



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN**

**Aplicación web y móvil para gestionar planillas de costos e
informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento
vial**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en
Tecnologías de la Información**

Autor:

Salazar Avilez Jeremy Leonidas

Tutor:

Ing. Miryan Estela Narváez

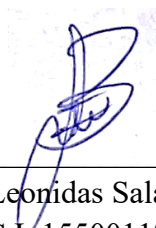
Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Jeremy Leonidas Salazar Avilez, con cédula de ciudadanía 1550011702, autor del trabajo de investigación titulado: Aplicación web y móvil para gestionar planillas de costos e informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento vial, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a la fecha de su presentación.



Jeremy Leonidas Salazar Avilez
C.E. 1550011702

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Miryan Estela Narváez Vilema catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Aplicación web y móvil para gestionar planillas de costos e informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento vial, bajo la autoría de Jeremy Leonidas Salazar Avilez; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 11 días del mes de noviembre de 2025.



Miryan Estela Narváez Vilema
C.I: 0603576778

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

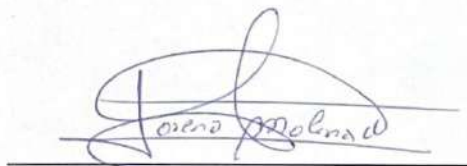
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación titulado **“APLICACIÓN WEB Y MÓVIL PARA GESTIONAR PLANILLAS DE COSTOS E INFORMES DE AVANCE EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL”**, presentado por **JEREMY LEONIDAS SALAZAR AVILEZ**, con cédula de identidad número **1550011702**, bajo la tutoría de **PhD. Miryan Estela Narváez Vilema**; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 18 de diciembre de 2025.

Mg. Gonzalo Allauca
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



PhD. Lorena Molina
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mg. Jorge Delgado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **JEREMY LEONIDAS SALAZAR AVILEZ** con CC: **1550011702**, estudiante de la carrera **INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"APLICACIÓN WEB Y MÓVIL PARA GESTIONAR PLANILLAS DE COSTOS E INFORMES DE AVANCE EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO VIAL"**, cumple con el 0 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 09 de diciembre de 2025



Firmado electrónicamente por:
**MIRYAN ESTELA
NARVAEZ VILEMA**

Validar únicamente con FirmaEC

PhD. Miryan Narváez
TUTORA

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de investigación a mis padres, Nely y Leonidas, por todo lo que inculcaron en mí y por su esfuerzo para llegar a esta parte de mi vida; a mis hermanos Alexis, Mía y, en especial, a Yessenia; y también a mis sobrinos Cristopher y Ainara. Se los dedico a todos ellos, con quienes crecí y a quienes vi crecer, y agradezco por ser parte de mi impulso para conseguir cada una de mis metas.

Jeremy Salazar

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi tutora de este trabajo de investigación, Ing. Estelita, siento gratitud hacia ella, gracias por haber dedicado un poco de su tiempo en orientarme y apoyarme desde lo experto y lo humano. Sus directrices han sido muy importantes para poder completar este trabajo. A mi asesora, Ing. Mirta gracias por sus conocimientos en lo que estaba enfocada mi tesis.

También quiero agradecer a mi familia por su amor y apoyo sensato hacia a mí, agradecer también a mi padrastro por haberme criado, en especial agradezco a Yessenia mi hermana mayor por estar pendiente a mí siempre, su apoyo y amor es mutuo. Todo aquello fue fundamental para poder llegar a completar este trabajo.

No puedo terminar sin mencionar a mis amigos que han apoyado en este proceso, amigos de la universidad y amigos de colegio, grandes personas que siempre han estado para mí. Sus vibras tan bonitas me han ayudado a ser una mejor persona y conseguir lo que deseo. Muchas gracias.

Jeremy Salazar

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1 Planteamiento del problema	16
1.2 Justificación.....	17
1.3 Formulación del problema	17
1.4 Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Gestión de proyectos de construcción y mantenimiento vial	18
2.1.1 Problemáticas actuales sin automatización en empresas viales	18
2.2. Planillas de costos.....	19
2.2.1 Software para gestión automatizada de costos.....	20
2.2.2 Impacto de la digitalización en el control presupuestario	20
2.2.3 Informes de avance.....	21
2.2.4 Rol de los informes en el seguimiento de obras viales	21
2.3 Qué es una aplicación web y móvil.....	21
2.3.1 Aplicaciones web y móviles en la gestión de proyectos	22
2.3.2 Herramientas tecnológicas aplicadas a la construcción	22

2.3.3 Qué es un framework	22
2.4 Metodología de desarrollo	23
2.4.1 Metodología prototipado evolutivo	23
2.4.2 Ventajas del desarrollo iterativo centrado en el usuario	24
2.4.3 Fases operativas del prototipado evolutivo aplicado.....	24
2.4.4 Sinergia con el modelo PAM	25
2.5. Eficiencia de desempeño en software.....	25
2.5.1 ISO/IEC 25010	25
2.5.2 Subcaracterísticas clave.....	26
2.5.3 Herramientas para evaluar eficiencia	27
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	28
3.1 Tipo de Investigación	28
3.2 Diseño de la investigación.....	28
3.3 Población de estudio y tamaño muestra	28
3.4 Técnicas de recolección de datos	28
3.6 Identificación de variables.....	29
Variable dependiente.....	29
Variable independiente.....	29
3.7 Operacionalización de variables	30
3.8 Metodología de desarrollo	31
3.8.1. Investigación de metodologías para el desarrollo de aplicaciones web y móvil....	31
3.8.2. Implementación de la aplicación web y móvil para la gestión de planillas y costos.	
32	
FASE 1: Análisis.....	32
FASE 2: Modelado.....	33
FASE 3: Construcción.....	39
FASE 4: Pruebas con usuario.....	44
3.8.3 Evaluación de la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil.....	47

