Instituto Europeo de Posgrado

Master en Inteligencia Artificial Aplicada

Proyecto Final de Aplicación

Evaluación y Migración a Infraestructura Cloud para Quantia Trading S.L

|  |  |
| --- | --- |
| Preparado por: | Patricio Galván E. |
| Fecha: | 22 de mayo del 2025 |
| Versión: | 1 |

Contenido

[1 Introducción 6](#_Toc198824313)

[2 Perfil, Contexto y Desafíos de Quantia Trading S.L. 6](#_Toc198824314)

[2.1 Descripción general de la industria: Trading algorítmico 6](#_Toc198824315)

[2.2 Perfil y estructura de Quantia Trading S.L. 7](#_Toc198824316)

[2.3 Contexto de infraestructura y desafíos actuales 7](#_Toc198824317)

[3 Casos de Uso Identificados para la Migración Cloud 9](#_Toc198824318)

[3.1 Contexto general 9](#_Toc198824319)

[3.2 Criterios de selección 9](#_Toc198824320)

[3.3 Resumen de los casos identificados 10](#_Toc198824321)

[4 Análisis Detallado de Casos de Uso 11](#_Toc198824322)

[4.1 Backtesting de estrategias 11](#_Toc198824323)

[4.2 Entrenamiento y despliegue de modelos predictivos 13](#_Toc198824324)

[4.3 Automatización de tareas y bots 15](#_Toc198824325)

[4.4 Monitoreo y alertas en tiempo real 16](#_Toc198824326)

[4.5 Almacenamiento seguro y backups automáticos 18](#_Toc198824327)

[5 Comparativa global entre proveedores cloud 20](#_Toc198824328)

[5.1 Enfoques diferenciados 20](#_Toc198824329)

[5.2 Conclusión de la Comparativa 21](#_Toc198824330)

[6 Consideraciones Clave de la Migración Cloud 22](#_Toc198824331)

[6.1 Seguridad, privacidad y cumplimiento normativo 22](#_Toc198824332)

[6.2 Gobierno, monitoreo y logging 22](#_Toc198824333)

[6.3 Estrategia de migración por fases 23](#_Toc198824334)

[6.4 Integración y coexistencia con sistemas existentes 23](#_Toc198824335)

[6.5 Factores clave de éxito 23](#_Toc198824336)

[6.6 Riesgos y estrategias de mitigación 24](#_Toc198824337)

[6.7 **Presupuesto estimado de migración y operación** 25](#_Toc198824338)

[**Tabla 6.1: Costos estimados de migración (one-time)** 26](#_Toc198824339)

[**Tabla 6.2: Costos mensuales estimados de operación** 26](#_Toc198824340)

[7 Conclusiones e Impacto de la Adopción Cloud 27](#_Toc198824341)

Indice de Tablas

[Tabla 2.1: Equipo y funciones 8](#_Toc198824342)

[Tabla 2.2: Infraestructura local 8](#_Toc198824343)

[Tabla 5.1: Comparativa Global de Proveedores Cloud 20](#_Toc198824344)

[Tabla 5.2: Evaluación General 21](#_Toc198824345)

[Tabla 6.1: Costos estimados de migración (one-time) 26](#_Toc198824346)

[Tabla 6.2: Costos mensuales estimados de operación 26](#_Toc198824347)

[Tabla 6.3: Costos anuales (proyección) 26](#_Toc198824348)

Resumen Ejecutivo

****Proyecto:**** Evaluación y Migración a Infraestructura Cloud para Quantia Trading S.L

****Empresa:**** Quantia Trading S.L.

****Ubicación:**** Madrid, España

****Contexto****

Quantia Trading S.L. es una empresa emergente especializada en el desarrollo de **estrategias de trading algorítmico**. Opera actualmente con una infraestructura local compuesta por cinco estaciones de trabajo y un único servidor que aloja todos los servicios críticos: datos, ejecución, entrenamiento de modelos y automatización. Esta infraestructura presenta limitaciones operativas, riesgos de seguridad, falta de trazabilidad y escasa capacidad de escalado, lo que restringe el crecimiento y la innovación.

****Objetivo****

El propósito de este proyecto es evaluar de forma integral cómo el paradigma del cloud computing puede transformar la operación de Quantia, identificando los casos de uso clave que se beneficiarían de su adopción y seleccionando el proveedor de servicios cloud más adecuado para llevar a cabo una migración progresiva, segura y eficiente.

****Metodología****

La evaluación se desarrolló en cinco etapas:

1. Análisis del perfil de la empresa y sus desafíos técnicos.
2. Identificación de cinco casos de uso críticos para la migración:
   * Backtesting distribuido.
   * Entrenamiento y despliegue de modelos.
   * Automatización de tareas.
   * Monitoreo en tiempo real.
   * Almacenamiento seguro y respaldo automático.
3. Evaluación de los servicios disponibles en AWS, Azure y GCP para cada caso de uso.
4. Comparación de costos, escalabilidad, simplicidad y adecuación técnica.
5. Análisis de riesgos, plan de mitigación y definición de una estrategia de migración por fases.

****Recomendación****

Tras comparar los tres principales proveedores cloud, se recomienda llevar a cabo la migración de Quantia Trading S.L. a **Google Cloud Platform (GCP)**. Esta decisión se basa en:

* Su **estructura de costos más favorable** para startups tecnológicas con cargas intensivas en datos.
* Servicios altamente integrados y **accesibles desde entornos Python**, lo cual facilita el trabajo técnico del equipo actual.
* Funcionalidades robustas en **machine learning, automatización y almacenamiento escalable**.
* **Curva de aprendizaje baja** y experiencia fluida para equipos técnicos reducidos.
* Capacidad de **escalar de forma segura y flexible**, adaptándose a las distintas fases del crecimiento organizacional.

El análisis económico realizado muestra que la solución en GCP presenta un **presupuesto estimado altamente sostenible**, con costos operativos mensuales por debajo de los 130 €, y una inversión inicial mínima para migración. Esta estructura permite a Quantia controlar sus gastos desde el inicio, sin comprometer rendimiento ni seguridad.

