

MONITOREO Y GESTION DE LOS CENTROS DE DATOS PARA LAS  
PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MEDIANTE EL USO DE LAS  
TECNOLOGIAS 4.0 (IOT Y CLOUD)

Autores:

Rubén Darío Vásquez Moreno  
Luis Guillermo Muñoz González  
Alejandro Neira Martínez

Directores:

Elvis Eduardo Gaona García  
Natalia Quevedo González

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN  
BOGOTÁ, 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta monografía sobre la solución de monitoreo y gestión de los centros de datos para las pequeñas y medianas empresas mediante el uso y la integración de tecnologías 4.0 (Cloud e IoT). Su apoyo, sugerencias, orientación, paciencia y contribuciones han sido fundamentales para la culminación de este proyecto.

Expresamos nuestra gratitud a los docentes de toda la especialización, por su guía, experticia y constante apoyo durante todo el proceso. Su experiencia y conocimientos han sido invaluable en la realización de este documento.

También queremos agradecer a nuestras familias y amigos por su constante apoyo, aliento y paciencia durante este proceso. Su apoyo incondicional ha sido un gran estímulo para seguir adelante y superar este desafío que nos pusimos al inscribirnos a esta especialización.

A la universidad Santo Tomas toda nuestra gratitud por brindarnos la oportunidad de hacer parte de nuestro proyecto de vida y darnos los recursos necesarios para llevar a cabo la realización de este proyecto.

A todos ellos, nuestro agradecimiento por su valioso aporte y su confianza en este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. PROBLEMA .....</b>	<b>9</b>
1.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS .....	9
1.2. QUE SE QUIERE SOLUCIONAR .....	10
<b>2. IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>13</b>
2.1. POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN .....	14
2.2. SECTOR OBJETIVO.....	17
2.2.1. DEFINICIÓN DEL SECTOR .....	17
2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR.....	17
2.2.2. APLICACIONES DEL SECTOR.....	18
2.2.3. RELACIÓN DE LAS APLICACIONES CON LA PROPUESTA .....	18
2.3. TENDENCIAS DEL SECTOR .....	19
2.4. ANALISIS DE MERCADO.....	20
2.5. ARBOL DE OBJETIVOS.....	21
2.6. CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA.....	22
2.6.1. INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN DESEADA .....	23
2.6.2. SITUACION DESEADA .....	24
2.7. PROPUESTA DE VALOR.....	26
2.7.1. PERFIL DEL CLIENTE .....	26
2.7.2. MAPA DE VALOR.....	27
2.7.3. DEFICIENCIA PROPUESTA DE VALOR .....	29
2.8. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	30
2.8.1. Análisis de solución .....	30
2.8.2. Identificación de tecnologías .....	31
<b>3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA .....</b>	<b>32</b>
3.1. SENSORES:.....	33
3.2. RED DE SENSORES O ACTUADORES:.....	34

3.3.	GATEWAY.....	37
3.4.	CONEXIÓN A INTERNET.....	38
3.5.	ARQUITECTURA CLOUD.....	39
4.	<b>MODELO DE NEGOCIO .....</b>	<b>44</b>
4.1.	PROPUESTA DE MODELO DE NEGOCIO.....	44
4.2.	VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO.....	47
5.	<b>PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA .....</b>	<b>50</b>
6.	<b>ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL.....</b>	<b>55</b>
7.	<b>ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN .....</b>	<b>60</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>64</b>
	<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>70</b>
	<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>71</b>

## ACRÓNIMOS

**ANE:** Agencia Nacional del Espectro

**AWS:** Amazon Web Services

**ANS:** Acuerdos de Niveles de Servicio

**CRC:** Comisión de Regulación de Comunicaciones

**IA:** Inteligencia Artificial

**IoT:** Internet de las Cosas.

**TIC:** Tecnología de la Información de las Comunicaciones

**TD:** Transformación Digital

**UPS:** Uninterruptable Power Supply

## INTRODUCCIÓN

Con el surgimiento de las tecnologías de la cuarta revolución industrial las empresas dependerán con mayor medida de lo que ya dependen de la tecnología especialmente las empresas que están surgiendo en el mercado o que están en proceso de crecimiento, pero se tiene claro de que se debe hacer un buen uso de la tecnología para que esta aporte a dicho crecimiento, por tal motivo las soluciones de IoT y Cloud hacen que se tenga una gestión eficiente de la información lo cual es importante si se quiere tener optimización, crecimiento, ahorro y competitividad.

Con el uso de estas herramientas es posible tener avances tecnológicos sin necesidad de cambiar de manera total la infraestructura utilizada actualmente, al hacer converger las soluciones IoT con soluciones Cloud se abre la posibilidad de que las empresas pyme revolucionen su forma de gestionar y tener acceso a sus datos de igual forma como lo hacen las empresas grandes.

La solución aquí analizada propone realizar la convergencia IoT y Cloud para enfocarla en el uso de centros de datos o Datacenter de pequeñas y medianas empresas de tal forma que con el uso de la infraestructura que se tenga actualmente sea posible optimizar y mejorar los servicios tecnológicos a través del monitoreo realizado de manera constante con las ventajas y propiedades que ofrecen las tecnologías nombradas.

La monográfica está organizada por los siguientes capítulos:

- Problema
- Ideación de la solución
- Análisis de las alternativas técnicas para la solucionar el problema
- Modelo de Negocio
- Propuesta de la solución tecnológica
- Análisis del proceso de transformación digital
- Aspectos legales y contratación

## RESUMEN

Esta monografía se centra en el análisis detallado de un sistema de sensores IoT diseñado para la monitorización avanzada de un Data Center on-premise. Se propone una red de sensores para recopilar datos en tiempo real sobre variables críticas como temperatura, humedad y control de acceso. Estos datos se transmiten de manera segura a una plataforma centralizada en Azure, donde se lleva a cabo su análisis y evaluación para proporcionar información valiosa sobre el rendimiento y la eficiencia del Data Center.

La integración de tecnologías IoT permite un monitoreo continuo y proactivo, facilitando la identificación temprana de posibles problemas y la toma de decisiones fundamentadas para optimizar las operaciones. Además, se han emulado alertas automáticas para notificar al personal de TI sobre condiciones anómalas, lo que contribuye a una respuesta ágil ante situaciones críticas.

Los resultados obtenidos en este análisis demuestran la efectividad y los beneficios de adoptar un enfoque basado en IoT para la gestión de data centers on-premise. Destacan mejoras significativas en la eficiencia operativa, la reducción de costos y la confiabilidad del sistema. Este enfoque no solo ofrece mayor visibilidad y control, sino que también sienta las bases para la evolución continua de la infraestructura del Data Center en un entorno tecnológico en constante cambio.

## **ABSTRACT**

This monograph focuses on the detailed analysis of an IoT sensor system designed for the advanced monitoring of an on-premise Data Center. A sensor network is proposed to gather real-time data on critical variables such as temperature, humidity, and access control. This data is securely transmitted to a centralized platform on Azure, where analysis and evaluation are carried out to provide valuable insights into the Data Center's performance and efficiency.

The integration of IoT technologies allows continuous and proactive monitoring, facilitating early identification of potential issues and informed decision-making to optimize operations. Additionally, automatic alerts have been emulated to notify IT staff of abnormal conditions, contributing to swift responses to critical situations.

The results obtained in this analysis demonstrate the effectiveness and benefits of adopting an IoT-based approach for managing on-premise data centers. They highlight significant improvements in operational efficiency, cost reduction, and system reliability. This approach not only offers greater visibility and control but also lays the groundwork for the continuous evolution of Data Center infrastructure in an ever-changing technological environment.

# 1. PROBLEMA

## 1.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

En la Figura 1 se muestra el Árbol del Problema que describe las diferentes causas y consecuencias presentadas al tener una deficiente captura de datos ambientales y funcionales en tiempo real de un Data Center el cual es de vital importancia para la operación de las empresas, ya que en ellos se resguarda la información, aplicaciones e interconexión de sus colaboradores con el mundo. Teniendo en cuenta esto, se identificó el problema el cual parte de las causas halladas durante la gestión y administración del Data center y finaliza en las consecuencias halladas por los resultados de dicha gestión.

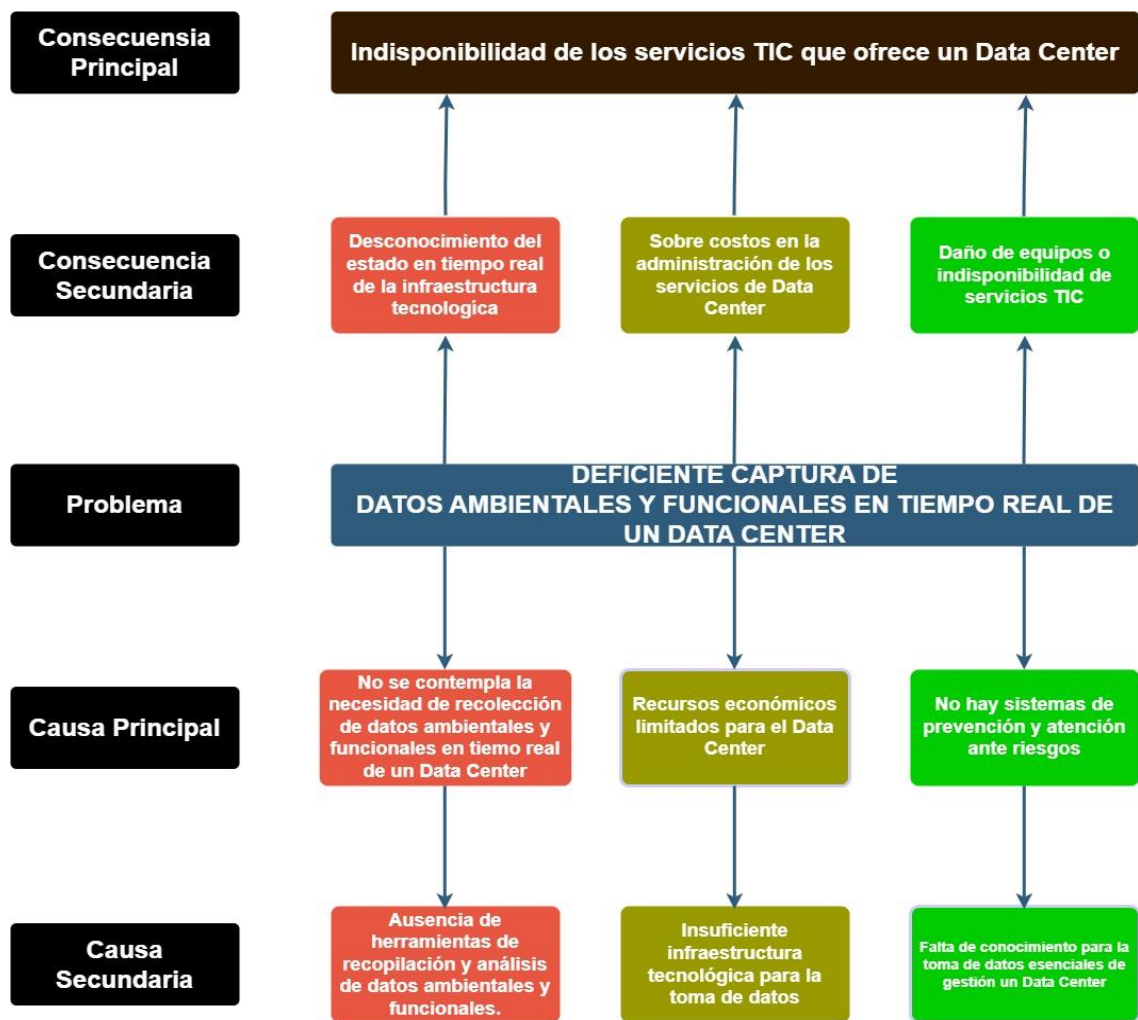


Figura 1. Árbol del problema

## 1.2. QUE SE QUIERE SOLUCIONAR

Partiendo del problema existente el cual se define como la deficiente captura de datos ambientales y funcionales en tiempo real de un Data Center se realiza un análisis de las causas y consecuencias principales y secundarias que originan dicho problema como lo son:

No se contempla la necesidad de recolección de datos ambientales y funcionales en tiempo real de un Data Center, esto debido a que las empresas a la hora de planear, diseñar e implementar un Data center no tienen en cuenta que se debe tener un registro de los factores ambientales que lo involucran como lo son la temperatura, la humedad, vibraciones, detectores de humo, entre otros, de igual forma en algunos casos no se tiene en cuenta que se debe llevar un registro de factores funcionales necesarios para el funcionamiento de los equipos como factores eléctricos, apertura de puertas, presión del aire, entre otros [1], esto genera una causa secundaria la cual nos indica que en la mayoría de los casos estos problemas se presentan porque hay una ausencia de herramientas de recopilación y análisis de datos ambientales y funcionales, es decir, no se plantea la necesidad de tener software especializados que permitan el análisis a interpretación de las variables mencionadas [2], lo anterior trae como consecuencia el desconocimiento del estado en tiempo real de la infraestructura tecnológica de los Data Center e incluso de las compañías.

Otra de las causas observadas es el manejo de los recursos, en su mayoría limitados para el mantenimiento o administración de un Data Center [2], esto se presenta por múltiples factores como el desconocimiento de la importancia del Data Center para la compañía, el desconocimiento del estado actual del Data Center y equipos o el desconocimiento de la infraestructura tecnológica, lo que genera una insuficiencia o inexistencia sobre esta, en especial para tomar datos indispensables para tomar decisiones importantes frente a la conectividad, seguridad, servidores o aplicaciones.[2]

La falta de conocimiento para tomar datos esenciales de gestión de un Data Center es una de las causas que pueden provocar el deterioro y daño de los equipos, además de dificultar la implementación de un sistema de prevención y respuesta ante riesgos ambientales. En la mayoría de las ocasiones no se sabe qué variables deben capturarse, como medirlas y con qué propósito, lo que dificulta la toma de decisiones y adoptar medidas adecuadas para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento del centro de datos, esto puede generar daños graves sobre los equipos del Data Center.

Todas las causas nombradas son las principales generadoras de indisponibilidad de los servicios TIC que ofrece un Data Center lo cual es una de las grandes consecuencias presentadas en la administración de servicios de tecnología tales como conectividad, seguridad, almacenamiento y aplicaciones.

### **Descripción:**

La industria de la tecnología de la información (TI) trabaja para crear valor mediante la creación de productos, servicios y procesos que transforman economías y sociedades enteras. Su principal objetivo es brindar apoyo para incrementar la productividad y competitividad de las empresas y otros sectores de la economía, brindar soluciones que faciliten la comercialización de productos, la comunicación con clientes y proveedores, y el acceso a información estratégica para la toma de decisiones.

De acuerdo con la organización Colombia Productiva, las mayores tendencias globales en la industria de TI se centran en soluciones de “Internet, aplicaciones móviles, nuevos métodos de pago, análisis de datos y aplicaciones comerciales”. A medida que la tecnología continúa evolucionando, la industria de TI está bien posicionada para innovar y ofrecer soluciones cada vez más eficientes y efectivas que impulsen la transformación digital de la sociedad y la economía [3].

De acuerdo con la organización Colombia Productiva, las mayores tendencias globales en la industria de TI se centran en soluciones de “Internet, aplicaciones móviles, nuevos métodos de pago, análisis de datos y aplicaciones comerciales”. A medida que la tecnología continúa evolucionando, la industria de TI está bien posicionada para innovar y ofrecer soluciones cada vez más eficientes y efectivas que impulsen la transformación digital de la sociedad y la economía [3].

### **Delimitación:**

La captura de datos ambientales y funcionales dentro de un Data center es indispensable para mantener el control de muchos factores que involucran su operación como los son la seguridad de la información, la conectividad de redes, servicios de aplicaciones, entre otros, al realizar una correcta toma o captura de datos tales como la temperatura, la humedad, presión del aire, número de veces en las que se abre o se cierran las puertas, movimientos, vibración, consumo eléctrico, estado de los equipos, etc, es posible tener acceso a información estratégica e indispensable para la toma de decisiones tecnológicas [4] que pueden llegar a influir

en las operaciones de una empresa y además es posible ahorrar tiempos a la hora de dar soluciones a fallas que comprometan los servicios que otorga un Data Center debido a que la información obtenida es confiable, de fácil acceso y en tiempo real lo que contribuye a que siempre esté disponible [5].

Es por ello que en la administración de un Data Center al tener una captura de datos deficiente se corren bastantes riesgos dentro de la operación de las empresas ya que en la mayoría de los casos no se puede llegar a conocer el estado en tiempo real de la infraestructura tecnológica ignorando datos esenciales que puedan contribuir a una toma de decisiones para la mejora de la misma.

### **Definición:**

La ausencia y/o deficiencia en la captura de datos de las condiciones ambientales óptimas de operación de un Data Center es un problema bastante común en las compañías que se deriva de un mal diseño en el que no se contempló el monitoreo de estas variables y no se contemplaron los riesgos que esto conllevaba como pérdida de información vital para la compañía, sobrecostos asociados a incrementos de mantenimientos e incidencias e incluso daño total de equipos. Otra causa derivada es la falta de controles del personal que accede al Data Center, con lo cual se cae en el riesgo de que personal no autorizado o sin los suficientes conocimientos técnicos, normativos y procedimentales pueda intervenir los equipos de la compañía.

De igual manera, una errada planeación y diseño del Data Center, o poca inversión económica a la infraestructura de TIC de la compañía causa que se tenga insuficiente infraestructura tecnológica que traerá en un futuro sobrecostos y tiempos de respuesta elevados.