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. Resultados.....	49
4.1.1. Resultados de la investigación de metodologías para el desarrollo de aplicaciones web y móvil.....	49
4.1.2. Resultados de la implementación de la aplicación web y móvil.....	49
4.1.3. Resultados de la evaluación de la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil	51
4.2. Discusión	54
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tecnologías Exitosas	19
Tabla 2: Fases operativas del prototipado evolutivo aplicado	25
Tabla 3: Operalización de variables	30
Tabla 4: Comparativa de frameworks	31
Tabla 5: Comparación de metodologías	32
Tabla 6: Requerimientos funcionales	33
Tabla 7: Requerimientos no funcionales	33
Tabla 8: Tabla proyectos	36
Tabla 9: Tabla planillas costos	37
Tabla 10: Tabla rubro_detalle	37
Tabla 11: Tabla usuarios	38
Tabla 12: Tabla catalogo_rubros	38
Tabla 13: Tabla informes_avance	38
Tabla 14: Herramientas y librerías	39
Tabla 15: Planificación de pruebas.....	44
Tabla 16: Entorno de Pruebas	45
Tabla 17: Escenario de Pruebas.....	45
Tabla 18: Resumen Diagnóstico.....	46
Tabla 19: Métricas	47
Tabla 20: Escenarios de prueba.....	47
Tabla 21: Criterio Técnico de interpretación.....	52
Tabla 22: Resumen resultados.....	52
Tabla 23: Primeras Iteraciones	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de vida del prototipado evolutivo.....	24
Figura 2: Tablero Kanban	25
Figura 3: Características de la calidad del software ISO 25010	26
Figura 4: Casos de uso	34
Figura 5: Diagrama de secuencias.....	34
Figura 6: Diagrama de componentes.....	35
Figura 7: Diagrama de arquitectura.....	35
Figura 8: Diagrama físico de base de datos.....	36
Figura 9: Diagrama de interfaces	39
Figura 10: Splash y login web y móvil.	41
Figura 11: Menú en web	41
Figura 12: Menú en móvil.....	42
Figura 13: Módulo proyectos y planillas.....	42
Figura 14: Listado de planillas y detalles.....	43
Figura 15: Listado de rubros y detalles	43
Figura 16: Registrar un rubro y generar planillas	43
Figura 17: Informes de avance (Fiscalizador)	44
Figura 18: Base de datos (Firebase)	44
Figura 19: Diagnostico Prueba de Usuario	46
Figura 20: Diagrama de arquitectura E-01	48
Figura 21: Diagrama de arquitectura E-02.....	48
Figura 22: Diagrama de arquitectura E-03	48
Figura 23: Módulo Proyectos (Gestores)	50
Figura 24: Agregar Rubro	50
Figura 25: Módulo informes de avance.....	51
Figura 26: Interfaz generar informe	51
Figura 27: Gráfica funcionalidades	52
Figura 28: Gráfica Escenario E-01	53
Figura 29: Gráfica Escenario E-02.....	53
Figura 30: Escenario E-03.....	54
Figura 31: Primer Login.....	61
Figura 32: Primera Iteración (PlanVial).....	61
Figura 33: Segunda Iteración (PlanVial).....	62
Figura 34: Enésima iteración (PlanVial).....	62
Figura 35: Splash, Perfil y Reportes	63
Figura 36: Pantallas Admin.....	63
Figura 37: Planilla Generada(PlanVial)	64
Figura 38: Informe Generado (PlanVial)	64
Figura 39: Inserción de rubros	65
Figura 40: Configuración de Escenarios	65
Figura 41: JMeter Listar Planillas	66

Figura 42: JMeter Generar PDF y XLSX 66

Figura 43: JMeter Pico Mixto 67

Figura 44: Firebase Performance -Evidencia 67

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue desarrollar una aplicación web y móvil denominada PlanVial, orientada a optimizar la gestión de planillas de costos e informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento vial. La empresa constructora “Archidona” enfrentaba dificultades operativas debido a la falta de una herramienta tecnológica que permitiera automatizar procesos, registrar información en tiempo real y generar reportes precisos. Por tal motivo, se propuso una solución tecnológica que integrara la gestión de datos, la trazabilidad de la información y el análisis del rendimiento para mejorar la productividad y el control administrativo de los proyectos viales.

La presente investigación fue aplicada y adoptó un enfoque mixto. El componente aplicado permitió desarrollar una aplicación web y móvil para la gestión de planillas de costos e informes de avance en la empresa “Archidona” mediante un esquema de prototipado evolutivo que permitió construir versiones operativas desde etapas iniciales y validarlas continuamente con los usuarios finales. En el desarrollo se utilizó el framework Flutter, por su capacidad de generar aplicaciones multiplataforma a partir de una sola base de código, y la plataforma Firebase, que ofreció almacenamiento en la nube y sincronización en tiempo real. El enfoque cualitativo se basó en entrevistas semiestructuradas para indagar necesidades operativas, mientras que el cuantitativo evaluó la eficiencia de desempeño (tiempo de respuesta, uso de recursos y capacidad) con los criterios de la norma ISO/IEC 25010.

Los resultados evidenciaron que la aplicación PlanVial cumplió con los criterios de eficiencia establecidos por la norma ISO/IEC 25010, alcanzando tiempos de respuesta promedio menores a tres segundos, un consumo de CPU del 66 % y un uso de memoria de 278 MB. Las pruebas realizadas con Apache JMeter y Firebase Performance Monitoring demostraron un comportamiento estable, sin errores de ejecución ni degradación del rendimiento en escenarios con múltiples usuarios simultáneos. Estos resultados confirmaron la eficiencia de desempeño del sistema y por ende su capacidad para operar en condiciones reales de carga. Concluyendo que el uso combinado de Flutter y Firebase, junto con la metodología de Prototipado Evolutivo, permitió desarrollar una aplicación que optimizó la gestión de costos y avances en obras viales, fortaleciendo la eficiencia operativa.

Palabras claves: Aplicación web y móvil, PlanVial, Flutter, Firebase, ISO/IEC 25010, Prototipado evolutivo, Eficiencia de desempeño, Construcción vial.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a web and mobile application called PlanVial, designed to optimize the management of cost spreadsheets and progress reports for road construction and maintenance projects. The construction company “Archidona” faced operational difficulties due to the lack of a technological tool that could automate processes, record information in real time, and generate accurate reports. Therefore, a technological solution was proposed that would integrate data management, information traceability, and performance analysis to improve productivity and administrative control of road projects.

This research applied and adopted a mixed-methods approach. The applied component enabled the development of a web and mobile application to manage cost spreadsheets and progress reports at “Archidona” using an evolutionary prototyping approach. The qualitative approach used semi-structured interviews to explore operational needs, while the quantitative approach evaluated performance efficiency (response time, resource utilization, and capacity) against the ISO/IEC 25010 standard.

The results showed that the PlanVial application met the efficiency criteria established by ISO/IEC 25010, achieving average response times of less than 3 seconds, CPU usage of 66%, and memory usage of 278 MB. Tests performed with Apache JMeter and Firebase Performance Monitoring demonstrated stable behavior, with no execution errors or performance degradation under multiple simultaneous users. In conclusion, the combined use of Flutter and Firebase, along with the Evolutionary Prototyping methodology, enabled the development of an application that optimized cost and progress management in road construction projects, strengthening operational efficiency.

Keywords: Web and mobile application, PlanVial, Flutter, Firebase, ISO/IEC 25010, Evolutionary prototyping, Performance efficiency, Road construction.



Reviewed by:

Mgs. Sofia Freire Carrillo

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0604257881

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la construcción y mantenimiento de vías, la gestión eficiente de costos e informes de avance representa un desafío significativo, especialmente en empresas que no cuentan con herramientas tecnológicas adecuadas. La empresa constructora “Archidona” enfrenta limitaciones en sus procesos operativos debido a la ausencia de un sistema automatizado que facilite el registro, análisis y gestión de información. Esta situación genera retrasos en la elaboración de informes, disminuye la eficiencia operativa y, en última instancia, afecta la competitividad de la empresa.

Actualmente, las tecnologías de la información se han consolidado como herramientas clave para optimizar procesos y mejorar la toma de decisiones. Las aplicaciones web y móviles han demostrado ser una solución efectiva en la gestión de proyectos al admitir un acceso más ágil a la información, mayor transparencia y mejor interacción entre las partes involucradas [1]. Además, las metodologías ágiles o tradicionales posibilitan el desarrollo de aplicaciones, enfocadas en satisfacer las necesidades específicas de los usuarios finales, promoviendo una implementación más eficiente.

