

PROPUESTA DE ARQUITECTURA MULTINUBE DEL SISTEMA DE GESTIÓN  
DE SERVICIO Y OPERACIÓN PARA AERORENTAL LTDA

AUTORES

CRISTIAN DANILO COCUY FERNÁNDEZ  
DANNY ZAVID HERRERA HITAS  
IVÁN MAURICIO PADILLA LEMUS

DIRECTOR

ERNESTO CADENA MUÑOZ, Msc

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN  
BOGOTÁ, 2024

## DEDICATORIA

A Dios, quien nos ha guiado en cada paso de este camino, brindándonos fortaleza, sabiduría y dirección. A nuestras queridas familias, cuyo amor incondicional y paciencia nos han acompañado en cada momento de este proceso. A nuestros docentes, quienes, con su conocimiento, dedicación y exigencia, han sido fundamentales para nuestro crecimiento académico y personal. A la Universidad Santo Tomás, nuestra casa de estudios, que no solo nos ha proporcionado los conocimientos necesarios, sino también los valores que han moldeado nuestro carácter y determinación. Este trabajo es el reflejo del esfuerzo colectivo y el apoyo de quienes nos han guiado, inspirado y apoyado en cada paso de este proceso educativo.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a todos los docentes, quienes, a lo largo de nuestra formación como especialistas, contribuyeron a este documento con sus valiosas asignaturas y conocimientos. Sin su esfuerzo y enseñanza, este trabajo no habría alcanzado el nivel de excelencia que hoy se presenta.

También queremos agradecer profundamente la paciencia de nuestras familias, quienes, a pesar de la falta de tiempo que a veces no pudimos dedicarles, siempre estuvieron a nuestro lado con su apoyo incondicional. Su comprensión y sacrificio nos dieron la fortaleza para continuar en este camino, y sin su respaldo, este logro no habría sido posible.

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
1.1	ÁRBOL DE PROBLEMAS.....	3
1.2	QUÉ SE QUIERE SOLUCIONAR .....	6
<b>2</b>	<b>IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN</b> .....	<b>9</b>
2.1	POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN .....	9
2.2	SECTOR OBJETIVO .....	12
2.3	TENDENCIAS DEL SECTOR .....	14
2.4	ANÁLISIS DE MERCADO .....	15
2.5	ÁRBOL DE OBJETIVOS .....	20
2.6	CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA .....	22
2.7	INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN DESEADA .....	23
2.8	PROPUESTA DE VALOR .....	28
2.9	PERFIL DEL CLIENTE .....	29
<b>3</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>MODELO DE NEGOCIO</b> .....	<b>37</b>
4.1	DESCRIPCIÓN DEL MODELO:.....	37
4.2	PROPUESTA DEL MODELO DE NEGOCIO .....	39
4.3	VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO. ....	39
<b>5</b>	<b>PROPUESTA DE SOLUCIÓN TECNOLÓGICA</b> .....	<b>41</b>
5.1	DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO.....	41
5.2	SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS .....	41
5.3	PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN .....	44
5.4	BÚSQUEDA DE PROVEEDORES Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES .....	45

5.5	SELECCIÓN DEL PROVEEDOR Y TOMA DE DECISIONES .....	46
5.6	SOLUCIÓN TECNOLÓGICA .....	46
5.7	CARACTERÍSTICAS Y RESTRICCIONES .....	53
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>61</b>

## ACRÓNIMOS

SAMM	Sistema de Administración de Mantenimiento Moderno
USD	Dólar estadounidense
IoT	Internet de las cosas
SaaS	Software como servicio
CMMS	Sistema de gestión de mantenimiento computarizado
CRM	Gestión de relaciones con los clientes
ERP	planificación de recursos empresariales
TO BE	Diseñar un estado futuro optimizado

AS IS	Análisis detallado de los procesos empresariales actuales
API	Interfaz de programación de aplicaciones
ROI	Rendimiento de la inversión
AWS	Amazon web services
GCP	Google Cloud Platform
TI	Tecnologías de la Información
VPN	Red privada virtual
ADD	Azure Active Directory
SSO	Inicio de sesión único
WAF	Firewall de aplicaciones web
MFA	Autenticación multifactor
DDoS	Denegaciones de servicio
XSS	Scripts entre sitio
SQL	Lenguaje de consulta estructurado
VNET	Red Virtual
NGS	Grupo de seguridad de red
VPC	Nube privada virtual
EKS	Servicio elástico de kubernetes
API	Interfaz de programación de aplicaciones
KMS	Servicio de gestión de claves
IAM	Gestión de identidad y acceso
S3	Servicio de almacenamiento sencillo

Tabla 1 Acrónimos

Fuente: Elaboración propia

## 1 PROBLEMA

### 1.1 ÁRBOL DE PROBLEMAS

AERORENTAL LTDA es una empresa colombiana con cubrimiento nacional, especializada en el alquiler, mantenimiento y venta de maquinaria para trabajos en altura. Actualmente, la empresa vive una situación crítica con su Sistema de Administración de Mantenimiento Moderno (SAMM), el cual fue integrado para

administrar los procesos de servicio y operación de alquileres y mantenimiento. Aunque SAMM ha jugado un papel clave en esta tarea, su infraestructura tecnológica no se ha actualizado desde su implementación inicial. Debido al rápido crecimiento de la empresa en flota de maquinarias, solicitudes de alquileres y servicios de mantenimiento, SAMM se está quedando obsoleto y se ve limitado para satisfacer las cargas de trabajo actuales y futuras. Bajo este panorama, es necesario identificar plenamente la situación problema, sus causas y efectos, para luego identificar una propuesta de arquitectura para la actualización tecnológica que permita solventarlo y migrar a un servicio más escalable, seguro y disponible acorde al foco comercial de la empresa.

La figura 1 indica los efectos del problema identificado.

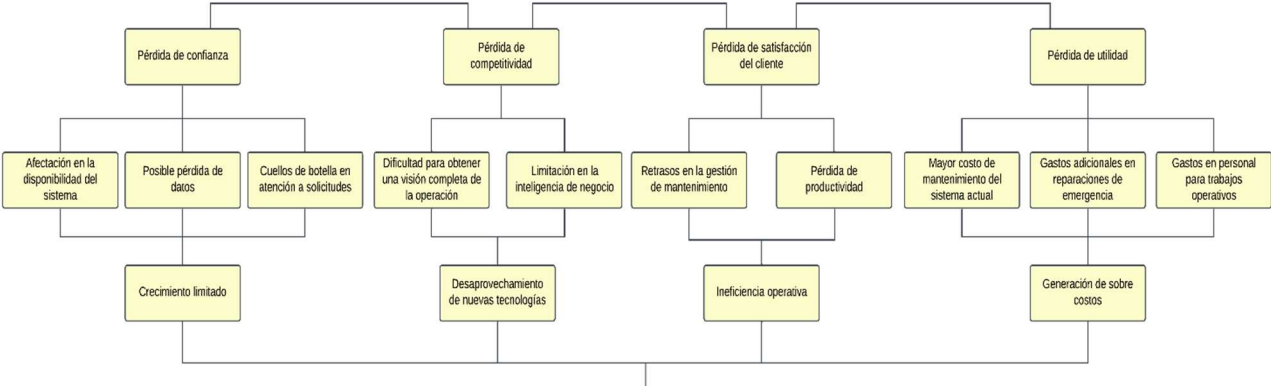


Figura 1 Efectos del problema.

Fuente. Elaboración propia

Figura 2 indica las causas del problema identificado.

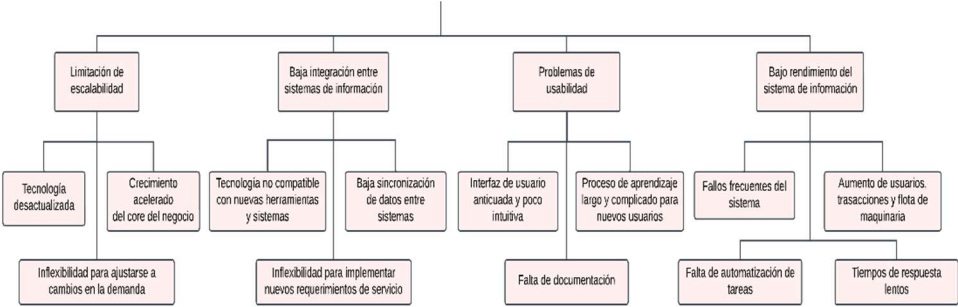


Figura 2 Causas del problema.

Fuente: Elaboración propia

La figura 3 indica el árbol de problemas con sus causas, efectos y problema raíz

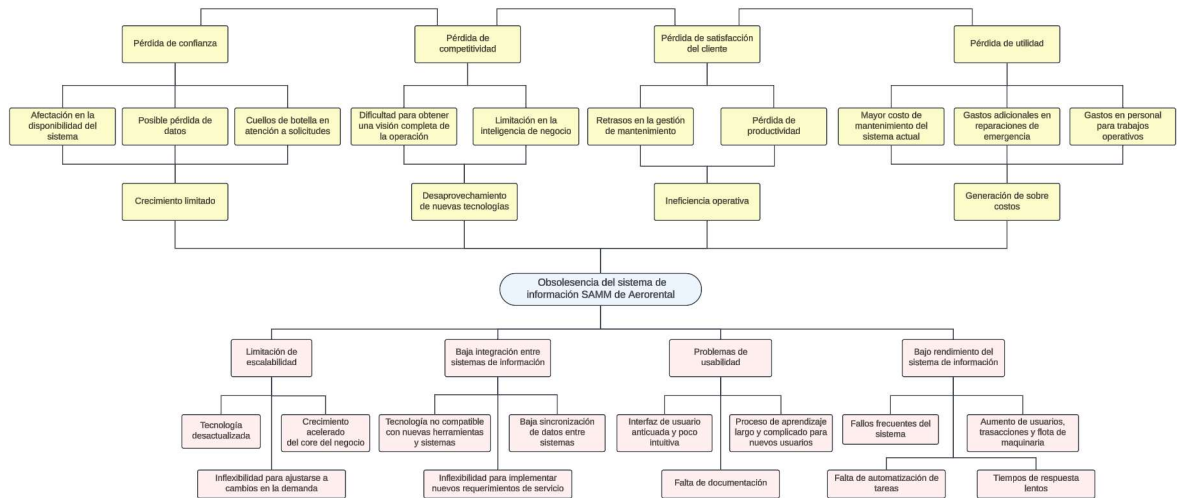


Figura 3 Árbol de problemas.

Fuente: Elaboración propia

## 1.2 QUÉ SE QUIERE SOLUCIONAR

El sector de alquiler de maquinaria para trabajos en altura ha crecido en los últimos años, debido a la mayor demanda en la construcción, infraestructura vial y empresas industriales. Las empresas dedicadas al alquiler de maquinaria están adoptando nuevas tecnologías para optimizar la eficiencia operativa, la seguridad de la información y la gestión del mantenimiento. Sin embargo, todavía enfrentan desafíos relacionados con la obsolescencia tecnológica y se ven en la necesidad de sistemas más avanzados para administrar el creciente volumen de operaciones. Según Grand View Research, el mercado global de alquiler de maquinaria de construcción se valoró en USD 186.46 billones en 2022 y se estima un crecimiento anual compuesto del 6.12% entre 2023 y 2030 [1], por lo que muchas compañías contratistas están cambiando su interés hacia el modelo de renting de equipos de

construcción. Esto a su vez, resalta la importancia de la actualización tecnológica de las empresas dedicadas a este rubro de alquiler.

Las tendencias en este sector de alquiler de maquinaria incluyen la integración de tecnologías como Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), el uso de big data, el análisis predictivo para el mantenimiento preventivo y la adopción de soluciones de SaaS (Software as a Service, por sus siglas en inglés) en la nube para lograr una mayor escalabilidad y flexibilidad. Así mismo, la digitalización y la automatización de procesos están redefiniendo los modelos operativos tradicionales, permitiendo a las empresas responder más rápidamente a las demandas del mercado y mejorar la eficiencia del servicio. Las empresas que no actualizan sus sistemas tecnológicos enfrentan riesgos de quedarse atrás competitivamente, perdiendo eficiencia y capacidad de respuesta frente a las demandas del mercado.

AERORENTAL LTDA es una empresa colombiana que opera en el alquiler, venta y mantenimiento de maquinaria para trabajos en altura. La compañía ha experimentado un rápido crecimiento en su flota de maquinarias y en la demanda de servicios de alquiler y mantenimiento. Este crecimiento ha puesto una presión significativa sobre su sistema SAMM, que no ha sido actualizado desde su implementación inicial. La infraestructura tecnológica obsoleta de SAMM no puede manejar eficientemente las cargas de trabajo actuales y futuras, lo que pone en riesgo la capacidad operativa, así como la competitividad de la empresa en el mercado.

En este contexto, el problema radica en la incapacidad de SAMM para escalar con las necesidades crecientes de la empresa. Este sistema, que alguna vez fue crucial para la gestión de operaciones, ahora se enfrenta a limitaciones técnicas y funcionales que impiden una administración efectiva del servicio y del mantenimiento de la maquinaria. La falta de actualización tecnológica ha llevado a problemas como la ineficiencia en la programación de mantenimientos, dificultades en la gestión de inventarios y un aumento en los tiempos de inactividad de las

maquinarias, afectando negativamente la percepción del cliente y la productividad operativa.

Las problemáticas principales que enfrenta AERORENTAL LTDA con su actual sistema SAMM son múltiples. Primero, la obsolescencia tecnológica del sistema impide que este maneje eficientemente el volumen de datos y operaciones que la empresa necesita gestionar en su estado de expansión actual. Esto resulta en una sobrecarga del sistema, tiempos de respuesta lentos y una administración deficiente de los procesos de mantenimiento y alquiler. Además, la falta de capacidad de SAMM para integrarse con nuevas tecnologías emergentes como IoT y análisis predictivo limita la capacidad de la empresa para implementar mantenimiento preventivo y optimizar el uso de sus maquinarias.