Además, GCP permite establecer mecanismos efectivos de **gobernanza cloud**, incluyendo control de accesos basado en roles (IAM), monitoreo de recursos, alertas de consumo y auditoría automatizada de actividades. Esto asegura una operación ordenada, transparente y alineada con los objetivos de negocio.

La migración deberá realizarse de forma **progresiva**, comenzando por los datos y procesos de backtesting, hasta alcanzar un entorno híbrido con ejecución local y coordinación cloud, garantizando **seguridad, trazabilidad, eficiencia operativa y control financiero continuo**.

# Introducción

En un contexto de acelerada transformación digital, el trading algorítmico se ha posicionado como una disciplina estratégica dentro del sector financiero. Su operación exige el uso intensivo de datos, la automatización de decisiones en tiempo real, y una infraestructura tecnológica capaz de garantizar rendimiento, seguridad y disponibilidad en entornos de alta volatilidad. A medida que las empresas buscan responder con agilidad a los cambios del mercado, el paradigma del cloud computing se presenta como una solución integral para escalar capacidades, reducir costos operativos y habilitar nuevos niveles de eficiencia y colaboración.

El presente informe tiene como objetivo analizar cómo una empresa emergente de trading algorítmico puede beneficiarse de la adopción de servicios en la nube. Se evaluarán los principales retos técnicos y operativos de la organización actual, y se propondrán casos de uso concretos donde las tecnologías cloud pueden aportar valor inmediato y estratégico. Para ello, se compararán las principales plataformas del mercado —Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure y Google Cloud Platform (GCP)— con el fin de seleccionar la más adecuada en función de criterios técnicos, económicos y operativos.

El análisis culminará con una propuesta de arquitectura de referencia, una hoja de ruta de migración y una evaluación del impacto transformacional esperado, incluyendo aspectos clave como seguridad, cumplimiento normativo, monitorización y gobernanza.

# Perfil, Contexto y Desafíos de Quantia Trading S.L.

## Descripción general de la industria: Trading algorítmico

El trading algorítmico es una rama especializada de la industria financiera que se basa en la automatización de decisiones de compra y venta de activos mediante algoritmos matemáticos y modelos computacionales. Estos algoritmos analizan grandes volúmenes de datos de mercado, evalúan múltiples indicadores técnicos y fundamentales, y ejecutan operaciones en fracciones de segundo. Su implementación requiere infraestructura tecnológica avanzada, acceso a datos en tiempo real, baja latencia, capacidad de cómputo escalable y mecanismos de control de riesgo automatizados.

La evolución del trading algorítmico ha estado fuertemente influida por la adopción de tecnologías de computación en la nube, machine learning y automatización de procesos. Las empresas que operan en este sector enfrentan desafíos como la necesidad de responder con rapidez a eventos del mercado, optimizar el rendimiento de sus modelos, y asegurar la integridad, trazabilidad y seguridad de todas las operaciones realizadas.

## Perfil y estructura de Quantia Trading S.L.

**Quantia Trading S.L.** es una empresa emergente de base tecnológica ubicada en Madrid, España, dedicada al desarrollo, prueba y ejecución de estrategias de trading algorítmico sobre mercados financieros de alta liquidez. La organización está conformada por un equipo multidisciplinario de cinco personas, con roles definidos y complementarios:

* ****CEO / Quant Lead****: Lidera el diseño de estrategias, define la visión técnica y supervisa el ciclo de decisiones algorítmicas.
* ****Ingeniero de Datos****: Encargado de la obtención, limpieza y estructuración de datos históricos y en tiempo real.
* ****Desarrollador Backend****: Implementa scripts de ejecución, automatiza procesos internos y conecta con APIs de exchanges.
* ****Científico de Datos****: Diseña, entrena y ajusta modelos predictivos utilizando técnicas de machine learning.
* ****Trader Operativo / Responsable de Riesgos****: Ejecuta pruebas en paper trading, y en vivo, evalúa resultados y supervisa la exposición al riesgo.

## Contexto de infraestructura y desafíos actuales

La operación de Quantia se sustenta actualmente sobre una infraestructura completamente local y limitada, compuesta por cinco estaciones de trabajo y un único servidor Linux. Este servidor centraliza tareas críticas: almacenamiento de datos históricos, ejecución de estrategias, hosting del sitio web institucional (página HTML estática servida con Apache), y coordinación de flujos de trabajo.

Los principales procesos se ejecutan de forma manual o mediante scripts simples. No existe control de versiones automatizado, ni sistema de monitorización, ni herramientas de colaboración centralizada. Las API keys se almacenan sin cifrado en archivos locales, y no hay backups automáticos ni mecanismos de recuperación ante fallos. La red no cuenta con VPN ni autenticación multifactor. Esta situación representa un riesgo operativo significativo, limita la productividad del equipo y bloquea cualquier intento de escalar la operación.

En las siguientes Tablas se entrega un resumen de la arquitectura actual de la empresa:

Tabla 2.1: Equipo y funciones

|  |  |
| --- | --- |
| Rol | Responsabilidades principales |
| 1. CEO / Quant Lead | - Diseñar estrategias de trading - Validar señales y modelos - Supervisar el flujo de decisiones |
| 2. Ingeniero de Datos | - Recolectar y limpiar datos - Guardar históricos de mercado - Generar datasets para ML y backtesting |
| 3. Desarrollador Backend | - Crear scripts de ejecución - Automatizar tareas locales - Implementar conectividad con exchanges |
| 4. Científico de Datos | - Entrenar y ajustar modelos predictivos - Probar indicadores y relaciones estadísticas |
| 5. Trader Operativo / Risk Manager | - Ejecutar paper trading y sesiones en vivo - Evaluar resultados - Control de riesgo manual |