Teniendo en cuenta este panorama, se propone la implementación de una solución de servicios TIC que integre dispositivos web, IoT (Internet of Things), que permitan tener una captura de datos óptima para saber con certeza el estado en tiempo real de los equipos instalados, como servidores, routers, etc, reduciendo las incidencias y requerimientos y minimizando las posibilidades de una indisponibilidad total de servicios. Así mismo se pretende generar un sistema de alertas tempranas que permitan tomar acciones rápidas.

### **Propuesta:**

A partir de la problemática planteada se proponen varias soluciones que abarquen varios factores tales como servicios TIC donde se requiere una captura de datos de la conectividad de los servicios de red de los Data Center, desarrollo de aplicaciones web que permita la visualización de los datos capturados en tiempo real, integración de sistemas que trabajen juntos de manera efectiva tales como la electrónica para el manejo de sensores, el desarrollo para la programación de aplicaciones y la conectividad para la transmisión de datos, la seguridad de la información para la protección de la misma y sistemas de automatización para la toma de decisiones inteligentes [6], (ver tabla 1).

Descripción	Delimitación		Definir	Proponer
Sector Software Y TI	Acceso a información estratégica para toma de decisiones		<p>Dentro del diseño del Data Center no hay un sistema de recolección de datos ambientales y funcionales en tiempo real</p> <p>No se realizó un análisis de riesgos al implementar el data center</p> <p>No se tiene control de acceso que registre al personal que ingresa</p> <p>Insuficiente infraestructura tecnológica</p> <p>No hay sistema de prevención y atención de riesgos ambientales</p>	<p>Solución de servicios TIC</p> <p>Solución de desarrollo de aplicaciones web</p> <p>Solución de integración de sistemas</p> <p>Solución de sistemas de seguridad de la información</p> <p>Solución de servicios de automatización</p>

Tabla 1. Que se quiere solucionar

## 2. IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La gestión adecuada de los Data Center se ha convertido en un tema de vital importancia para las empresas, especialmente para aquellas con presupuestos

limitados. Los problemas de monitoreo y mantenimiento de los equipos en los centros de datos han llevado a dificultades en los servicios que estos presentan, así como a problemas en la seguridad de la información, estabilidad en la conectividad y automatización para la administración de los equipos. Además, la falta de financiación en cuanto a la implementación y administración de los Data Center, la inestabilidad energética y los desastres naturales son factores que pueden afectar la operación de las empresas. Por otro lado, la importancia de los centros de datos para el desarrollo tecnológico en la sociedad ha llevado a que los gobiernos de algunos países, como Estados Unidos, otorguen beneficios fiscales a las empresas que desarrollan centros de datos o aumentan sus infraestructuras tecnológicas [7].

En este contexto, se hace necesario implementar soluciones tecnológicas avanzadas que permitan mitigar las vulnerabilidades de los Data Center y mantener un control constante de diferentes variables, como la temperatura, la humedad, partículas de humo y alteraciones en la red eléctrica. La implementación de tecnologías inteligentes, como el IoT, la inteligencia artificial y el control de acceso a través del reconocimiento biométrico, puede mejorar la seguridad de la información y el rendimiento de los equipos en el centro de datos. El objetivo de este trabajo es proponer una solución enfocada a la gestión efectiva de los Data Center mediante la implementación de tecnologías avanzadas y estrategias adecuadas que permitan la recolección de la información necesaria para su posterior análisis y toma de acciones que aporten a mejorar la eficiencia y la continuidad de las operaciones.

## **2.1. POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN**

La solución se plantea a partir de las diferentes problemáticas y tendencias presentadas a nivel global y que afectan la operación de los Data center, en especial los Data center de las compañías con poco presupuesto, estas problemáticas se deben por falta de monitoreo, como nos indica Ahsaan Ansari y Zulfiqar A. Memon, en su artículo "*The Datacenter Management System using IoT Sensors*" el desconocimiento del estado de los equipos en el centro de datos conlleva a dificultades sobre los servicios que estos prestan [8]. La planeación de mantenimientos tecnológicos adecuados, la seguridad de la información, estabilidad en la conectividad, automatización para la administración de los equipos, reducen las probabilidades de presentarse dichas dificultades, ya que se pueden aumentar los tiempos de estabilidad en los servicios de red y aplicaciones, adicional la productividad de la compañía, incrementando los tiempos de operación. Por otro lado, con el proceso de transformación digital el cual es apoyado desde el DNP (Departamento Nacional de Planeación) (Departamento Nacional de Planeación) [9] es indispensable contar con Centros de datos fortalecidos y actualizados con el fin

de que se garantice el buen funcionamiento de las redes de datos dentro de las compañías [10].

Otro de los factores o problemas que se están presentando a nivel local y global frente a los centros de datos de empresas privadas según la ITU, es la financiación en cuanto a la implementación y administración, debido a la recesión económica, estas empresas están buscando apoyos con inversiones locales y extranjeras sin embargo la mayoría de estos fondos de inversión llegan a entidades gubernamentales, lo cual genera cierto rechazo por parte de las sociedades privadas ya que no quieren ubicarse en instalaciones propiedad del estado y por tal motivo se presentan escasez de inversión en la infraestructura tecnológica privada, adicional otro de los factores que más afectan la operación e implementación de los Data Center son los desastres naturales, la inestabilidad energética, anchos de banda y costos de operación hacia las empresas [11], sin embargo, se evidencia la importancia que representan los centros de datos para el desarrollo tecnológico en la sociedad, en contraste países como Estados Unidos están incentivando la implementación de Data Centers para apoyar el crecimiento de tecnologías de inteligencia artificial, energías renovables, IoT y Big Data, a través de los gobiernos a los cuales les otorgan beneficios fiscales especialmente a países como Brasil, Colombia, Argentina y Chile siempre y cuando desarrollen centros de datos, se conviertan en proveedores digitales o aumenten sus infraestructuras tecnológicas [7].

La falta de monitoreo y control en la seguridad física de los Datacenter es uno de los factores críticos que pueden afectar la operación de una compañía. Para mitigar estas vulnerabilidades, se están implementando sistemas más autónomos que permitan la detección y prevención de riesgos de seguridad. Sin embargo, el crecimiento y la complejidad de los Datacenter aumentan el riesgo de seguridad de la información, lo que hace necesarias soluciones que puedan adaptarse al crecimiento de los datos y protegerlos adecuadamente [12]. Dichas soluciones refieren a tecnologías inteligentes y avanzadas, tales como, implementación de infraestructura IoT, procesamiento de imágenes, algoritmos de inteligencia artificial, control de acceso por medio a través de reconocimiento (facial, dactilar, patrón numérico, ocular y biometría de voz). Lo anterior se puede implementar con base a la guía de Indicadores de “Gestión de Seguridad de la Información MinTIC” [13].

Teniendo en cuenta que los Datacenter están en constante operación es necesario tener un sistema que permita mantener el control y monitoreo de diferentes variables tales como temperatura y humedad [14], tal y como indican los autores Ansari, Ahsaan y Memon, Zulfiqar A en su artículo *The Datacenter Management System*

*using IoT Sensors*. al tener estos parámetros en constante visualización a través de sensores o tecnologías avanzadas como el IoT es posible mantener e implementar técnicas de climatización que ayuden tener un funcionamiento óptimo de los equipos tales como servidores, UPS, equipos de red, entre otros, es necesario tener estos equipos en constante funcionamiento, en especial para empresas donde la operación es 24 horas y 7 días a la semana, siendo así los Data Center son propensos a presentar altas temperaturas que no solo pueden llegar afectar el funcionamiento de los mismos equipos si no también la operación de la empresa generando grandes indisponibilidades [15].

Tal y como nos indica Obama Asumu, Jaime Serafín en su artículo *Diseño de la instalación eléctrica de un Data Center con eficiencia energética*, la eficiencia energética en los Data Center es una de las mayores prioridades y problemáticas que más se presentan en la actualidad, esto debido al creciente incremento en la información a resguardar, la cantidad de datos a procesar y las fluctuaciones eléctricas que se presenten en algunas regiones, es por esto que contar con una estabilidad energética y alta disponibilidad es de vital importancia, y por lo tanto en la actualidad se están basando y guiando en las normas más exigentes sobre el tema (TIA-942), adicional se están estableciendo criterios y pautas que ayuden en la instalación eléctrica en un centro de datos para una mayor fiabilidad y eficiencia [16] un ejemplo de esto es la implementación a través del sistema PLC (Programmable Logic Controller) con el cual a través de una plataforma en nube se logra monitorear y controlar procesos térmicos indispensables para la optimización, reducción de costos de energía y huella ambiental [17].

Basado en el estudio realizado en el artículo *Experimental Control of Thermal Processes Inside the Datacenter* [17] la reducción del consumo de energía y huella ambiental se ha convertido en uno de los retos y se tienen distintas maneras y enfoques con las que se puede optimizar los procesos térmicos y energéticos para lograr dicha reducción, entre ellos experimentar con plataformas basadas en nube con el objetivo de que se reciban datos de un monitoreo previo con el cual se controlarían los consumos térmicos y energéticos.

El impacto ambiental es una de los temas que cada día preocupa más a las compañías y el sector tecnológico no es ajeno a esto, aun mas si se tiene en cuenta que una compañía requiere que sus centros de datos estén operando durante las 24 horas del día y los 365 días del año, en este sentido, se enmarcan varias de las tendencias del sector para optimizar el consumo de energía eléctrica, así es como se está buscando reutilizar el calor generado por los equipos de los DC para mejorar la eficiencia energética como lo indica IT Digital Group [18].

Uno de los ejemplos de captura de datos para la implementación de monitoreo en Data Centers se puede dar mediante el uso de laser sensibles a los cambios de temperatura, este estudio se puede evidenciar en el artículo “*Temperature Monitoring of Data Center Based on Temperature Sensitive Laser*” [19] donde los autores nos muestran que con la unión de chips en forma de micro anillos y fibras con alta concentración de Germanio generan cambios en la longitud de dichos laser los cuales al medirse nos muestran los cambios de temperatura en tiempo real

Es por estos motivos que con una solución IoT es posible abordar todas estas dificultades de tal manera que se pueda dar una solución integral, asegurando la disponibilidad, confidencialidad e integridad de la información, y sistemas críticos para el funcionamiento de la compañía.

## **2.2. SECTOR OBJETIVO**

### **2.2.1. DEFINICIÓN DEL SECTOR**

Partiendo del problema presentado por la falta de recopilación y adquisición de datos ambientales y funcionales en un data center, se observa que una de las soluciones que conllevaría a la adquisición de dicha información es a través del uso de tecnologías de monitoreo automatizado, como el IoT. Esta tecnología se compone de múltiples arquitecturas que refieren a dispositivos de recolección de información como por ejemplo sensores, dispositivos de cómputo, dispositivos para el procesamiento de la información y plataformas de servicios que ayuden a la integración y conformación de dicha arquitectura [20] tales como Azure, Orange, AWS (Amazon Web Services), etc.

La arquitectura de IoT ofrece múltiples soluciones para el monitoreo y control automatizado de los datos en un data center. Específicamente, en el sector de Software y TI se pueden aplicar técnicas como la computación en la nube e integración de sistemas para mejorar la disponibilidad y calidad de los servicios de TIC ofrecidos por el centro de datos. De esta manera, se promueve una mayor productividad empresarial y una mejor capacidad para adaptarse a los avances tecnológicos en este campo [20].

### **2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR**

El principal potencial del sector IT es la transformación de las economías y la sociedad de un país o región, partiendo de la capacidad para generar oportunidades, agregando valor en productos, servicios y procesos [20].

Esta versatilidad del sector, permite a las compañías mantenerse en constante crecimiento y evolución, representando un factor clave para el éxito, acelerando la productividad y competitividad en sus procesos, mejorando e incrementando la prestación de servicios, comunicación con sus clientes y/o proveedores y productos. Por esta razón, independientemente del sector al que pertenezca la compañía, siempre se requerirán de soluciones tecnológicas para mantenerse competitivas [21].

La tendencia predominante en el sector, en relación a la problemática de la falta de datos necesarios para la gestión de un centro de datos, se enfoca en soluciones centralizadas y autónomas que permitan agilizar la recolección de información y la toma de decisiones, independientemente del ámbito al que pertenezca la empresa, reacción predictiva y optimización en el funcionamiento de los dispositivos, mediante el control ambiental, lo cual permite una estabilidad en los procesos internos, aportando en la cadena funcional de las empresas.

### **2.2.2. APLICACIONES DEL SECTOR**

Dentro de las aplicaciones del sector de Software y TI se encuentra el desarrollo de software y aplicaciones, integración de tecnologías y sistemas como Machine Learning, Deep Learning, IoT, Inteligencia Artificial, Seguridad de la Información, entre otras, todas estas tecnologías o aplicaciones son creadas y aplicadas en Pro de mejorar la productividad de las empresas y en la prestación de sus servicios enfocadas en diferentes sectores de las industrias, evolucionando al transcurso del tiempo y generando nuevos servicios y tecnologías que suplen las necesidades de los usuarios [20][22].

### **2.2.3. RELACIÓN DE LAS APLICACIONES CON LA PROPUESTA**

Partiendo de la propuesta de solución la cual es basada en la implementación de un sistema que permita recolectar datos ambientales de los Data Center con apoyo de tecnologías como IoT con el objetivo de disminuir la indisponibilidad de los servicios que presta el Data Center, se denota que es indispensable el uso de aplicaciones del sector de Software y TI principalmente las de IoT, Seguridad de la información, computación en la nube e integración de sistemas [20].

EL motivo por el cual es indispensable el uso de dichas aplicaciones sobre la propuesta se debe a que con el uso de IoT es posible la recolección de datos que permita el monitoreo de los Data center con el objetivo de medir variables como Temperatura, Humedad, Vibración, cierre de contacto de puertas, partículas de humo, sensores de movimiento, entre otras, al recolectar esta información es posible subirla a la computación en nube con el fin de integrar estas variables y que nos permitan garantizar el óptimo funcionamiento de los indicadores ambientales y funcionales de un Data Center [1].

### **2.3. TENDENCIAS DEL SECTOR**

El sector de la tecnología avanza a pasos agigantados permitiendo el desarrollo de varias industrias, entre las tendencias que se destacan para 2023 están:

Implementación de sistemas SaaS, esta ofrece una amplia opción de expansión y escalabilidad, permitiendo optimizar y adaptarse a los sistemas ya implementados con lo cual se mejora la respuesta en tiempos de los procesos de la compañía y disminuyendo gastos. Esta implementación de sistemas SaaS se puede realizar en poco tiempo y ayuda a que las compañías estén a la vanguardia de la tecnología [23].

Adopción de 5G, a pesar de tener una leve disminución ocasionada por la pandemia del año 2020, el crecimiento de esta tecnología a nivel mundial sigue creciendo rápidamente y de acuerdo al *Monitoreo de Tendencias Tecnológicas 2022* de la CRC, se estima que el número total de conexiones alcanzaron los 1.000 millones en 2022 principalmente debido a la expansión de la cobertura de redes 5G y así mismo, GSMA estima que, en 2025, 5G representará alrededor un 25% del total de conexiones móviles en el mundo llegando a los 2.000 millones de conexiones GSMA *Intelligence, 2022*. Estas conexiones permitirán un intercambio rápido de información en las empresas [23].

Tecnologías multisectoriales en las industrias 4.0 o cuarta revolución industrial, si bien, estas no están orientadas a la innovación, son junto a las tecnologías básicas, muy importantes en empresas pequeñas, ya que están probadas y estandarizadas en diferentes áreas y son la base para la implementación de futuras tecnologías [21].

Teniendo en cuenta que una de las tendencias generalizadas es la migración a la nube, esta no puede ser la única solución tecnológica para las empresas y puede tener desventajas como las fallas de conexión que se pueden presentar en países

del tercer mundo como Colombia, los costos de los servicios o los tiempos de atención, consumo excesivo de ancho de banda entre otros, por lo cual contar con un Data Center local monitoreado y operando en condiciones óptimas puede llegar a ser una mejor opción para las empresas.

## **2.4. ANALISIS DE MERCADO**

El mercado en la administración y monitoreo de Data Centers está en constante cambio y evolución, el principal impulsor de este mercado es aumentar la efectividad operativa mientras se reducen los costos de mantenimiento, y disminuir los tiempos inactivos y mejorar la seguridad.

Los sistemas de gestión de infraestructuras de centros de datos (DCIM), sistemas de monitorización energética, sistemas de monitorización ambiental, Herramientas de automatización y orquestación, sistemas de gestión de actividades, y centros de datos modulares prefabricados (PFM), se encuentran entre las soluciones más populares para la gestión y monitoreo de los centros de datos, estas soluciones ofrecen una amplia gama de capacidades, desde la monitorización y control de temperatura, energía y espacio hasta la automatización de tareas y la gestión de cambios [24]

Además, la creciente adopción de tecnologías como la inteligencia artificial (AI), el aprendizaje automático (ML) y el internet de las cosas (IoT) está impulsando la innovación en el mercado para la gestión y monitoreo de los Data Center. Por consiguiente, los proveedores están desarrollando soluciones más avanzadas que utilizan estas tecnologías para aumentar la eficiencia operativa y reducción de costos.

Desde hace varios años los dispositivos inteligentes han convivido entre nosotros y han hecho parte de nuestro entorno, se pueden encontrar en múltiples sectores, como el automotriz, sector transporte, sector industrial y empresarial e incluso en nuestros objetos personales, en el hogar o en nuestros sitios de trabajo. Con la llegada de IoT estos dispositivos han avanzado a nivel tecnológico, mejorando su manera de conectarse, aumentando sus capacidades y se ha llegado a recopilar información y datos en tiempo real [25].