En este contexto, el desarrollo de una aplicación web y móvil para la gestión de planillas de costos e informes de avance se presenta como una solución práctica para enfrentar los desafíos actuales en proyectos viales. El uso de tecnologías adaptativas permite no solo automatizar procesos, sino también mejorar la precisión y consistencia en la elaboración de informes, optimizando así la toma de decisiones estratégicas [2].

Además, para garantizar que la solución tecnológica cumpla con estándares de calidad, esta investigación se basa en la norma ISO/IEC 25010, trabaja en la eficiencia de desempeño del software. Este enfoque permite evaluar aspectos clave como el tiempo de respuesta, la utilización de recursos y la capacidad del sistema para manejar grandes volúmenes de datos [3]. Por tanto, esta investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar una solución tecnológica que integre herramientas de gestión de datos y análisis en tiempo real para mejorar la eficiencia operativa de la empresa constructora “Archidona”.

1.1 Planteamiento del problema

La empresa constructora “Archidona” enfrenta dificultades operativas debido a la ausencia de una herramienta tecnológica que permita automatizar el registro, la gestión y el análisis de información en proyectos de construcción y mantenimiento de vías. Esta limitación se traduce en retrasos en la elaboración de informes clave, afectando la capacidad de la empresa para cumplir con los plazos establecidos, así como en una disminución de la eficiencia operativa. Además, los procesos actuales, al ser manuales o fragmentados, incrementan la probabilidad de errores en el registro de datos, reducen la productividad del equipo y limitan la capacidad de análisis para la toma de decisiones estratégicas basadas en datos.

En un entorno empresarial donde la transformación digital es esencial para la optimización de procesos, la falta de una solución tecnológica integral coloca a la empresa en desventaja

competitiva frente a otras organizaciones del sector vial que ya han adoptado sistemas automatizados. La implementación de aplicaciones web y móviles diseñadas para la gestión de proyectos de infraestructura no solo mejora la accesibilidad a la información en tiempo real, sino que también centraliza los datos críticos y permite la generación automática de informes, que contribuye a una mayor agilidad y precisión en la gestión operativa [1].

1.2 Justificación

La simple adopción de tecnologías no garantiza resultados eficientes si no se evalúa su rendimiento de manera adecuada. Por ello, es crucial que la solución tecnológica propuesta no solo se enfoque en la automatización, sino que también cumpla con estándares internacionales de calidad del software. En este sentido, la presente investigación se basa en la norma ISO/IEC 25010, específicamente en el análisis de la eficiencia de desempeño, para garantizar que la aplicación desarrollada sea capaz de ofrecer tiempos de respuesta óptimos, un uso eficiente de los recursos tecnológicos y la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos.

Esta investigación se enfoca en abordar esta problemática mediante el desarrollo de una aplicación web y móvil que permita a la empresa constructora “Archidona” optimizar la gestión de planillas de costos e informes de avance en sus proyectos viales. La solución propuesta no solo busca mejorar los procesos de registro y análisis, sino también reducir los tiempos operativos, minimizar los errores en la gestión de datos y proporcionar una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, contribuyendo así a la mejora de la competitividad y la eficiencia operativa de la empresa.

1.3 Formulación del problema

¿La evaluación de la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil, basada en la norma ISO/IEC 25010, garantizará un rendimiento óptimo en la gestión de proyectos viales de la empresa constructora “Archidona”?

1.4 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una aplicación web y móvil para gestionar planillas de costos e informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento vial.

Objetivos Específicos

- Investigar metodologías para el desarrollo de aplicaciones web y móviles, seleccionando la herramienta tecnológica más adecuada para su implementación.
- Implementar la aplicación web y móvil para la gestión de planillas y costos.
- Evaluar la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil utilizando la norma ISO/IEC 25010.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Gestión de proyectos de construcción y mantenimiento vial

Los proyectos carreteros combinan tareas lineales, frentes simultáneos y tráfico abierto al público, por tanto, un retraso pequeño puede multiplicarse con rapidez. Las guías recientes de la división del Departamento de Transporte de los Estados Unidos recomiendan revisar, cada fin de semana, las metas de producción y los hitos de valor ganado; este control cercano permite reordenar cuadrillas y maquinarias antes de que el problema crezca [4]. Experiencias en autopistas asiáticas confirman la idea: cuando el equipo revisa en conjunto metrado real y cronograma previsto, se detectan interferencias a tiempo, se reasignan recursos con menor fricción y la obra mantiene un ritmo estable [5].

Otro pilar es la comunicación breve y constante. Manuales europeos aconsejan iniciar cada turno con reuniones de pie de diez minutos; capataces españoles y portugueses destacan que esos encuentros aclaran tareas críticas y reducen malentendidos, dado que se traduce en menor desperdicio de horas-hombre [6]. Asimismo, la integración de principios Lean, por ejemplo, paneles de flujo y checklist visibles ayuda a todos a “leer” el estado de la obra sin informes extensos, fomentando una cultura de mejora continua. Conforme los principios propuestos por Lean existen tecnologías que se alinean a lo investigado.

BIM 4D/5D. Modelos que sincronizan cronogramas y costo en tiempo real; su adopción ha disminuido ajustes de metrado y sobrecostos en proyectos viales [7] .

Gemelos digitales y LiDAR móvil. Sistemas como *Streetlogix* generan nubes de puntos y actualizan automáticamente el porcentaje de avance físico y el PCI del pavimento [8].

RTLS + IoT. Etiquetas UWB en equipo pesado transmiten posición y horas-motor; la combinación con tableros de control permite redistribuir maquinaria y mejorar la utilización de recursos [9].

Sensores de carretera inteligentes. Nodos autónomos miden fisuras y temperatura de la carpeta, enviando alertas predictivas a la nube para planificar mantenimiento antes de que surjan baches [10].

Blockchain y contratos inteligentes. Al registrar hitos de obra y liberar pagos de avance de forma automática, se acortan ciclos de cobro y se incrementa la transparencia financiera [11].

2.1.1 Problemáticas actuales sin automatización en empresas viales

Cuando los avances se llevan en hojas de cálculo o cuadernos, el tiempo del residente se consume recopilando y corrigiendo datos dispersos. Investigaciones en África describen largas jornadas de captura doble y demoras constantes al generar reportes formales, situaciones que terminan por minar la confianza del cronograma [12]. Además, sin un

registro digital central, los supervisores pierden visibilidad diaria y reaccionan tarde a desajustes de producción.

Algo similar sucede con el mantenimiento de pavimentos: los inventarios visuales tradicionales exigen recorridos a baja velocidad y generan bases heterogéneas; al cambiar a inspección móvil con sensores, varios municipios de Nueva Inglaterra redujeron días de trabajo y lograron bases homogéneas que alimentan planes de inversión más claros [8]. Estos ejemplos evidencian la ventaja de una plataforma unificada para capturar datos y compartirlos al instante.

Tecnologías que demuestran la solución de las problemáticas en la Tabla 1.