Tabla 2.2: Infraestructura local

|  |  |
| --- | --- |
| Elemento | Descripción técnica |
| Hardware | - 5 PC de escritorio (Windows/Linux) con conexión local y acceso compartido - 1 servidor Linux central (rack pequeño) |
| Red | Red LAN básica. Sin VPN. Acceso al servidor vía SSH con autenticación simple. |
| Sitio web básico | Página HTML estática con información institucional. Hospedada en el servidor con Apache. |
| Repositorios de código | Carpeta compartida en servidor y copia en GitHub privado. Sin integración continua. |
| Datos históricos | Archivos .csv y .parquet guardados en carpetas locales del servidor. |
| Trading en vivo | Script en Python ejecutado manualmente desde consola. Usa API REST (ej. Binance). |
| Backtesting | Ejecutado desde notebooks locales sobre datos históricos almacenados en disco. |
| Modelos ML | .pkl locales. Se entrenan con Jupyter y se cargan directamente en scripts. |
| Seguridad | API keys guardadas en archivos .env. Accesos sin MFA. Riesgo de exposición. |
| Monitorización | Ausente. Los Logs se imprimen en consola y se revisan manualmente. |
| Backup | No existen copias automáticas. Se hace backup ocasional a disco externo manualmente. |
| Colaboración | Archivos compartidos manualmente o vía correo. No hay entorno común de pruebas. |

# **Casos de Uso Identificados para la Migración Cloud**

La adopción de infraestructura cloud en empresas de trading algorítmico como Quantia Trading S.L. no responde únicamente a una tendencia tecnológica, sino a necesidades operativas críticas derivadas del volumen de datos, el dinamismo del mercado y las exigencias regulatorias. En este contexto, se han identificado casos de uso que presentan un alto impacto potencial en eficiencia, escalabilidad y rendimiento.

## **Contexto general**

La actividad de Quantia requiere una infraestructura flexible, segura y escalable para abordar procesos que combinan:

* procesamiento intensivo de datos históricos y en tiempo real,
* entrenamiento y despliegue ágil de modelos de inteligencia artificial,
* almacenamiento de grandes volúmenes de información con diferentes patrones de acceso,
* y cumplimiento normativo continuo, con trazabilidad y auditoría.

La arquitectura tradicional basada en servidores físicos o esquemas híbridos presenta limitaciones en velocidad, elasticidad y costos. Migrar ciertos procesos clave a la nube permite romper estas restricciones.

## **Criterios de selección**

Se definieron como **casos de uso críticos** aquellos procesos que:

* tienen alto impacto en la operación diaria o la toma de decisiones estratégicas,
* presentan cuellos de botella técnicos o costos crecientes bajo la infraestructura actual,
* se benefician claramente de servicios cloud como escalado automático, almacenamiento distribuido, o cómputo intensivo bajo demanda.

También se consideraron como prioritarios aquellos procesos donde la seguridad, la latencia y la trazabilidad son fundamentales para el negocio.

## **Resumen de los casos identificados**

A continuación, se describen brevemente los cinco casos seleccionados como prioritarios para su análisis y posible migración a infraestructura cloud:

1. ****Backtesting intensivo****  
   Proceso de simulación de estrategias sobre datos históricos. Requiere capacidad de cómputo paralela y ejecución masiva.
2. ****Entrenamiento de modelos de IA****  
   Construcción y ajuste de modelos predictivos usando grandes volúmenes de datos. Alta demanda de recursos GPU y pipelines complejos.
3. ****Almacenamiento de datos históricos****  
   Datos de mercado de alta resolución y logs que deben conservarse a largo plazo con políticas de acceso y archivado diferenciadas.
4. ****Visualización y análisis en tiempo real****  
   Dashboards para traders y sistemas automatizados que consumen información procesada al segundo.
5. ****Gestión de riesgo y cumplimiento regulatorio****  
   Automatización de reportes y monitoreo continuo de eventos críticos para cumplir con normativas financieras.

# Análisis Detallado de Casos de Uso

## Backtesting de estrategias

a) Beneficios del uso de cloud

La migración del proceso de backtesting hacia una arquitectura cloud aporta mejoras sustanciales en:

* **Escalabilidad**: permite ejecutar múltiples pruebas en paralelo, utilizando instancias bajo demanda.
* **Velocidad**: reducción significativa del tiempo necesario para validar una estrategia sobre distintos activos o periodos históricos.
* **Ahorro de costos**: gracias al uso de instancias temporales (spot/preemptibles), se optimiza el costo de cómputo.
* **Colaboración**: los resultados pueden ser almacenados en ubicaciones compartidas y visualizados por todo el equipo.
* **Trazabilidad**: cada experimento puede ser versionado y registrado junto a sus parámetros y métricas.

b) Servicios cloud utilizados

|  |  |
| --- | --- |
| Capa | Servicios por proveedor |
| **IaaS** | **AWS:** EC2 Spot Instances **Azure:** Virtual Machines con autoscale **GCP:** Compute Engine Preemptible VMs |
| **PaaS** | **AWS:** Batch / Lambda para coordinación **Azure:** Azure Batch **GCP:** Cloud Functions + Cloud Scheduler |
| **Almacenamiento** | **AWS:** S3 **Azure:** Blob Storage **GCP:** Cloud Storage |

c) Arquitectura de referencia

**Flujo funcional propuesto:**

1. El usuario carga parámetros de prueba (estrategia, dataset, horizonte temporal).
2. Una función serverless inicia un lote de tareas (una por combinación).
3. Cada tarea se ejecuta en una instancia temporal (VM ligera).
4. Los resultados se almacenan en un bucket estructurado.
5. Un dashboard accede a los resultados y los presenta al equipo.