Otra problemática importante es la falta de escalabilidad y flexibilidad del sistema actual. A medida que la flota de maquinaria de la empresa crece, SAMM no puede adaptarse a las nuevas demandas sin una reestructuración significativa. Esto genera problemas en la planificación y programación de mantenimientos, aumenta el riesgo de fallos inesperados y reduce la disponibilidad de maquinaria para alquiler. La ineficiencia operativa resultante no solo afecta los costos operativos, sino también la satisfacción del cliente, ya que los retrasos y fallos en el servicio pueden llevar a una pérdida de confianza y lealtad.

Para abordar estas problemáticas, AERORENTAL LTDA debe considerar la adopción de una solución tecnológica más moderna y robusta que pueda satisfacer sus necesidades actuales y futuras. Adoptar un modelo de arquitectura basado en la nube para alojar un sistema de Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora (CMMS, por sus siglas en inglés), permitirá ofrecer una solución escalable y flexible que permita la integración de tecnologías avanzadas como IoT y análisis predictivo. Estos sistemas modernos pueden manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real, mejorar la eficiencia operativa, facilitar la innovación en el negocio y proporcionar una mayor visibilidad y control sobre las operaciones de mantenimiento y alquiler.

## 2 IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En esta sección se desarrollan aspectos clave relacionados con la propuesta de arquitectura en nube para alojar un sistema CMMS para AERORENTAL LTDA. Se destaca la necesidad de la empresa de implementar una solución tecnológica más moderna y robusta para satisfacer sus necesidades actuales y futuras, se identifica el sector objetivo al que está dirigida la propuesta, se analizan las tendencias del sector, se presenta el árbol de objetivos y se describe la situación deseada para AERORENTAL LTDA.

### 2.1 POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN

El crecimiento de sectores como la construcción, representa un incremento en la demanda por el alquiler y mantenimiento de maquinaria para trabajos en altura. Según el reporte de Mordor Intelligence, se estima que el mercado de alquiler de equipos de construcción a nivel mundial alcance los 170,92 mil millones de dólares para el año 2029, lo cual indica un crecimiento anual compuesto del 4,85% durante el período previsto (2024-2029) [2]. En Colombia, la industria de alquiler de maquinaria para trabajos en altura también ha experimentado un aumento. La creciente inversión en infraestructura y construcción ha impulsado la demanda de equipos especializados para trabajos en altura [3].

Las empresas prefieren alquilar equipos como plataformas elevadoras y grúas en lugar de incurrir en los altos costos de adquisición y mantenimiento [4]. Adicionalmente, el alquiler les permite adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto con flexibilidad, eligiendo entre una amplia gama de maquinarias especializadas sin comprometer su capital de trabajo. A su vez, la seguridad y la eficiencia son prioridades, lo que ha llevado a un mayor uso de plataformas elevadoras y maquinaria certificada [5].

Por otra parte, con la transformación digital y los avances tecnológicos rápidos y constantes, las empresas que prestan los servicios de alquiler de activos para trabajos en alturas se enfrentan a la necesidad de adaptarse y actualizar sus sistemas de información para mantenerse competitivos y eficientes [6] 7]. Un ejemplo notable de este cambio es la adopción de soluciones para la gestión de servicio alojados en la nube [8]. Estas soluciones permiten a las empresas acceder a datos críticos de servicio desde cualquier ubicación y dispositivo, lo que facilita la programación de mantenimiento, la gestión de inventario y la atención al cliente de manera más eficiente.

De igual forma, la movilidad es un aspecto importante en la integración de los sistemas de información y de administración de servicio. Las empresas están implementando aplicaciones móviles que permiten a los técnicos acceder a información en tiempo real mientras se encuentran en el campo para realizar procedimientos de mantenimiento [9].

Otro avance tecnológico importante es la gestión de servicios mediante la automatización de tareas repetitivas. Las empresas hoy en día usan herramientas de automatización para agilizar procesos y mejorar la eficiencia de la operación [10]. Por ejemplo, la automatización puede utilizarse para generar automáticamente órdenes de trabajo en función de solicitudes de servicio entrantes, asignar tareas a técnicos disponibles y enviar notificaciones automáticas a los clientes sobre el estado de sus solicitudes.

Adicionalmente, la integración entre sistemas es fundamental para una gestión de servicio eficiente [11]. Las empresas buscan soluciones que les permitan integrar sus sistemas de gestión de servicios con otras herramientas empresariales, como sistemas de contabilidad y gestión de relaciones con los clientes (CRM, por sus siglas en inglés) [12]. Esto garantiza una visión holística de las operaciones y facilita la toma de decisiones a partir de datos corporativos.

Por otra parte, la tendencia de los ciberataques a los sistemas de información de pequeñas, medianas y grandes empresas es un riesgo latente. De acuerdo con el reporte de SonicWall de Amenazas Cibernéticas [13], en 2023 se registraron más de 6.06 billones de ataques ransomware a nivel mundial. En ese mismo año, en Colombia, más de 13 millones de amenazas fueron detectadas [14], lo que lo hace el tercer país en Latinoamérica con más intentos de ciberataques después de México y Brasil. Esto demuestra que las empresas colombianas no están exentas de ser blanco de ciberdelincuentes. Por eso, los sistemas de información de la operación de la empresa deben actualizarse e implementar estándares referentes a seguridad de la información, como la serie ISO/IEC 27000 [15].

Así mismo, para cumplir la normatividad, las empresas que alquilan maquinarias de trabajos en altura deben adherirse a regulaciones específicas que garantizan la seguridad de los colaboradores, el impacto ambiental y la integridad de las operaciones. En Colombia, la Resolución 4272 de 2021 [16] establece los lineamientos de seguridad para llevar a cabo trabajos en alturas; para garantizar la trazabilidad y auditoría del cumplimiento de dicha regulación, el sistema de información de la operación y servicio de la empresa debe permitir rastrear y documentar el cumplimiento de estas normas. Por ejemplo, llevar registros de inspecciones, mantenimientos, certificaciones y capacitaciones relacionadas con la maquinaria para trabajos en altura.

En resumen, la industria de alquiler de maquinaria para trabajos en altura está en constante evolución a nivel global y en Colombia. La inversión en infraestructura, la adaptación tecnológica, la seguridad y protección de la información, así como el cumplimiento de la normativa influyen este crecimiento, por lo que la necesidad de una solución para el SAMM de AERORENTAL LTDA es urgente y pertinente. Sin una actualización tecnológica, la empresa puede perder terreno, competitividad y

eficiencia operativa, lo que podría tener graves repercusiones en su viabilidad a largo plazo.

## 2.2 SECTOR OBJETIVO

### **Definir el sector**

El sector objetivo de esta propuesta es la industria de alquiler y mantenimiento de maquinaria para trabajos en altura. Este sector está compuesto por empresas como AERORENTAL LTDA que suministran equipos especializados de plataformas elevadoras, grúas telescópicas y andamios mecánicos, a organizaciones de construcción, infraestructura vial, y otros servicios industriales. En un mercado dinámico y competitivo, estas empresas desempeñan un rol crucial en la provisión de herramientas esenciales para proyectos temporales, maximizando la eficiencia operativa de sus clientes.

### **Descripción del sector**

Este sector se caracteriza por un alto nivel de especialización y una creciente demanda, impulsada por el desarrollo de infraestructuras y proyectos industriales. En particular, el crecimiento en la construcción urbana, el mantenimiento de instalaciones industriales y las mejoras de infraestructura vial han aumentado la necesidad de maquinaria que pueda facilitar trabajos en alturas de manera eficiente y segura. Estas empresas operan en un entorno donde la innovación tecnológica y el cumplimiento de estándares de seguridad son primordiales para mantener la competitividad y garantizar la satisfacción del cliente.

### **Aplicaciones del sector**

Las aplicaciones del sector son diversas y abarcan desde la construcción y el mantenimiento industrial hasta proyectos relacionados con energía, telecomunicaciones y limpieza de edificios. En la construcción, las plataformas elevadoras se utilizan ampliamente para la instalación de fachadas, el trabajo en

techos y el montaje de estructuras metálicas. En la industria energética, las grúas y otros equipos permiten la instalación y el mantenimiento de líneas eléctricas y turbinas eólicas. Asimismo, en el ámbito industrial, estas máquinas son fundamentales para el mantenimiento de plantas y la inspección de infraestructuras críticas.

Estas aplicaciones están intrínsecamente vinculadas a la eficiencia operativa y la seguridad. Un sistema de información para la gestión efectiva permite que las empresas de alquiler y mantenimiento puedan garantizar la disponibilidad de equipos, programar mantenimientos preventivos y responder rápidamente a las necesidades de los clientes. Sin embargo, la obsolescencia tecnológica, como se observa en el sistema SAMM de AERORENTAL LTDA, puede limitar la capacidad de esta empresa para cumplir con las crecientes demandas del sector.

### **Relación de las aplicaciones con la propuesta**

La relación entre estas aplicaciones y la propuesta de solución tecnológica es directa y estratégica. La adopción de una arquitectura en nube para alojar un CMMS mejoraría la capacidad de AERORENTAL LTDA para gestionar su flota de maquinaria de manera más eficiente, optimizando los procesos de servicio, mantenimiento y alquiler. Por ejemplo, la integración de tecnologías como IoT y análisis predictivo facilitarían la identificación temprana de fallas, permitiendo realizar mantenimientos programados y minimizar los tiempos de inactividad.

Además, con un sistema escalable y flexible, AERORENTAL LTDA podría gestionar eficazmente un volumen creciente de solicitudes de clientes y garantizar la trazabilidad de sus operaciones, cumpliendo con normativas de seguridad y estándares de calidad exigidos por el sector.

En última instancia, el sector de alquiler y mantenimiento de maquinaria para trabajos en altura depende de la innovación tecnológica para mantenerse

competitivo y rentable, y la solución propuesta no solo solventaría las deficiencias del sistema SAMM, sino que también posicionaría a AERORENTAL LTDA como un líder capaz de adaptarse a las tendencias emergentes, capitalizar las oportunidades del mercado, fortalecer su capacidad operativa, mejorar la experiencia del cliente y garantizar su sostenibilidad del negocio a largo plazo.

### 2.3 TENDENCIAS DEL SECTOR

El sector de alquiler y mantenimiento de maquinaria para trabajos en altura está en constante evolución, impulsado por avances tecnológicos y las cambiantes demandas del mercado [17]. Una de las principales tendencias es la integración de tecnologías como el IoT y el análisis predictivo. Estas herramientas permiten a las empresas monitorear en tiempo real el estado de sus equipos, optimizar los ciclos de mantenimiento y reducir significativamente los tiempos de inactividad. Según International Rental News, estas tecnologías están revolucionando la gestión de flotas de maquinarias para trabajos en altura, donde empresas integran capacidades de seguimiento y la gestión, optimizando rutas, tiempos de entrega, reduciendo costos y mejorando la toma de decisiones.[18]

Otra tendencia destacada es la migración hacia soluciones tecnológicas basadas en la nube, como los sistemas CMMS. Estas plataformas ofrecen escalabilidad, flexibilidad y acceso remoto a datos críticos [21], lo que resulta esencial para gestionar operaciones de manera eficiente. Al adoptar este tipo de soluciones, las empresas pueden responder rápidamente a las solicitudes de sus clientes, integrar otros sistemas empresariales, y garantizar la trazabilidad y seguridad de la información, aspectos vitales en un entorno de creciente digitalización. [19]

La automatización también juega un papel central en la transformación del sector. Las empresas están adoptando herramientas que permiten generar órdenes de trabajo automáticas, asignar tareas a técnicos de manera eficiente y mantener un

flujo constante de información entre los equipos de campo y el centro de operaciones [20]. Además, el uso de aplicaciones móviles facilita que los técnicos accedan a datos en tiempo real y actualicen el estado de las tareas directamente desde su ubicación en campo, aumentando la productividad y reduciendo los errores humanos.

Finalmente, las preocupaciones sobre la ciberseguridad y el cumplimiento normativo están configurando el panorama del sector. Con el incremento de los ciberataques a nivel mundial, las empresas están priorizando la implementación de estándares internacionales como la serie ISO/IEC 27000 para proteger sus sistemas y datos. Asimismo, el cumplimiento de normativas específicas, como las relacionadas con la seguridad en trabajos en altura, se está integrando en los sistemas de gestión, permitiendo a las empresas garantizar la seguridad de sus operaciones y la satisfacción de los clientes. Estas tendencias reflejan la necesidad de modernización y adaptación tecnológica para mantenerse competitivos en un mercado cada vez más exigente.

## 2.4 ANÁLISIS DE MERCADO

El mercado de alquiler de maquinaria para trabajos en altura en Colombia está en crecimiento, impulsado por la expansión de los sectores de construcción, infraestructura vial e industrial. Este análisis indica las dinámicas del mercado, identificando factores de demanda, competencia, tendencias tecnológicas y normativas, proyección de oportunidades estratégicas en el sector.

## **Definición del Mercado**

- Descripción del Sector: Incluye la provisión de equipos como plataformas elevadoras, grúas telescópicas y andamios mecánicos, dirigidos a empresas de construcción, mantenimiento industrial y proyectos energéticos.
- Segmentación del Mercado:
  - ✓ Industria de la construcción: Gran demandante, especialmente en proyectos urbanos e infraestructura vial impulsada por el gobierno.
  - ✓ Energía y telecomunicaciones: Necesidad de equipos para instalación y mantenimiento.
  - ✓ Mantenimiento industrial: Renovación y mejora de infraestructuras existentes.
- Geografía: Concentración en áreas urbanas y regiones con alta inversión en infraestructura como lo son Bogotá, Medellín, Barranquilla y Bucaramanga.

## **Análisis del Entorno**

- Económico: La inversión en infraestructura en Colombia ha aumentado con proyectos como el Programa de Concesiones 4G, que demanda maquinaria especializada.
- Tecnológico: La integración de tecnologías como IoT está redefiniendo los estándares operativos, optimizando procesos y minimizando tiempos de inactividad.
- Legal y Normativo: Regulaciones como la Resolución 4272 de 2021, que regula los trabajos en altura, exigen certificaciones y trazabilidad en las operaciones.
- Sociodemográfico: La urbanización y la expansión de la clase media están impulsando proyectos residenciales y comerciales, aumentando la demanda por equipos especializados.

