM-2020 Jinan)*, 538–542. <https://doi.org/10.1109/PHM-Jinan48558.2020.00104>
- Yakimov, P., & Iovev, A. (2018). Research and Development of IoT based Solutions for Introduction the Cloud-aided Control in the Energy Systems. *2018 IEEE XXVII International Scientific Conference Electronics - ET*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ET.2018.8549635>
- YanJun, L., Qiang, C., ChenGuang, G., & YinPing, Z. (2021). Interaction of electrical equipment Datas in IOT. *2021 3rd Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES)*, 964–968. <https://doi.org/10.1109/AEEES51875.2021.9403223>
- Yin, D., Mei, F., He, W., & Zheng, J. (2019). Ubiquitous power Internet of Things technology for equipment monitoring. *IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2019-October*, 5456–5460. <https://doi.org/10.1109/IECON.2019.8926715>
- Yuen, J. S. M., Choy, K. L., Lam, H. Y., & Tsang, Y. P. (2019). An Intelligent Risk Management Model for Achieving Smart Manufacturing on Internet of Things. *2019 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 0, 1–8. <https://doi.org/10.23919/PICMET.2019.8893942>
- Zhang, H., Chen, S., Zou, P., Xiong, G., Zhao, H., & Zhang, Y. (2019). Research and Application of Industrial Equipment Management Service System Based on Cloud-Edge Collaboration. *2019 Chinese Automation Congress (CAC)*, 5451–5456. <https://doi.org/10.1109/CAC48633.2019.8996876>