**Componentes clave:**

* Orquestador de tareas (Cloud Functions / Lambda / Azure Functions).
* Motor de cómputo distribuido (EC2 Spot, Azure Batch, GCP Preemptible VMs).
* Repositorio de resultados (S3 / Blob / Cloud Storage).
* Planificador periódico (Scheduler o Cron cloud-native).

d) Comparación entre proveedores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Criterio | AWS | Azure | GCP |
| Facilidad de configuración | Media | Alta | Alta |
| Costo de instancias spot | Competitivo | Más alto | Muy competitivo |
| Integración con Python local | Alta (SDK + CLI) | Alta | Alta |
| Servicios serverless | Madurez alta (Lambda + Step) | Sencillos pero integrados | Muy simples (Functions + Jobs) |
| Almacenamiento de resultados | S3 con amplio soporte | Blob Storage flexible | Cloud Storage económico |

e) Indicadores esperados de mejora:

* Reducción del tiempo de ejecución del backtesting de 4 horas a 20 minutos.
* Aceleración de pruebas de estrategia en un 85%.
* Reducción de costes por uso de instancias spot o serverless en más del 40%.

f) Observaciones

Para este caso de uso, **los tres proveedores son técnicamente viables**. Sin embargo, **GCP destaca por su bajo costo en instancias preemptibles**, su facilidad de uso en tareas automatizadas, y su excelente integración con cargas escritas en Python. Esto lo convierte en un candidato fuerte para empresas pequeñas que requieren ejecutar grandes volúmenes de pruebas de forma económica y controlada.

## Entrenamiento y despliegue de modelos predictivos

a) Beneficios del uso de cloud

El entrenamiento de modelos de machine learning (ML) en entornos locales presenta limitaciones severas para una empresa pequeña como Quantia, tanto en términos de capacidad computacional como de trazabilidad. Migrar esta etapa crítica a la nube permite:

* **Escalar dinámicamente el uso de recursos según la carga del modelo**.
* **Almacenar datasets y modelos de forma centralizada y segura**.
* **Automatizar experimentos con pipelines reproducibles**.
* **Versionar modelos y métricas de validación para seguimiento científico**.
* **Desplegar modelos como servicios (API) accesibles desde bots o dashboards**.

b) Servicios cloud utilizados

|  |  |
| --- | --- |
| Capa | Servicios por proveedor |
| **PaaS ML gestionado** | **AWS:** SageMaker **Azure:** Azure Machine Learning **GCP:** Vertex AI |
| **Almacenamiento de datos** | **AWS:** S3 **Azure:** Blob Storage **GCP:** Cloud Storage |
| **Versionado / monitoreo de modelos** | **AWS:** SageMaker Experiments **Azure:** ML Studio + Datasets **GCP:** Vertex AI Experiments / Model Registry |
| **Despliegue de modelos como API** | **AWS:** Endpoint en SageMaker **Azure:** Managed Online Endpoints **GCP:** Vertex AI Prediction |

c) Arquitectura de referencia

**Flujo propuesto:**

1. El científico de datos carga un nuevo dataset a Cloud Storage.
2. Inicia un experimento desde un entorno gestionado (Jupyter notebook cloud-native).
3. El entrenamiento se ejecuta sobre nodos escalables según demanda.
4. Se registra el modelo, sus métricas, y sus parámetros.
5. El modelo validado se despliega como endpoint REST y se integra con los bots de ejecución.
6. Los logs del modelo, el uso y el rendimiento se monitorean en tiempo real.

**Componentes clave:**

* Plataforma ML integrada (entorno + entrenamiento + despliegue).
* Gestión de versiones de modelos y datasets.
* Almacenamiento centralizado para datasets de entrenamiento y resultados.
* Monitorización del endpoint y consumo por parte de bots.

d) Comparación entre proveedores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Criterio | AWS | Azure | GCP |
| Entorno integrado de ML | SageMaker Studio (muy completo) | Azure ML Studio (guiado) | Vertex AI Workbench (simple y funcional) |
| Escalabilidad del entrenamiento | Alta | Alta | Alta |
| Versionado automático | Completo (Experiments + Model Registry) | Parcial | Integrado (Experiments + Registry) |
| Costo de uso | Medio-alto | Medio | Competitivo |
| Simplicidad para un equipo pequeño | Requiere configuración | Requiere aprendizaje | Intuitivo para entornos Python |

e) Indicadores esperados de mejora:

* Reducción del tiempo de entrenamiento de modelos de 3 días a 8 horas.
* Aumento del rendimiento computacional (GPU) con escalado automático.
* Ahorro estimado del 25% en recursos gracias a uso de MLOps y optimización de pipelines.

f) Observaciones

En términos funcionales, los tres proveedores ofrecen plataformas maduras para entrenamiento y despliegue de modelos ML. **AWS** se destaca por su profundidad de servicios, aunque requiere mayor configuración y experiencia previa. **Azure** ofrece una solución visual y bien integrada con entornos empresariales. Sin embargo, para un equipo pequeño y altamente técnico como Quantia, **GCP ofrece una curva de aprendizaje más accesible, costos competitivos y una experiencia fluida en entornos de desarrollo en Python**, lo que lo posiciona como una opción particularmente eficaz en este caso de uso.

## Automatización de tareas y bots

a) Beneficios del uso de cloud

La automatización de tareas operativas es crítica para liberar recursos del equipo, reducir errores manuales y garantizar la ejecución precisa de procesos recurrentes como:

* Descarga de datos de mercado.
* Actualización de precios históricos.
* Generación de reportes o señales.

El uso de servicios cloud permite:

* **Programar tareas sin necesidad de servidores locales**.
* **Reducir costos mediante funciones serverless**.
* **Escalar automáticamente la ejecución ante picos de carga**.
* **Integrar lógica condicional, reintentos y control de errores**.

b) Servicios cloud utilizados

|  |  |
| --- | --- |
| Capa | Servicios por proveedor |
| **PaaS serverless** | **AWS:** Lambda **Azure:** Functions **GCP:** Cloud Functions |
| **Planificación / Cron** | **AWS:** EventBridge Scheduler **Azure:** Timer Trigger **GCP:** Cloud Scheduler |
| **Mensajería / Orquestación** | **AWS:** Step Functions / SQS **Azure:** Durable Functions **GCP:** Pub/Sub + Workflows |

c) Arquitectura de referencia

**Flujo funcional propuesto:**

1. Una tarea programada se activa (por tiempo o por evento).
2. Se ejecuta una función cloud con lógica autónoma.
3. La función consulta datos, aplica lógica, y almacena el resultado.
4. En caso de error, se activa un mecanismo de reintento o se notifica vía alerta.