A medida que la tecnología va avanzando los implementos y recursos tecnológicos necesarios para conformar una infraestructura de IoT se hacen más asequibles lo que hace que aumente su despliegue de manera exponencial, un ejemplo de esto se presenta en el sector transporte donde con ayuda de IoT y el avance de la

tecnología 5G es posible conectar el vehículo a internet logrando una mayor recolección de datos en tiempo real permitiendo la optimización de los servicios, de igual forma gracias a la tecnología y avance en la construcción de sensores es posible llegar a la automatización y monitoreo lo que conlleva a una mejora en servicios de otros servicios también tecnológicos como por ejemplo la domótica, la seguridad de la información, la administración remota de la infraestructura de los Data Center e incluso en el medio ambiente [25].

## **2.5. ARBOL DE OBJETIVOS**

En la Figura 2 se muestra el árbol de objetivos donde se plantea como objetivo general Garantizar el óptimo funcionamiento de los indicadores ambientales y funcionales de un Data Center, para poder lograr esto, se establecieron como objetivos específicos, el realizar un plan de recolección de datos ambientales de un Data Center, aunado a esto, se pretende diseñar un plano de ubicación estratégica de dispositivos que recopiles datos ambientales y funcionales de un Data Center.

También se analizará el mercado sobre recursos y dispositivos tecnológicos para captura de datos y de igual forma se hará una propuesta para invertir recursos tecnológicos que permita capturar datos ambientales y funcionales de un Data Center. Finalmente, se pretende recopilar y analizar datos ambientales para reducir riesgos, analizar e investigar variables ambientales que se encuentran en un Data Center.

Con esto, se desea obtener los datos ambientales y funcionales necesarios de un Data Center para un correcto análisis que permita disminuir gastos en administración, prevenir el daño de equipos e incrementos en el porcentaje de disponibilidad de los servicios TIC, con todo esto se desea mejorar la estabilidad de los servicios TIC que ofrece un Data Center.

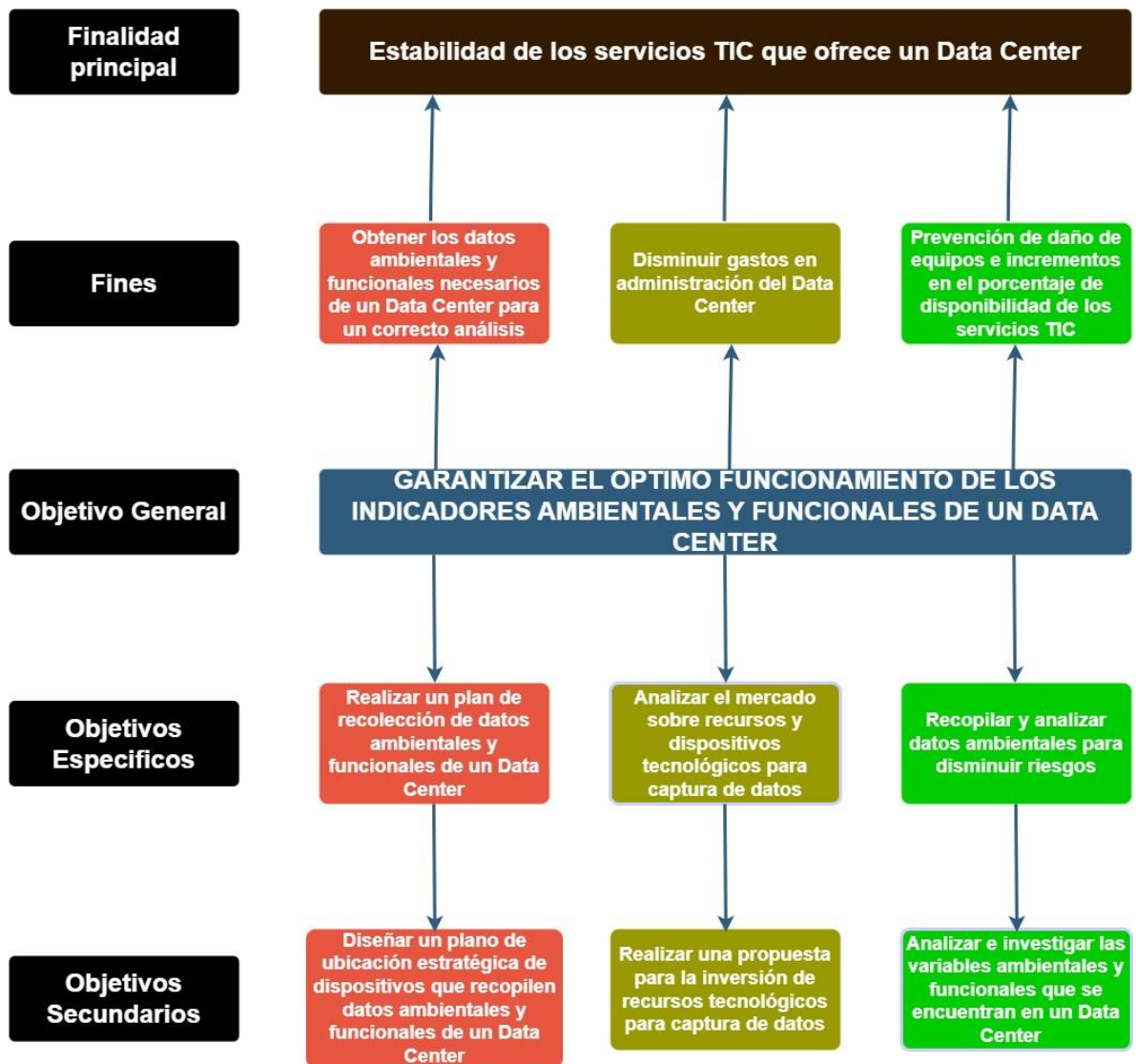


Figura 2. Árbol de Objetivos.

## 2.6. CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA

En la actualidad los Data Center de última tecnología cuentan con sistemas automatizados que permiten visualizar en tiempo real distintos factores como su temperatura, humedad, consumo de energía y el estado de los equipos; sin embargo, algunas empresas que poseen Data Center de menor tamaño con recursos limitados e implementados hace algunos años atrás, no cuentan con medición de estos indicadores causando problemas de funcionamiento en sus equipos, reducción en el ciclo de vida de estos y una disminución en la estabilidad de los servicios que se ofrecen.

Partiendo de lo anterior se desea que estas compañías implementen un sistema que permita la recopilación y concentración de los datos generados por los equipos y dispositivos de sus centros de datos. Este sistema debe contar con una interfaz visual amigable para la interpretación de la información y que permita la identificación de patrones y comportamientos anómalos de manera temprana. De esta forma, se podrán tomar acciones predictivas y preventivas, mejorar el funcionamiento de los equipos, actualizar la infraestructura y asegurar una mayor estabilidad en los servicios que se prestan desde el centro de datos.

### **2.6.1. INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN DESEADA**

En la siguiente figura (Figura 3) se ilustra la situación que actualmente presentan algunos Data Center desactualizados o sin aprovisionamiento adecuado, en ella se describe como se realiza la captura de datos, se inicia con un sensor que en la mayoría de ocasiones es el único que se encuentra en el Data Center y corresponde a la medición de la temperatura, una vez se toma este dato se almacena en la memoria interna del sensor el cual posee un umbral configurado, al superar este umbral se envía un correo previamente configurado en la controladora del sensor el cual indica el valor del dato que se está capturando para luego ser validado y gestionado por el personal encargado.

Los inconvenientes que se presentan con la practica descrita refieren a que no se están capturando los datos necesarios para la administración y gestión de fallas de un Data Center, lo que implica que no se tomen acciones correctivas de manera oportuna y se presenten fallas en los servicios prestados por el centro de datos.

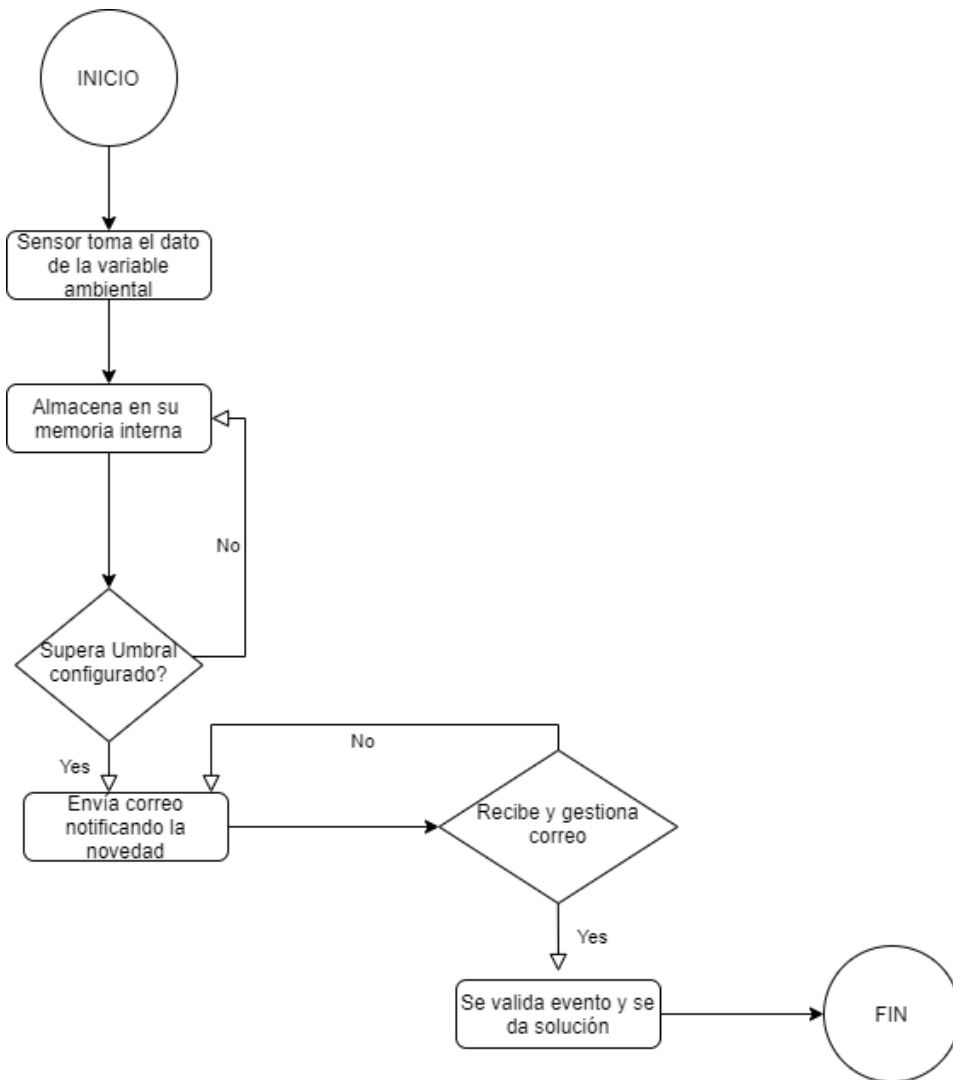


Figura 3. Situación actual. (Diseño propio)

### 2.6.2. SITUACION DESEADA

A continuación, se muestra el (Figura 4) donde se describe la situación deseada, allí se observa que el sensor toma el dato de la variable ambiental para luego ser almacenada en su memoria interna, es decir, que se requiere no solo uno si no varios sensores que permitan capturar los diferentes datos ambientales y funcionales de un Data Center, una vez son almacenados en el sensor, pasan a ser almacenados en la nube a través de una conexión a internet contra un servicio SaaS, adicional en este servicio se tienen conectados los equipos del Data Center tales como dispositivos de red, almacenamiento y/o procesamiento, dentro del servicio SaaS se realiza el análisis de los datos donde dependiendo de los umbrales

previamente configurados se toman decisiones ya sea para mitigar fallas a través de acciones automatizadas o manuales, o simplemente para ser mostradas en un dashboard donde se visualice el estado del Data Center y sus servicios.

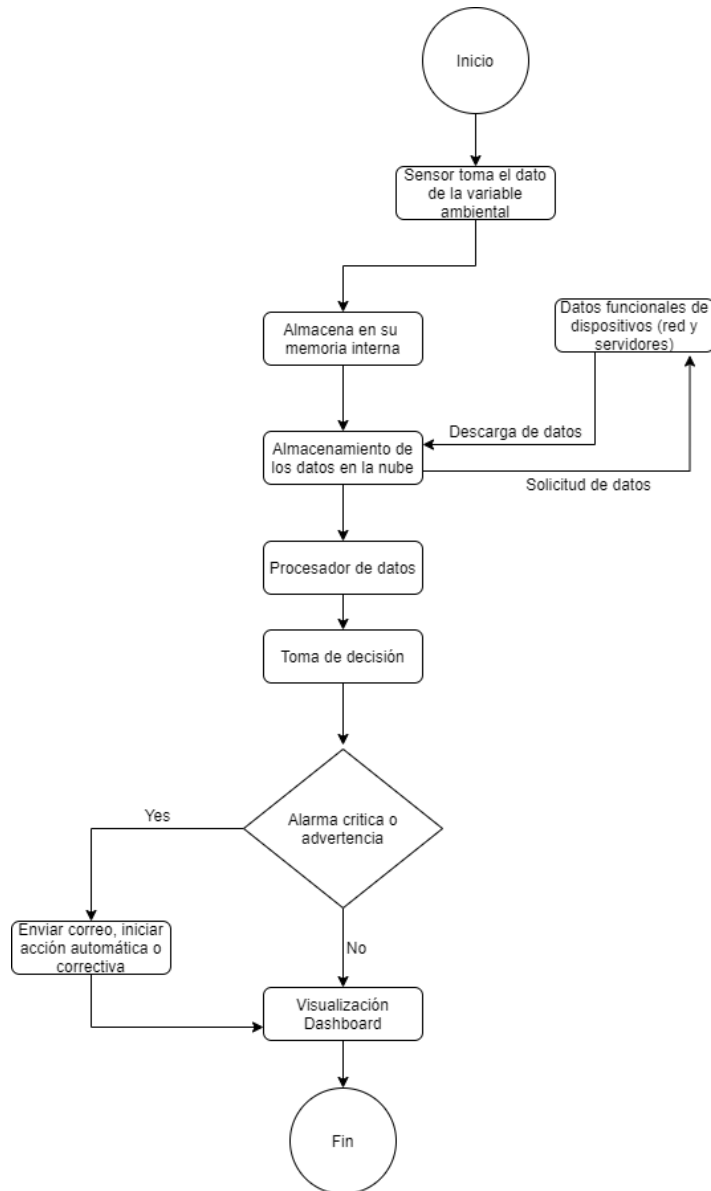


Figura 4. Situación deseada. (Diseño propio)

## 2.7. PROPUESTA DE VALOR

La propuesta descrita en este proyecto refiere a un modelo que integra las tecnologías de IoT, Cloud y Big Data enfocada a la mejora en la captura de datos de variables ambientales y funcionales dentro de un Data Center, mejorando la prestación de los servicios de TI que este ofrece.

Con la implementación del modelo integrado con las diferentes tecnologías nombradas anteriormente se busca contribuir a la mejora en la toma de decisiones frente a fallas o incidentes sobre la administración del Data Center pequeños o desactualizados.

### 2.7.1. PERFIL DEL CLIENTE

El perfil de cliente para la implementación de este modelo es toda aquella empresa que contenga un Data Center cuyas instalaciones o infraestructura estén desactualizadas o que durante la implementación de dicho centro de datos no se halla contemplado la necesidad de tener la visualización de su funcionamiento y su comportamiento ambiental en tiempo real o que requiera mejorar la administración de sus servicios de TI a través de un monitoreo constante, en la Figura 5 se muestran varios ítems referentes a alegrías, frustraciones y tareas que dichas empresas pueden estar presentando.

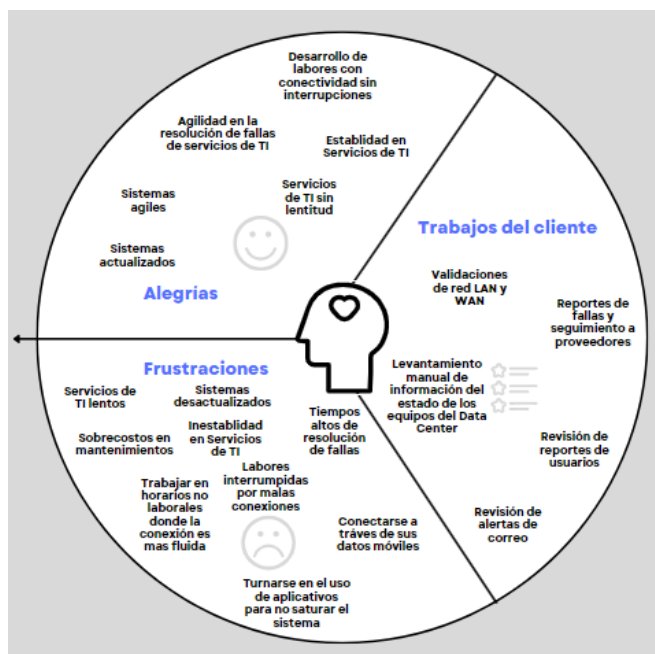


Figura 5. Perfil del cliente. Elaboración propia.