Tabla 1: Tecnologías Exitosas

Tecnologías	Aporte
Apps móviles de parte diario con chatbots	Elevan la completitud de datos al 98 % y reducen la captura manual a 5 min.
Gemelos digitales de pavimento (Streetlogix + LiDAR)	Calculan el PCI y priorizan intervenciones, homogeneizando las bases de datos.
RTLS / UWB para equipos pesados	Envía posición y horas-motor en tiempo real, permitiendo redistribuir maquinaria antes de que surjan cuellos de botella.
Sensores IoT embebidos en la carpeta asfáltica	Detectan fisuras tempranas y disparan alertas de mantenimiento preventivo.

2.2. Planillas de costos

Actúa como el “estado de cuenta” de la obra, alinea las cantidades ejecutadas con el valor facturable. Investigadores chilenos muestran que, al vincular partidas a un modelo 5D-BIM, se redujeron ajustes posteriores y el debate se trasladó de “quién midió mal” a “cómo optimizar recursos” [7]. De este modo, la planilla de costos se vuelve un puente fiable entre campo y oficina.

En universidades estadounidenses se promueve la regla “Quantity Linking”, cada ítem de la planilla de costos lleva un identificador que apunta al objeto 3D equivalente. Esta trazabilidad simplifica auditorías, porque basta hacer clic en el modelo para verificar mediciones, en lugar de revisar pilas de planos impresos [13].

Sobre esta base se sujetan tecnologías complementarias:

- Blockchain y Smart Contracts. Cada versión de la planilla se guarda como bloque inmutable y los contratos inteligentes liberan pagos cuando el fiscal aprueba el avance, eliminando disputas sobre cifras y acelerando el flujo de caja [11].

- Dashboards BIM-Blockchain. Herramientas de visualización conectan el 5D-BIM con paneles Power BI o Tableau; el equipo financiero ve en tiempo real qué partidas consumen presupuesto y puede simular escenarios “qué pasa si” sin duplicar hojas de cálculo [7].
- Gemelos digitales con IA de costos. Plataformas como *CostX-AI* emplean algoritmos de aprendizaje para anticipar desvíos basados en series históricas y métricas de producción, permitiendo corregir precios unitarios antes de que impacten al contrato [1].

2.2.1 Software para gestión automatizada de costos

Al guardar la PC en un repositorio con sello digital, cada modificación queda registrada con fecha y autor, de modo que los equipos dedican menos tiempo a rastrear versiones y más a revisar precios [11]. Algunas compañías han ido más allá, conectan la PC a contratos inteligentes que liberan pagos tras la aprobación del fiscalizador; en ensayos chinos, esta mecánica acortó la espera de cobro de un mes a menos de una semana [14].

Este enfoque refuerza la claridad hacia bancos y organismos de control, pues el historial queda disponible en línea. Para la aplicación resulta útil incorporar, al menos, un hash o firma digital por cada estimación, garantizando que el documento no se altere sin quedar rastro.

2.2.2 Impacto de la digitalización en el control presupuestario

Un tablero que presenta la PC con códigos de color verde para partidas sanas, rojo para las que se aceleran hace que la reunión financiera se enfoque en soluciones y no en rastreo de datos. Consultores de Oriente Medio reportan charlas más cortas y orientadas a la acción gracias a esta visualización [15].

Además, los sistemas modernos permiten simular “qué ocurriría si” subiera el precio del combustible o se atrasara un tramo, que antes requerían complejas hojas Excel, ahora se calculan en segundos y ayudan a negociar ajustes antes de que el sobrecosto sea inevitable [16].

Los paneles modernos, además, combinan el modelo 5D-BIM con analítica de simulación en la nube: escenarios “¿qué pasa si aumenta un 15 % el combustible?” o “¿si el frente de terraplén se retrasa por dos semanas?” se procesan en segundos gracias a motores Monte Carlo embebidos [15]. Esta capacidad de pronóstico inmediato permite negociar reajustes con antelación y evitar que el sobrecosto se materialice. Sistemas más avanzados enlazan esos tableros a contratos inteligentes en Blockchain; cuando se valida un escenario de costo actualizado, los hitos de pago y las retenciones se ajustan de forma automática, cerrando el ciclo de control presupuestario sin pasos manuales que retrasen [11].

2.2.3 Informes de avance

Las mejores plantillas actuales mezclan texto claro, fotos geo-referenciadas y un cuadro resumen; de esta forma, el supervisor externo entiende el progreso sin necesidad de visitar el frente cada día. Estudios en EE. UU. muestran que, al adoptar este formato, las inspecciones se vuelven más ágiles y la documentación gana coherencia [9].

Cuando se añade un escaneo láser sencillo, por ejemplo, con aplicaciones LIDAR en Tablet el informe gana datos de volumen y distancia que respaldan la medición. Proyectos subterráneos han comprobado que esta evidencia objetiva reduce discusiones sobre cantidades y acelera la aprobación de cada hito constructivo [11].

2.2.4 Rol de los informes en el seguimiento de obras viales

Publicar el informe de avance en un panel web compartido permite que inversores y fiscalizadores revisen el estado real sin agendas presenciales; este ambiente de transparencia tiende a suavizar tensiones contractuales [17].

Además, cuando los indicadores del informe se enlazan al cronograma, la plataforma puede señalar automáticamente cualquier partida crítica que repita bajo-rendimiento dos semanas; ello da tiempo al residente para redistribuir recursos y evitar un retraso mayor [18].

2.3 Qué es una aplicación web y móvil

Una aplicación web es un sistema de software que funciona bajo un modelo cliente–servidor accesible mediante un navegador, utilizando protocolos HTTP/HTTPS y ejecutándose sin necesidad de instalación local [19]. Investigaciones recientes destacan que este tipo de aplicaciones centraliza la lógica de negocio en la nube, reduce costos de mantenimiento, y mejora la trazabilidad y auditabilidad de los datos, cualidades especialmente valiosas en sectores que requieren precisión operativa, como la ingeniería civil, la construcción y la administración de proyectos [20]. Asimismo, su capacidad para escalar horizontalmente mediante infraestructura distribuida ha consolidado a las aplicaciones web como herramientas clave en plataformas de supervisión y control en tiempo real [21].

Una aplicación móvil es un software diseñado para ejecutarse directamente en dispositivos Android o iOS, aprovechando sensores nativos, almacenamiento local, notificaciones, geolocalización y modos offline, lo que la vuelve ideal para actividades realizadas en campo. La literatura reciente demuestra que las aplicaciones móviles incrementan la eficiencia operativa al permitir capturar datos en tiempo real, reducir errores de transcripción y mejorar la continuidad de los registros, incluso en zonas con conectividad intermitente [22]. En estudios de ingeniería civil, las apps móviles han demostrado agilizar inspecciones, registrar evidencia fotográfica georreferenciada y sincronizar la información con servidores remotos de forma casi instantánea [23].

2.3.1 Aplicaciones web y móviles en la gestión de proyectos

Registrar avances desde el teléfono evita la doble digitación en oficina. Un estudio coreano demostró que un chatbot integrado elevó la completitud de los partes diarios casi al 100 % y liberó al capataz para tareas de supervisión en terreno [24]. En Países Bajos, la sincronización inmediata entre campo y nube redujo el tiempo de aprobación de cambios menores a pocas horas [25].