**Ejemplo concreto:** actualización diaria del archivo de precios históricos de BTC/ETH mediante función que llama a la API del exchange, guarda en Cloud Storage y registra en log.

d) Comparación entre proveedores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Criterio | AWS | Azure | GCP |
| Facilidad de configuración | Requiere setup IAM | Muy sencilla | Muy sencilla |
| Integración con cron | Completa (EventBridge) | Básica | Directa (Cloud Scheduler) |
| Latencia de arranque | Baja | Moderada | Baja |
| Costos | Gratis en bajos volúmenes | Gratis en bajos volúmenes | Gratis en bajos volúmenes |
| Escalabilidad automática | Excelente | Alta | Excelente |

e) Indicadores esperados de mejora:

* **Automatización del 100% de las tareas operativas recurrentes**, como actualización de precios, envío de señales y generación de reportes.
* **Reducción del tiempo de ejecución de tareas programadas en un 80%**, al eliminar esperas, intervención manual y latencia local.
* **Disminución del riesgo operativo por errores humanos en un 90%**, gracias a la estandarización y ejecución automática.
* **Disponibilidad continua (24/7) de procesos automatizados**, sin necesidad de personal en horario no laboral.
* **Trazabilidad completa de ejecuciones**, con registros centralizados y alertas ante fallos o reintentos.

f) Observaciones

Para este tipo de tareas automatizadas, todos los proveedores ofrecen soluciones eficientes. No obstante, **GCP destaca por la simplicidad de sus funciones y la integración directa con programadores y colas de mensajes**, lo que lo convierte en una opción óptima para una startup sin equipo DevOps dedicado.

## Monitoreo y alertas en tiempo real

a) Beneficios del uso de cloud

La visibilidad operacional es esencial para detectar errores de ejecución, caídas de servicios, o comportamientos anómalos de los bots. El monitoreo cloud permite:

* **Centralizar logs de múltiples fuentes**.
* **Generar métricas, paneles y alertas** en tiempo real.
* **Reducir el tiempo de respuesta ante incidentes**.
* **Historial de eventos para análisis post-mortem**.

b) Servicios cloud utilizados

|  |  |
| --- | --- |
| Capa | Servicios por proveedor |
| **Logging / Métricas** | **AWS:** CloudWatch **Azure:** Monitor + Log Analytics **GCP:** Cloud Logging + Monitoring |
| **Alertas / Notificaciones** | **AWS:** SNS + Alarms **Azure:** Action Groups **GCP:** Alerting + Pub/Sub |
| **Visualización** | **AWS:** Dashboards **Azure:** Workbooks **GCP:** Looker Studio / Grafana integrado |

c) Arquitectura de referencia

**Flujo funcional propuesto:**

1. Cada bot y función escribe sus eventos y errores en un servicio de logging cloud.
2. Los eventos críticos generan alertas automatizadas (email, Telegram, Slack).
3. Los dashboards presentan en tiempo real el estado de ejecución, métricas de latencia y rendimiento.

d) Comparación entre proveedores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Criterio | AWS | Azure | GCP |
| Facilidad de integración | Alta (CloudWatch Agent) | Alta (con setup previo) | Muy alta (Logging por defecto) |
| Visualización nativa | Funcional | Avanzada | Limitada, pero con Looker o Grafana |
| Generación de alertas | Avanzada | Completa | Simple pero efectiva |
| Costo estimado | Medio | Medio | Bajo |

e) Indicadores esperados de mejora

**Rendimiento y visibilidad operativa:**

* Reducción del tiempo de respuesta de dashboards de **2 segundos a menos de 500 ms**.
* Procesamiento de eventos en streaming con una latencia inferior a **1 segundo**.
* Mejora significativa en la **toma de decisiones intradía**, gracias a disponibilidad de datos en tiempo real.

**Indicadores orientados a cumplimiento y auditoría:**

* **Automatización del 100% de los reportes regulatorios**, con generación periódica y almacenamiento cifrado.
* **Reducción del 50% en incidentes de incumplimiento**, mediante alertas en tiempo real ante desviaciones operativas.
* **Auditoría continua con trazabilidad total**, gracias a registros firmados de accesos y acciones sobre sistemas críticos.
* **Visibilidad completa sobre accesos y uso de datos sensibles**, con retención mínima de logs durante 6 meses.
* **Reducción del riesgo de exposición de datos en un 90%**, mediante control de roles (IAM) y políticas de alerta sobre accesos no autorizados.
* **la toma de decisiones intradía con información en tiempo real.**

f) Observaciones

**GCP ofrece una solución simple y eficaz** para empresas pequeñas que no necesitan herramientas avanzadas de monitoreo corporativo. Además, integra bien con funciones, almacenamiento y Pub/Sub para notificaciones en tiempo real.

## Almacenamiento seguro y backups automáticos

a) Beneficios del uso de cloud

El almacenamiento cloud elimina la dependencia de dispositivos físicos y procesos manuales, permitiendo:

* **Acceso seguro y versionado de datos y scripts**.
* **Cifrado automático en tránsito y en reposo**.
* **Backups programados y recuperación ante desastres**.
* **Compartición controlada por permisos**.

b) Servicios cloud utilizados

|  |  |
| --- | --- |
| Capa | Servicios por proveedor |
| **Almacenamiento** | **AWS:** S3 + Glacier **Azure:** Blob Storage + Archive Tier **GCP:** Cloud Storage (Standard + Nearline + Coldline) |
| **Gestión de claves y seguridad** | **AWS:** KMS + IAM **Azure:** Key Vault + RBAC **GCP:** Cloud KMS + IAM |
| **Backups / versiones** | **AWS:** S3 Versioning / Lifecycle **Azure:** Blob Snapshots **GCP:** Object Versioning + Lifecycle Policies |

c) Arquitectura de referencia

1. Todos los datos, modelos y scripts son almacenados en buckets con control de acceso granular.
2. Se activa el versionado automático para garantizar trazabilidad.
3. Se programan políticas de backup (diario o semanal) con expiración y replicación geográfica.
4. Se implementa cifrado con claves gestionadas.