## ORDEN DE IMPORTANCIA

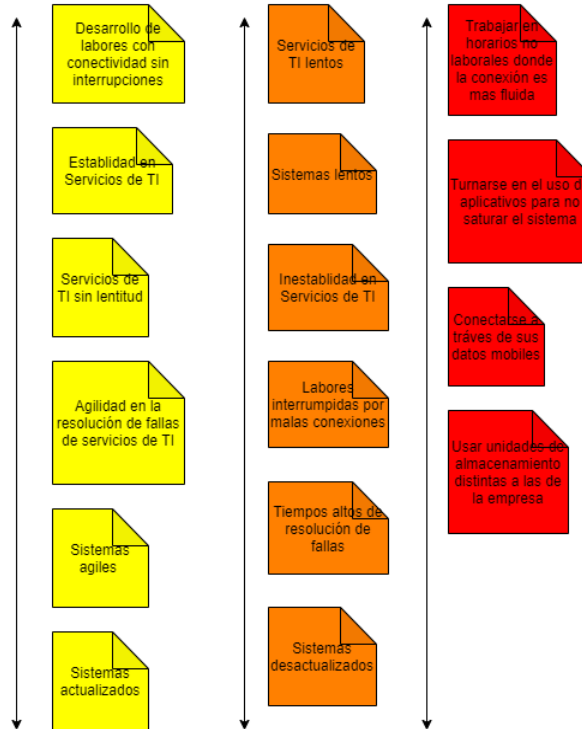


Figura 6. Orden de importancia perfil cliente. Elaboración propia.

### 2.7.2. MAPA DE VALOR

En la figura 7 se presentan los factores clave considerados para desarrollar una propuesta de valor que satisfaga las necesidades y expectativas del cliente. Esta propuesta se enfoca en proporcionar un modelo adaptativo que aprovecha los recursos disponibles y supera las limitaciones actuales. Para ello, se recopilaron datos críticos en tiempo real sobre el ambiente y el estado de los equipos en el data center, independientemente de la plataforma de los sensores utilizados. Posteriormente, se analiza esta información en una única plataforma intuitiva que permite detectar incidentes, prevenir fallos en función del historial y programar actualizaciones necesarias. Este enfoque permite reducir significativamente los esfuerzos y los costos asociados con el mantenimiento del Data center y mejorar su eficiencia operativa.

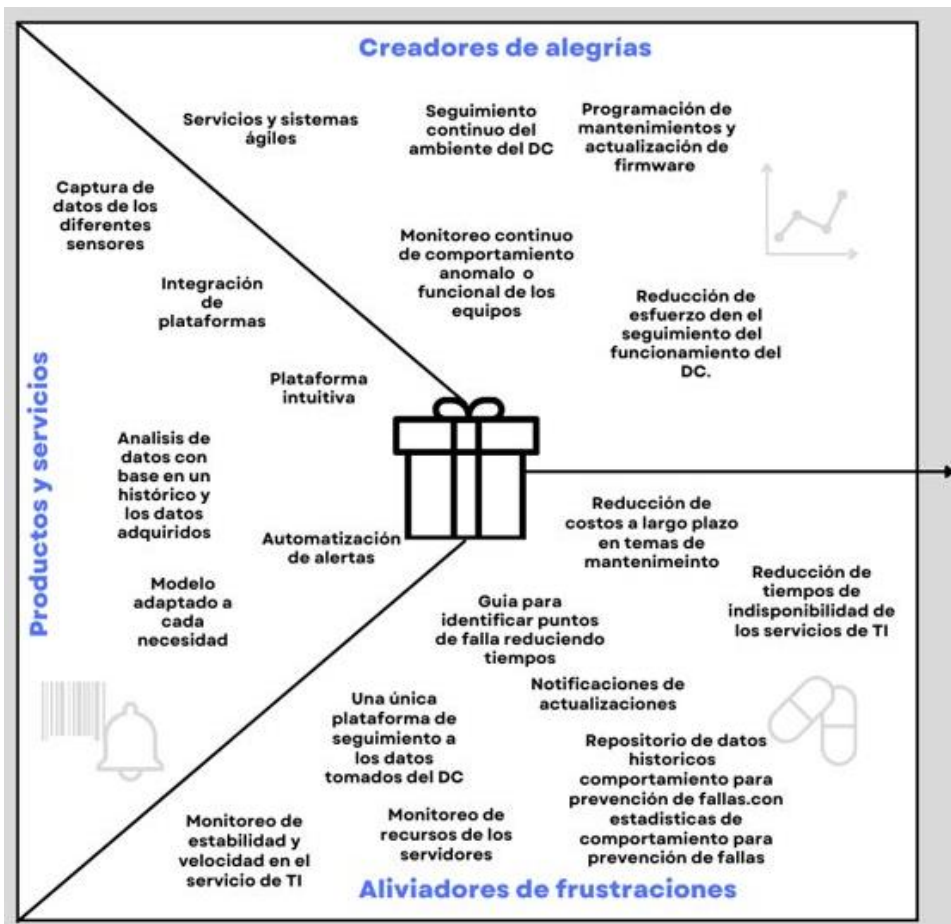


Figura 7. Mapa de Valor. Elaboración propia.

## ORDEN DE IMPORTANCIA MAPA DE VALOR

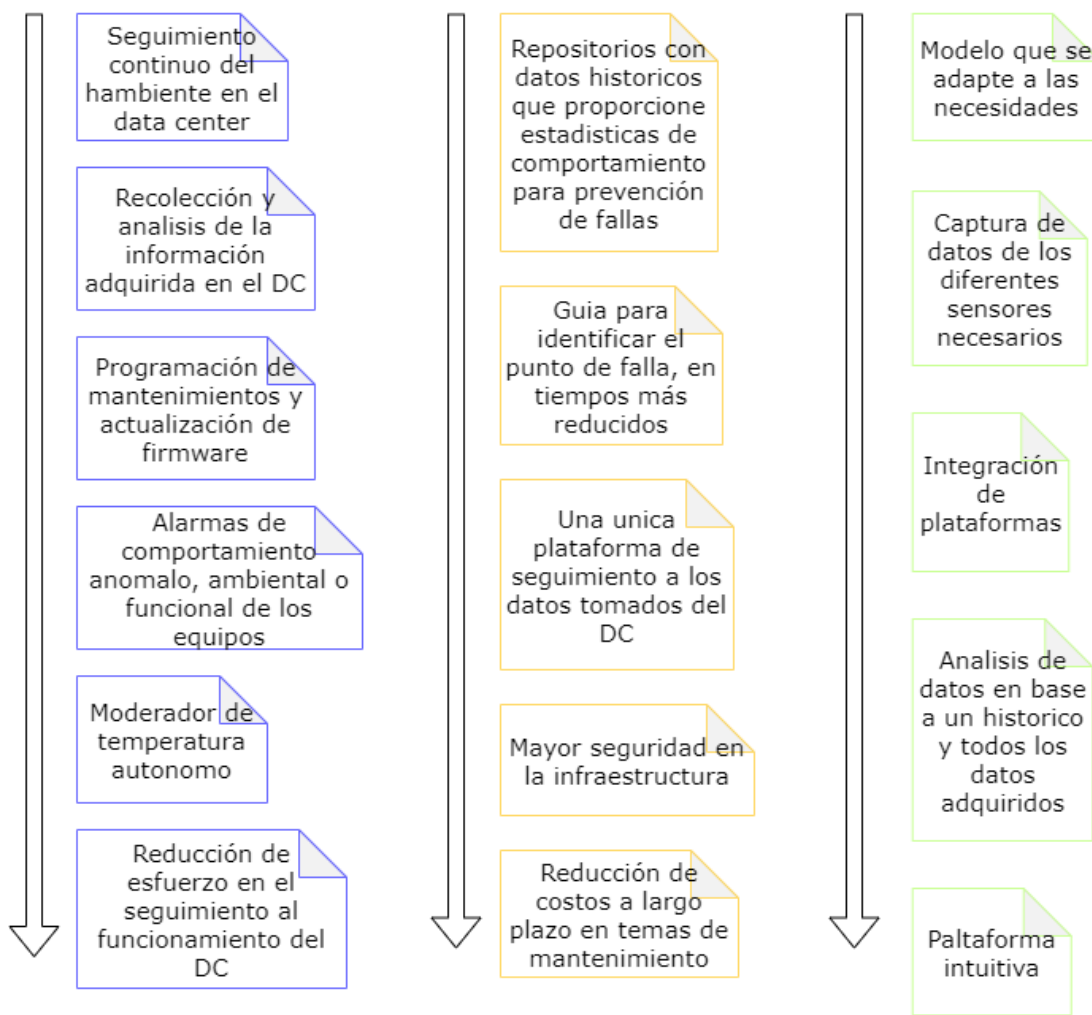


Figura 8. Orden de Importancia del mapa de valor. Elaboración propia.

### 2.7.3. DEFICIENCIA PROPUESTA DE VALOR

Nuestro servicio ayuda a las empresas que poseen su propio Data Center pequeño o desactualizado y desean mejorar la administración de sus servicios tecnológicos. El objetivo es reducir las fallas y evitar frustraciones en el desempeño laboral, causadas por los inconvenientes que puedan presentar sus centros de datos. Así, se mejora la conectividad y se aumenta la productividad al proporcionar un Data Center con las mejores condiciones. Todo esto es posible gracias a la visualización en tiempo real de su funcionamiento.

Este servicio se caracteriza por aportar a la seguridad de la información suministrando una mayor seguridad en la infraestructura, aportar en la mejora de los tiempos de atención de fallas, proporcionando una guía que identifique el punto de inicio de falla y apoyando en la prevención de futuras fallas con ayuda de repositorios donde se encuentran los históricos, estadísticas de eventos y comportamientos que se presentan durante la operación del Data Center.

Todo lo anterior es plasmado en un dashboard en el cual se integran plataformas que permitan la visualización en tiempo real de los diferentes datos capturados correspondientes a la operación del Data Center y de sus dispositivos que lo integran, lo cual permitirá un análisis del comportamiento de los servicios TI de la compañía y de esta manera llegar a dar soluciones que satisfagan las necesidades de los usuarios.

## **2.8. PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN**

### **2.8.1. Análisis de solución**

La solución que se plantea es una solución mixta que permita por medio de una serie de sensores, capturar las condiciones de operación de un data center y enviar estos datos a un servidor de almacenamiento en nube para luego ser procesados y analizados, esta solución la cual cumple los requisitos de ser deseable, ya que es una solución fácilmente implementable en los data center ya instalados y que no cuentan con sistemas de control para las condiciones de sus equipos y a un costo razonable; viable, ya que es una que se puede implementar a través de un arreglo de sensores que pueden capturar y enviar datos a un centro de control de la compañía o un punto remoto; factible, debido a que la implementación no representaría costos excesivos para la compañía y sostenible, debido a que los sensores industriales que se pretenden usar, tiene una vida útil prolongada sin generar consumos de energía excesivos ni impactos grandes para el medio ambiente. Por tanto, esta solución de captura de datos de las condiciones de operación de un data center mediante sensores IoT, se elige la mejor opción, como se ilustra en la Tabla 2.

Posible solución	Deseable	Viable	Factible	Sostenible
<b>Solución sensorica</b>	X	X	X	✓
<b>Solución sensorica + análisis de datos</b>	X	X	X	✓
<b>Solución sensorica + almacenamiento en nube</b>	X	X	X	✓
<b>Solución sensorica + análisis de datos + almacenamiento en nube</b>	✓	✓	✓	✓

Tabla 2. Análisis de la solución. Elaboración propia.

### 2.8.2. Identificación de tecnologías

Basado en el análisis previo, se identifican las siguientes tecnologías para la implementación del proyecto:

1. Capa de sensores (IoT): Esta capa se encargará de la captura de datos provenientes de los diferentes dispositivos sensoriales.
2. Capa de conectividad: Para transmitir la información capturada, se utilizarán tecnologías como WiFi, LTE o MiFi, garantizando una conexión estable y confiable.
3. Segmento de análisis y procesamiento: En esta etapa, se emplearán algoritmos de Big Data para almacenar, procesar y presentar los datos recopilados de manera efectiva. Esto permitirá obtener insights valiosos y tomar decisiones informadas.
4. Modelo de infraestructura Cloud: Para alojar la aplicación encargada de traducir los datos en un formato visual y amigable para el usuario, se utilizará una infraestructura basada en la nube. Esto asegurará la escalabilidad, disponibilidad y seguridad de los datos.

Estas tecnologías trabajarán en conjunto para crear un sistema integral que optimizará la captura, transmisión, procesamiento y presentación de los datos, brindando una experiencia de usuario satisfactoria y permitiendo un análisis eficiente de la información recolectada.

### 3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

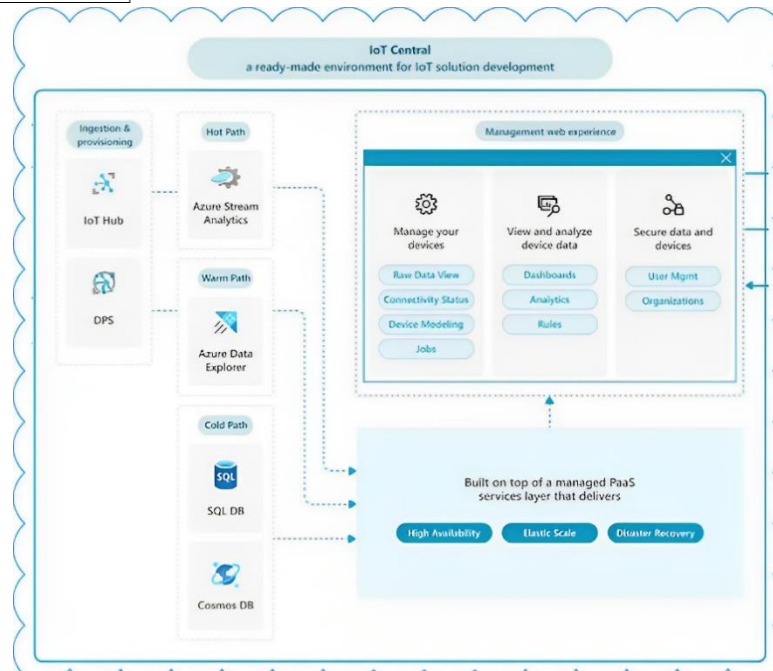
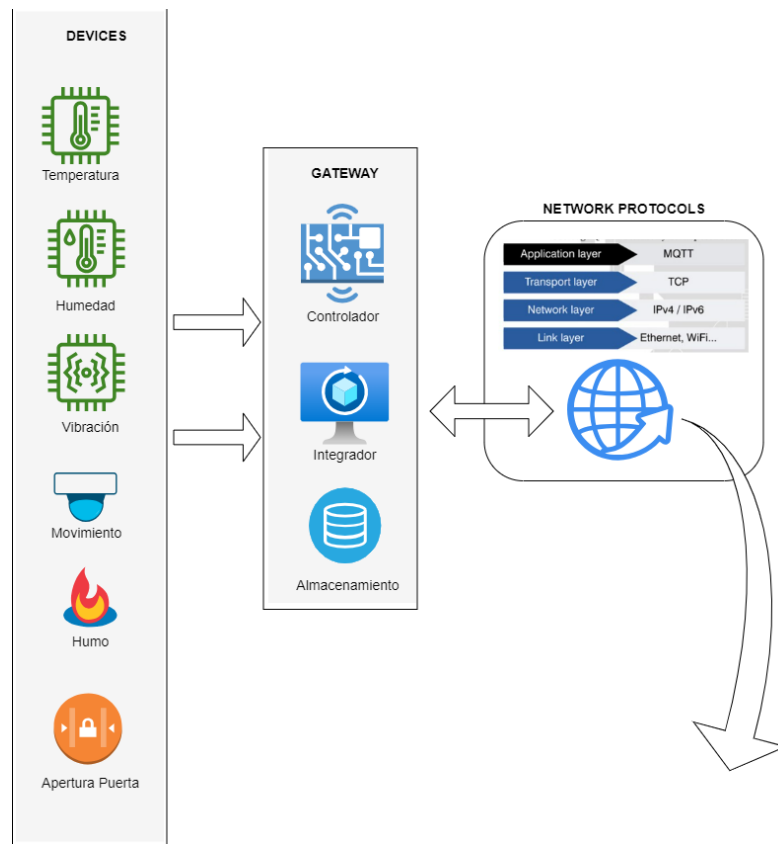


Figura 9. Arquitectura Tecnológica IoT / Cloud [26]

En la figura 9 relacionado, se presentan los diferentes bloques que hacen parte de la arquitectura de solución, evidenciando el bloque de sensores, en el cual se encontrarían las tecnologías que capturarían los datos requeridos para el correcto seguimiento del Data Center. En el bloque de comunicación, se encuentran las posibles tecnologías que implementarían los dispositivos para la transmisión de la información capturada, posterior a esta se encuentra el Bloque de recolección y procesamiento del dato bruto, para que este sea reenviado a la nube, mediante los protocolos de red, En el último bloque se muestra la capa de almacenamiento, procesamiento y aplicación, donde por medio algoritmos y análisis de datos, se depuraría la información para ser expuesta en un dashboard en tiempo real.

### **3.1. SENSORES:**

#### **Humedad:**

Estos sensores se utilizan para monitorear la temperatura y la humedad en los sectores donde más se utiliza es hospitales, edificios inteligentes, aunque también puede ser usado en hogares o espacios pequeños, dentro de sus características se encuentra el manejo de variables de temperatura, humedad y CO2 de las cuales solo tomará la temperatura en grados Celsius y la humedad relativa representada con valores de porcentajes [27] [28].

#### **Movimiento:**

Este sensor, detecta movimiento, luz y temperatura, por consiguiente, para el presente proyecto se eligieron los parámetros de movimiento únicamente, con el fin de determinar e identificar el ingreso y estado de una persona al interior del Data Center, este sensor soporta diversos protocolos de conexión inalámbrica (Bluetooth, Zigbee, 4G/LTE, LTE\_M, 3G, WiFi, NB\_IoT, 2G) y su funcionamiento. En la parametrización se configura para que el valor recibido fuera en formato booleano y de este modo identificar cualquier interrupción al interior del área [28] [29].