2.3.2 Herramientas tecnológicas aplicadas a la construcción

Plataformas como Streetlogix integran escaneo láser vehicular y GIS para priorizar calles; su adopción disminuyó las discusiones políticas sobre mantenimiento, pues las decisiones se basan en datos visibles y no en intuición [16]. Incorporar un visor geográfico en tu app podría brindar el mismo beneficio al mostrar tramos y kilometrajes pendientes.

En obras intensivas de movimiento de tierra, sensores 5G instalados en excavadoras envían, en directo, la profundidad excavada; si hay sobre-excavación, la alerta llega de inmediato al operador. Este esquema ha evitado rellenos costosos y sirve de referencia para tu módulo de control de avance [7].

2.3.3 Qué es un framework

Un framework de desarrollo es una plataforma de herramientas, librerías y componentes reutilizables que establecen una estructura base para construir aplicaciones de manera más eficiente. Proporciona patrones arquitectónicos, módulos preconstruidos y API coherentes que reducen el tiempo de desarrollo y mejoran la calidad del software [18], [26]. En el caso de los frameworks multiplataforma, permiten compilar una sola base de código hacia diferentes sistemas operativos, facilitando la homogeneidad de la interfaz y del rendimiento [27].

Entre los frameworks de desarrollo multiplataforma más utilizados actualmente destacan Flutter, React Native y Xamarin, cada uno con enfoques distintos para la construcción de interfaces y la ejecución del código nativo. Flutter, desarrollado por Google, renderiza usando su propio motor gráfico Skia, ofreciendo interfaces consistentes y alta velocidad de renderizado incluso en dispositivos de gama media [27]. React Native, respaldado por Meta, emplea un puente JavaScript–nativo que facilita la integración con librerías existentes del ecosistema web, aunque introduce una ligera penalización de rendimiento en aplicaciones que requieren animaciones complejas [18]. Por su parte, Xamarin utiliza C# y .NET para generar aplicaciones iOS y Android con acceso directo a APIs nativas, siendo una opción frecuente en entornos empresariales donde ya existe infraestructura basada en Microsoft [26].

En el ámbito de aplicaciones web, frameworks como Angular, React y Vue.js representan pilares fundamentales del desarrollo moderno. Angular, mantenido por Google, ofrece un enfoque altamente estructurado basado en TypeScript y resulta adecuado para aplicaciones empresariales de gran escala debido a su arquitectura modular [18]. React, centrado en

componentes reutilizables y un sistema de renderizado declarativo, ha sido ampliamente adoptado por su flexibilidad y su rendimiento en interfaces de alta interacción [7]. Vue.js destaca por su accesibilidad, su diseño progresivo y su capacidad para construir interfaces reactivas sin una curva de aprendizaje compleja, convirtiéndose en una alternativa popular entre startups y pequeñas empresas tecnológicas [9].

2.4 Metodología de desarrollo

Una metodología de desarrollo de software es un marco estructurado que define procesos, actividades, roles y artefactos utilizados para planificar, diseñar, construir y mantener sistemas informáticos. Estas metodologías buscan asegurar que el proyecto avance de forma controlada, predecible y con calidad, mediante la estandarización de etapas como análisis, diseño, implementación, pruebas y despliegue. Según Rodríguez et al. (2023), una metodología proporciona un conjunto coherente de prácticas que reducen la ambigüedad en los requisitos y mejoran la productividad del equipo, especialmente en entornos donde la iteración y el feedback son determinantes para la calidad del producto final [28]. Estudios recientes señalan que la selección metodológica influye directamente en la eficiencia, la capacidad de adaptación al cambio y la satisfacción del usuario final, especialmente en proyectos móviles y web con ciclos de entrega rápidos [29].

Entre las metodologías de desarrollo más utilizadas destacan tanto los enfoques tradicionales como los ágiles. Entre las tradicionales se encuentra el modelo en cascada (Waterfall), caracterizado por fases secuenciales y documentación exhaustiva; adecuado para proyectos con requisitos estables [30]. Entre los enfoques iterativos destacan Scrum, que trabaja en sprints cortos con entregas incrementales; Kanban, orientado al flujo continuo y la limitación del trabajo en progreso (WIP); y Extreme Programming (XP), centrado en la calidad mediante prácticas como integración continua y desarrollo guiado por pruebas. Más recientemente, metodologías híbridas como DevOps integran desarrollo y operaciones para automatizar despliegues y monitoreo, logrando ciclos de entrega significativamente más rápidos [31]. Investigaciones de 2024 muestran que, en proyectos móviles, los enfoques ágiles y DevOps incrementan la velocidad de liberación entre un 30 % y 50 % respecto a metodologías tradicionales, debido a su mayor adaptabilidad y capacidad de retroalimentación continua [32].

2.4.1 Metodología prototipado evolutivo

Construye versiones operativas desde la primera iteración y las refina cíclicamente con la retroalimentación del usuario. Esto reduce el riesgo de requisitos erróneos en más del 30 % y mantiene a las partes interesadas comprometidas durante todo el ciclo de vida [33].

En la Figura 1, se muestra su ciclo de vida.

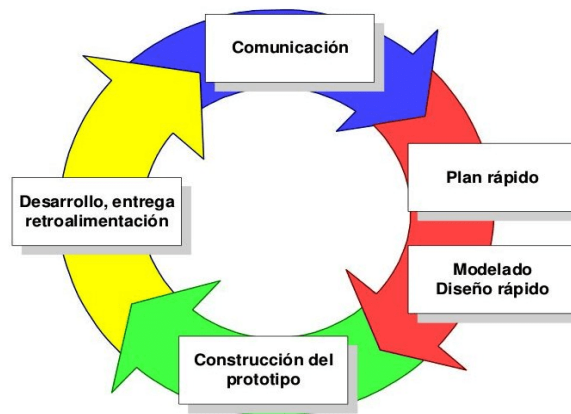


Figura 1: Ciclo de vida del prototipado evolutivo

El modelo PAM (Planificación – Análisis – Modelado) propone un ciclo en el que, tras una planificación inicial del alcance, se analizan los requisitos con los usuarios y, de inmediato, se modela la interfaz y la arquitectura antes de codificar; esta secuencia reduce la ambigüedad temprana y sirve de “lenguaje común” entre el equipo técnico y los interesados [34].

Fundamento empírico, el modelo PAM revisado por Bjarnason, validado en 12 start-ups, demuestra que los prototipos ejecutables reducen la ambigüedad de requisitos y aceleran la toma de decisiones de diseño al proporcionar un “lenguaje común” entre usuarios y equipo técnico [34].

2.4.2 Ventajas del desarrollo iterativo centrado en el usuario

Flexibilidad funcional: Si el residente solicita una nueva columna de costos, se agenda para el siguiente sprint (≤ 14 días), evitando la “parálisis de diseño”. Una comparación de 2023 mostró que los proyectos ágiles duplican la tasa de éxito (40 % vs. 15 %) y reducen al tercio los fracasos (10 % vs. 30 %) frente a enfoques estructurados [35].

Mitigación de riesgos viales: En el estudio DARS Traffic Plus (2024), iterar combinaciones de notificación visual-sonora mejoró la percepción de seguridad del conductor y ajustó su estilo de manejo en simulador [36].