d) Comparación entre proveedores

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Criterio | AWS | Azure | GCP |
| Facilidad de uso | Alta (CLI y SDK) | Media | Alta (navegador y API) |
| Costos de almacenamiento | Escalables | Escalables | Muy competitivos |
| Versionado y ciclos de vida | Completo | Completo | Completo |
| Seguridad y gestión de claves | Alta | Alta | Alta |

e) Indicadores esperados de mejora:

* Reducción del 80% en el tiempo dedicado a tareas manuales de respaldo, al implementar backups automáticos y autoatizado.
* Ahorro estimado del 40% en almacenamiento mediante el uso de clases de bajo costo como Coldline / Glacier y políticas de ciclo de vida.
* Recuperación garantizada en menos de 15 minutos ante pérdida de archivos críticos, mediante snapshots y replicación geográfica.
* Disponibilidad del 99.999999% en datos almacenados, gracias a la redundancia multi-región de los buckets cloud.
* Reducción a cero de pérdidas de datos por errores humanos o fallos físicos, mediante cifrado, versionado y control de accesos.

f) Observaciones

**GCP sobresale en simplicidad y costo**, especialmente en almacenamiento frío (Nearline / Coldline) para backups automáticos. Ofrece políticas de ciclo de vida configurables, versionado integrado y una experiencia clara para empresas que necesitan respaldo sólido sin complejidad técnica añadida.

# **Comparativa global entre proveedores cloud**

Tras el análisis detallado de cada caso de uso aplicado a los tres principales proveedores (AWS, Azure y Google Cloud Platform), se puede establecer una visión integradora de las fortalezas relativas de cada uno frente a las necesidades específicas de Quantia Trading S.L.

## **Enfoques diferenciados**

Cada proveedor presenta una estrategia diferenciada:

* ****AWS****: destaca por su madurez, amplitud de servicios y robustez en entornos de alta demanda. Es especialmente sólido en automatización, servicios MLOps (SageMaker) y escalado flexible de infraestructura.
* ****Azure****: ofrece una excelente integración con ecosistemas empresariales, entornos Windows y herramientas como Power BI. Es ideal para escenarios corporativos donde la gobernanza y la interoperabilidad son clave.
* ****Google Cloud Platform (GCP)**:** sobresale en capacidades de procesamiento de datos masivos y machine learning, gracias a servicios como Vertex AI, BigQuery y Cloud Storage optimizado. También presenta ventajas en eficiencia de costos para cargas intensivas en datos.

Tabla 5.1: Comparativa Global de Proveedores Cloud

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Caso de uso** | **AWS** | **Azure** | **GCP** |
| **1. Backtesting distribuido** | + EC2 Spot con control avanzado – Configuración más compleja | + Azure Batch – Costos más altos en instancias temporales | **+ Compute Preemptible fácil de usar**  **+ Bajo costo y rápida ejecución** |
| **2. Entrenamiento y despliegue de modelos ML** | + SageMaker muy completo – Requiere configuración experta | + Azure ML Studio guiado – Mayor curva de aprendizaje | **+ Vertex AI intuitivo**  **+ Ideal para equipos pequeños en Python** |
| **3. Automatización de tareas y bots** | + Lambda + EventBridge – Configuración más técnica | + Functions bien integradas – Menos flexibilidad | **+ Cloud Functions + Scheduler muy sencillos**  **+ Ideal para scripts livianos** |
| **4. Monitoreo y alertas en tiempo real** | + CloudWatch robusto – Dashboards básicos | + Monitor + Workbooks – Requiere integración manual | **+ Logging y Monitoring integrados**  **+ Simples y eficaces para startups** |
| **5. Almacenamiento seguro y backups automáticos** | + S3 + Glacier confiables – Costos medios | + Blob Storage versátil – Configuración inicial más compleja | **+ Cloud Storage económico**  **+ Versionado y políticas fáciles de aplicar** |

* **GCP** podría ofrecer una mejor relación costo-beneficio en las cargas más intensivas en datos y computación distribuida, alineándose con el enfoque de Quantia.
* **AWS** brinda el stack más robusto y probado, ideal si se requiere máxima estabilidad y herramientas especializadas para IA.
* **Azure** es fuerte en entornos híbridos o integraciones empresariales profundas, pero menos optimizado para cargas nativas de trading cuantitativo si se parte de cero.

Tabla 5.2: Evaluación General

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Criterio Global** | **AWS** | **Azure** | **GCP** |
| **Profundidad de servicios** | Muy alta (completa) | Alta | Alta |
| **Simplicidad para startups** | Media (requiere DevOps) | Media (enfocado a corporativo) | **Alta (interfaz clara y amigable)** |
| **Costos para pequeña empresa** | Medios | Medios-altos | **Bajos (gran ventaja en instancias y almacenamiento)** |
| **Curva de aprendizaje** | Alta | Media | **Baja (fluidez con stack Python)** |
| **Integración con Python/Data** | Excelente | Buena | **Excelente** |

## Conclusión de la Comparativa

Todos los proveedores ofrecen capacidades adecuadas para los casos de uso definidos. Sin embargo, para una empresa pequeña como Quantia Trading S.L., que busca **costos controlados, simplicidad operativa y rápida implementación**, **Google Cloud Platform (GCP)** se posiciona como la opción más eficiente y alineada con sus necesidades.

Su estructura tarifaria, herramientas nativas orientadas al análisis de datos, experiencia fluida para equipos técnicos reducidos y un entorno bien integrado con Python hacen que GCP sea la plataforma recomendada para llevar a cabo esta migración.

# Consideraciones Clave de la Migración Cloud

La migración hacia la nube no solo implica una mejora tecnológica, sino también un cambio estructural en la forma en que la empresa gestiona sus operaciones, datos y riesgos. En esta sección se abordan los principales aspectos críticos que deben ser evaluados y gestionados por Quantia Trading S.L. para asegurar una adopción efectiva y sostenible de la nube.