## **Evaluación de la Demanda**

- Clientes principales: Empresas constructoras, gobiernos locales, contratistas de mantenimiento industrial y empresas del sector energético y telecomunicaciones.
- Tendencias de consumo: Preferencia por el alquiler en lugar de compra, dado que reduce costos iniciales y permite flexibilidad en proyectos de corto plazo.
- Factores impulsores:
  - ✓ Expansión de proyectos de infraestructura y construcción urbana.
  - ✓ Normativas de seguridad que requieren equipos certificados.
  - ✓ Necesidad de optimizar costos operativos mediante el renting.

## **Análisis de la competencia**

- Competidores directos en Medellín: UP y Gomez y Botero. Ofrecen productos y servicios similares en alquiler y mantenimiento de maquinaria para trabajos en altura. Gomez y Botero en Medellín tuvo un crecimiento en sus ingresos del 49.86% en el 2023. [21]
- Competidores directos en Bogotá: Aeroequipos y Macalister que también se enfocan en servicios de alquiler y mantenimiento de equipos para trabajos en altura. Aeroequipos S.A.S. En Bogotá mostró un crecimiento del 51.3% en sus ingresos netos, aunque enfrenta desafíos en términos de eficiencia operativa, con una caída del margen neto del 6.76%. [22]
- Competidores indirectos: Empresas de construcción que, aunque no se dedican exclusivamente al alquiler de maquinaria, podrían ofrecer soluciones propias de equipos internamente para evitar tercerizar, también empresas de mantenimiento preventivo y correctivo para maquinaria.

## Posición de mercado

- AERORENTAL LTDA tiene una amplia cobertura nacional frente a competidores como Gómez y botero o Aeroequipos que son actores regionales, y está en crecimiento en términos de demanda y flota de maquinaria, teniendo incluso ya expansión en territorio nacional en nuevas sedes en Pereira y Barrancabermeja y a nivel internacional una nueva sede en México. Aunque la empresa tiene presencia nacional, la competencia ha mostrado un crecimiento importante en términos de ingresos y activos, lo que puede disminuir su ventaja si no moderniza su tecnología.
- Cuota de mercado: El crecimiento de la demanda por alquileres de maquinaria, por obras en el país, y demanda especialmente en el sector de la construcción, sugiere una oportunidad para aumentar su participación a medida que adopta nuevas tecnologías en la gestión de sus equipos.

## Fortalezas y debilidades

La Tabla 2 muestra la tabla FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) de Aerorental LTDA y su competencia.

Factor	AERORENTAL LTDA	Competencia
<b>Fortalezas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Amplia cobertura nacional.</li><li>• Implementación planificada de una arquitectura en nube</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Crecimiento acelerado de ingresos y activos.</li></ul>

	<p>para alojar un CMMS y mejorar la eficiencia operativa.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de adaptación a nuevas tecnologías como IoT y análisis predictivo.</li> </ul>	
<b>Oportunidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adopción de nuevas tecnologías para mejorar la competitividad.</li> <li>• Crecimiento en el sector de maquinaria, especialmente por la demanda en construcción.</li> <li>• Incremento en la demanda de soluciones basadas en la nube.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expansión en mercados regionales.</li> <li>• Creciente demanda en alquiler de maquinaria para sectores industriales y de construcción.</li> </ul>
<b>Debilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas SAMM actual obsoleto, con frecuentes problemas de sincronización y fallos operativos.</li> <li>• Retraso en la implementación de nuevas tecnologías en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcance limitado a nivel nacional.</li> </ul>

	comparación con algunos competidores.	
<b>Amenazas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento acelerado de competidores locales.</li> <li>• Innovación tecnológica rápida en el sector que puede dejar atrás a empresas que no adopten soluciones modernas rápidamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La competencia en tecnología avanzada, como la implementación de IoT y soluciones basadas en la nube.</li> </ul>

Tabla 2 FODA.

Fuente: Elaboración propia

## 2.5 ÁRBOL DE OBJETIVOS

La Figura 4 presenta el árbol de objetivos.

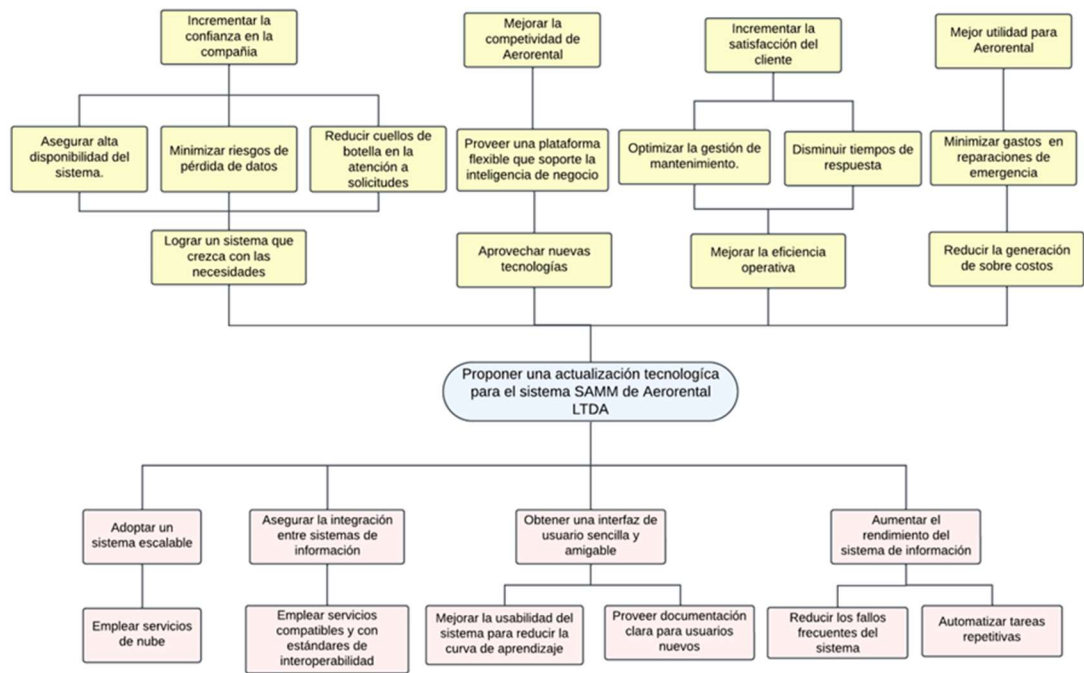


Figura 4 Árbol de objetivos

Fuente: Elaboración propia

En función al árbol de objetivos, la Figura 5 presenta el objetivo general y los objetivos específicos propuestos para el trabajo.

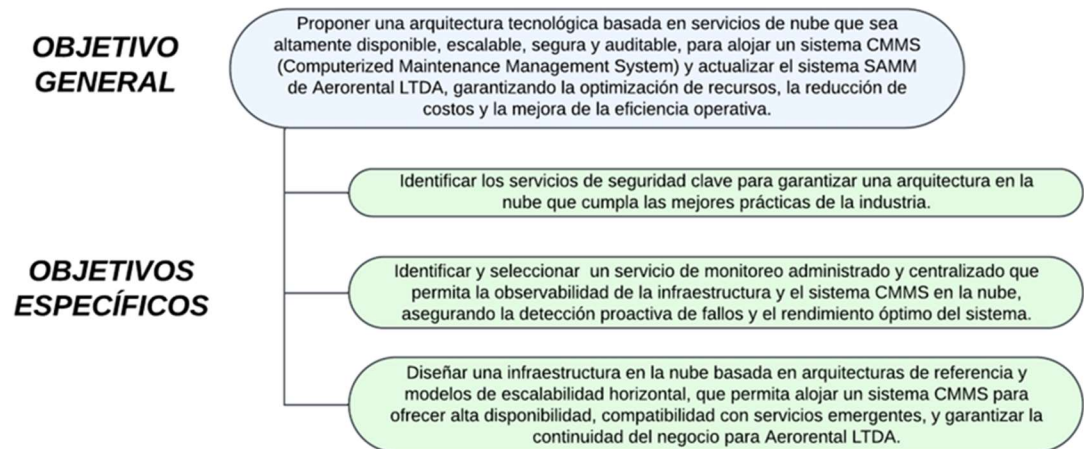


Figura 5 Objetivo general y específicos.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6 CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA

La situación deseada para AERORENTAL LTDA implica un sistema de gestión de mantenimiento y operaciones que sea moderno, escalable y altamente eficiente, superando las limitaciones del actual sistema SAMM. Se espera que la nueva solución tecnológica aborde y elimine los problemas actuales de baja eficiencia operativa, altos costos y desaprovechamiento de nuevas tecnologías. En particular, el nuevo sistema debe reducir los retrasos en la gestión de mantenimiento, disminuir el tiempo de inactividad de los equipos y, en última instancia, mejorar la productividad general de la empresa.

El nuevo sistema debe facilitar la integración fluida con otras herramientas y sistemas, permitiendo una visión holística de las operaciones de AERORENTAL LTDA. Esto mejorará la inteligencia de negocio y permitirá la toma de decisiones informadas y oportunas. La solución propuesta debe ser capaz de manejar en tiempo real gran volumen de información, proporcionar análisis predictivo para el mantenimiento preventivo y optimizar la programación y gestión de las operaciones diarias. Además, debe ofrecer una interfaz de usuario intuitiva y accesible, reduciendo los tiempos de aprendizaje y capacitación para los nuevos usuarios, y mejorando la usabilidad general del sistema.

En términos de costos operativos, la nueva solución debe reducir significativamente los gastos asociados con el mantenimiento del sistema obsoleto y las reparaciones de emergencia. La eficiencia operativa mejorada y la reducción de los tiempos de inactividad de la maquinaria también deben traducirse en menores costos de operación y una mejor utilización de los recursos. La capacidad de integrar nuevas tecnologías y herramientas también permitirá a AERORENTAL LTDA innovar y adaptar rápidamente sus operaciones a las cambiantes demandas del mercado, manteniendo su competitividad y promoviendo un crecimiento sostenible.

Finalmente, la disponibilidad y fiabilidad del nuevo sistema deben eliminar los cuellos de botella en la atención a solicitudes y asegurar la protección de datos críticos. La solución escalable permitirá a la empresa manejar el crecimiento de su flota de maquinaria y la creciente demanda de sus servicios sin comprometer la calidad del servicio ni la integridad de los datos. Con un sistema robusto y actualizado, AERORENTAL LTDA estará mejor equipada para enfrentar los desafíos del futuro, aprovechar plenamente las oportunidades tecnológicas y asegurar un servicio más eficiente y confiable para sus clientes.

## 2.7 INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN DESEADA

Actualmente, AERORENTAL LTDA tiene dos sistemas de software para la administración de sus operaciones empresariales. El primero es Netsuite de Oracle, un planificador de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) basado en la nube que gestiona las finanzas, operaciones y relaciones con los clientes. El segundo, es SAMM, una herramienta que gestiona la operación del servicio de la empresa en cuanto a órdenes de trabajo, mantenimientos, inventarios de equipo, alquileres, cotizaciones y reportes técnicos. SAMM fue integrado en AERORENTAL LTDA hace 5 años.

AERORENTAL LDTA consume ambos sistemas de software bajo un modelo SaaS. Por su parte, Netsuite es proporcionado directamente por Oracle en tanto que SAMM es proporcionado por un proveedor local. SAMM se integra a Netsuite mediante la API proporcionada por este software, y el desarrollo y mantenimiento de dicha integración también está a cargo del proveedor de SAMM. La Figura 6 indica el diagrama de bloques de la situación actual.

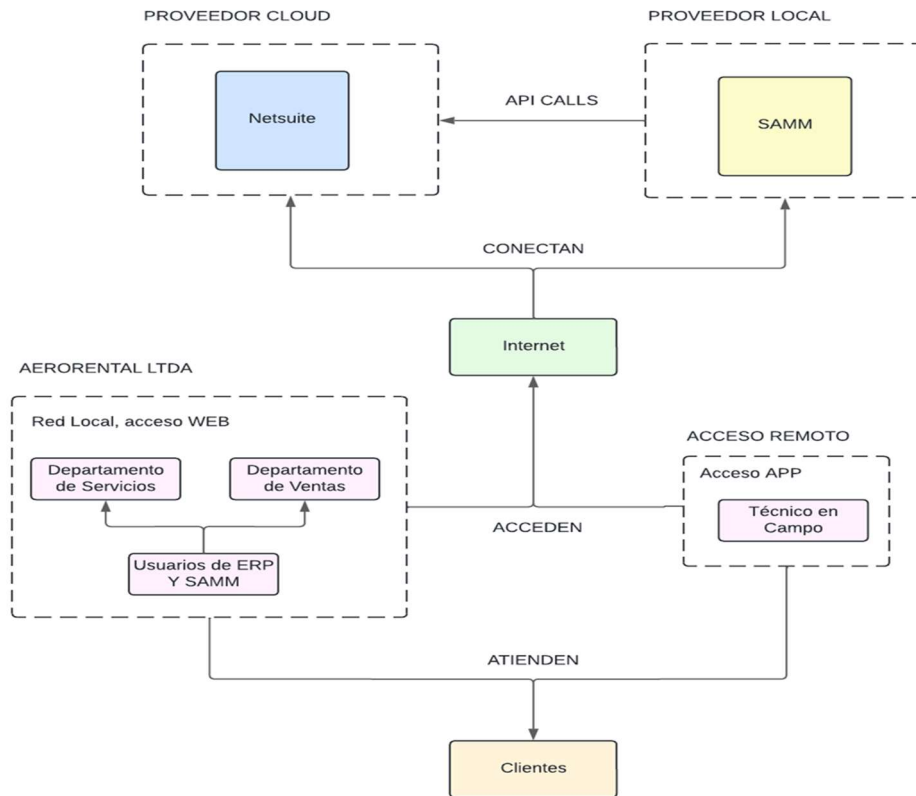


Figura 6 Diagrama de bloques de la situación actual  
Fuente: Elaboración propia.

