



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Análisis Económico Proyecto Administración de Redes 2025

Fecha: 10 de Noviembre, 2025

Equipo de trabajo:

Nombres
Thomas Lizana
Joaquín Novoa
Jeremy Iturriaga

1. Costos de Desarrollo (Estimación)

Rol	Descripción de tareas	Valor hora (CLP)	Horas estimada s	Subtotal (CLP)
Infraestructura y DevOps	Configuración de contenedores Docker, redes internas, orquestación con Docker Compose, alta disponibilidad, respaldos y monitoreo.	\$12.000	35 h	\$420.000
Backend Developer	Diseño y desarrollo de microservicios REST, configuración de base de datos, replicación, seguridad de endpoints y conexión con el API Gateway.	\$13.000	45 h	\$585.000
Frontend Developer + IA	Implementación de interfaz web (React o Angular), integración con backend, desarrollo del componente de IA (chatbot o análisis automático), testing y documentación.	\$11.000	40 h	\$440.000
Total estimado desarrollo				\$1.445.00 0 CLP

Duración del proyecto: 3 semanas de desarrollo efectivo.

Jornada promedio por integrante: Se estiman que serán 40 horas de trabajo total, distribuidas en análisis, diseño, desarrollo y pruebas.

2. Costos de Infraestructura (Año 1)

Configuración actual del proyecto:

1. Servidores:
2.6 CPU + 2.56 GB RAM (8 servicios Docker)

Proveedor escogido: GTD Hosting, precio al mes 35.000 pesos chilenos, al año 1 420.000 pesos

2. Almacenamiento

Espacio estimado: aprox 46 GB

PostgreSQL: 6 GB

Uploads/documentos: 7 GB

Prometheus: 25 GB

Backups: 5 GB

Precio: 60.000 pesos por año

3. Ancho de banda

El ancho de banda cuesta \$0 ya que se consume aproximadamente 9 GB al mes, lo que representa solo el 0.088% del límite de 10 TB incluido en el plan de GTD Hosting. Este consumo se distribuye en: 15 MB de chats de IA, 2 MB de consultas de licencia, 50 MB de descargas de PDFs, 10 MB de reportes Excel y 9 GB de imágenes/assets. Incluso si la municipalidad creciera significativamente y duplicara o triplicara su uso, seguiría siendo ampliamente suficiente dentro del límite incluido, por lo que no hay costo adicional de ancho de banda durante el primer año. Solo si el sistema se expandiera a múltiples municipios o se comenzarán a almacenar masivamente contenido multimedia sin límite, se podría alcanzar el techo de 10 TB e incurrir en costos adicionales.

4. Licencias

El proyecto utiliza una arquitectura completamente basada en software open-source, lo que significa que no hay costos asociados a licencias de software propietario. La infraestructura está construida sobre PostgreSQL 15 bajo licencia PostgreSQL, Redis 7 bajo licencia BSD, Node.js 18 y React 18 bajo licencia MIT, Express.js también bajo MIT, Prometheus bajo Apache 2.0, Grafana en su versión open-source bajo AGPL, Ubuntu/Alpine Linux bajo GPLv2/MIT y Nginx bajo licencia BSD. Esta decisión arquitectónica no solo elimina completamente los costos de licenciamiento, sino que también proporciona flexibilidad, seguridad (código abierto auditado por la comunidad) y mantenibilidad a largo plazo, lo que es especialmente beneficioso para una entidad municipal que requiere transparencia y control total sobre sus sistemas.

Soporte Técnico

El soporte técnico incluye la atención de incidentes, resolución de problemas operacionales, asistencia a usuarios finales y coordinación con proveedores externos. Considerando una municipalidad mediana con 50-100 usuarios internos, se estima un requerimiento de 15 horas mensuales de soporte técnico a un costo de \$8.000 por hora, lo que suma \$120.000 mensuales o \$1.440.000 anuales. Este soporte cubre respuesta a tickets de incidentes, mantenimiento de seguridad de acceso, gestión de permisos y coordinación con el proveedor de hosting para asuntos críticos.

Actualizaciones y Mantenimiento

Las actualizaciones de seguridad y mantenimiento del código son críticas para mantener el sistema funcionando correctamente y protegido contra vulnerabilidades. Se estima un promedio de 20 horas mensuales dedicadas a: actualización de dependencias (Node.js, PostgreSQL, librerías), parches de seguridad, optimización de base de datos y refactorización de código. A razón de \$12.000 la hora para tareas de DevOps/Backend, esto equivale a \$240.000 mensuales o \$2.880.000 anuales. Este costo es fundamental para garantizar que el sistema permanezca seguro y compatible con nuevas versiones de las herramientas utilizadas.

Monitoreo

El monitoreo continuo del sistema asegura que se detecten problemas antes de que impacten a los usuarios. El proyecto ya cuenta con Prometheus y Grafana instalados (ambos open-source sin costo de licencia), pero se requieren 10 horas mensuales de trabajo de especialista para: configurar alertas personalizadas, analizar métricas de rendimiento, crear dashboards adicionales y responder a anomalías detectadas. A \$10.000 la hora, esto suma \$100.000 mensuales o \$1.200.000 anuales. Este monitoreo es crítico para identificar cuellos de botella, picos de carga y comportamientos anormales del sistema.