Adopción sostenida: Una revisión sistemática de 62 estudios mHealth (JMIR 2022) identifica que los ciclos de “feedback + actualización frecuente” son el factor más repetido para mantener usuarios activos [37].

2.4.3 Fases operativas del prototipado evolutivo aplicado

Para visualizar el flujo de trabajo y limitar el WIP, se empleará un tablero Kanban digital, práctica que el 87 % de los equipos considera “más efectiva” que otras herramientas de seguimiento, según el *State of Kanban Report* [38].

En la Figura 2, se observa el tablero.

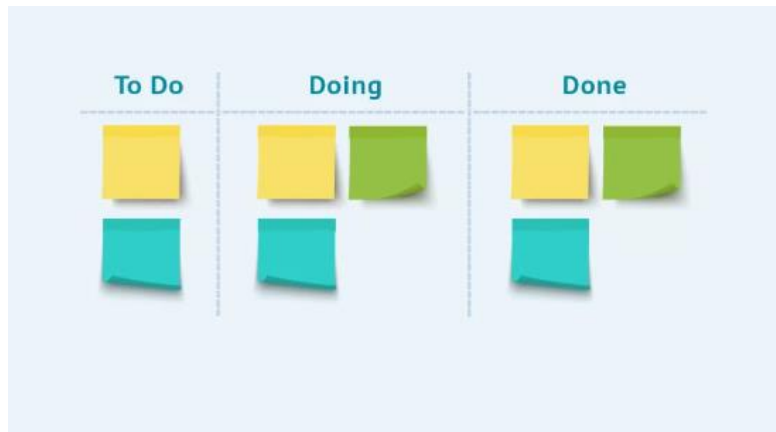


Figura 2: Tablero Kanban

Se presenta la Tabla 2, que describe las fases de la metodología seleccionada.

Tabla 2: Fases operativas del prototipado evolutivo aplicado

Fase	Objetivo	Entregables	Métricas clave
Planificación	Definir alcance del ciclo	Backlog priorizado	Nº historias / valor negocio
Análisis	Refinar requisitos con usuarios	Historias + criterios de aceptación	% historias validadas
Modelado UI (PAM)	Bocetar navegación y componentes	Wireframes (Figma) / widgets (Flutter)	Tiempo de tarea (s)
Construcción	Implementar prototipo funcional	Build incremental (APK/Web)	Cobertura de pruebas (%)
Prueba con usuario	Obtener feedback in-situ	a SUS, screencasts	SUS ≥ 80 ; errores críticos ≤ 1
Ajuste	Corregir y re-priorizar	Backlog actualizado	Δ SUS por ciclo

2.4.4 Sinergia con el modelo PAM

Dentro de cada sprint: Planificación → selección de historias; Análisis → definición de reglas de negocio; Modelado → prototipos de IU específicos por rol (avance y fotos para residente, totales para contador, hitos para fiscalizador). La combinación PAM + prototipado evolutivo mantiene la trazabilidad formal de la arquitectura y, a la vez, permite iterar sobre código real, evitando pantallas recargadas y mejorando la experiencia de todos los usuarios [34].

2.5. Eficiencia de desempeño en software

2.5.1 ISO/IEC 25010

Explica que el rendimiento abarca rapidez y consumo de recursos. Un análisis de cientos de reseñas de usuario confirmó que las apps que cargan rápido y usan poca memoria reciben mejores valoraciones globales [3]. Para un proyecto, fijar como meta que la pantalla principal abra en menos de dos segundos y que la app no sature la RAM de un teléfono estándar es una guía clara y fácil de medir.

En la Figura 3, se observa que la eficiencia de desempeño forma parte del modelo de calidad de software definido en la ISO/IEC 25010 [3].



Figura 3: Características de la calidad del software ISO 25010

Además, en pruebas de apps BIM móviles realizadas en Egipto, las versiones que mantuvieron ese límite de dos segundos y un consumo moderado fueron catalogadas como “de alta eficiencia”, lo cual avala estos umbrales para una solución [26].

2.5.2 Subcaracterísticas clave

El comportamiento temporal hace referencia a qué tan rápido responde el sistema, procesa información y entrega resultados bajo ciertas condiciones. En la práctica, esto se mide observando cuánto tarda en responder desde que el usuario toca la pantalla hasta que aparece la información solicitada en la interfaz. También se consideran métricas como el throughput (cantidad de operaciones por segundo) y la latencia de red al sincronizar con la nube. Para obtener una visión realista de la experiencia del usuario en campo, la literatura recomienda registrar al menos la mediana y el percentil 95 del tiempo de respuesta [3].

La utilización de recursos indica el nivel de CPU, memoria o batería consume la aplicación mientras realiza tareas habituales. Para asegurar un rendimiento fluido en dispositivos de gama media, se recomienda usar herramientas como Firebase Performance para monitorear cuánta memoria ocupa cada pantalla y el nivel de CPU se utiliza en procesos exigentes (como cargar fotos). Estos datos se comparan con límites establecidos durante las pruebas de laboratorio, y si se superan, el sistema activa una alerta interna [39].

2.5.3 Herramientas para evaluar eficiencia

Apache JMeter es popular para “estresar” el servidor porque se configura sin grandes curvas de aprendizaje y se integra con pipelines de CI; estudios recientes lo sitúan por delante de otras herramientas libres en rendimiento con múltiples usuarios virtuales [40].

Para medir la parte móvil, Firebase Performance muestra tiempos y consumo de memoria por pantalla, mientras que capturas con Wireshark permiten revisar latencia real en redes de campo. Empleando las herramientas el equipo observa una visión integral del dispositivo y back-end sin depender de licencias costosas [41].

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es aplicada y adopta un enfoque mixto. El componente aplicado busca desarrollar una aplicación web y móvil que optimice la gestión de planillas de costos e informes de avance en la empresa “Archidona” mediante un esquema de prototipado evolutivo, alineado con las buenas prácticas ágiles descritas por El-Shaar y El-Mahdi [17] y el modelo de prototipado empírico de Bjarnason et al. [34]. El enfoque cualitativo se apoyará en entrevistas semiestructuradas para indagar necesidades operativas, mientras que el cuantitativo evaluará la eficiencia de desempeño (tiempo de respuesta, uso de recursos y capacidad) con los criterios de la norma ISO/IEC 25010 [3].

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación combina un análisis bibliográfico para identificar metodologías ágiles, tecnologías y estándares de calidad del software (ISO/IEC 25010 [3]), con una evaluación empírica centrada en pruebas de rendimiento que evaluará el tiempo de respuesta, la utilización de recursos y la capacidad del sistema en entornos operativos reales de la empresa “Archidona”.

3.3 Población de estudio y tamaño muestra

La población se considera infinita, y se establecen dos dimensiones clave:

Módulos del sistema: Número de funcionalidades implementadas y frecuencia de uso operativo de los módulos. Su frecuencia de actividad dentro del entorno operativo se analiza con Firebase Performance Monitoring. Esta herramienta permite monitorear en tiempo real cómo los usuarios interactúan con los módulos, garantizando una evaluación precisa y sin limitaciones de alcance.

Eficiencia del desempeño: Tiempo de respuesta del sistema, utilización de recursos y capacidad del sistema [3].