Este Figura 7 representa el flujo de interacción entre el usuario de Aerorental y el Sistema de Administración de Mantenimiento Moderno (SAMM). El proceso inicia cuando el usuario accede a la URL del sistema, ingresando sus credenciales, las cuales son validadas frente a la base de datos. Si las credenciales son correctas, se concede el acceso al sistema, permitiendo que el usuario explore las funcionalidades ofrecidas. Posteriormente, el usuario selecciona una sede y un módulo de servicios disponibles, momento en el cual el sistema procesa la solicitud y presenta una interfaz de opciones, incluyendo información detallada sobre los técnicos y recursos disponibles.

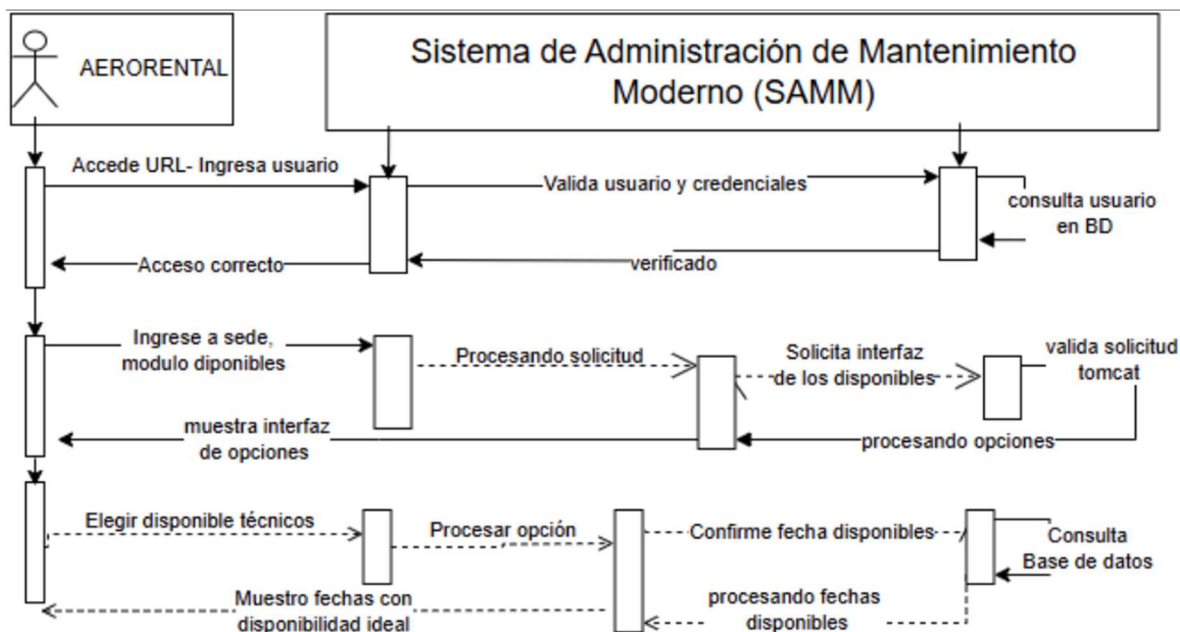


Figura 7 Diagrama secuencial, situación actual SAMM.

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, la concurrencia del número de usuarios que emplean SAMM por cada hora es de unos 120, cifra que ha aumentado en un 55% respecto al año 2023. Esto, acompañado con el aumento en el volumen de operaciones de servicios, ha llevado a los usuarios de la empresa a experimentar una degradación en la usabilidad y calidad proporcionada por el software. De hecho, en el reporte interno de incidencias de servicio para el primer trimestre del 2024, el departamento de soporte TI de AERORENTAL LTDA reveló que el 48% de incidencias reportadas por los usuarios estaban relacionadas a fallas del software SAMM. Entre ellas, las que más se destacan son: Error en el inicio de sesión, pérdida de sesión activa, pérdida de respuesta del software, desincronización respecto a la información alojada en el ERP principal, errores en la interfaz de usuario, error en la generación de órdenes de trabajo, error en la generación de cotizaciones, entre otras.

En cuanto a la situación esperada, el cambio del sistema SAMM a un sistema CMMS basado en arquitectura nube, busca tener un impacto positivo para Aerorental LTDA

en la eficiencia operativa, gestión del crecimiento y la adaptación a la demanda del mercado. Este cambio permitirá a la empresa adaptarse mejor a sus necesidades y superar las limitantes expuestas por SAMM. Este tipo de solución garantizará mayor estabilidad, integración en tiempo real con el ERP, soporte para un mayor número de usuarios simultáneos y escalabilidad automática. Además, reducirá los costos asociados a infraestructura y soporte interno, mejorará la eficiencia operativa y facilitará la adopción futura de tecnologías avanzadas como IoT y análisis predictivo.

La Figura 8 indica el diagrama de bloques de la situación esperada.

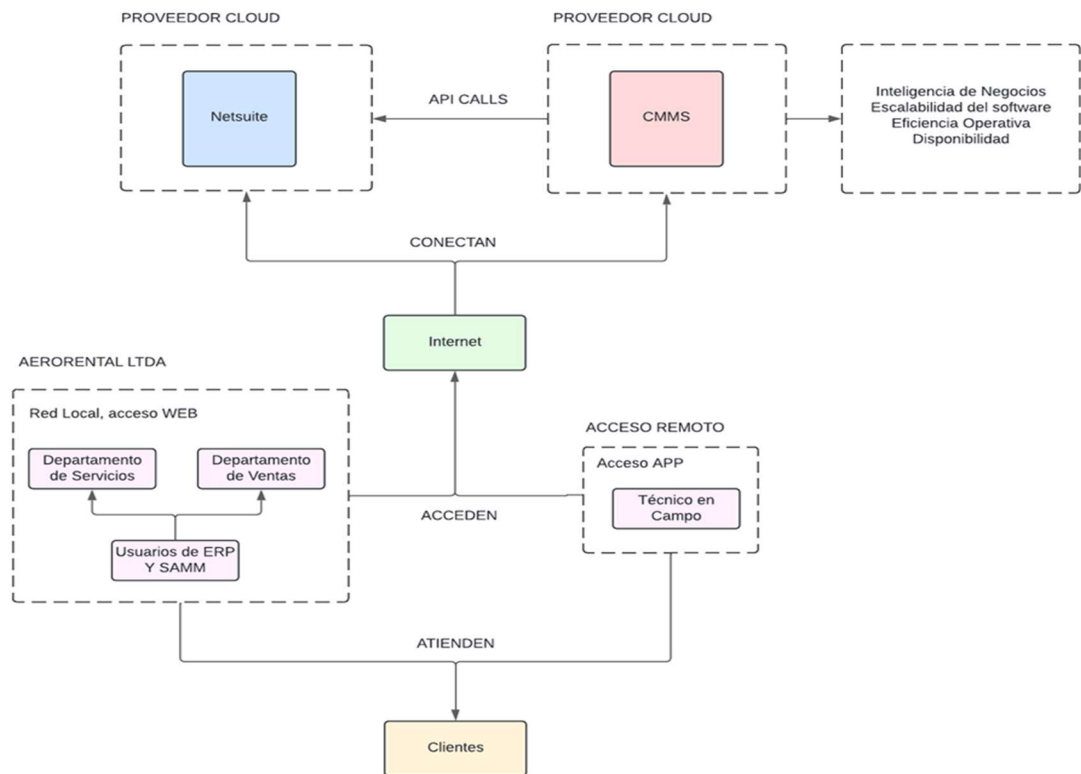


Figura 8 Diagrama de bloques de la solución deseada CMMS.

Fuente: Elaboración propia

Esta figura 9 ilustra el flujo de interacción entre un usuario y el Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado (CMMS) de Aerorental. El proceso comienza con el ingreso de credenciales, incluidas medidas de seguridad como MFA, y continúa

con la selección y gestión de servicios pendientes. Según la prioridad asignada, se procesan las opciones y se confirma la disponibilidad de fechas, culminando en la programación del servicio en una fecha específica. una solución eficiente y priorizada para gestionar servicios pendientes en el CMMS, asegurando una interacción segura y fluida entre los usuarios y el sistema. Este enfoque deseamos que el sistema CMMS nos brinde los tiempos de respuesta de manera predictiva para mejorar la planificación de recursos, garantizando una gestión más efectiva del mantenimiento.

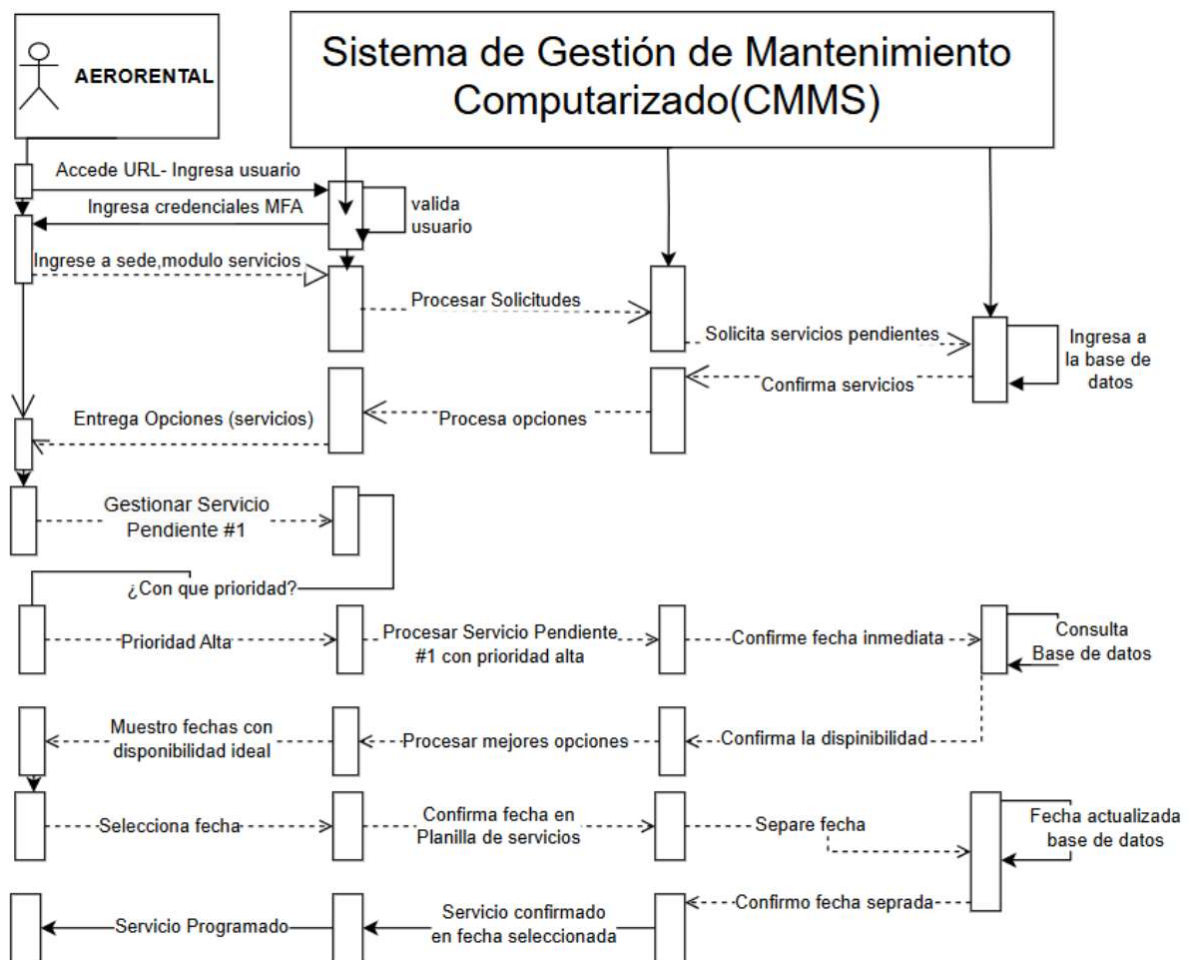


Figura 9 Diagrama secuencia situación deseada.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.8 PROPUESTA DE VALOR

- Solución escalable y basada en la nube: El equipo implementador proporcionará una arquitectura en nube para alojar un CMMS que permitirá a AERORENTAL LTDA gestionar su flota de maquinaria de manera más eficiente y escalable. Esto incluye la capacidad de integrar IoT y análisis predictivo para el mantenimiento preventivo.
- Optimización de la gestión operativa: el nuevo sistema automatizará la creación de órdenes de trabajo, la programación de mantenimientos y el seguimiento de activos, lo que reducirá el tiempo de inactividad de los equipos y mejorará la eficiencia operativa.
- Mejora en la integración tecnológica: Se garantizará la integración fluida entre el CMMS y el ERP existente (Netsuite de Oracle), asegurando que AERORENTAL LTDA tenga una visión completa y en tiempo real de todas sus operaciones.

### **Actividades clave.**

- Análisis de requerimientos: Levantamiento de información sobre el sistema actual y los flujos de trabajo de AERORENTAL LTDA para asegurar que la nueva solución esté alineada con las necesidades de la empresa. Esto incluye mapeo AsIs y ToBe.
- Revisión del diseño y acompañamiento en la implementación del sistema: Configuración del CMMS, el diseño de los módulos para la gestión de mantenimiento y alquiler, y migración de datos del sistema SAMM obsoleto.
- Capacitación del personal: El equipo implementador será responsable de capacitar al personal de AERORENTAL LTDA para que pueda utilizar eficazmente el nuevo sistema.
- Pruebas de integración: Realización de pruebas exhaustivas de la integración con el ERP de Netsuite y otros sistemas existentes para asegurar que no haya interrupciones en las operaciones.

**Recursos clave del implementador:**

- Plataformas Saas (CMMS).
- Expertise técnico.
- Soporte continuo.