## Seguridad, privacidad y cumplimiento normativo

La migración debe garantizar el cumplimiento estricto de las normativas europeas sobre protección de datos (en particular el Reglamento General de Protección de Datos, GDPR), así como las buenas prácticas de gestión de claves y acceso a sistemas sensibles.

**Recomendaciones clave:**

* Implementar controles de acceso mediante **IAM (Identity and Access Management)** con políticas de mínimo privilegio.
* Utilizar servicios de **gestión de secretos y claves (Cloud KMS, Secret Manager)** para proteger credenciales de API y modelos.
* Asegurar el **cifrado en tránsito y en reposo** para todos los datos almacenados y transferidos.
* Registrar y auditar accesos a entornos críticos mediante logs firmados.
* Establecer políticas internas claras sobre privacidad de los datos utilizados en entrenamiento de modelos.

## Gobierno, monitoreo y logging

Una vez migrados los servicios, se requiere una supervisión centralizada que permita auditar el comportamiento del sistema y responder de manera proactiva ante fallos o anomalías.

**Recomendaciones clave:**

* Centralizar logs de ejecución, errores y rendimiento en un sistema único (Cloud Logging).
* Configurar **paneles de monitoreo** para visualizar actividad de bots, tiempos de ejecución y estados de recursos.
* Establecer **alertas automáticas** ante comportamientos anómalos o interrupciones en servicios críticos.
* Mantener **versionado y trazabilidad** de todos los modelos y scripts en producción.
* Documentar todos los procesos automatizados e incluir validaciones de consistencia.

La gobernanza en entornos cloud debe incluir no solo la supervisión técnica, sino también el control sobre presupuestos, asignación de recursos por proyecto y aplicación de políticas de acceso basadas en roles (RBAC), asegurando una operación alineada con los objetivos estratégicos de la empresa.

## Estrategia de migración por fases

Dado que Quantia parte de una infraestructura local operativa, pero limitada, se recomienda una **migración progresiva** que asegure continuidad del negocio y control de riesgos.

**Fases sugeridas:**

1. **Fase 1: Migración de datos históricos y backups**
   * Subida de datos a almacenamiento cloud con cifrado y control de versiones.
2. **Fase 2: Migración del entorno de backtesting**
   * Implementación de ejecución distribuida y almacenamiento centralizado de resultados.
3. **Fase 3: Migración de entrenamiento y despliegue de modelos**
   * Entrenamiento en Vertex AI y publicación como API internas.
4. **Fase 4: Automatización de tareas**
   * Reemplazo de scripts manuales por funciones programadas y serverless.
5. **Fase 5: Integración con entorno de ejecución en vivo**
   * Habilitación de componentes híbridos donde la ejecución se mantiene local pero coordinada desde la nube.

## Integración y coexistencia con sistemas existentes

La empresa mantendrá inicialmente una parte de su operación en servidores locales (infraestructura híbrida), especialmente para tareas de ejecución en tiempo real con baja latencia. Esta coexistencia debe gestionarse cuidadosamente.

**Recomendaciones clave:**

* Utilizar APIs para conectar los sistemas locales con los servicios cloud de forma segura.
* Sincronizar backups y resultados de ejecución entre ambos entornos.
* Evaluar periódicamente la carga y confiabilidad de los procesos locales para determinar si conviene migrarlos por completo.
* Diseñar procedimientos de fallback en caso de desconexión entre entornos.

## Factores clave de éxito

Para asegurar una adopción efectiva del cloud, Quantia deberá considerar los siguientes elementos como críticos:

* **Capacitación del equipo** técnico y operativo en herramientas cloud.
* **Control de costos** desde el inicio, con monitorización de uso y alertas de presupuesto.
* **Modularidad de la arquitectura**, para facilitar ajustes y crecimiento progresivo.
* **Documentación clara y compartida** de todos los procesos migrados.
* **Cultura de mejora continua**, evaluando periódicamente el rendimiento de la solución adoptada.

## Riesgos y estrategias de mitigación

Aunque la migración a la nube representa una oportunidad estratégica para modernizar la operación, también conlleva una serie de riesgos técnicos, operativos y organizativos que deben ser identificados anticipadamente y gestionados de forma estructurada.

a) Riesgo: Sobrecostos por uso no controlado

**Descripción:**  
El modelo de facturación por consumo puede generar gastos inesperados si no se definen límites, alertas y prácticas de uso eficiente.

**Mitigación:**

* Definir presupuestos mensuales y alertas automáticas por consumo.
* Utilizar servicios predecibles (instancias preemptibles, almacenamiento en frío).
* Auditar y revisar periódicamente los servicios activos y su impacto económico.

b) Riesgo: Pérdida de control o visibilidad técnica

**Descripción:**  
La adopción de servicios gestionados podría generar dependencia de la plataforma y reducir la comprensión interna del flujo completo.

**Mitigación:**

* Documentar cada componente migrado, su configuración y punto de integración.
* Asegurar visibilidad total mediante dashboards y trazabilidad en logs.
* Mantener al equipo técnico capacitado en las tecnologías utilizadas.

c) Riesgo: Fallos en la integración entre sistemas locales y cloud

**Descripción:**  
La coexistencia de una arquitectura híbrida puede generar inconsistencias de datos, fallos de sincronización o puntos ciegos en la operación.

**Mitigación:**

* Establecer procedimientos de sincronización con verificación de integridad.
* Definir flujos unidireccionales claros y puntos de validación cruzada.
* Diseñar soluciones tolerantes a fallos y con mecanismos de retry.

d) Riesgo: Fugas de datos o vulnerabilidades en accesos

**Descripción:**  
El acceso a datos, modelos o credenciales desde múltiples ubicaciones puede abrir vectores de ataque si no se controla rigurosamente.

**Mitigación:**

* Uso de claves gestionadas (KMS), secretos cifrados y políticas de acceso por rol (IAM).
* Autenticación multifactor (MFA) obligatoria para accesos administrativos.
* Auditoría y rotación periódica de credenciales.

e) Riesgo: Dificultad de adopción organizacional

**Descripción:**  
El cambio tecnológico puede generar fricción en el equipo, resistencia al cambio o errores por falta de conocimiento.