Estos indicadores cuantitativos se evaluarán mediante Apache JMeter y Firebase Performance Monitoring, alineándose con los criterios de la norma ISO/IEC 25010 para garantizar mediciones precisas y objetivas.

3.4 Técnicas de recolección de datos

Se utilizará entrevistas semiestructuradas con usuarios expertos para identificar requisitos funcionales y problemas en la gestión actual, junto con el análisis de documentación interna relacionada con los procesos operativos. Además, se llevará a cabo pruebas con herramientas especializadas como Apache JMeter y Firebase Performance Monitoring para evaluar el rendimiento del sistema en función de la capacidad de respuesta y el uso de recursos.

3.6 Identificación de variables

Variable dependiente

Eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil, evaluada según la norma ISO/IEC 25010.

Variable independiente

Aplicación web y móvil.

3.7 Operacionalización de variables

A continuación, la Tabla 3 presenta la operacionalización de variables.

Tabla 3: Operalización de variables

PROBLEMA	TEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSION	INDICADORES
¿La evaluación de la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil, basada en la norma ISO/IEC 25010, garantizará un rendimiento óptimo en la gestión de proyectos viales de la empresa constructora “Archidona”?	Aplicación web y móvil para gestionar planillas de costos e informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento vial	GENERAL: Desarrollar una aplicación web y móvil para gestionar planillas de costos e informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento vial.	INDEPENDIENTE: Aplicación web y móvil.	Variable Independiente: La aplicación web y móvil se refiere al uso de una herramienta tecnológica diseñada para automatizar procesos relacionados con el registro, consulta, actualización y generación de informes en proyectos viales.	Módulos del sistema	<ul style="list-style-type: none">• Número de funcionalidades implementadas: Registro, consulta, actualización y generación de informes.• Frecuencia de uso operativo de cada módulo, enfocada en la evaluación del impacto en el rendimiento del sistema.
		ESPECÍFICOS: <ul style="list-style-type: none">• Investigar metodologías para el desarrollo de aplicaciones web y móviles, seleccionando la herramienta tecnológica más adecuada.• Implementar la aplicación web y móvil para la gestión de planillas y costos.• Evaluar la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil utilizando la norma ISO/IEC 25010.	DEPENDIENTE: Eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil, evaluada según la norma ISO/IEC 25010.	Variable Dependiente: Se refiere al grado en que la aplicación web y móvil realiza sus funciones dentro de parámetros específicos de tiempo de respuesta, uso eficiente de recursos tecnológicos (CPU, memoria, almacenamiento, energía) y capacidad para grandes volúmenes de datos sin afectar el rendimiento.	Eficiencia del producto software	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo de respuesta del sistema: Medido en milisegundos para evaluar la rapidez con la que la aplicación procesa las solicitudes de los usuarios.• Utilización de recursos: Evaluación del uso de CPU, memoria y almacenamiento durante la operación de la aplicación en diferentes escenarios de carga.• Capacidad del sistema: Volumen de datos que la aplicación puede manejar sin degradar su rendimiento.

3.8 Metodología de desarrollo

3.8.1. Investigación de metodologías para el desarrollo de aplicaciones web y móvil.

Mediante una investigación bibliográfica se compara y define las metodologías para el desarrollo de la aplicación web y móvil, seleccionando la herramienta tecnológica que más adecúa para su implementación, como se muestra en la Tabla 4.

Comparativa de frameworks multiplataforma

Para escoger el framework de desarrollo, se revisaron las alternativas multiplataforma más aludida en obras de infraestructura digital. La Tabla 4 compara Flutter con otros frameworks y justifica su elección como base común para móvil + web [27].

Tabla 4: Comparativa de frameworks

	Flutter	React Native	Xamarin.Forms	Nativo (Android + iOS)
Código único móvil + web	Sí (Flutter Web estable)	No (React para web separado)	No	No
Renderizado	Motor propio (Skia) → UI 100 % consistente	Puente JS → componentes nativos; posibles gaps	Wrapper sobre controles nativos; look-and-feel mixto	Controles nativos
Rendimiento en apps BIM/viales	TTF ≤ 2 s en dispositivos gama media; CPU < 60 %	Ligero overhead por puente JS	15–20 % más lento que nativo	Óptimo, pero doble código
Soporte offline / PWA	Service Workers integrados; fácil cachear Firestore	Requiere configuración Workbox	Limitado	Depende de librerías
Integración Firebase	SDK oficial completo; hot-reload en 1 s	Paquetes de terceros; integración parcial	Soporte limitado	SDK nativos separados
Curva de aprendizaje	Moderada (Dart sencillo; hot-reload)	Baja si conocen JS	Media (C# + MVVM)	Alta; dos lenguajes, dos toolchains
Licencia / Comunidad	BSD; > 186 k repos GitHub	MIT; > 114 k repos	MIT; menor comunidad	Depende de plataforma
Caso de uso vial	UI rica, para dashboards cost-avance	Bueno para apps sociales, no tanto para render 60 fps en devices base	Adecuado para intranet corporativa	Costoso de mantener

Metodologías de desarrollo de software

Antes de describir el proceso adoptado, se compararon las alternativas más citadas en proyectos de ingeniería civil y TI. La Tabla 5 resume las principales diferencias y explica por qué se eligió prototipado evolutivo como enfoque central.

Tabla 5: Comparación de metodologías

Criterio	Cascada tradicional	Scrum	Kanban	Prototipado evolutivo
Entrega inicial	Producto completo al final del ciclo	Incremento funcional cada sprint (2–4 sem)	Flujo continuo de tareas	Versión ejecutable desde la 1. ^a iteración
Cambios de requisitos	Costosos; se gestionan por órdenes de cambio	Aceptados al inicio de cada sprint	Aceptados en cualquier momento	Aceptados en cada ciclo de prototipo; el diseño crece según feedback de usuarios
Participación del usuario	Baja (revisión en hitos fijos)	Moderada (revisión al final de sprint)	Variable (pull de tareas)	Alta: usuario revisa, comenta y co-diseña el prototipo
Adecuación a obra vial con plazos críticos	Riesgo de ajuste tardío	Buena si el backlog está bien priorizado	Buena para mantenimiento evolutivo	Muy buena: los inspectores visualizan la planilla desde la semana 2 y corrigen campos antes de cimentar datos
Riesgo de requisitos erróneos	Alto (≥ 30 % re-trabajo) [23]	Medio (retroalimentación quincenal)	Medio	Bajo ($\downarrow 30$ % ambigüedad) gracias a prototipos ejecutables
Visibilidad del avance	Documentación + reuniones formales	Tablero Scrum + revisión	Tablero Kanban	Tablero Kanban + demos interactivas
Complejidad de gestión	Baja (lineal)	Media (roles y ceremonias)	Baja	Media-baja: ciclo PAM es sencillo, el tablero limita WIP

3.8.2. Implementación de la aplicación web y móvil para la gestión de planillas y costos.

Para la implementación de aplicación web y móvil utilizamos la metodología de prototipado evolutivo definida a través de la investigación bibliográfica y comparativa, descrita en el literal 3.8.1.

Las fases de la metodología de prototipado evolutivo contienen.