**2.9 PERFIL DEL CLIENTE**

AERORENTAL LTDA está en proceso de migración tecnológica, necesita de soluciones modernas, que sean escalables y ofrezcan integración con tecnologías como IoT para la gestión eficiente de su flota de equipos.

**Comportamiento de compra:**

Decisiones basadas en valor: La empresa busca eficiencia operativa, por lo que prioriza soluciones que no solo ofrezcan buenos precios, sino también valor agregado en términos de innovación, escalabilidad y soporte técnico.

Enfoque en el servicio posventa: AERORENTAL LTDA valora la relación a largo plazo con proveedores que puedan ofrecer servicio postventa, ya que el soporte técnico y el mantenimiento continuo son críticos para su operación.

Preferencias por sus integraciones: Debido a su necesidad de integrar Soluciones con su ERP y sistemas de mantenimiento (como el CMMS que están planeando implementar), AERORENTAL LTDA prioriza proveedores que puedan garantizar una integración fluida con sus sistemas.

**Demografía del equipo decisor:**

Cargos clave: La decisión de compra está en manos del departamento de tecnología y el departamento de servicio técnico y operaciones de AERORENTAL LTDA, quienes buscan optimizar las operaciones de alquiler y mantenimiento.

Gerencia: Participa la gerencia general y las direcciones de Servicio técnico y operaciones, comercial, administrativo y financiero.

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

Para dar solución al problema planteado y alojar un sistema CMMS en la nube, la arquitectura se divide en 4 capas: Capa de presentación (interfaz de usuario), capa de lógica de negocio (procesamiento y reglas), capa de datos (almacenamiento y acceso) y capa de observabilidad (monitoreo de la infraestructura y aplicación). Este enfoque facilita la separación de responsabilidades así mismo como la implementación de microservicios, lo que mejora el mantenimiento, la escalabilidad y la reutilización de la infraestructura. Además, permite realizar cambios en una capa sin afectar directamente a las demás, lo que reduce riesgos y tiempos de implementación.

La figura 10 indica el diagrama de bloques para el diseño de una arquitectura en nube para alojar un sistema CMMS.

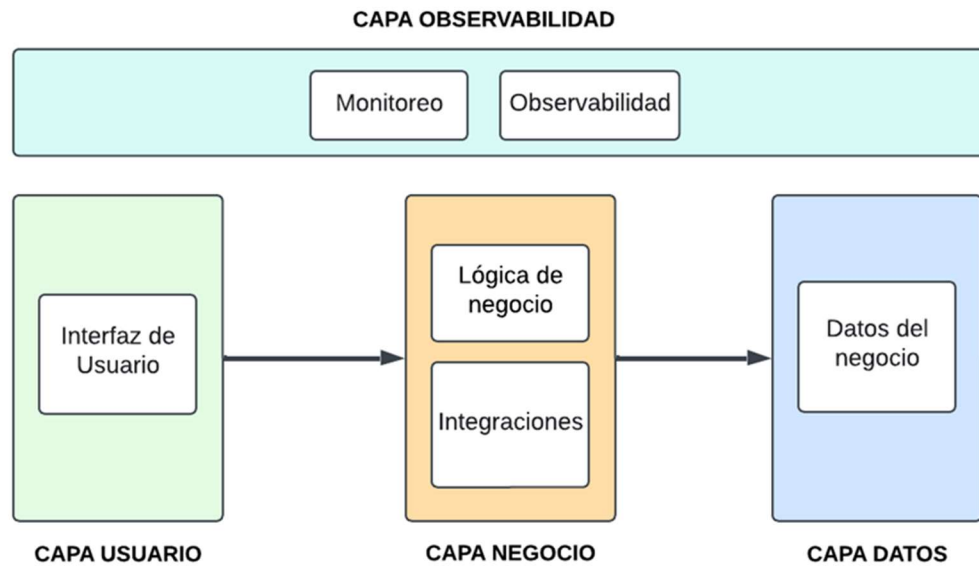


Figura 10 Diagrama de bloques de la arquitectura propuesta.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las alternativas técnicas para las capas de usuario, negocio y datos, se consideran únicamente los 3 líderes del cuadrante mágico de Gartner de proveedores de nube pública durante los últimos 4 años consecutivos. El resultado arroja a Amazon Web Services (AWS, por sus siglas en inglés), Microsoft Azure y Google Cloud Platform (GCP, por sus siglas en inglés). Para las alternativas técnicas de la capa de observabilidad se consideran únicamente los 3 líderes de plataformas de observabilidad en el cuadrante de mágico de Gartner en 2024. El resultado arroja a Dynatrace, Datadog y New Relic.

La Tabla 3 indica la comparativa de las alternativas técnicas en IaaS (Infrastructure as a service, por sus siglas en inglés) de los servicios de computación en nube que pudieran prestar una solución a la capa de usuario.

<b>Característica</b>	<b>AWS EC2</b>	<b>Microsoft Azure Virtual Machines</b>	<b>Google Compute Engine (GCE)</b>
<b>Facilidad de Configuración</b>	Moderada, interfaz potente, pero requiere configuraciones manuales detalladas.	Alta, procesos guiados con plantillas predefinidas en Azure Portal.	Moderada, requiere configuración técnica inicial.
<b>Flexibilidad de Configuración</b>	Alta, compatible con múltiples tipos de instancias y sistemas operativos.	Alta, compatible con Windows y Linux, con soporte nativo para aplicaciones Microsoft.	Alta, configurable con diversos sistemas operativos y tamaños de máquinas.
<b>Integración con Ecosistema</b>	Excelente, compatibilidad con IAM, S3, y otros servicios AWS.	Superior, integración nativa con Active Directory, Azure Monitor, y servicios Microsoft.	Buena, nativa con herramientas como Stackdriver y BigQuery.
<b>Gestión de Seguridad</b>	IAM avanzado para permisos de instancias.	Active Directory para autenticación y permisos centralizados.	IAM de GCP para roles y permisos.
<b>Escalabilidad</b>	Alta, autoscaling avanzado para cargas de trabajo variables.	Alta, escalado automático para máquinas virtuales.	Alta, opciones de escalado horizontal y vertical.
<b>Actualizaciones y Mantenimiento</b>	Manual para sistemas operativos.	Automatizado mediante Azure Update Management.	Manual para sistemas operativos.
<b>Costo</b>	Pago por uso; competitivo para necesidades a gran escala.	Relativamente económico, optimizado para entornos Microsoft.	Competitivo, con facturación por segundo.
<b>Soporte Multicloud</b>	Bueno, adaptable con herramientas externas como Terraform.	Bueno, soporte para integraciones híbridas.	Excelente, diseñado para despliegues híbridos y multicloud.

<b>Integración con Active Directory</b>	Requiere configuración personalizada.	Nativo: fácil integración con Azure AD y AD DS.	Requiere configuración manual adicional.
---	---------------------------------------	---	--

Tabla 3 Comparativa alternativas técnicas capa usuario

Fuente: Elaboración propia

Amazon EC2, Azure Virtual Machines y Google Compute Engine son servicios IaaS que proporcionan flexibilidad y personalización para el despliegue en máquinas virtuales de cualquier aplicación y en particular útil para una interfaz de usuario de un CMMS. Llama la atención Azure Virtual Machines dado que sus cargas de trabajo se pueden integrar de manera nativa con servicios de autenticación de Active Directory, lo cual resulta beneficioso para Aerorental LTDA pues actualmente poseen los servicios de Microsoft para cuentas corporativas. Esto lo hace especialmente relevante para simplificar la gestión de identidades y seguridad.

La Tabla 4 indica la comparativa de las alternativas técnicas en PaaS (Platform as a service, por sus siglas en inglés) de los servicios orientados a microservicios en nube que pudieran prestar una solución a la capa de negocio.

<b>Característica</b>	<b>AWS EKS</b>	<b>Microsoft AKS</b>	<b>Google GKE</b>
<b>Integración con Ecosistema</b>	Excelente integración con servicios AWS (IAM, CloudWatch, ECR).	Totalmente integrado con Azure (AD, Monitor).	Integración nativa con GCP (Stackdriver, IAM).
<b>Facilidad de Configuración</b>	Moderada, requiere configuraciones manuales iniciales.	Alta, procesos guiados en el portal de Azure.	Moderada, requiere experiencia con Kubernetes.
<b>Escalabilidad</b>	Alta, autoscaling para nodos y clústeres.	Alta, admite escalado automático integrado.	Alta, líder en capacidad de escalado.

<b>Fiabilidad y Soporte</b>	Alta, confiable con tiempo de actividad robusto.	Alta, fuerte soporte empresarial.	Alta, optimizado para entornos globales.
<b>Gestión de Actualizaciones</b>	Gestionadas, pero pueden requerir intervención manual.	Totalmente automatizadas.	Gestión avanzada y fluida de versiones.
<b>Flexibilidad en Pricing</b>	Pago según uso; competitivo para entornos medianos a grandes; uso de instancias spot y reservadas.	Relativamente económico en entornos pequeños.	Competitivo en escalas globales.
<b>Compatibilidad con Kubernetes</b>	Alta, soporte oficial y versiones recientes.	Alta, compatible con las últimas versiones.	Alta, pionero en Kubernetes gestionado.
<b>Soporte Multicloud</b>	Bueno, compatible con despliegues híbridos	Moderado, más enfocado en Azure.	Excelente, diseñado para despliegues híbridos.

Tabla 4 Comparativa alternativas técnicas capa negocio.

Fuente: Elaboración propia

Los servicios de AWS EKS, AKS y GKE Son ideales para entornos complejos y con necesidad altamente escalable adoptando una arquitectura de microservicios. Aunque requieren mayor experiencia en Kubernetes, permiten una alta flexibilidad en la integración con otros componentes que se puedan desarrollar a futuro como por ejemplo la integración con servicios personalizados de IoT, análisis predictivo o inteligencia artificial. En particular llama la atención Amazon EKS en comparación a AKS y GKE por su facilidad de integrarse con diferentes modelos de cómputo para correr cargas de trabajo en AWS, tal como las instancias spot o instancias reservadas que pueden representar hasta un 75% de ahorro de costos comparados a correr cargas de trabajo en instancias bajo demanda. Adicional, su buena

integración con otras nubes lo hace interesante para despliegues de arquitecturas de nube híbrida.

La Tabla 5 indica la comparativa de las alternativas técnicas en PaaS de los servicios orientados a almacenamiento sin esquema en nube que pudieran prestar una solución a la capa de negocio.

<b>Característica</b>	<b>Amazon DynamoDB</b>	<b>Azure Cosmos DB</b>	<b>Google Firestore</b>
<b>Modelo de Datos</b>	NoSQL clave-valor y documento.	Soporta múltiples modelos: clave-valor, documento, columna ancha y gráfico.	NoSQL documento optimizado para datos jerárquicos.
<b>Escalabilidad</b>	Escalado automático con baja latencia.	Escalado global con distribución geográfica.	Escalado automático sin necesidad de configuración adicional.
<b>Latencia</b>	Baja latencia incluso a gran escala.	Baja latencia globalmente distribuida.	Baja latencia, ideal para aplicaciones en tiempo real.
<b>Facilidad de Uso</b>	Requiere diseño cuidadoso para optimización.	Curva de aprendizaje moderada por su flexibilidad.	Fácil de usar con integración fluida en GCP.
<b>Integración con Ecosistema</b>	Integración nativa con servicios AWS.	Totalmente integrado con Azure.	Integración nativa con BigQuery y otros servicios GCP.
<b>Costos</b>	Pago por uso; económico para cargas estables.	Costos elevados en aplicaciones pequeñas.	Pago por uso con opciones económicas para cargas variables.
<b>Soporte Multicloud</b>	Compatible pero no optimizado para entornos híbridos.	Moderado, centrado en Azure.	Compatible con despliegues híbridos y multicloud.

Tabla 5 Comparativa alternativas técnicas capa datos.

Fuente: Elaboración propia

Google Firestore destaca frente a DynamoDB y Cosmos DB debido a su integración nativa con BigQuery, lo que permite realizar análisis avanzados y consultas complejas sobre los datos almacenados en tiempo real sin necesidad de procesos ETL adicionales. Esta característica es clave para Aerorental LTDA que requiere una solución para un sistema CMMS moderno, mientras aprovechan la capacidad analítica de BigQuery para tomar decisiones basadas en datos. Su facilidad de uso, escalabilidad automática y optimización para datos jerárquicos refuerzan su posición como la mejor opción en entornos que valoran la analítica avanzada.

La Tabla 6 indica la comparativa de las alternativas técnicas en SaaS de las plataformas orientadas a monitoreo y observabilidad que soportan integración con infraestructura en nube y que pudieran prestar una solución a la capa de negocio.

<b>Característica</b>	<b>Dynatrace</b>	<b>Datadog</b>	<b>New Relic</b>
<b>Cobertura de Observabilidad</b>	Completa, monitoreo de aplicaciones, infraestructura, y usuarios.	Completa, métricas, logs, traces y usuarios en tiempo real.	Completa, rastreo de aplicaciones, infraestructura, y experiencia del usuario.
<b>Facilidad de Uso</b>	Curva de aprendizaje alta por la profundidad de funcionalidades.	Interfaz intuitiva y fácil de configurar.	Moderada, con una interfaz visual amigable.
<b>Escalabilidad</b>	Excelente para entornos empresariales grandes.	Ideal tanto para empresas pequeñas como grandes.	Buena, pero más adecuada para empresas medianas.
<b>Integración con Cloud</b>	Buena, pero más enfocada en entornos empresariales complejos.	Excelente, integración nativa con AWS, Azure, GCP y otros proveedores.	Buena, pero requiere configuraciones adicionales para integraciones profundas.