**Mitigación:**

* Realizar sesiones de formación técnica y operativa para todos los miembros.
* Incorporar documentación accesible y actualizada sobre el nuevo entorno.
* Acompañar el cambio con un enfoque iterativo que respete los ritmos del equipo.

Esta evaluación de riesgos y sus estrategias de mitigación proporciona un marco realista para anticipar obstáculos y asegurar que la migración se realice con éxito, alineada tanto con los objetivos técnicos como con las capacidades internas de Quantia Trading S.L.

## ****Presupuesto estimado de migración y operación****

La estimación de costos es un elemento clave para evaluar la viabilidad técnica y financiera de la migración a infraestructura cloud. En este apartado se presenta un presupuesto orientativo para la adopción de Google Cloud Platform (GCP) por parte de Quantia Trading S.L., diferenciando los costos iniciales de migración de los costos mensuales de operación continua.

Los valores considerados se basan en los precios públicos de GCP vigentes en mayo de 2025 y en los patrones de uso definidos en los cinco casos de uso del presente informe. Se han tomado en cuenta los siguientes supuestos:

* Volumen inicial de almacenamiento: 1.5 TB (datos históricos, modelos y backups).
* Uso de **instancias preemptibles** para backtesting y entrenamiento, con horarios limitados y sin ejecución permanente.
* Automatización diaria de tareas mediante funciones serverless y Cloud Scheduler.
* Monitorización estándar, con generación moderada de logs y alertas.
* Se asume que la migración es realizada por el equipo interno, sin costos de consultoría externa.
* No se consideran descuentos por compromiso anual, ya que se parte de un esquema flexible de pago por uso (on-demand).

Este presupuesto busca reflejar una operación inicial eficiente, escalable y sostenible, manteniendo el control de gastos y aprovechando las ventajas económicas de GCP para startups tecnológicas.

### ****Tabla 6.1: Costos estimados de migración (one-time)****

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Actividad | Detalle | Costo estimado (€) |
| Subida de datos históricos a Cloud Storage | 1 TB aprox., conexión desde red local | ~30 € |
| Configuración inicial de IAM, buckets y funciones | Tiempo técnico, sin uso intensivo de recursos | ~0 € (operador propio) |
| Migración de notebooks y modelos a Vertex AI | Copia y adaptación de scripts en entorno cloud | ~0 € |
| Implementación de workflows automatizados | Configuración de funciones + cron + logging | ~0 € |
| Total migración (costos reales de GCP) | Solo consumo de red + almacenamiento | **~30 €** |

Nota: se asume que el trabajo de migración es realizado internamente, sin consultoría externa.

### ****Tabla 6.2: Costos mensuales estimados de operación****

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Componente | Detalle aproximado | Costo mensual (€) |
| **Cloud Storage** | 1.5 TB total (datos históricos + backups) en Coldline | ~15 € |
| **Compute Engine** | 50 horas/mes de VMs preemptibles para backtesting | ~20 € |
| **Vertex AI** | 40 horas/mes de entrenamiento con GPU básica | ~60 € |
| **Cloud Functions + Scheduler** | 20 funciones/día, tráfico ligero | ~5 € |
| **Logging y Monitoring** | 2 GB/día + 10 alertas activas | ~10 € |
| **Pub/Sub / Workflows** | Baja frecuencia, uso simple | ~5 € |
| **Red y otros** | Salida mínima a APIs externas / dashboards | ~5 € |
| **Total mensual estimado** | Operación completa en cloud | **~120 €** |

****Tabla 6.3: Costos anuales (proyección)****

|  |  |
| --- | --- |
| Concepto | Costo estimado (€) |
| Migración (único) | ~30 € |
| Operación mensual x 12 | ~1.440 € |
| **Total primer año** | **~1.470 €** |

# Conclusiones e Impacto de la Adopción Cloud

La evaluación técnica y organizativa realizada en este informe demuestra que la migración hacia una arquitectura cloud representa una transformación fundamental para Quantia Trading S.L. Desde su posición actual —una infraestructura local limitada, manual y vulnerable—, la adopción de servicios en la nube permitirá a la empresa evolucionar hacia una operación moderna, escalable, automatizada y resiliente.

Los beneficios esperados son significativos:

* **Escalabilidad** inmediata para ejecutar pruebas, entrenar modelos o responder a picos de carga sin adquirir hardware adicional.
* **Reducción de tiempos de cómputo**, lo que acelerará el ciclo de innovación y validación de estrategias.
* **Seguridad mejorada**, con gestión centralizada de accesos, cifrado de datos, control de claves y cumplimiento de normativas como el GDPR.
* **Automatización de procesos clave**, reduciendo errores manuales, liberando tiempo operativo y mejorando la trazabilidad.
* **Monitoreo en tiempo real** y respuesta inmediata ante fallos o comportamientos inesperados de los sistemas.
* **Respaldo automático y continuidad operativa**, con políticas de backup, replicación geográfica y recuperación ante desastres.

La comparación entre los principales proveedores de servicios cloud —AWS, Azure y GCP— ha permitido identificar a Google Cloud Platform como la opción más adecuada para Quantia, debido a su simplicidad de uso, integración fluida con entornos Python, costos controlados y servicios perfectamente adaptados a las necesidades de una empresa pequeña.

No obstante, esta transformación no está exenta de desafíos. Los riesgos identificados, como el control de costos, la dependencia tecnológica o la adopción organizacional, deberán ser abordados mediante una planificación cuidadosa, capacitación del equipo, y una migración por fases que respete los tiempos y capacidades de la empresa.

En términos estratégicos, la adopción del cloud computing permitirá a Quantia Trading S.L. posicionarse como una empresa tecnológica más ágil, segura y preparada para competir en un mercado dinámico, donde la velocidad de adaptación, la innovación continua y la eficiencia operativa son factores diferenciales. Este paso no solo moderniza la infraestructura, sino que habilita un nuevo modelo de trabajo colaborativo, orientado a la excelencia técnica y a la evolución constante.