#### **Vibración:**

Estos sensores están diseñados para realizar la adquisición de datos a alta velocidad (25 a 1600 muestras por segundo), también permite determinar el estado de encendido o apagado de una máquina, o pronosticar fallas en la misma. Dentro de sus principales ventajas está el bajo consumo de energía, lo que le permite a la batería durar hasta 5 años dependiendo de las condiciones de operación; También permite simplificar las instalaciones y ahorrar costos. Un sensor de este tipo resulta muy versátil permitiendo que, mediante la adición de otros chips o alteración de la membrana, medir otras variables [28] [30].

**Humo:**

El sensor de humo es frecuentemente utilizado en ambientes como seguridad, hogar, industrias, este sensor alerta sobre la presencia de humo mediante una alarma sonora fuerte, además permite alertar al usuario de forma remota mediante el gateway cuando haya una conexión a internet. Este sensor permite la conexión con otros dispositivos IoT por ejemplo sensores de iluminación. Así mismo, en el panel de control se puede configurar para reportar su estado de acuerdo a una frecuencia estimada [28] [31].

**Apertura de puerta:**

Este es un sensor magnético con alarma configurable el cual usa conectividad Bluetooth, arroja valores en tiempo real sobre el estado de la puerta, sobre el proyecto propuesto es utilizado mediante valores de booleanos para determinar la apertura y cierre de las puertas del DC [28] [32].

**3.2. RED DE SENSORES O ACTUADORES:**

Las redes utilizadas para la comunicación entre sensores y actuadores hacen parte de las tecnologías M2M (Machine to Machine) como lo indica el doctor Veena S. Chakravarthi en su libro Internet of Things and M2M Communication Technologies esta se enfoca en la comunicación entre dos máquinas de manera alámbrica o inalámbrica, esta tecnología es ideal para el desarrollo de proyectos IoT y a su vez está compuesta por diferentes tecnologías tales como: tecnologías de corto alcance compuestas por Bluetooth, Zigbee o Wifi, tecnologías de largo alcance o LPWAN compuestas por Sigfox o Lora, tecnología celular compuesta por LTE la cual también puede ser aplicada a IoT con el uso de NBWAN, tecnología satelital y tecnología de posicionamiento GPS [28] a continuación en la Tabla 3 se muestran algunas de las características de estas tecnologías como su frecuencia de operación, su velocidad de transferencia de datos, su poder y rango de alcance, entre otros [28].

M2M TECNOLOGIAS PARA COMUNICACIÓN	Frecuencia de Operación	Velocidad de datos MBPS	Rango	Consumo de energía	Costo
Celular 2G/3G	Celular	10 Mbps	Miles de Kilometros	Alto	Alto
Bluetooth	2.4 GHz	1,2,3 Mbps	~100 m	bajo	bajo
LPWAN 802.15.4	SubGHz, 2.4 GHz	40.250 kbps	>350 km <sup>2</sup>	bajo	bajo
LPWAN: LoRa	SubGHz	<50 kbps	1 - 5 km	bajo	medio
LPWAN: Celular LTE CAT0/1	Celular	1-10 Mbps	Varios km	medio	alto
LPWAN: NB-IoT	Celular	0.1-1 Mbps	Varios km	medio	alto
LPWAN: Sigfox	SubGHz	<1 kbps	Varios km	bajo	medio
LPWAN: Weightless SIG	SubGHz	0.1-24 Mbps	Varios km	bajo	bajo
Wi-Fi	2.4 GHz, 5 GHz, 60 GHz	0.1-54 Mbps	<100 m	medio	bajo, medio
Zegbee	2.4 GHz	250 kbps	~100 m	bajo	medio

Tabla 3. Especificaciones tecnologías M2M. Adaptada del libro Internet of Things and M2M Communication Technologies [28]

La tecnología aplicada a este proyecto es la definida como corto alcance debido a que la captura de datos se realiza con el uso de sensores los cuales serán posicionados dentro del Data Center y deben estar cercanos a los racks y a los diferentes dispositivos, para este proyecto se usaran sensores con conectividad por medio de Wifi la cual como se visualiza en la Tabla 3 utilizan frecuencias entre 2.4 GHz y 5 GHz con un ancho de banda entre 0.1-54 Mbps para una distancia máxima de 100 metros [28].

Como nos indica el libro Internet of Things and M2M Communication Technologies Architecture and Practical Design Approach to IoT in Industry 4.0 del Doctor Veena S.Chakravarthi el protocolo más utilizado en la tecnología M2M es el Internet (IP) derivado de la capa de red del modelo OSI (Figura 8) en su versión IPV4 donde se especifican las direcciones IP origen y destino pertenecientes a los dispositivos que van a emplear la comunicación M2M en este caso el sensor y el dispositivo Gateway que recibirá la información [28] [33].

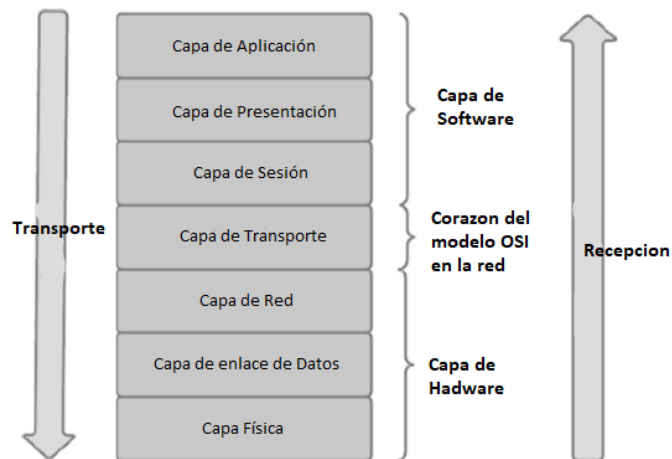


Figura 10. Modelo OSI. Adaptado del libro Internet of Things and M2M Communication Technologies [28]

Los controles de seguridad utilizados para la conectividad de red provienen de los protocolos del modelo OSI (Figura 10) para este proyecto se aplica el control de seguridad TLS (Transport Layer Security) el cual se aplica a IoT mediante DTLS (Datagram Transport Layer Security) otorgando seguridad entre el dashboard y la nube mediante modelos de encriptación, integridad de datos y autenticación de usuarios [33], otro de los controles utilizados es el IPsec (IP Security) este es implementado en los dispositivos IoT a utilizar, en este caso redes de sensores inalámbricos, se encarga de proteger los datos de las cabeceras IPV4 e IPV6 mediante técnicas de cifrado implementadas en el mismo protocolo [28] [33].

Las buenas prácticas que se pueden mantener en la administración de la seguridad de la conectividad Wifi de red de sensores es tener un SSID o red Wifi exclusiva para estos dispositivos, de esta manera es posible mantener un control y garantizar que ningún otro dispositivo tenga acceso a la red o la información que se esté capturando, otra de las buenas prácticas que se pueden implementar es ocultar la red Wifi o SSID de tal forma que no sea visible ni esté al alcance de los diferentes usuarios o dispositivos que se encuentren alrededor, de esta forma la red Wifi solo sería reconocible dentro de la red de sensores, por otro lado otra de las buenas prácticas que se debe incluir tal y como lo indica la norma ISO 27001 [34] es cambiar la contraseña de la red Wifi de manera periódica, esta no debe ser débil, debe tener factor de doble autenticación y su almacenamiento debe ser separado de los de los servidores comúnmente utilizados para aplicativos o Backups [34].

### 3.3. GATEWAY

El Gateway es un dispositivo físico o programa que actúa como punto central de conexión entre la nube y los controladores, sensores y dispositivos inteligentes, los cuales toman diferentes datos, ya sean ambientales o funcionales. Los Gateway pueden facilitar la comunicación con dispositivos heredados o no conectados directamente a Internet, almacenando, procesando, filtrando los datos que son concentrados, para ser reenviados a la nube, de igual forma gestiona datos provenientes de esta, adicional, puede administrar las configuraciones de los dispositivos o sensores [35].

Algunos ejemplos de Gateway's son los OAS Platform and Universal Data Connector, Thales IoT Gateways, Raspberry Pi, OnLogic IoT Gateway y Azure IoT hub [35].

- **Thale IoT Gateway**

Estas ofrecen una solución sencilla para conectar soluciones de tamaño pequeño a mediano, acelerar los plazos de prototipos a producción o agregar [35].

- **Raspberry Pi**

Se trata de una pequeña computadora que se puede programar para recibir lecturas de sensores y transmitirlos a la nube [35].

- **OnLogic IoT Gateway**

Estas son un componente crítico de cualquier solución moderna y conectada, y pueden manejar, analizar y distribuir datos críticos de sensores, equipos, herramientas y electrodomésticos [35].

- **Cisco IoT Edge**

Cisco ofrece una variedad en dispositivos gateway, que permiten interconectar diferentes dispositivos y sistemas, de igual forma permite múltiples protocolos de comunicación MQTT, CoAP, HTTP, OPC-UA [35].

En base al modelo que se desea implementar, la Raspberry Pi puede ser uno de los gateway más versátiles, ya que no se encuentra atado a una marca, sin embargo, su complejidad en la configuración y elementos a adquirir, pueden complicar su proceso de instalación; en base a ello, la segunda opción con mayores características es el Gateway Cisco IoT, dada su compatibilidad con diferentes protocolos, puertos físicos, y dispositivos, pero claro está, se encuentra el tema del costo, el cual puede ser evaluado [36].



Figura 11. Gateway Cisco IoT. Tomado de Cisco 819 4G LTE M2M Gateway Integrated Service Routers Data Sheet [36]

Pese a la seguridad que brindan los Gateway en la transferencia de datos, al actuar como intermediario entre los dispositivos y la nube, al reducir las conexiones a Internet, estos equipos se convierten en foco de los hackers, por consiguiente, se debe reforzar la seguridad de perímetro y los factores de ciberseguridad [37].

Para garantizar la seguridad, los gateways deben siempre estar actualizados en la última visión de firmware, de igual forma deben contar con una autenticación sólida basada en PKI (Public Key Infrastructure), que consiste en criptografía de clave pública que se utiliza para autenticar y verificar la identidad de los participantes en una comunicación electrónica. Adicionalmente, se debe tener un sistema de seguridad perimetral, que bloquee todo tipo de conexiones externas no autorizadas [37].

### **3.4. CONEXIÓN A INTERNET**

MQTT es el protocolo más utilizado para la comunicación de sensores en IoT debido a varias razones, entre ellas:

- Es un protocolo ligero que utiliza un ancho de banda de red mínimo y es adecuado para dispositivos de baja potencia con capacidades de procesamiento limitadas.
- Este protocolo utiliza un modelo de publicación/suscripción, lo que permite que varios dispositivos se suscriban a un grupo y reciban mensajes publicados en ese grupo. Esto facilita la distribución de datos desde los sensores a múltiples clientes.
- MQTT admite tres niveles de QoS, lo que permite a los clientes elegir el nivel de confiabilidad que necesitan para la entrega de mensajes.
- MQTT es altamente escalable y puede manejar grandes cantidades de dispositivos y mensajes.

- MQTT es un protocolo abierto, es decir, puede utilizarlo cualquier persona sin recargos o restricciones de licenciamiento.

En resumen (ver Tabla 4), MQTT es un protocolo ligero y eficiente diseñado para la comunicación entre dispositivos IoT con recursos limitados. Utiliza un modelo de publicación/suscripción y un intermediario centralizado para enrutar los mensajes entre los dispositivos [38] [39].

Protocolo diseñado por	MQTT IBM	CoAP IETF	HTTP IETF/W3C
Modelo de Medición	Publish/Suscribirse	Pedido/Respuesta	Pedido/Respuesta
Formato de Codificación	Binario	Binario	text
Protocolo de Transporte	TCP	UDP	TCP
Tamaño de Cabezera	2 Byte	4 Byte	INDEFINIDO
Seguridad	TLS/SSL	DTLS, IPsec	TLS/SSL
Puerto por defecto	1883 (TCP Port) 8883 (TLS/SSL)	5683 (UDP Port) 8883 (DLTS)	80 (TCP Port) 443 (TLS/SSL)
QoS Fiabilidad	Como maximo una vez QoS 0, Como maximo QoS 1, Exactamente una vez QoS 2	mensaje confirmable o mensaje no confirmable	Limited (via TCP)

Tabla 4. Comparación entre MQTT, COAP y HTTP. Adaptada de Implementation of MQTT Protocol in Health Care Based on IoT Systems: A Study [38]

### 3.5. ARQUITECTURA CLOUD

Con base en la comparativa Gartner mostrada en la Figura 12 se escogen los tres líderes en el mercado de industria global de plataformas de IoT para describir sus características.



Figura 12. Comparativa industria global de plataformas de IoT Gartner. Tomado de página Gartner [40]

A continuación en la Tabla 5 se profundiza el comparativo entre las plataformas de IoT.

Característica	AWS	Azure	PTC
<b>Enfoque y experiencia en IoT</b>	Ofrece una amplia gama de servicios IoT dentro de su conjunto de servicios IoT Core. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de IoT a escala global y es conocido por su escalabilidad y adaptabilidad a los requerimientos de cada cliente.	Proporciona Azure IoT Hub, Azure IoT Central Azure Sphere y Azure Digital Twins, así como una serie de herramientas para el desarrollo de soluciones IoT. Microsoft tiene una fuerte presencia en el sector IoT, integrando todo su pool de aplicaciones.	PTC se enfoca en aplicaciones IoT del ámbito industrial. Está diseñado específicamente para este sector de Tecnologías IoT
<b>Escalabilidad</b>	Puede adaptarse a cualquier proyecto de	Ofrece escalabilidad	Al estar diseñado específicamente

	IoT, desde pequeñas implementaciones hasta aplicaciones a escala industrial.	sólida y permite a las empresas aumentar o disminuir los recursos de IoT según sea necesario.	para aplicaciones industriales, hace que se facilite la gestión de los dispositivos y datos en entornos industriales.
<b>Facilidad de Uso</b>	Proporciona una amplia variedad de servicios y puede tener una curva de aprendizaje empinada para los principiantes. Sin embargo, ofrece flexibilidad y personalización.	Es conocido por su integración con otros productos de Microsoft, lo que puede ser beneficioso si ya se está familiarizado con el ecosistema de este fabricante.	Es reconocido por su facilidad de uso y herramientas que aceleran el desarrollo de aplicaciones industriales IoT.
<b>Seguridad</b>	Ofrece una amplia gama de herramientas de seguridad y cumple con estándares de seguridad reconocidos.	Tiene características sólidas de seguridad y cumple con estándares como ISO 27001.	Incluye características de seguridad específicas para aplicaciones industriales y permite la gestión de roles y permisos.
<b>Analítica y Gestión de Datos</b>	Ofrece servicios como “AWS IoT Analytics” y “AWS IoT Core” para la gestión y análisis de datos de IoT.	Incluye “Azure IoT Hub” y “Azure Stream Analytics” para la administración y el análisis de datos en tiempo real.	Tiene capacidades de análisis integradas para datos industriales y ofrece visualización de datos y paneles de control personalizables.
<b>Aplicaciones de Realidad Virtual (VR) y Aumentada (AR)</b>	Puede admitir aplicaciones de VR y AR, pero no están específicamente diseñadas para estas tecnologías.	Puede admitir aplicaciones de VR y AR, pero no están específicamente diseñadas para estas tecnologías.	Tiene experiencia en aplicaciones de VR y AR diseñadas específicamente para aplicaciones industriales.
<b>Soporte y Comunidad</b>	Posee un gran volumen de usuarios y	Posee un gran volumen de	Ofrece soporte sobre casos

	ofrece soporte sólido respaldado con infraestructura y personal técnico especializado.	usuarios y ofrece soporte sólido respaldado con infraestructura y personal técnico especializado.	específicos de aplicaciones industriales de IoT.
--	--	---	--

Tabla 5. Comparativo de las principales plataformas IoT. Diseño propio [40] [41] [42]

La tecnología de cloud computing se implementó como parte de esta solución ya que permite una gran flexibilidad y el acceso en cualquier momento a la gestión de los dispositivos IoT que hacen parte de este sistema y los datos que estos sensores van a recopilar. Una gran ventaja de usar esta tecnología es la disponibilidad casi ilimitada de recursos de procesamiento y almacenamiento por lo cual no se requiere infraestructura adicional local en la empresa [28].

La plataforma Azure permite que los datos recopilados de una gran cantidad de dispositivos IoT se pueden almacenar y analizar con recursos de procesamiento y almacenamiento utilizando Cloud Computing en servidores en la nube.

De esta manera, esta plataforma PaaS se presenta como una opción ideal para realizar el montaje de la solución propuesta, así como permie realizar la gestión sobre los sensores instalados y la presentación de los datos obtenidos en tiempo real [28].

Los principales servicios que ofrece la plataforma Azure son: Acceso por medio de aplicaciones web y móviles, Conectividad de dispositivos a servicios Cloud, Almacenamiento en la nube expandible, Analítica de Big Data, Analítica de herramientas de desarrollo, seguridad de datos, servicio de Docker, administración de bases de datos, Herramientas de Machine Learning, Herramientas y scripts para desarrolladores, Herramientas de administración [28].

Otra de las ventajas de la plataforma Azure para el Cloud Computing son los altos estándares de seguridad con los que se garantiza mantener segura la información manejada de los Data Center de la empresa [43].