<b>Alertas y Notificaciones</b>	Altamente personalizables con inteligencia artificial.	Rápidas y fáciles de configurar; integración con herramientas de comunicación.	Adecuadas, pero menos flexibles en comparación.
<b>Costo</b>	Costoso para pequeñas y medianas empresas.	Pago por uso; competitivo para empresas de todos tamaños.	Relativamente accesible, pero con limitaciones en características avanzadas.
<b>Implementación</b>	Compleja para entornos pequeños.	Sencilla y rápida, con soporte para múltiples entornos.	Moderada, con herramientas preconfiguradas.
<b>Diferenciadores Clave</b>	AI avanzada para análisis predictivo.	Excelente integración multicloud y entorno modular.	Fuerte enfoque en experiencia del usuario y análisis de rendimiento.

Tabla 6 Comparativa alternativas técnicas capa observabilidad.

Fuente: Elaboración propia

Datadog sobresale frente a Dynatrace y New Relic debido a su integración nativa y fluida con los principales proveedores de nube como AWS, Azure, y GCP. Esta característica permite monitorear entornos híbridos o multicloud sin esfuerzo adicional, consolidando métricas, logs y trazas en un solo panel. Además, su facilidad de implementación, costos competitivos y herramientas modulares lo convierten en una solución versátil para Aerorental LTDA, que requiere un enfoque integral y ágil para la observabilidad de un sistema CMMS.

Del anterior análisis se concluye que cada nube puede proporcionar beneficios particulares para abordar el problema planteado en las diferentes capas.

## 4 MODELO DE NEGOCIO

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO:

AERORENTAL LTDA adoptará un modelo basado en Software como Servicio (SaaS) para la gestión de su sistema de mantenimiento y operaciones. Este modelo se centrará en la implementación de un CMMS alojado en la nube, que permitirá la

gestión eficiente de la flota de maquinaria y la planificación del mantenimiento preventivo y correctivo.

### **Componentes clave del modelo de negocio**

- Propuesta de valor: Ofrecer una solución tecnológica moderna que permita a AERORENTAL LTDA gestionar de manera eficiente sus equipos en alquiler, mejorar la planificación de mantenimientos y reducir los tiempos de inactividad. La integración con el ERP actual (NetSuite) asegura una mayor visibilidad operativa y control financiero.
- Infraestructura tecnológica: El CMMS estará alojado en la nube para asegurar la escalabilidad, seguridad y disponibilidad. Se integrarán tecnologías emergentes como IoT para monitorear en tiempo real el estado de los equipos.
- Estrategia de ingresos: El modelo de ingresos estará basado en el uso y suscripción del sistema. AERORENTAL LTDA pagará una tarifa mensual o anual según esté definido por el proveedor seleccionado por la empresa.
- Relación con clientes: El proveedor de la solución deberá ofrecer soporte continuo y mantenimiento del sistema, garantizando la actualización constante del software y una alta disponibilidad.
- Actividades clave: La solución SaaS incluye la implementación del CMMS, integración con el ERP existente, migración de datos del sistema obsoleto, capacitación al personal de AERORENTAL LTDA y soporte técnico posterior.
- Socios clave: AERORENTAL LTDA colaborará con proveedores de servicios en la nube y desarrolladores del CMMS, así como con el equipo de consultoría que garantice la integración exitosa con el ERP y otros sistemas existentes.

## 4.2 PROPUESTA DEL MODELO DE NEGOCIO

El modelo de negocio propuesto para AERORENTAL LTDA se basa en los siguientes elementos clave:

- Automatización y optimización de operaciones: El sistema CMMS permitirá automatizar la gestión de órdenes de trabajo, el mantenimiento preventivo y la programación de revisiones técnicas, lo que reducirá los tiempos muertos de los equipos y mejorará la eficiencia general.
- Reducción de costos operativos: Al tener un sistema que gestione el mantenimiento predictivo y preventivo, AERORENTAL LTDA reducirá costos asociados con mantenimientos reactivos y paradas no planificadas, mejorando la utilización de sus activos.
- Mejora en la satisfacción del cliente: La adopción del CMMS permitirá una mejor atención a los clientes de AERORENTAL LTDA, ya que el sistema garantizará que los equipos estén en condiciones óptimas de uso y se puedan rastrear en tiempo real.
- Innovación y escalabilidad: La solución basada en la nube ofrece escalabilidad a medida que AERORENTAL LTDA crezca, sin la necesidad de realizar inversiones adicionales en infraestructura local. Esto permite a la empresa adaptarse a las demandas del mercado y mantenerse competitiva.

## 4.3 VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO.

Para validar el modelo de negocio, es necesario implementar un proceso de prueba piloto y recopilar datos que evalúen su viabilidad. Los siguientes pasos son fundamentales para la validación:

- Implementación piloto: Seleccionar un grupo de maquinarias y personal para implementar el sistema en una fase de prueba. Esto permitirá medir la eficiencia operativa, la reducción de tiempos muertos y la mejora en la

planificación de mantenimientos, esto debe realizarse en un entorno de pruebas, para el caso de NetSuite la empresa cuenta con un entorno sandbox, que puede conectarse al api del nuevo sistema.

- Medición de resultados: Definir indicadores clave de rendimiento (KPIs) como tiempo de inactividad de equipos, costos de mantenimiento, tiempo de respuesta de soporte técnico y satisfacción del cliente para evaluar el impacto del CMMS en las operaciones de AERORENTAL LTDA, estos indicadores son definidos desde el levantamiento de información AsIs.
- Retroalimentación de los usuarios: Recopilar información de los operarios, técnicos y gerentes de AERORENTAL LTDA para identificar mejoras y ajustes necesarios en el sistema antes de una implementación total, esto debe realizarse mediante encuestas de satisfacción al cliente.
- Comparación de costos: Evaluar los costos asociados con el sistema actual y los costos del nuevo modelo basado en SaaS, comparando los beneficios económicos a corto y largo plazo, para lo cual en el levantamiento de información AsIS se hace un análisis de horas hombre, lo cual permitirá medir un ROI cuantitativo y en caso de que el ROI a nivel horas hombre no sea significativo, se debe establecer un ROI cualitativo que buscará la mejora de aspectos tecnológicos y de innovación.
- Escalabilidad: Asegurar que el sistema pueda crecer junto con la empresa, tanto en términos de funcionalidad como de capacidad de usuarios y equipos gestionados, lo que garantizará que el modelo de negocio sea sostenible en el tiempo.

## 5 PROPUESTA DE SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO

El servicio propuesto es un sistema CMMS basado en una arquitectura de nube para reemplazar al sistema actual SAMM en las operaciones de mantenimiento y servicio de alquiler de máquinas para trabajos en altura de AERORENTAL LTDA.

### 5.2 SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS

A continuación, en las Tablas 7, 8, 9 y 10 se presentan las matrices de puntuación de las alternativas técnicas evaluadas en la Sección 3 para las capas de usuario, negocio, datos y observabilidad. Estas matrices califican cada alternativa en función de las características comparadas asignando una puntuación de 0 a 10 para reflejar su desempeño relativo. Este enfoque permite comparar objetivamente las opciones disponibles y destacar aquellas que mejor se alinean con las necesidades de AERORENTAL LTDA para alcanzar la situación deseada.

<b>Característica</b>	<b>AWS EC2</b>	<b>Microsoft Azure Virtual Machines</b>	<b>Google Compute Engine (GCE)</b>
<b>Facilidad de Configuración</b>	7	9	8
<b>Flexibilidad de Configuración</b>	9	9	9
<b>Integración con Ecosistema</b>	9	10	8
<b>Gestión de Seguridad</b>	9	10	8
<b>Escalabilidad</b>	9	9	9
<b>Actualizaciones y Mantenimiento</b>	7	10	8

<b>Costo</b>	8	9	8
<b>Soporte Multicloud</b>	8	8	9
<b>Integración con Active Directory</b>	6	10	7
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>84</b>	<b>74</b>

Tabla 7 Matriz puntuación alternativas técnicas capa usuario

Fuente: Elaboración propia

<b>Característica</b>	<b>AWS EKS</b>	<b>Microsoft AKS</b>	<b>Google GKE</b>
<b>Integración con Ecosistema</b>	10	9	9
<b>Facilidad de Configuración</b>	7	9	8
<b>Escalabilidad</b>	10	9	10
<b>Fiabilidad y Soporte</b>	9	9	9
<b>Gestión de Actualizaciones</b>	8	10	9
<b>Flexibilidad en Pricing</b>	10	8	8
<b>Compatibilidad con Kubernetes</b>	10	10	10
<b>Soporte Multicloud</b>	9	8	9
<b>Total</b>	<b>73</b>	<b>72</b>	<b>72</b>

Tabla 8 Matriz puntuación alternativas técnicas capa negocio

Fuente: Elaboración propia

<b>Característica</b>	<b>Amazon DynamoDB</b>	<b>Azure Cosmos DB</b>	<b>Google Firestore</b>
<b>Modelo de Datos</b>	8	9	9
<b>Escalabilidad</b>	9	9	10
<b>Latencia</b>	9	9	10
<b>Facilidad de Uso</b>	7	8	9

<b>Integración con Ecosistema</b>	10	9	10
<b>Costos</b>	8	7	9
<b>Soporte Multicloud</b>	8	8	9
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>59</b>	<b>66</b>

Tabla 9 Matriz puntuación alternativas técnicas capa datos

Fuente: Elaboración propia

<b>Característica</b>	<b>Dynatrace</b>	<b>Datadog</b>	<b>New Relic</b>
<b>Cobertura de Observabilidad</b>	10	9	9
<b>Facilidad de Uso</b>	7	9	8
<b>Escalabilidad</b>	9	10	8
<b>Integración con Cloud</b>	8	10	8
<b>Alertas y Notificaciones</b>	9	9	8
<b>Costo</b>	7	9	8
<b>Implementación</b>	8	10	8
<b>Diferenciadores Clave</b>	9	10	8
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>76</b>	<b>65</b>

Tabla 10 Matriz puntuación alternativas técnicas capa datos

Fuente: Elaboración propia

De lo anterior, se concluye que la aproximación al uso de una arquitectura multinube con la capa de usuario en Microsoft Azure, la capa de negocio en AWS, la capa de datos en GCP y la capa de observabilidad en Datadog, es ideal para lograr la mayor flexibilidad, mayor resiliencia y aprovechamiento de lo mejor de cada proveedor.

Ahora bien, para la adopción de la arquitectura multinube para el CMMS de Aerorental LDTA se busca continuar con un servicio administrado tipo SaaS dado

que el core comercial de la empresa no está en administrar sistemas complejos de arquitectura de TI. En cambio, lo que busca es tercerizar dicha administración y pagar por el servicio brindado buscando garantizar su inversión y lograr superar los problemas actuales. Así pues, la restricción para la adopción de un CMMS es que pueda ser desplegado en una arquitectura que siga la aproximación propuesta.

### 5.3 PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

#### Análisis de Necesidades (AsIs y ToBe)

El primer paso en la implementación es llevar a cabo un análisis AsIs para documentar el estado actual del sistema SAMM y las operaciones de mantenimiento. Este análisis incluirá la recopilación de información sobre los procesos actuales, los problemas enfrentados, las ineficiencias operativas y las limitaciones tecnológicas.

Una vez completado el análisis AsIs, AERORENTAL LTDA elaborará un documento ToBe que describa la visión futura de cómo debe funcionar el nuevo sistema, detallando los objetivos, las mejoras deseadas y las características tecnológicas que se requerirán. Este documento servirá como base para la búsqueda de proveedores de soluciones CMMS.

#### **Métricas Clave de la Operación**

##### **Tiempo Promedio de Respuesta a Solicitudes:**

- Tiempo promedio que tarda en responderse una solicitud de servicio o cotización.
- Fórmula:  $(\text{Suma de Tiempos de Respuesta} / \text{Total de Solicitudes})$ .

##### **Eficiencia en la Gestión de Inventario:**

- Porcentaje de inventario disponible frente al inventario total.

- Fórmula:  $(\text{Unidades Disponibles} / \text{Total de Inventario}) \times 100$ .

#### **Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo:**

- Porcentaje de mantenimientos realizados dentro del tiempo planificado.
- Fórmula:  $(\text{Mantenimientos Realizados a Tiempo} / \text{Total de Mantenimientos Programados}) \times 100$ .

#### **Número de Órdenes de Trabajo Completadas:**

- Total de órdenes de trabajo ejecutadas en un periodo de tiempo específico.

#### **Tasa de Error Operativo:**

- Incidencias operativas por cada 100 transacciones.
- Fórmula:  $(\text{Errores} / \text{Total de Transacciones}) \times 100$ .

#### **Costos Operativos por Transacción:**

- Costo promedio de cada operación realizada.
- Fórmula:  $(\text{Costo Total de Operación} / \text{Total de Transacciones})$ .

### **5.4 BÚSQUEDA DE PROVEEDORES Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES**

Con el análisis de necesidades en mano, AERORENTAL LTDA procederá a buscar proveedores de SaaS que puedan ofrecer una solución CMMS en la nube capaz de cumplir con los requisitos definidos en el ToBe.

- Proceso de Búsqueda: Se invitará a proveedores especializados a presentar sus propuestas, donde deberán detallar cómo sus plataformas SaaS pueden cumplir con los requerimientos técnicos y operativos de AERORENTAL LTDA.
- Demos y Evaluaciones: AERORENTAL LTDA solicitará demos de los sistemas propuestos para que los usuarios finales puedan evaluar el software en escenarios reales. Los usuarios, principalmente del departamento de

operaciones, servicio técnico y comercial, evaluarán aspectos como la facilidad de uso, la capacidad de integración con el ERP (NetSuite), la funcionalidad de mantenimiento predictivo a través de IoT, y la escalabilidad de la solución.

## 5.5 SELECCIÓN DEL PROVEEDOR Y TOMA DE DECISIONES

Una vez evaluadas las propuestas, **AERORENTAL LTDA** llevará a cabo una comparativa entre los diferentes sistemas SaaS ofertados, utilizando una matriz de decisión para evaluar de manera objetiva los criterios clave. Los criterios considerados son:

<b>Criterio</b>	<b>Peso</b>	<b>Proveedor x</b>
Cumplimiento de las necesidades del ToBe	25%	5
Costos de implementación y operación	20%	5
Capacidad de escalabilidad	15%	5
Soporte y mantenimiento postventa	20%	5
Capacidad de integración con el ERP existente (NetSuite)	20%	5
<b>Puntuación Total</b>	<b>100%</b>	<b>85</b>

Tabla 11 Matriz de decisión.