Respaldos y Recuperación ante Desastres

Los respaldos garantizan que los datos municipales estén protegidos contra pérdida o corrupción. Se implementarán respaldos diarios a nivel de base de datos y almacenamiento, con un costo de \$60.000 anuales en Backblaze B2 (servicio de backup remoto). Adicionalmente, se requieren 8 horas mensuales para: validar integridad de respaldos, realizar pruebas de recuperación, documentar procedimientos de DR y capacitar al personal. A \$11.000 la hora, esto equivale a \$88.000 mensuales o \$1.056.000 anuales. El total para respaldos y DR es de \$1.116.000 anuales.

4. Costos componente IA

El proyecto actualmente utiliza la API de Google Gemini (modelo gemini-2.0-flash-exp) para proporcionar respuestas inteligentes a consultas ciudadanas sobre trámites municipales. El sistema está configurado para detectar automáticamente preguntas sobre vencimiento de licencias mediante un regex que identifica palabras clave como "vence", "vencimiento", "expiración" y "caducidad". Cuando se detecta este tipo de pregunta, el sistema consulta directamente la base de datos datos_municipales en lugar de invocar la API, lo que reduce significativamente los costos. Solo las preguntas generales sobre procedimientos, documentos necesarios, costos y horarios utilizan la API de Google Gemini.

Basado en el análisis de tráfico estimado de 4.500 solicitudes mensuales, aproximadamente 3.150 corresponden a preguntas sobre vencimiento de licencias (70%), que se resuelven localmente sin costo, mientras que solo 1.350 solicitudes (30%) son preguntas generales que requieren la API. Esto genera aproximadamente 270.000 tokens mensuales consumiendo \$0,20 USD mensuales a razón de \$0.000075 USD por token de entrada y \$0.0003 USD por token de salida. Con un margen de seguridad para variaciones de complejidad, se estima un costo mensual de \$5-10 USD, equivalente a \$100.000-200.000 CLP mensuales o \$1.200.000-2.400.000 CLP anuales al tipo de cambio actual (aproximadamente \$20.000 CLP por USD).

El sistema actualmente tiene implementado un mecanismo de fallback que se activa automáticamente si la API de Google Gemini no está disponible. En caso de indisponibilidad, el sistema responde con un mensaje informando al usuario que contacte directamente con la municipalidad, priorizando la transparencia sobre respuestas simuladas. Este enfoque garantiza que el sistema siga siendo funcional sin comprometer la calidad de la información proporcionada.

El modelo gemini-2.0-flash-exp es altamente versátil y ofrece excelente relación costo-beneficio para responder preguntas municipales genéricas sin necesidad de fine-tuning inicial. La combinación de detección de licencias + base de datos + fallback transparente proporciona cobertura del 95%+ de los casos de uso. En futuras fases, si se requiere personalización más profunda o migración a modelo local, el fine-tuning estaría disponible como mejora opcional.

5. Precio Final de la Propuesta

Precio total de implementación

El costo total de implementación, considerando el desarrollo, infraestructura inicial y puesta en marcha del sistema, asciende a \$1.445.000 CLP (costos de desarrollo) más \$420.000 CLP (infraestructura anual), lo que totaliza \$1.865.000 CLP como inversión inicial.

Este monto incluye la configuración de servidores, despliegue de contenedores Docker, implementación del backend, frontend e integración del componente de IA.

Precio de mantenimiento (anual)

El mantenimiento del sistema —que abarca soporte técnico, actualizaciones, monitoreo, respaldos y consumo del modelo de IA— tiene un costo estimado de \$8.636.000 CLP anuales, distribuido de la siguiente manera:

Soporte técnico: \$1.440.000

Actualizaciones y mantenimiento: \$2.880.000

Monitoreo: \$1.200.000

Respaldos y recuperación ante desastres: \$1.116.000

API de IA (Google Gemini): \$1.200.000–\$2.400.000 (dependiendo del volumen de consultas)

Justificación del precio

Los valores propuestos reflejan una estructura de costos realista para un sistema municipal de mediana escala, priorizando:

Transparencia y control mediante el uso de tecnologías open-source sin licencias propietarias.

Escalabilidad y modularidad, al emplear contenedores Docker y una arquitectura distribuida.

Sostenibilidad operativa, con costos predecibles de mantenimiento que garantizan continuidad y soporte técnico especializado.

El modelo de costos busca un equilibrio entre eficiencia económica y robustez tecnológica, asegurando que la inversión inicial sea baja y el costo operativo permita una adopción sostenible a largo plazo.

Soluciones comerciales equivalentes (por ejemplo, Salesforce Government Cloud o SAP Citizen Engagement) presentan costos de licenciamiento que superan los \$20.000.000 CLP anuales, sin ofrecer la flexibilidad de personalización ni el control de datos locales que brinda esta propuesta open-source.