Como nos indica el libro Internet of Things and M2M Communication Technologies Architecture and Practical Design Approach to IoT in Industry 4.0 del Doctor Veena S.Chakravarthi las buenas prácticas que implementan hoy en día los proveedores de servicio de Cloud se basan en inteligencia artificial recopilando metadatos o datos brutos los cuales provienen de dispositivos IoT, en este caso la red de

sensores y con apoyo de aprendizaje de maquina la nube puede identificas cuales son los dispositivos que están enviando dicha data y cuales pueden estar siendo plagiados o no pertenecientes a la red de sensores [28].

## **4. MODELO DE NEGOCIO**

### **4.1. PROPUESTA DE MODELO DE NEGOCIO**

Las pequeñas y medianas empresas que cuentan con infraestructura on-premise enfrenta diversos desafíos que afectan su eficiencia y rentabilidad. Uno de los principales desafíos que se plantean a las áreas de TI de estas empresas, es mantener la plataforma tecnológica de la empresa funcionando con tiempos de respuesta oportunos ante fallas, alta disponibilidad y bajos costos de mantenimiento. Además, la falta de información en tiempo real y de reportes de monitoreo dificulta la toma de decisiones. Teniendo en cuenta esto, en la solución planteada se plantea un modelo de negocio que aproveche la tecnología IoT que permita a las empresas tener información precisa del funcionamiento de los equipos de sus centros de datos. Esta solución permitirá a los administradores de tecnología mejorar la eficiencia en la operación de los centros de datos y optimizar los costos asociados con el mantenimiento de la infraestructura tecnológica. Para ello se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

#### **Análisis del mercado y oportunidades:**

En este se tuvo en cuenta que la solución propuesta, tiene aplicación en las empresas que cuentan con infraestructura física y que no pueden realizar migración a la nube o por diferentes razones. [44] Para este análisis se hizo una delimitación a la ciudad de Bogotá y alrededores, donde se identificó que 368.584 el 97% de las empresas de la ciudad son MiPymes y, de estas, un total de 23267 son pequeñas y medianas, estas son las empresas que representan un mercado potencial de aplicación de la solución (ver Figura 13).



Figura 13. TAM, SAM, SOM (Elaboración propia)

**Descripción de la solución propuesta:**

La solución consiste en una plataforma que incluye una red de sensores IoT ubicados en los centros de datos los cuales recopilan información en tiempo real de variables como temperatura, humedad, vibración y humo. Luego de captar la información, los sensores transmitirán los datos recopilados y enviados a una plataforma montada en Azure.

Estos datos se almacenarán y analizarán permitiendo el acceso remoto a la información, facilitando el procesamiento y el análisis de los datos obtenidos. Estos son procesados y presentados en un dashboard que permite identificar tendencias, generar alarmas de fallas, y tomar decisiones para optimizar los procesos.

Modelo de negocio: Se plantea el desarrollo del modelo de negocio por medio de un modelo canvas el cual se encuentra en la figura 14, en este se propone una solución para capturar y monitorear el funcionamiento de un centro de datos, por medio de la integración de dispositivos IoT. La solución está basada en la recolección y análisis de datos en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y aumentar la eficiencia en los procesos propios de cada compañía.

A continuación, se describen los componentes de este modelo canvas

**Segmento de clientes:** se establecen las pequeñas y medianas empresas que cuentan con infraestructura on-premise, ya que sobre esta infraestructura se montará la solución de dispositivos IoT.

**La propuesta de valor:** El sistema de captura de datos ayuda a las empresas MiPymes que quieren tener estabilidad en los centros de datos de su infraestructura "on-premise" para reducir y prevenir fallas en los servicios de TI optimizando los gastos de gestión y mantenimiento.

**Actividades clave:** Dentro de las principales actividades clave se considera el marketing ante las empresas interesadas, el monitoreo de la solución implementada, análisis de datos recopilados por los sensores IoT, generación de alertas y reporte de fallas.

**Los recursos clave** utilizados en la propuesta son: Sensores y actuadores IoT, Plataforma Azure, personal especializado, servicios en la nube, conectividad y servidores.

Se propone utilizar **canales** de contacto como lo son página web, correo electrónico y línea de soporte.

En la **relación con los clientes**, se busca establecer una relación de confianza y colaboración a largo plazo mediante visitas periódicas a las empresas, consejos y recomendaciones de buenas prácticas para la administración de centros de datos y estadísticas de uso de los recursos.

Finalmente, en los **ingresos** se plantea un modelo de suscripción mensual o anual, donde las empresas pagarán una tarifa por el acceso a la plataforma Cloud y al dashboard que permite realizar el monitoreo y análisis de los datos capturados. Así mismo, se generarán ingresos a través de la venta de dispositivos y sensores IoT.

**Modelo Canvas:**

# Modelo Canvas

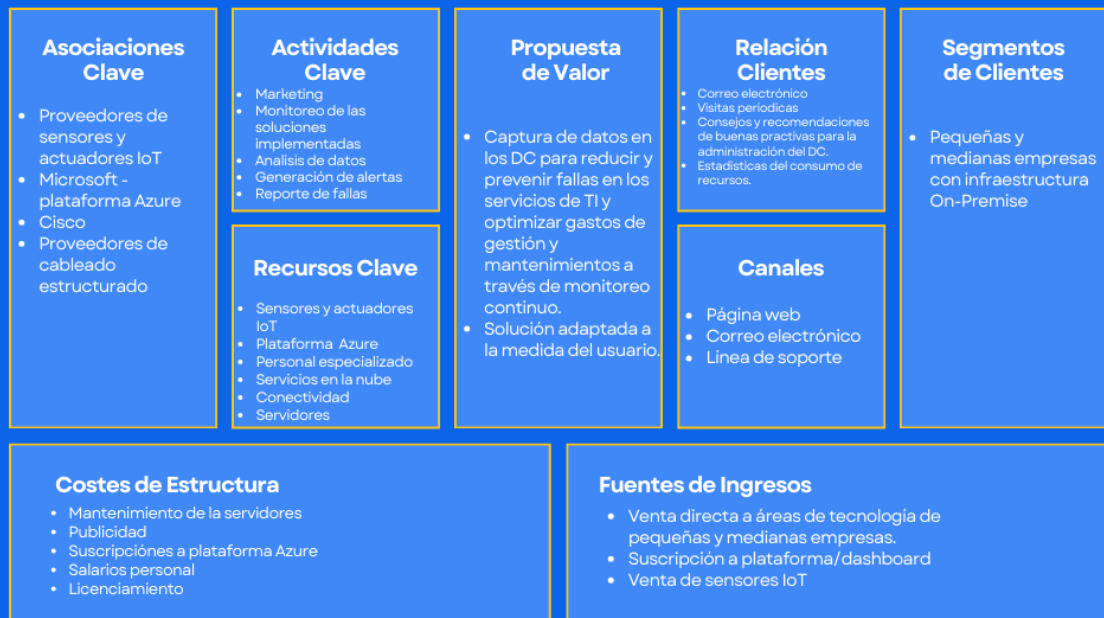


Figura 14. Modelo Canvas. Elaboración propia

## 4.2. VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO

En medio del proceso de modernización empresarial que ha tomado impulso, aún persisten organizaciones con estructuras más modestas y datos alojados localmente, especialmente aquellas cuyo enfoque empresarial no se centra en la tecnología. Para estas empresas, la transición hacia entornos en la nube representa un proceso más prolongado. En este contexto, el modelo de negocio que se propone se presenta como una solución idónea para salvaguardar la información y el ciclo de vida de los equipos adquiridos. Además, está diseñado para permitir a estas empresas enfocar sus esfuerzos en el núcleo de su actividad comercial.

Con el objetivo de asegurar la viabilidad y rentabilidad del modelo de negocio propuesto para el sistema de captura de datos, se realizará una evaluación detallada considerando diversos aspectos técnicos, económicos y comerciales.

#### Validación Técnica:

En esta fase de validación, se evaluará la capacidad del sistema propuesto para cumplir con los requisitos técnicos y funcionales necesarios para asegurar la estabilidad en los centros de datos "on-premise". Se llevará a cabo pruebas y análisis específicos, incluyendo:

- **Integración de plataformas Cloud e IoT:** Se verificará la capacidad del sistema para integrar los datos generados por los sensores IoT con la plataforma Cloud, asegurando una comunicación segura y eficiente.
- **Monitoreo y control de variables críticas:** Se evaluará la capacidad del sistema para supervisar y controlar variables fundamentales para la estabilidad de los centros de datos, como temperatura, humedad, entre otros. Se realizarán pruebas para verificar la precisión de los sensores en diferentes condiciones ambientales.
- **Eficacia de los algoritmos de optimización:** Se examinará la eficacia de los algoritmos a utilizar para optimizar los procesos en los centros de datos. Se realizarán pruebas comparativas para evaluar su rendimiento en términos de eficiencia y precisión.

#### Validación Económica:

Para evaluar la viabilidad financiera del modelo de negocio propuesto, se llevarán a cabo análisis detallados sobre:

- **Análisis de costos:** Se identificarán y cuantificarán los costos asociados a la implementación y operación del sistema. Esto incluyó los costos de adquisición de hardware, desarrollo de software, gastos operativos, mantenimiento y soporte técnico.
- **Análisis de beneficios:** Se evaluarán los beneficios económicos derivados de la implementación del sistema. Se consideraron ahorros potenciales en el consumo de recursos como agua, energía y mejoras en la productividad, cuantificándolos en términos monetarios.
- **Análisis de viabilidad financiera:** Se realizará un análisis financiero detallado para evaluar la rentabilidad del modelo de negocio. Se calcularán indicadores financieros como el período de recuperación de la inversión, valor actual neto y tasa interna de retorno.

#### Validación Comercial:

La validación comercial implica evaluar la aceptación y demanda del mercado para la solución propuesta. Esto se llevará a cabo mediante la investigación de mercado, análisis de competidores y validación con clientes potenciales.

La integración de estas validaciones técnicas, económicas y comerciales permitirá tomar decisiones informadas y realizar ajustes necesarios en el modelo de negocio. Esto garantizará la oferta de una solución efectiva, rentable y que cumpla con las necesidades de las empresas MiPymes en la estabilidad y mantenimiento de sus centros de datos.

## 5. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Preservar la información y la integridad en los equipos de cómputo y redes de las empresas se ha convertido en un tema de vital importancia en la actualidad, ya que esta constituye la base de cualquier negocio, esto ha llevado a que las organizaciones presten cada vez mayor atención a la mejora y cuidado de los centros de datos, [45] monitoreando constantemente las múltiples variables ambientales que lo pueden llegar a afectar.

Adicional a esto, unas condiciones óptimas de funcionamiento permiten que se alargue la vida útil de los equipos, por lo tanto, se propone realizar la implementación de una solución mediante servicios IoT, que permita realizar el monitoreo de un centro de datos teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Temperatura
- Humedad
- Movimiento
- Puertas de acceso
- Humo
- Vibración

Estos permiten tener un control en tiempo real del ambiente del centro de datos y tomar las medidas que correspondan para garantizar la alta disponibilidad.

En la Figura 15 se ilustra una representación gráfica de un escenario para el monitoreo ambiental de un Data Center inteligente, allí se resaltan las diferentes variables ya nombradas mediante la representación de sensores con ubicaciones sugeridas que permiten la toma de decisiones a partir de la información otorgada por el monitoreo inteligente [45].

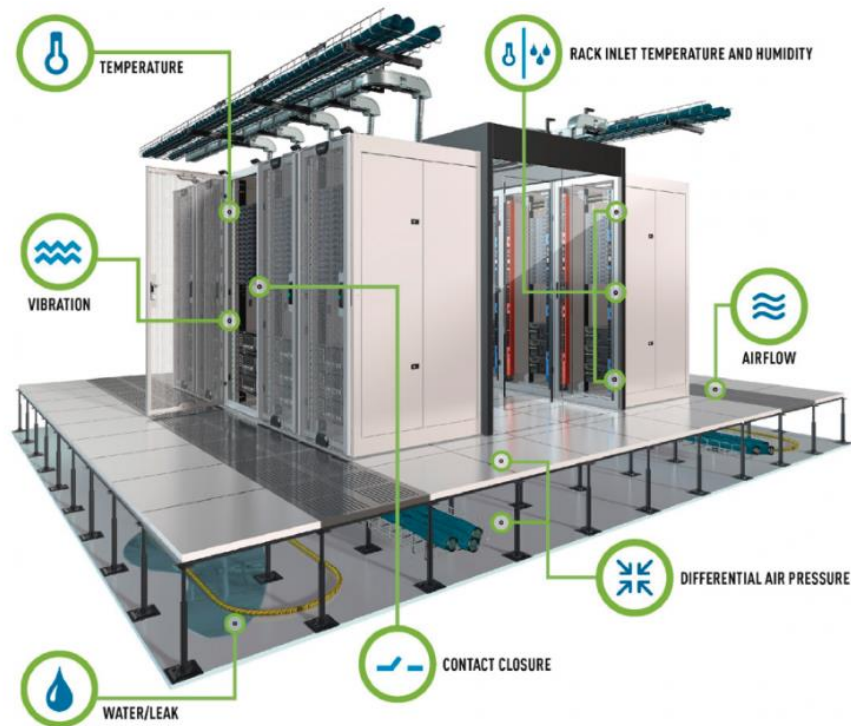


Figura 15. Modelo de Datacenter inteligente [45].

IoT Central es una plataforma que proporciona un entorno mediante el cual se puede realizar el desarrollo de soluciones IoT. Esta plataforma (PaaS – plataforma como servicio) trabaja con una interfaz web la cual resulta bastante amigable que permite interactuar de una manera fácil [46].

### Administración de dispositivos

La plataforma IoT Central permite administrar un amplio rango de dispositivos IoT que interactúan con la solución y entre otras funcionalidades permite [26]:

- Controlar dispositivos que permiten conectar la aplicación.
- Usar una variada selección de plantillas de dispositivo con los cuales se definen los tipos de dispositivo que conectan a la aplicación.
- Configurar variables y/o ejecutar comandos en los dispositivos conectados para permitir su administración.
- Dispositivos administrados por medio de una interfaz de web ajustable y amigable para el usuario.

### Análisis y visualización y de los datos

La aplicación de IoT Central, permite analizar y ver datos para dispositivos separados o para datos consolidados de varios dispositivos:

- Uso de plantillas de dispositivo para definir vistas personalizadas para dispositivos específicos individuales.
- Herramienta de análisis integrado con la cual se visualizan los datos agregados de varios dispositivos.
- Generar Dashboards personalizados que ayuden a controlar los dispositivos.

#### Dispositivos

Los dispositivos recolectan datos de diferentes sensores los cuales son enviados a una aplicación IoT Central, así mismo los dispositivos pueden usar propiedades para notificar su estado. Una aplicación de IoT Central también puede usar propiedades para establecer el estado del dispositivo; por ejemplo, ajustar un rango de operación para un centro de datos.

Se tendrán en cuenta 3 puntos claves: definición de las variables, administración de los dispositivos y análisis de los datos obtenidos [46].

Se inició con el planteamiento de la arquitectura mostrada en la Figura 9 donde se ilustra un modelo IoT basado en el diseño de Azure IoT Central aPaas (Application Platform as a Service), una vez establecida la arquitectura se procedió a simularla en dicha aplicación configurando los dispositivos en sus respectivas plantillas en donde se usaron los sensores representativos para cada variable propuesta para el monitoreo del Datacenter, estos sensores fueron parametrizados de tal forma que se pudiera plasmar la información recolectada de manera gráfica en el Dashboard mostrado en la Figura 16.

Sobre la Figura Arquitectura Tecnológica IoT / Cloud (Figura 9) se muestra las variables más representativas para el monitoreo ambiental de un Datacenter, allí se podrán ver los dispositivos (sensores) a utilizar los cuales toman la información llevándola al Gateway donde es procesada mediante dispositivos IoT tales como tarjetas controladoras Raspberry Pi, Arduino u Orange Pi, luego de ellos se realizaría la integración de dicha información por medio de un servidor donde se encuentran las aplicaciones nativas de los sensores para posteriormente ser almacenada.

Una vez almacenada la información esta se llevaría a la nube de Azure IoT Central por medio de los protocolos de red compuesto por la capa de enlace donde se utilizaría la conexión Wifi seguido por la capa de red donde se asigna un

direccionamiento para luego ser transportado mediante TCP y así llegar a la capa de aplicación MQTT la cual recolecta los paquetes y los ordena.

En el módulo de Azure IoT Central se plantea realizar la administración, análisis, almacenamiento y visualización de los datos adquiridos en este caso datos de las variables de Temperatura, Humedad, Vibración, Movimiento y Partículas de humo las cuales son plasmadas en el Dashboard (ver Figura 16).