Fuente: Elaboración propia.

Esta matriz de decisión proporciona una visión clara y cuantitativa de cómo se compara cada proveedor según los diferentes criterios, facilitando una toma de decisiones más informada y objetiva.

## 5.6 SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Anivel de seguridad los proveedores de nube como Google Cloud Platform (GCP), Amazon Web Services (AWS) y Microsoft Azure cumplen con las normas ISO/IEC 27001 mediante un enfoque riguroso en la seguridad de la información. Estos

servicios implementan prácticas recomendadas y controles para proteger los datos y la infraestructura, incluyendo la gestión de riesgos, la protección contra accesos no autorizados, la prevención de malware, la gestión de vulnerabilidades y la respuesta ante incidentes de seguridad. Además, cada proveedor somete sus procesos y sistemas a auditorías regulares para garantizar el cumplimiento continuo de los estándares de seguridad de la información, asegurando la privacidad y la integridad de los datos de los usuarios.

Según las consideraciones presentadas en la Sección 5.2, las Figuras 11, 12 y 13 muestran el diagrama de la arquitectura multinube para alojar el sistema CMMS para Aerorental LTDA. Adicional, se considera un esquema de servicios cloud de seguridad siguiendo las buenas prácticas en cada nube con el objetivo de reducir la superficie de ataque y establecer una relación de confianza entre las diferentes capas. Se consideran servicios de seguridad clave como los roles y permisos a los recursos, políticas de firewall para filtrado de tráfico e interconexión entre nubes mediante redes privadas virtuales.

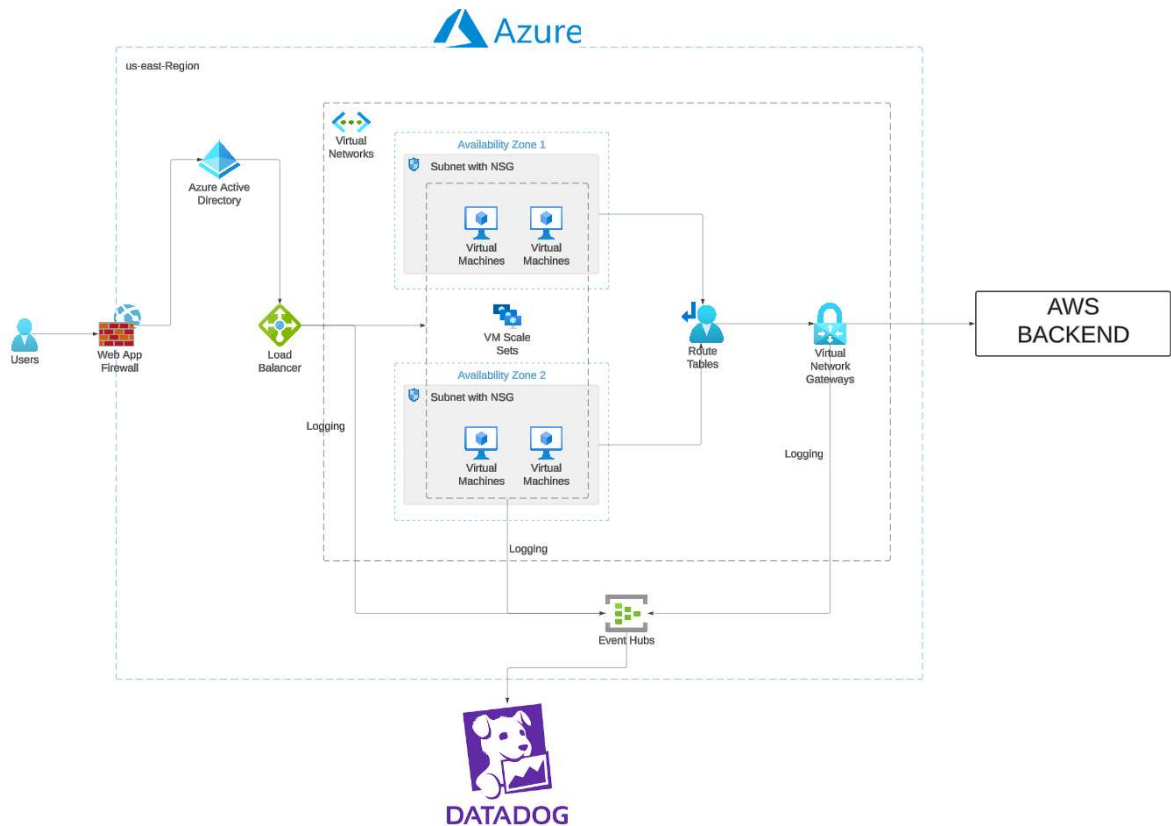


Figura 11 Diagrama técnico capa de usuario en Azure.

Fuente: Elaboración propia.

### Servicios en el esquema de Seguridad en Azure

- Azure Active Directory (AAD): Servicio de gestión de identidades y acceso que autentica usuarios y asegura el control de permisos. Proporciona Single Sign-On (SSO) para aplicaciones alojadas y facilita el cumplimiento de políticas de seguridad mediante MFA (autenticación multifactor).
- Web Application Firewall (WAF): Filtra y protege las aplicaciones web contra amenazas comunes como inyecciones SQL, scripts entre sitios (XSS) y denegaciones de servicio (DDoS). Implementado delante del Load Balancer para proteger el tráfico de aplicaciones.

- Virtual Networks (VNet) y Subnets con NSG (Network Security Groups): Aislan los recursos y controlan el tráfico de red entrante y saliente mediante reglas específicas. Los NSG actúan como firewalls de capa de red configurados para bloquear o permitir tráfico basado en direcciones IP, puertos y protocolos.
- Load Balancer: Distribuye el tráfico entre las máquinas virtuales en diferentes zonas de disponibilidad. Puede configurarse para permitir únicamente tráfico procedente del WAF y con reglas de seguridad específicas.
- Virtual Network Gateways: Proporcionan conectividad segura entre la infraestructura de Azure y el backend de AWS mediante túneles VPN encriptados.

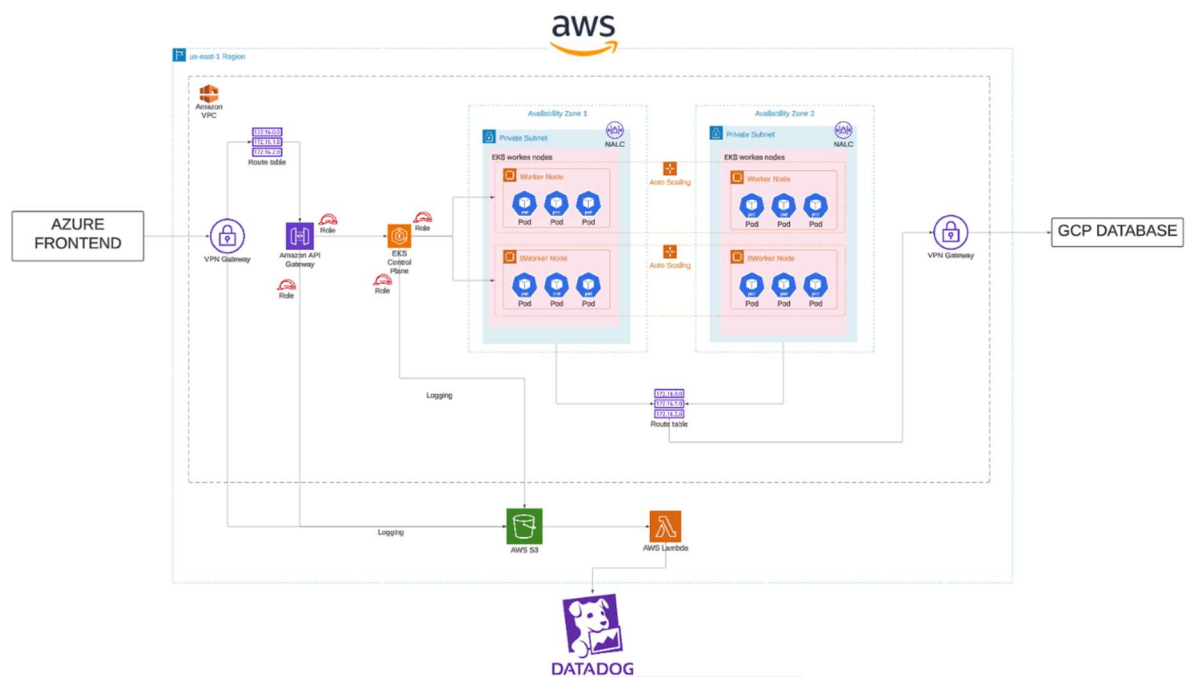


Figura 12 Diagrama técnico capa de negocio en AWS.

Fuente: Elaboración propia.

## Servicios en el esquema de Seguridad en AWS

- Virtual Private Cloud (VPC): La red VPC segmenta los recursos en subredes públicas y privadas. Aislamiento de las instancias de EKS (Elastic Kubernetes Service) en subredes privadas para protegerlas de accesos externos no autorizados.
- VPN Gateway: Establece un túnel seguro entre las otras capas (GCP Database y Azure Frontend) mediante cifrado basado en IPsec. Permite la transferencia de datos sensibles de manera segura.
- Amazon API Gateway: Gestiona el acceso a los servicios expuestos mediante API, incluyendo autenticación, autorización y control de tráfico. Compatible con AWS IAM para asignar permisos específicos a cada usuario o aplicación.
- IAM (Identity and Access Management): Define roles y políticas para limitar el acceso a recursos específicos dentro de AWS. Roles asignados a EKS Worker Nodes y Control Plane para garantizar que solo se ejecuten operaciones autorizadas.
- AWS Security Groups: Controla el tráfico entrante y saliente hacia los nodos de trabajo de EKS y otras instancias dentro de la VPC. Reglas personalizadas para permitir solo tráfico necesario, como solicitudes de API autorizadas y conexiones seguras.
- EKS Worker Nodes y Control Plane: Protección mediante el uso de IAM Roles y políticas específicas que restringen las acciones que los pods y servicios pueden realizar. Integración con servicios de monitoreo y registro para la detección de posibles vulnerabilidades.
- AWS Lambda y S3: AWS Lambda: Invocaciones seguras con permisos mínimos necesarios definidos en IAM.
- Amazon S3: Datos protegidos con cifrado en reposo mediante AWS Key Management Service (KMS) y políticas de acceso específicas para los buckets.

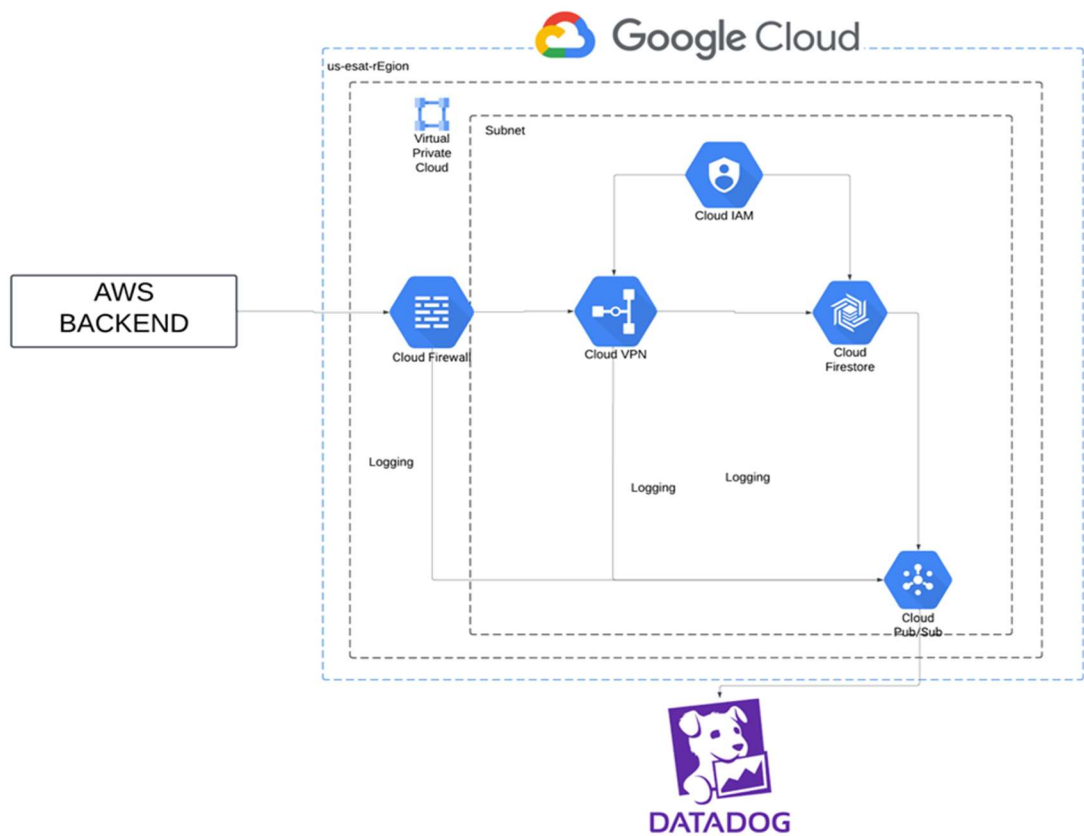


Figura 13 Diagrama técnico capa de datos

Fuente: Elaboración propia

### Servicios en el esquema de seguridad en GCP

- Cloud IAM (Identity and Access Management): Define permisos basados en roles, asegurando que los usuarios y servicios solo tengan acceso a los recursos necesarios. Soporta políticas de seguridad como "principio de mínimo privilegio".