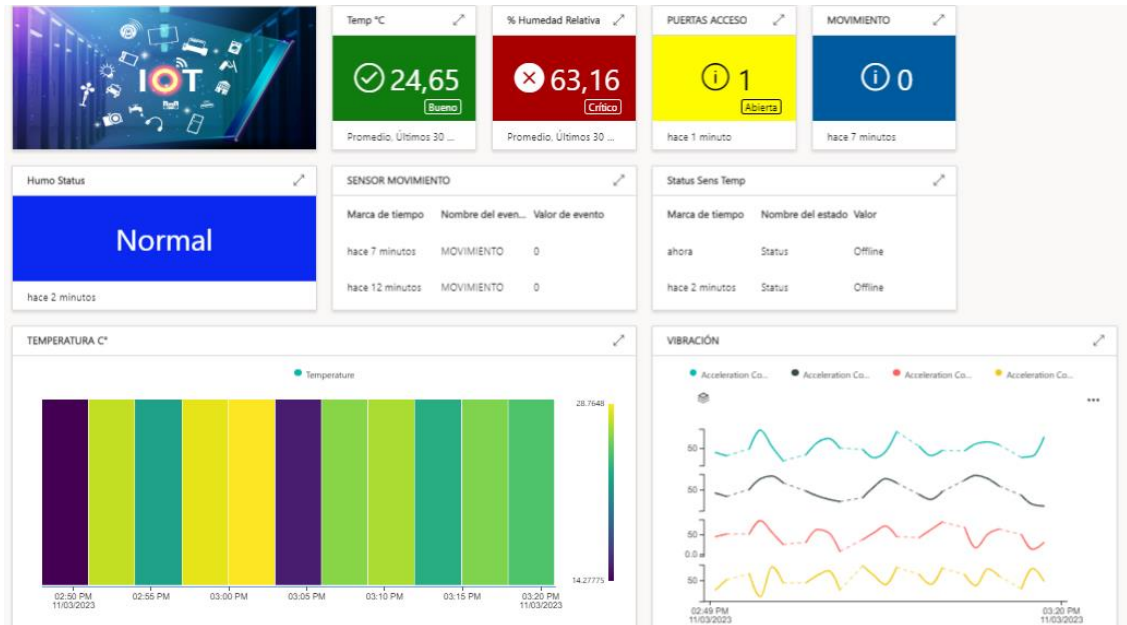


Figura 16. Dashboard Monitoreo Data center. Elaboración propia

Algunos dispositivos pueden tener limitaciones de hardware o software que podrían afectar su capacidad para conectarse directamente a Azure IoT, por consiguiente, se le expondrá al cliente los dispositivos más adecuados y de este modo evitar falencias en el funcionamiento y análisis de datos.

También es posible que algunos fabricantes de dispositivos prefieran utilizar sus propios servicios en la nube o tengan integración nativa con otros proveedores de servicios IoT. Por consiguiente, se analizará cuidadosamente las especificaciones técnicas de los fabricantes de los dispositivos a elegir.

Para monitorear equipos como switches, routers o servidores y UPS se realizaría a través del aprovisionamiento de dispositivos de Azure IoT abreviado (DPS) [47] el cual luego de realizar las respectivas configuraciones y autenticaciones este se inscribe al grupo de IoT Central, cabe resaltar que hay equipos que requieren la

conexión de tarjetas u ordenadores tales como Raspberry PI, Arduino o módulos previamente configurados para su conexión de IoT.

## 6. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL

El proceso de transformación digital es el cambio que se da en organizaciones o los procesos que aplican nuevas tecnologías de la industria 4.0, con el fin de potenciarlos. En este proceso es importante tener en cuenta las fases que permiten una concienciación del mundo digital mediante la adaptación a tecnologías, generando investigación y ampliando las posibilidades en el sector TIC, es por ello que mediante IoT y plataformas cloud se define el proceso de transformación digital, con este se buscan mejores resultados en la eficiencia y productividad de los servicios tecnológicos de las empresas al poder contar con una herramienta que monitorea el estado de sus centros de datos. A continuación (ver Figura 17), se presentan el modelo de transformación digital de la solución planteada.

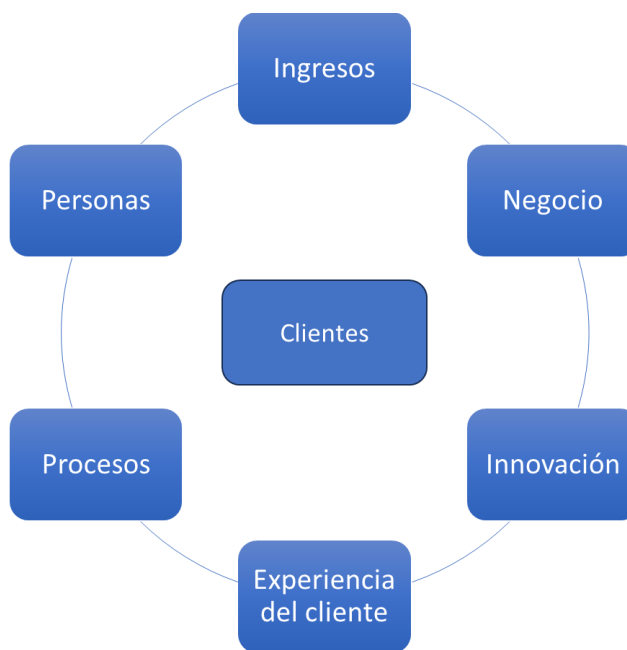


Figura 17. Modelo de transformación digital. Elaboración propia.

**Cliente:** Es la parte más importante del modelo de transformación digital y su participación es fundamental para el éxito de cualquier modelo o proyecto, ya que todos los procesos dentro de este modelo están enfocados en su bienestar y satisfacción. Por consiguiente, para esta propuesta se otorga una importancia a la comprensión y satisfacción de las necesidades del cliente. Esto involucra identificar detalladamente sus expectativas, preferencias, desafíos y aspiraciones, fundamentales para diseñar estrategias, que no solamente resuelvan sus problemáticas actuales, sino que también anticipen y aborden sus futuras

demandas. En consecuencia, se busca que los dispositivos de la tecnología 4.0 sean lo más actualizados y versátiles posible, que nos permitan evolucionar conforme a las necesidades y demandas presentadas por la operación a cargo del cliente.

**Ingresos:** La solución propuesta ayudará mejorar la rentabilidad y los ingresos al permitir la reducción de gastos derivados de fallas en la plataforma tecnológica, así como fallas que generen degradación e interrupción en los servicios ofrecidos por la empresa afectando así su modelo de negocio.

**Personas:** Esta etapa del modelo está enfocada a las personas usuarias de la plataforma tecnológicas de la compañía, así como al personal especializado que hará uso de la solución propuesta ya que este debe estar capacitado en su uso y funcionamiento aportando ideas y sugerencias.

**Negocio:** La solución propuesta busca aplicar tecnologías de la industria 4.0 a la plataforma tecnológica existente de las empresas para garantizar estabilidad en los servicios de TI ofrecidos con el fin de ser más competitivos

Esta solución de monitoreo por medio de dispositivos IoT está presente en el modelo de negocio de la empresa a través de varios elementos como son:

**Infraestructura:** Mejorando la estabilidad de la plataforma tecnológica de la empresa reduciendo gastos de mantenimiento y soporte, así como permitiendo garantizar una estabilidad en los servicios tecnológicos.

**Servicios:** Al contar con servicios estables, se pueden implementar mejoras tecnológicas que ayuden al core del negocio por medio de la implementación de otros servicios de TI.

**Aplicaciones:** Mediante una aplicación de Azure se permite hacer monitoreo sobre la solución propuesta, así mismo se cuenta con la posibilidad de tener datos estadísticos y tendencias para la toma de decisiones sobre la plataforma tecnológica de la empresa.

**Procesos:** Esta etapa del modelo de TD se centra en la implementación de nuevas tecnológicas de una manera eficaz, de igual manera se tienen en cuenta el diseño de la solución, los requisitos necesarios para la implementación, su integración con los servicios de la empresa, la puesta en marcha y el monitoreo, esto con el fin de realizar una implementación óptima.

**Experiencia del cliente:** Esta etapa busca garantizar que el cliente tanto externo como interno de la empresa (trabajadores) tenga una experiencia satisfactoria y se resuelva sus necesidades de alta disponibilidad de la plataforma tecnológica mediante la implementación de la solución basada en, es decir que mediante esta etapa se puede obtener los elementos críticos que pueden marcar una diferencia en la adopción de la solución y así garantizar el éxito de esta.

A través de la transformación digital se busca que los dispositivos que se usan para soportar los servicios de TI en las compañías y que funcionan de manera autónoma o que no poseen algún tipo de inteligencia puedan estar conectados entre sí y a internet, esto se puede lograr con el uso de la tecnología de IoT la cual permitiría incrementar el monitoreo, controlar remotamente los dispositivos, aumentar el intercambio de información y automatizar acciones.

Las inversiones empresariales sobre el IoT han incrementado exponencialmente en los últimos años, como se observa en la Figura 18 a partir del 2020 las cifras han incrementado más de 250,000 millones de dólares [48] y se espera que para el año 2023 esta cifra llegue a aproximadamente 751.3 mil millones de dólares lo que demuestra que esta tecnología ha influido en las industrias y en la economía mundial ya que su implementación trae enormes beneficios como ahorro en costos, optimización en la calidad de fabricaciones, mayor productividad debido a captura y análisis de datos en tiempo real, lo que permite que la toma de decisiones sea más precisa y ágil. [49] [50]

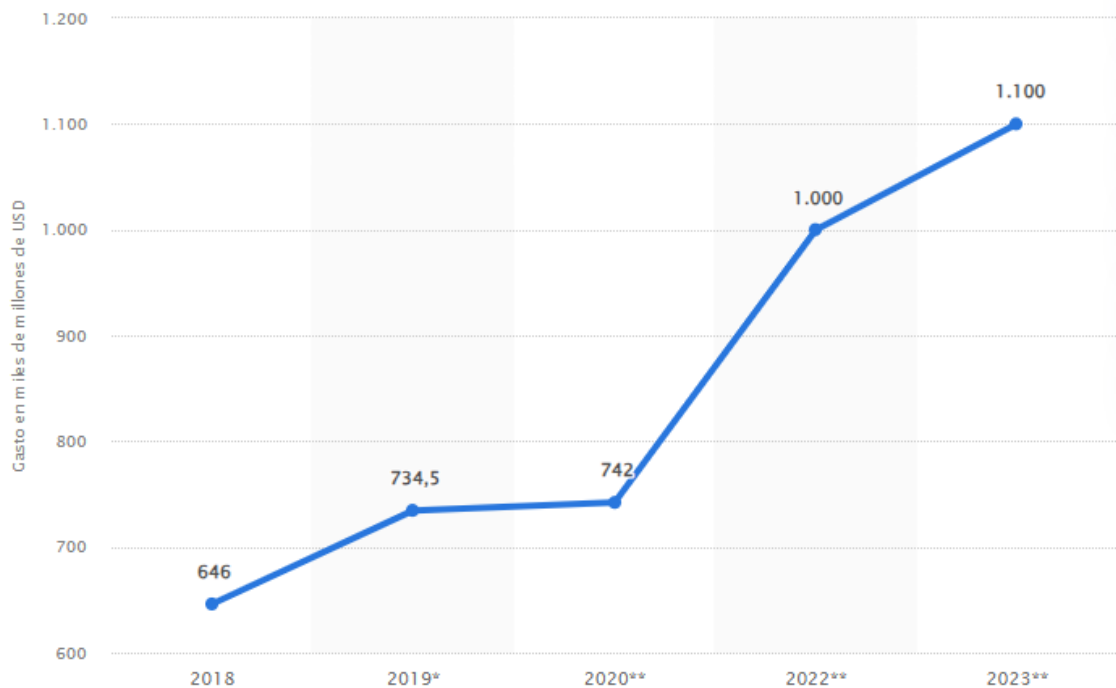


Figura 18. Inversión en IoT a nivel mundial. Tomado de Internet de las cosas: inversión mundial 2018-2023 Statista. [48]

Una de las tecnologías que impulsa la transformación digital en las industrias es IoT (ver Figura 19), grandes empresas tecnológicas como Microsoft, Siemens, Rockwell Automation, AWS, entre otras la han incluido dentro de sus servicios y modelos de negocios, se ha logrado demostrar que el IoT ha cambiado la manera de fabricación y procesos en las industrias acelerando sus procesos ya que al combinar esta tecnología con dichos procesos industriales conlleva a una resolución más rápida de problemas y a una mayor productividad [51], un ejemplo de esto es el uso de IoT como monitoreo en la industria de las redes de comunicaciones lo cual permite observar fallas en tiempo real y obtención de datos para toma de decisiones de manera rápida y eficiente.

### Top 10 IoT Application areas 2020

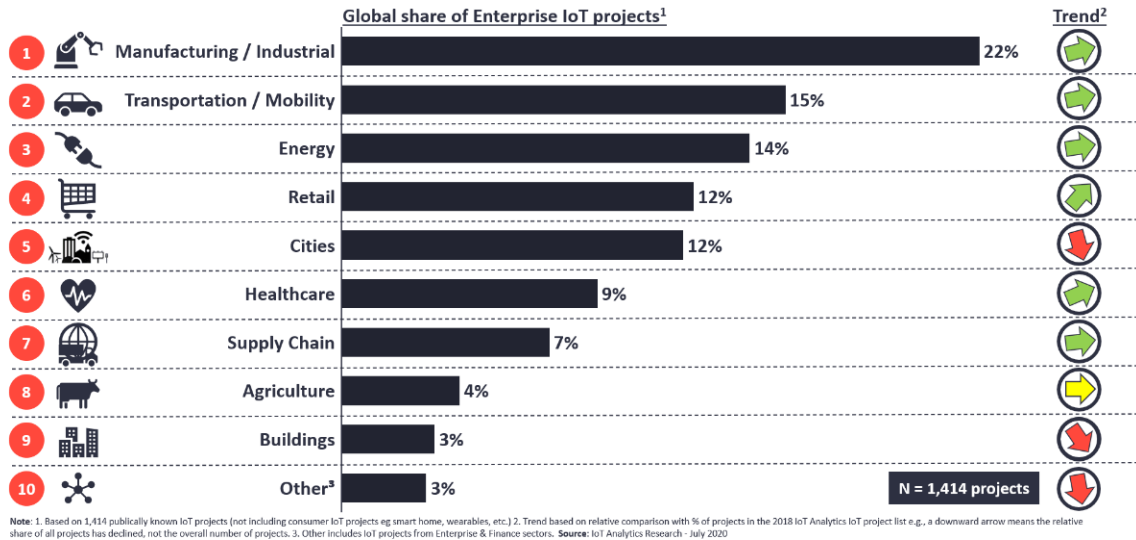


Figura 19. 10 principales áreas de aplicación de IoT. Tomado de Top 10 IoT applications in 2020 - Which are the hottest areas right now? [51]

La tecnología de la nube ha servido como un importante facilitador de la transformación digital, ampliando sus capacidades a los dispositivos de IoT y simplificando la gestión de los servicios de computación y almacenamiento [52].

Una conexión más profunda a los dispositivos conectados impulsa la recopilación y el análisis de datos, lo que permite la eficiencia operativa y la mejora continua [52]. Esto ha abierto la puerta a una gran cantidad de datos que antes eran inaccesibles o difíciles de obtener debido a la expansión de la digitalización y la convergencia de las tecnologías operativas y de la información [52]. La combinación de transformación digital e IoT permite tomar decisiones más informadas, reduce los costos operativos y mejora los procesos en sectores como la manufactura [52].

El progreso no se limita a la captura de datos, sino que también incluye el uso inteligente de los datos. La inteligencia artificial (IA) ha demostrado ser un elemento fundamental en el procesamiento y aprovechamiento de esta enorme cantidad de datos [52]. Los algoritmos de IA permiten análisis predictivos, aumentan la productividad y abren nuevas puertas a oportunidades comerciales [52].

La intersección de la nube, la IoT y la IA redefinirá no solo la forma en que operan las empresas, sino también su capacidad para ofrecer servicios personalizados y mejorar la eficiencia en todos los niveles [52].

Esta combinación proporciona un nuevo paradigma empresarial (ver Figura 20) que ofrece una flexibilidad sin precedentes y abre enormes oportunidades para la innovación y el crecimiento [52].

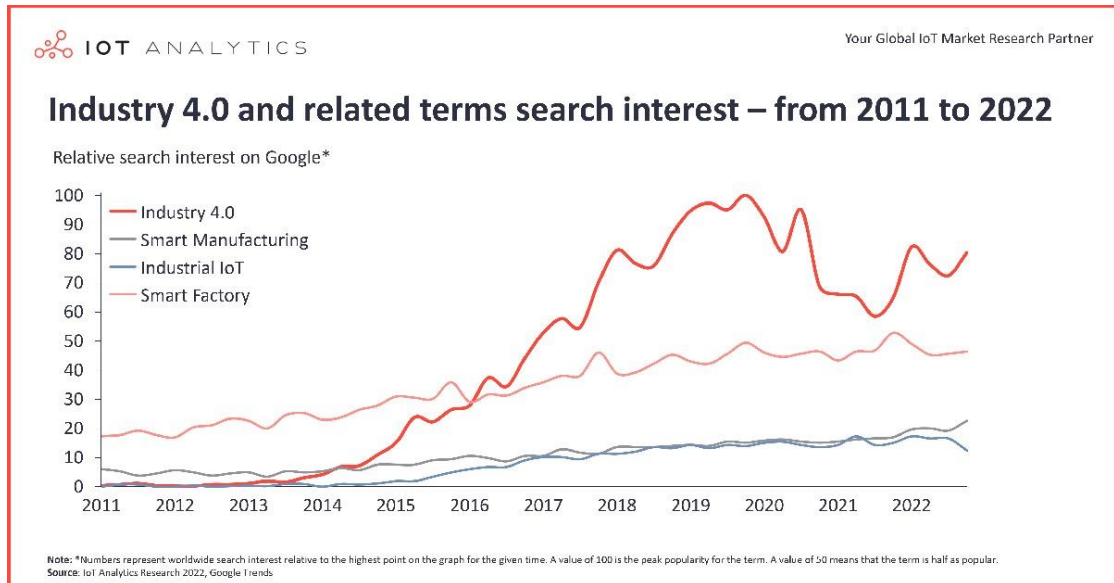


Figura 20. Auge de la industria 4.0. Tomada de Industry 4.0 [53]

## 7. ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN

A partir de las llegadas de las tecnologías de cuarta generación a Colombia, se acrecentó la necesidad de implementar nuevas regulaciones y leyes debido a los vacíos jurídicos que ya se estaban presentando,[54] por tal motivo desde el Congreso de la Republica se expidió la ley 1341 de 2009 [55] donde a partir de esta se definen conceptos y principios de las tecnologías de la información y las comunicaciones en Colombia, se creó la agencia nacional del espectro y se planteó el principio de Neutralidad tecnológica el cual indica lo siguiente [54]:

“Que el numeral 6 del artículo 2o de la Ley 1341 de 2009 señala que el Estado garantizará la libre adopción de tecnologías, teniendo en cuenta recomendaciones, conceptos y normativas de los organismos internacionales competentes e idóneos en la materia, que permitan fomentar la eficiente prestación de servicios, contenidos y aplicaciones que usen Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y garantizar la libre y leal competencia, y que su adopción sea armónica con el desarrollo ambiental sostenible.” Tomado de RESOLUCION\_ANE\_0361\_2018 [[56].