- Cloud VPN: Establece una conexión encriptada entre la red local o la infraestructura en AWS y GCP. Garantiza la seguridad de los datos en tránsito mediante protocolos IPsec.
- Cloud Firewall: Controla y filtra el tráfico entrante y saliente hacia la red privada virtual (VPC). Configurado para bloquear accesos no autorizados y limitar el acceso a puertos y direcciones específicas.
- Cloud Logging: Centraliza los registros de actividad de todos los servicios, proporcionando trazabilidad y facilitando auditorías. Permite identificar actividades sospechosas y cumplir con normativas de cumplimiento. Monitorea el rendimiento de los servicios de GCP, detecta anomalías y genera alertas en tiempo real.

Como se observa de las Figuras 10, 11 y 13, el enfoque general de monitoreo utiliza Datadog en la capa de observabilidad como una plataforma SaaS para gestionar la complejidad inherente a la arquitectura multinube que abarca AWS, AWS, Azure y GCP. Datadog permitirá recopilar, procesar y visualizar en tiempo real registros, métricas y eventos provenientes de diversas fuentes, como los clústeres de Kubernetes, máquinas virtuales y flujos de datos. Esta recopilación integral facilitará una visión consolidada del rendimiento y desempeño del sistema, eliminando los silos de información entre nubes y mejorando la toma de decisiones.

Este enfoque unificado no solo asegurará la capacidad de detectar y resolver problemas de manera eficiente, sino que también promoverá la escalabilidad y resiliencia del sistema al ofrecer una visión coherente del comportamiento del entorno multinube.

## 5.7 CARACTERÍSTICAS Y RESTRICCIONES

### Características:

- Escalabilidad: El CMMS en la nube se ajustará a las necesidades cambiantes de AERORENTAL LTDA.
- Mantenimiento Predictivo: La integración de IoT permitirá predecir fallos y planificar mantenimientos con mayor eficiencia.
- Automatización de Órdenes de Trabajo: El sistema generará órdenes de mantenimiento de manera automática.
- Acceso Remoto: El personal podrá acceder al sistema desde cualquier lugar para gestionar y monitorear las operaciones.

### Restricciones:

- Costos de implementación inicial: Los costos relacionados con la integración de IoT y la capacitación de personal pueden ser elevados.
- Dependencia de conectividad: El sistema dependerá de una conexión estable a internet.

Fases de inicio o fin visto desde nivel global ya que en esta propuesta no se abordan todas las fases mostradas en la figura 14.



Figura 14 Fases propuestas

Fuente: Elaboración propia

**Análisis** Recopilar información y comprender las necesidades actuales y futuras de la empresa.

**Diseño** Crear una solución que responda a los requisitos identificados en el análisis ver la tabla 7

<b>Convocatorias oferentes</b>	<b>Presentación soluciones</b>	<b>Minería de bases técnicas / Funcionales</b>
<b>Elaboración de RFI</b>	<b>Entrega de RFI</b>	<b>Recepción de estudios de mercado</b>
<b>Construcción de presupuesto</b>	<b>Elaboración de RFP</b>	<b>Entrega de RFP a proveedores</b>
<b>Entrega de ofertas Solución Servicios</b>	<b>Demostración</b>	<b>Evaluación técnica / comercial</b>
<b>Negociación</b>	<b>Adjudicación</b>	<b>Formalización de contrato y pólizas</b>

Tabla 12 Diseño y planificación detallada-selección del sistema.

Fuente: Elaboración propia

Implementación Llevar a cabo el plan piloto y poner en marcha la solución en un entorno real en la tabla 6 se estima un tiempo de implementación de 10 a 12 meses, desglosado en las siguientes etapas:

- Análisis de requerimientos y diseño arquitectónico: 2 meses.
- Selección y contratación de proveedores tecnológicos: 2 meses.
- Desarrollo y configuración del sistema: 4 meses.
- Integración con sistemas existentes y pruebas funcionales: 2 meses.
- Capacitación y despliegue: 1-2 meses.
- Monitoreo y Soporte: Constante.

Fecha de inicio del proyecto:	20/10/2024	Usuarios	Procesos
Incremento de desplazamiento:	1	Implementador SI	Partner

Descripción del hito	Categoría	Asignado a	Progreso	Inicio	Días
<b>Análisis</b>					
Generación de matriz de riesgos	Riesgo medio	TI	100%	20/08/2024	1
<b>Lanzamiento de Proyecto</b>					
Levantamiento de Información As-Is Daily-Con ST, OP, Comercial. Llevar propuesta de como manejar las revisiones.	Objetivo	Esteban, Iván Padilla	0%	03/10/2024	15
Búsqueda de Proveedores(Crear una base de datos, completa, encargado, correos, telefonos, página web, referenciación inicial. todos los datos posibles).	Objetivo	Daniel, Iván Padilla	0%	18/10/2024	15
Creación de Herramienta de Evaluación	Objetivo	Iván Padilla	0%	02/11/2024	10
Generación de Acuerdos de confidencialidad	Objetivo	Iván Padilla/Equipo legal	0%	12/11/2024	5
Recepción de RFI	Objetivo			17/11/2024	10
generación y envío del RFP	Objetivo	Esteban, Iván Padilla	0%	27/11/2024	10
Recepción y evaluación de Propuestas	Objetivo	Daniel, Iván Padilla		07/12/2024	10
Realización de Demos y Evaluación- Generar envío de casos prácticos para que demos vayan acorde a la	Objetivo	Daniel, Iván Padilla	0%	17/12/2024	10

Tabla 13 Estimación de tiempo de implementación del proyecto usando método Gantt.

Fuente: Elaboración propia

Seguimiento y control monitorear el rendimiento del sistema y realizar ajustes necesarios. Tener la medición los resultados utilizando los KPIs establecidos, como tiempos de inactividad, costos de mantenimiento y satisfacción del cliente.

Post-implementación garantizar la sostenibilidad del modelo y la adopción completa

del sistema. Realizar un análisis de retorno de inversión (ROI), tanto cuantitativo como cualitativo, para validar el impacto a largo plazo.

Cierre formalizar la finalización del proyecto y transferir la solución al equipo operativo además dejar documentado los resultados del piloto y su impacto para los procesos de la empresa.

## 6 CONCLUSIONES

La arquitectura tecnológica propuesta basada en servicios de nube garantiza una alta disponibilidad y escalabilidad, aspectos esenciales para soportar un sistema CMMS y la actualización del sistema SAMM de Aerorental LTDA. Esta implementación no solo permite atender eficientemente las necesidades actuales de la empresa, sino que también asegura la capacidad de adaptarse a futuros crecimientos y demandas, optimizando la asignación de recursos tecnológicos.

La identificación de servicios de seguridad clave permite diseñar una arquitectura en la nube alineada con las mejores prácticas de la industria, garantizando la protección de los datos y la continuidad operativa. Este enfoque fortalece la confianza en la infraestructura tecnológica, al implementar controles avanzados como la gestión de identidades, el cifrado de datos y la monitorización proactiva, asegurando un entorno robusto y confiable.

La selección de un servicio de monitoreo administrado y centralizado asegura una observabilidad integral de la infraestructura y del sistema CMMS en la nube, permitiendo la detección proactiva de fallos y la optimización continua del rendimiento. Esta estrategia garantiza una operación más confiable, reduce tiempos de inactividad y facilita la toma de decisiones basada en métricas en tiempo real.

El diseño de una infraestructura en la nube basada en arquitecturas de referencia y escalabilidad horizontal garantiza una alta disponibilidad y compatibilidad con servicios emergentes para el sistema CMMS. Esta solución asegura la continuidad del negocio de Aerorental LTDA al proporcionar una plataforma resiliente y adaptable a las necesidades cambiantes del mercado, mejorando la estabilidad operativa y la capacidad de integración tecnológica.

## 7 REFERENCIAS

- [1] “Construction Equipment Rental Market Size Report, 2030.” Accessed: Jun. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/construction-equipment-rental-market>
- [2] Mordor Intelligence, “Tamaño del mercado de alquiler de equipos de construcción y análisis de participación tendencias de crecimiento y pronósticos (2024-2029) Source: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/construction-equipment-rental-market>,” 2023.
- [3] Findeter, “2024, un año de grandes inversiones en infraestructura de transporte,” *Blog informes económicos*, 2024.
- [4] Potenco, “Alquilar vs Comprar Equipos de Elevación para Construcción .” Accessed: Apr. 30, 2024. [Online]. Available: <https://potenco.com.co/alquilar-comprar-equipos-elevacion-construccion/>
- [5] José M Tamborero del Pino, “NTP 634: Plataformas elevadoras móviles de personal.”
- [6] “Colombia debe impulsar la transformación digital y adoptar medidas adicionales para garantizar que toda la población comparta los beneficios - OECD.” Accessed: May 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/newsroom/colombia-debe-impulsar-la-transformacion-digital-y-adoptar-medidas-adicionales-para-garantizar-que-toda-la-poblacion-comparta-los-beneficios.htm>

- [7] Cintel, “51.5%, Índice Global de Madurez de Transformación Digital de las empresas colombianas en 2023,” 2023.
- [8] NTT Data, “Cloud en América Latina”, Accessed: May 04, 2024. [Online]. Available: <https://www.technologyreview.es/s/15955/mas-del-80-de-organizaciones-de-america-latina-ya-adoptan-cloud>
- [9] NU. CEPAL, “Datos y hechos sobre la transformación digital: informe sobre los principales indicadores de adopción de tecnologías digitales en el marco de la Agenda Digital para América Latina y el Caribe,” 2021.
- [10] Inter American Development Bank, “impacto de la automatizacion El impacto de la automatización, más allá de las fronteras,” 2021.
- [11] SYDLE, “Integración de sistemas: conoce su importancia, sus tipos y sus retos.” Accessed: May 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.sydle.com/es/blog/integracion-de-sistemas-6140d39a84679b13bf127a93/>
- [12] Mordor Intelligence, “Análisis de CRM Tamaño del mercado y análisis de acciones - Informe de investigación de la industria - Tendencias de crecimiento.” Accessed: May 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/crm-analytics-market>
- [13] SonicWall, “2024 SonicWall Cyber Threat Report,” p. 1, 2024, [Online]. Available: <https://www.sonicwall.com/medialibrary/en/white-paper/2024-cyber-threat-report.pdf>
- [14] “Colombia sufrió 12.000 millones de intentos de ciberataques en 2023 según reporte de Fortinet - CCIT - Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones.” Accessed: May 06, 2024. [Online]. Available: <https://www.ccit.org.co/blog/colombia-sufrio-12-000-millones-de-intentos-de-ciberataques-en-2023-segun-reporte-de-fortinet/>
- [15] “ESTÁNDARES DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN / Javier Nery Rojas B., MBA, CPP - Riesgos y Gestión.” Accessed: May 06, 2024. [Online]. Available: <https://riesgos-gestion.com/blog/estandares-de-seguridad-de-la-informacion/>

- [16] Ministerio del Trabajo, “Resolución Número 4272 de 2021,” 2021.
- [17] “New digital tools to increase rental efficiencies - Access Briefing.” Accessed: Jun. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.accessbriefing.com/news/new-digital-tools-to-increase-rental-efficiencies/8036677.article>
- [18] “Nuevas herramientas digitales para aumentar la eficiencia del alquiler - International Rental News.” Accessed: Jun. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.internationalrentalnews.com/news/new-digital-tools-to-increase-rental-efficiencies/8036677.article>
- [19] “Estadísticas del tamaño del mercado de alquiler de coches | Informe de análisis, 2032.” Accessed: Jun. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/car-rental-market>
- [20] “Comprender las tendencias futuras en la industria del alquiler de equipos - Axiom Equipment Group.” Accessed: Jun. 02, 2024. [Online]. Available: <https://axiomequipmentgroup.com/understanding-the-future-trends-in-the-equipment-rental-industry/>
- [21] “Comercializadora Gomez Botero S.A.S. Company Profile - Colombia | Financials & Key Executives | EMIS.” Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: [https://www.emis.com/php/company-profile/CO/Comercializadora\\_Gomez\\_Botero\\_SAS\\_en\\_6916204.html](https://www.emis.com/php/company-profile/CO/Comercializadora_Gomez_Botero_SAS_en_6916204.html)
- [22] “Aeroequipos Sas Perfil de Compañía - Colombia | Finanzas y ejecutivos clave | EMIS.” Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: [https://www.emis.com/php/company-profile/CO/Aeroequipos\\_Sas\\_es\\_4163947.html](https://www.emis.com/php/company-profile/CO/Aeroequipos_Sas_es_4163947.html)

## 8 LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Efectos del problema.....	5
Figura 2 Causas del problema.....	5
Figura 3 Árbol de problemas.....	6
Figura 4 Árbol de objetivos.....	21
Figura 5 Objetivo general y específicos.....	21
Figura 6 Diagrama de bloques de la situación actual.....	24
Figura 7 Diagrama secuencial situación actual SAMM.....	25
Figura 8 Diagrama de bloques de la solución deseada.....	26
Figura 9 Diagrama secuencia situación deseada.....	27
Figura 10 Diagrama de bloques de la arquitectura propuesta.....	31
Figura 11 Diagrama técnico capa de usuario en Azure.....	48
Figura 12 Diagrama técnico capa de negocio en AWS.....	49
Figura 13 Diagrama técnico capa de datos.....	51
Figura 14 Fases propuestas.....	54

## 9 LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Acrónimos.....	3
Tabla 2 FODA.....	20
Tabla 3 Comparativa alternativas técnicas capa usuario.....	33
Tabla 4 Comparativa alternativas técnicas capa negocio.....	34
Tabla 5 Comparativa alternativas técnicas capa datos.....	35
Tabla 6 Comparativa alternativas técnicas capa observabilidad.....	37
Tabla 7 Matriz puntuación alternativas técnicas capa usuario.....	42
Tabla 8 Matriz puntuación alternativas técnicas capa negocio.....	42
Tabla 9 Matriz puntuación alternativas técnicas capa datos.....	43
Tabla 10 Matriz puntuación alternativas técnicas capa datos.....	43
Tabla 11 Matriz de decisión.....	46
Tabla 12 Diseño y planificación detallada-selección del sistema.....	55
Tabla 13 Estimación de tiempo de implementación del proyecto usando método Gantt.....	56