Lo anterior indica que siempre y cuando no existan normas de restricción, el gobierno garantiza la libre adopción de tecnologías, a partir de esto se analiza la tecnología IoT para la cual no existen leyes en Colombia que restrinjan su uso, sin embargo, si se aplican regulaciones tal y como lo indica la CRC (Comisión de Regulación de Comunicaciones) [57], para la tecnología IoT se usan regulaciones que parten del tipo de banda de frecuencia que utilice para su operación la cual es establecida por la ANE (Agencia Nacional del Espectro) y cuyos parámetros de potencia y cobertura deben ser respetados, esto se emplea más que todo para proyectos donde la solución IoT implementada use bandas de frecuencia que se encuentren dentro del rango de las comunicaciones móviles, sin embargo para la tecnología IoT no existen regulaciones directas o específicas en Colombia [57].

Con respecto a las tecnologías en nube según Erika Rangel (Subdirectora de Tecnologías de la Información Archivística y Documento Electrónico Archivo General de la Nación) indica en el Radicado\_2-2016-00454 [58] que existen varias leyes en Colombia enfocadas a la protección de tratamiento de datos tales como la ley 1581 de 2012 la cual trata del tratamiento, almacenamiento, uso y circulación de dichos datos ya sean de personas naturales o jurídicas incluyendo a los proveedores de nube [58], para los consumidores de estos servicios existe la ley 1480 de 2011 la cual trata de su protección de la información, bienes y servicios [58].

Para la implementación del servicio de monitoreo se debe tener en cuenta la inclusión de varios contratos tales como contrato de mantenimiento preventivo en el cual se estipulen los términos que permitan realizar labores con el fin de prevenir fallas sobre el servicio, contrato de mantenimiento correctivo donde se estipulen los términos y condiciones para validación y solución de fallas, Contrato de servicios de nube a través de un proveedor [59] con quien se deben establecer términos y condiciones como la implementación, disponibilidad, seguridad de los datos, ANS y demás parámetros que permitan que el servicio sea estable y de igual forma se requiere un acuerdo de confidencialidad el cual permita tener seguridad frente a la información manejada impidiendo divulgaciones [59], por otro lado otro de los contratos que se deben contemplar se señala en el Decreto 1074 de 2015 (Contratos de transmisión de datos personales) en el cual se indica quien es el responsable del tratamiento, alcance, obligaciones y compromisos para el buen uso de dichos datos [58].

## CONCLUSIONES

Con la simulación presentada, se evidenció que es viable garantizar el óptimo funcionamiento de un Data Center on-premise mediante el monitoreo de sus condiciones ambientales y funcionales permitiendo un mantenimiento preventivo y una gestión más efectiva de los recursos y una reducción de los costos operativos a largo plazo.

Si bien la solución planteada, se enfocó en brindar una solución a las pequeñas y medianas empresas que cuentan con infraestructura on-premise, también se pudieron ver las ventajas que plantea la nube (en este caso, Azure) como su versatilidad, permitiendo que se pueda implementar una interfaz amigable e intuitiva de control para los dispositivos IoT y un sistema de recopilación, análisis y presentación de datos. Así mismo, Azure es crucial para garantizar la integridad y confidencialidad de la información del Data Center.

De acuerdo a lo visto en el documento, la amplia oferta de dispositivos, sensores y actuadores IoT y las características de los servicios Cloud, facilitan la implementación de una solución para la identificación temprana de condiciones anómalas a medida para cada Data Center de acuerdo a los recursos de cada empresa y con esto se sientan las bases para la evolución continua de la infraestructura de los centros de datos, con la posibilidad de adaptarse a las demandas cambiantes del entorno tecnológico.

## REFERENCIAS

- [1] "Sensores Inteligentes para monitoreo de variables en Data center Legrand - SAC Tecnología." Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.sactecnologia.com/sensores-inteligentes-para-monitoreo-de-variables-en-datacenter-legrand/>
- [2] C. A. Gallegos Sánchez and C. E. Huachín Herrera, "Desarrollo de un software de monitoreo y predicción en tiempo real de incidencias ambientales para data center de telecomunicaciones," UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS, Lima, 2018.
- [3] "Colombia Productiva - Colombia Productiva." Accessed: Apr. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.colombiaproductiva.com/>
- [4] "LA IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA EN LAS EMPRESAS – SICOSS." Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://sicossblog.com/la-importancia-de-la-tecnologia-en-las-empresas/>
- [5] "Tecnología y los negocios exitosos, Harvard Business - Adaptix Networks." Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.adaptixnetworks.com/tecnologia-negocios-hb/>
- [6] "¿Qué es la integración de sistemas? Ejemplos, Ventajas y Desventajas." Accessed: Apr. 25, 2023. [Online]. Available: <https://www.edsrobotics.com/blog/integracion-de-sistemas-que-es/>
- [7] "Data Center Colocation Market in Americas 2022: Tax Incentives Driving Data...: Discovery Service para Sistema De Bibliotecas - Universidad." Accessed: Apr. 04, 2023. [Online]. Available: <https://eds.p.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=1&sid=aee7467e-962b-4c38-8bb7-29551ee605e7%40redis&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZSZyY29wZT1zaXRI#AN=16PU2812809510&db=nfh>
- [8] A. Ansari and Z. A. Memon, "The Datacenter Management System using IoT Sensors," *2022 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies, ICETST 2022*, 2022, doi: 10.1109/ICETST55735.2022.9922941.
- [9] "Así fortaleció Colombia su ecosistema digital en cuatro años." Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Asi-fortalecio-Colombia-su-ecosistema-digital-en-cuatro-anos.aspx>
- [10] "Data Center: Las 3 claves que todas las Pymes deben tener en cuenta Spain." Accessed: Apr. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.dell.com/es-es/blog/data-center-tres-claves-pymes-importantes/>
- [11] M. Doreen Bogdan, "Global Connectivity Report 2022," Ginebra, 2022.

- [12] M. Fakhreddine, T. Bakardjieva, and G. Momcheva, "Advanced Image Processing Techniques for the Detection and Monitoring of TV Datacenter System," *Proceedings, International Conference on Electrical, Control and Instrumentation Engineering, ICECIE*, vol. 2022-November, 2022, doi: 10.1109/ICECIE55199.2022.10000322.
- [13] Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC), "Modelo de Seguridad y Privacidad de la Información." pp. 18–53, Jul. 29, 2016.
- [14] W. G. MOROCHO TENEZACA and H. D. QUITO LOJANO, "Diseño de un sistema de climatización con monitoreo y control automatizado para un Data Center de una institución financiera," Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, 2023.
- [15] A. Ansari and Z. A. Memon, "The Datacenter Management System using IoT Sensors," *2022 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies, ICETST 2022*, 2022, doi: 10.1109/ICETST55735.2022.9922941.
- [16] O. Asumu, J. Serafín, Z. Lamadrid, and Á. Luis, "Diseño de la instalación eléctrica de un Data Center con eficiencia energética," 2022, Accessed: Apr. 26, 2023. [Online]. Available: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/57275>
- [17] J. Nagy, M. R. C. Trusca, S. Albert, F. Farcas, and C. A. Lupte, "Experimental Control of Thermal Processes Inside the Datacenter," *2022 23rd IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics - THETA, AQTR 2022 - Proceedings*, 2022, doi: 10.1109/AQTR55203.2022.9802049.
- [18] I. D. M. Group, "Estas son las tendencias que marcan la evolución de los centros de datos | Estrategias digitales | IT User", Accessed: Apr. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.ituser.es/estrategias-digitales/2023/01/estas-son-las-tendencias-que-marcan-la-evolucion-de-los-centros-de-datos>
- [19] X. Wang *et al.*, "Temperature Monitoring of Data Center Based on Temperature Sensitive Laser," *2022 Asia Communications and Photonics Conference (ACP)*, pp. 228–231, Nov. 2022, doi: 10.1109/ACP55869.2022.10088698.
- [20] "Colombia Productiva - Colombia Productiva." Accessed: Apr. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-sectores/servicios/software-ti>
- [21] Ministerio de la Tecnología de la Información y las Comunicaciones, "Aspectos Básicos de la Industria 4.0," 2019.

- [22] “Tech trends reshaping the future of IT and business | McKinsey.” Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/tech-at-the-edge-trends-reshaping-the-future-of-it-and-business>
- [23] C. J. C. P. Oscar García, “Monitoreo de Tendencias Tecnológicas y de Consumidor,” 2023.
- [24] Y. Zhang, K. Shan, X. Li, H. Li, and S. Wang, “Research and Technologies for next-generation high-temperature data centers – State-of-the-arts and future perspectives,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 171, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.RSER.2022.112991.
- [25] “Internet of Things (IoT) - statistics & facts | Statista.” Accessed: Apr. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.statista.com/topics/2637/internet-of-things/#topicOverview>
- [26] “Elección de una solución de Internet de las cosas (IoT) en Azure - Azure Architecture Center | Microsoft Learn.” Accessed: May 16, 2023. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/architecture/example-scenario/iot/iot-central-iot-hub-cheat-sheet>
- [27] “Onset MX1102A Temp, Humidity, CO2 sensor | Catálogo de dispositivos Azure Certified Device.” Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://devicecatalog.azure.com/devices/8ad79931-3845-4bd7-9af6-e6cf44b2e454>
- [28] V. S. Chakravarthi, *Internet of Things and M2M Communication Technologies*. Springer International Publishing, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-79272-5.
- [29] “Motion Sensor Mini – Monitor room activity, light, and temperature.” Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.develcoproducts.com/products/sensors-and-alarms/motion-sensor-mini/>
- [30] “xTAG BLE | Catálogo de dispositivos Azure Certified Device.” Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://devicecatalog.azure.com/devices/945f0fd7-d30f-4cdf-a4cb-974fa8b93010>
- [31] “Smoke Alarm | Catálogo de dispositivos Azure Certified Device.” Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://devicecatalog.azure.com/devices/268b52d8-5005-4d15-8c4b-609789e30f4c>
- [32] “Minew S4 Door Sensor | Catálogo de dispositivos Azure Certified Device.” Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://devicecatalog.azure.com/devices/8ce9fe47-1583-4035-bb34-46127ac679f8>

- [33] "Protocolo Internet (Internet Protocol) - Documentación de IBM." Accessed: May 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/docs/es/aix/7.2?topic=protocols-internet-protocol>
- [34] "ISO 27002 punto por punto A9 Control de acceso - Caso Práctico." Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://normaiso27001.es/a9-control-de-acceso/>
- [35] "IoT Gateways (2022) - Thales." Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/inspired/iot-gateway>
- [36] "Cisco 819 4G LTE M2M Gateway Integrated Service Routers Data Sheet - Cisco." Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: [https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/819-integrated-services-router-isr/data\\_sheet\\_c78-678459.html](https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/routers/819-integrated-services-router-isr/data_sheet_c78-678459.html)
- [37] "IoT Gateways (2022) - Thales." Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/inspired/iot-gateway>
- [38] R. W. Tareq and T. A. Khaleel, "Implementation of MQTT Protocol in Health Care Based on IoT Systems: A Study."
- [39] M. Diono, A. Dwika Putri, H. Azwar, and dan Wahyuni Khabzli, "Sistem Monitoring Jaringan Sensor Node Berbasis Protokol MQTT," 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>
- [40] "Internet de las cosas | Plataforma como servicio | AWS IoT." Accessed: Sep. 12, 2023. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/es/iot/>
- [41] "Azure IoT Central: desarrollo de soluciones de IoT | Microsoft Azure." Accessed: Sep. 12, 2023. [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/es-es/products/iot-central>
- [42] "ThingWorx: Plataforma IIoT creada para impulsar la innovación industrial | PTC (ES)." Accessed: Sep. 12, 2023. [Online]. Available: <https://www.ptc.com/es/products/thingworx>
- [43] "Azure IoT: plataforma de Internet de las cosas | Microsoft Azure." Accessed: May 21, 2023. [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/es-es/solutions/iot/#overview>
- [44] "Noticia CCB | Las mipymes en Bogotá y la Región representan el 97 % del tejido empresarial." Accessed: Nov. 21, 2023. [Online]. Available: <https://www.ccb.org.co/de-interes/noticias/mipymes-en-bogota-y-la-region-representan-el-97-del-tejido-empresarial>
- [45] "Sensores Inteligentes para monitoreo de variables en Data center Legrand - SAC Tecnología." Accessed: Apr. 10, 2023. [Online]. Available: <https://www.sactecnologia.com/sensores-inteligentes-para-monitoreo-de-variables-en-datacenter-legrand/>

- [46] “Introducción a Azure IoT Central | Microsoft Learn.” Accessed: Mar. 16, 2023. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/iot-central/core/overview-iot-central>
- [47] “Guía de conectividad de dispositivos - Azure IoT Central | Microsoft Learn.” Accessed: Oct. 18, 2023. [Online]. Available: <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/iot-central/core/overview-iot-central-developer>
- [48] “Internet de las cosas: inversión mundial 2018-2023 | Statista.” Accessed: Nov. 22, 2023. [Online]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/1117893/internet-de-las-cosas-gasto-a-nivel-mundial/>
- [49] “Ventajas de la aplicación de IoT en la industria 4.0 | Grupo de investigación BISITE | University of Salamanca.” Accessed: Nov. 22, 2023. [Online]. Available: <https://bisite.usal.es/es/blog/formacion/20/05/18/Ventajas-aplicacion-IoT-en-industria40-Bisite>
- [50] “¿Qué es el internet industrial de las cosas (IIoT)? | TIBCO Software.” Accessed: Nov. 22, 2023. [Online]. Available: <https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-industrial-internet-of-things-iiot>
- [51] “Top 10 IoT applications in 2020 - Which are the hottest areas right now?” Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: <https://iot-analytics.com/top-10-iot-applications-in-2020/>
- [52] “La Transformación Digital y el IoT: Una estrategia de conectividad - CIC.” Accessed: Nov. 23, 2023. [Online]. Available: <https://www.cic.es/la-transformacion-digital-y-el-iiot/>
- [53] H. Lasi, P. Fettke, H. G. Kemper, T. Feld, and M. Hoffmann, “Industry 4.0,” *Business and Information Systems Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 239–242, Aug. 2014, doi: 10.1007/S12599-014-0334-4.
- [54] V. Paola and D. Baquero, “REGULACIÓN DE LOS CONTRATOS INTELIGENTES EN COLOMBIA,” 2019.
- [55] “Ley 1341 de 2009 - Gestor Normativo - Función Pública.” Accessed: Nov. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913>
- [56] “Normograma del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [RESOLUCION\_ANE\_0361\_2018].” Accessed: Nov. 28, 2023. [Online]. Available: [https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion\\_ane\\_0361\\_2018.htm](https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0361_2018.htm)
- [57] M. SARMIENTO ARGUELLO, “RESPUESTA A SU COMUNICADO CON RADICADO No: 2019526273”.

- [58] ERIKA LUCIA RANGEL PALENCIA and Subdirectora de Tecnologías de la Información Archivística y Documento Electrónico Archivo General de la Nación, “Radicado\_2-2016-00454 Asunto: Información Computación en la nube”.
- [59] Ethan Petrovich Martínez Rojas and Cristian Camilo Hernández Mendoza, “Optimización de Cultivos de Fresas en Cundinamarca mediante la Integración de Plataformas Cloud e IoT.”.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del problema	8
Figura 2. Árbol de Objetivos.	21
Figura 3. Situación actual.	23
Figura 4. Situación deseada.	24
Figura 5. Perfil del cliente.	25
Figura 6. Orden de importancia perfil cliente.	26
Figura 7. Mapa de Valor. Elaboración propia.	27
Figura 8. Orden de Importancia del mapa de valor.	28
Figura 9. Arquitectura Tecnológica IoT / Cloud	31
Figura 10. Modelo OSI.	35
Figura 11. Gateway Cisco IoT.	37
Figura 12. Comparativa industria global de plataformas de IoT Gartner.	39
Figura 13. TAM, SAM, SOM	45
Figura 14. Modelo Canvas.	47
Figura 25. Modelo de Datacenter inteligente	51
Figura 16. Dashboard Monitoreo Datacenter.	53
Figura 17. Modelo de transformación digital.	55
Figura 18. Inversión en IoT a nivel mundial.	58
Figura 19. 10 principales áreas de aplicación de IoT.	59
Figura 20. Auge de la industria 4.0.	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Que se quiere solucionar	13
Tabla 2. Análisis de la solución.	31
Tabla 3. Especificaciones tecnologías M2M.	35
Tabla 4. Comparación entre MQTT, COAP y HTTP.	39
Tabla 5. Comparativo de las principales plataformas IoT.	40