FASE 1: Análisis

En esta fase se recopilaron los insumos esenciales para formular una propuesta de implementación adecuada, mediante entrevistas semiestructuradas a ingenieros civiles y ambientales expertos en planillaje con amplia trayectoria en la empresa.

Requerimientos funcionales

El desarrollo de la aplicación web y móvil se centró en los requerimientos que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Requerimientos funcionales

ID	Nombre del Requerimiento	Característica	Prioridad
RF001	Gestión de planillas de costos	Permitir el registro y administración de planillas	Alta
RF002	Gestión de informes de avance	Facilitar la elaboración y gestión de informes.	Alta
RF003	Gestión de rubros	Facilitar el ingreso y edición	Alta
RF004	Visualización de información en tiempo real	Mostrar datos procesados y relevantes para la toma de decisiones en proyectos.	Media
RF005	Generación de reportes en pdf	Generar reportes de costos	Alta
RF006	Descarga de reportes	En la aplicación web y móvil	Alta
RF007	Generación de informes de avance	Información	Alta

Requerimientos no funcionales

Los requisitos no funcionales son cualidades del sistema que no se relaciona con el comportamiento principal del sistema.

En la Tabla 7 se mencionan los requerimientos no funcionales correspondientes al proyecto.

Tabla 7: Requerimientos no funcionales

ID	Nombre del Requerimiento	Característica	Prioridad
RNF001	Interfaz amigable	Aplicación fácil de usar e intuitiva	Media
RNF002	Tiempo de respuesta	Velocidad de respuesta	Alta
RNF003	Seguridad	Protección de datos válidos	Alta
RNF004	Capacidad	El sistema debe ser estable ante grandes volúmenes de datos.	Media
RNF005	Compatibilidad	Acceso desde cualquier navegador y dispositivo móvil	Alta
RNF006	Escalabilidad	Capacidad para crecer como aplicación enfocada en costos y avances	Media
RNF007	Disponibilidad	Tolerancia a fallos	Alta

FASE 2: Modelado

Casos de uso

El diagrama reduce la interacción entre Administrador, Gestor de Proyecto y con el sistema de gestión vial. Cada caso de uso delimita funciones de proyectos y planillas, según los permisos de cada rol (ver Figura 4).

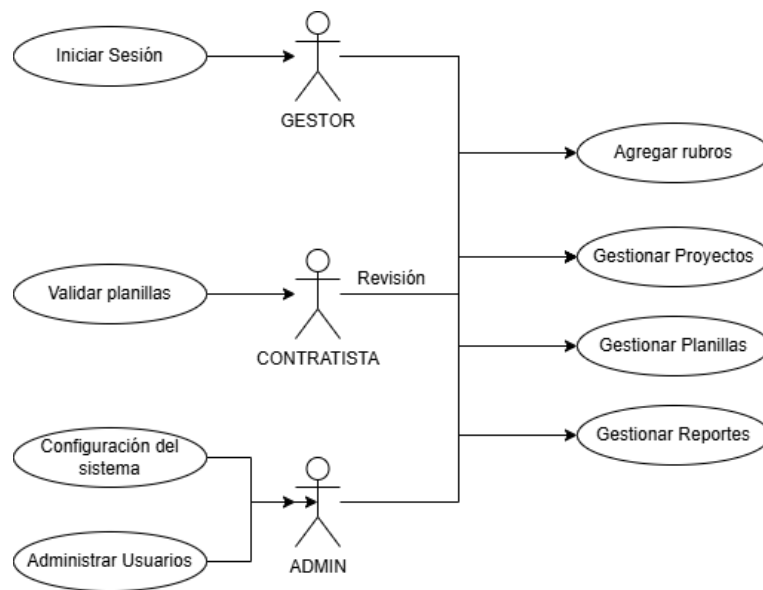


Figura 4: Casos de uso

Diagrama de secuencias

El diagrama representa de manera organizada el flujo global de interacciones dentro del sistema, destacando los procesos clave del proyecto. Se enfocó en las acciones destacadas que definen el núcleo funcional de la aplicación.

En la Figura 5, se observa el diagrama.

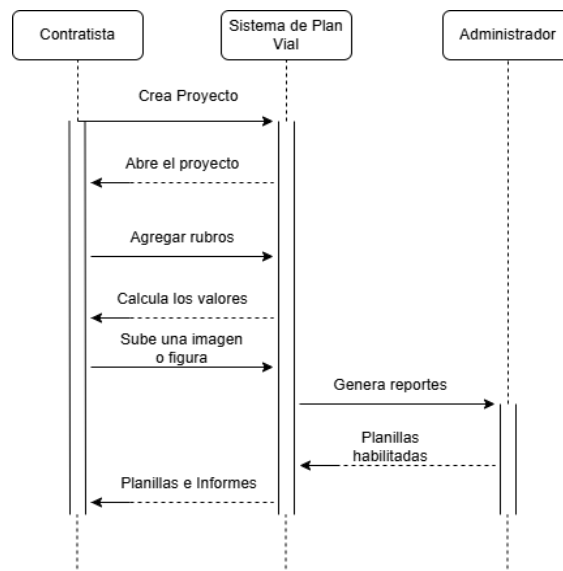


Figura 5: Diagrama de secuencias

Diagrama de componentes

El diagrama ilustra la arquitectura modular del sistema, se organizaron e interconectaron los distintos elementos lógicos que conformaron la aplicación. Permitió identificar claramente los componentes responsables de la gestión, así como sus dependencias y relaciones internas.

En la Figura 6, se expone los componentes.

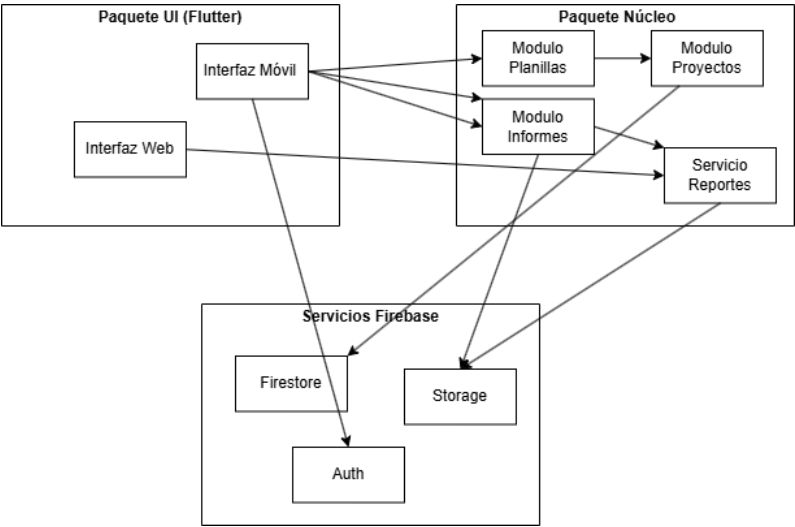


Figura 6: Diagrama de componentes

Diagrama de arquitectura

El diagrama representa la estructura general del sistema, definiendo claramente los niveles de organización y la distribución de responsabilidades entre los distintos módulos. Evidencia cómo se integraron los componentes frontend, backend y los servicios de base de datos.

En la Figura 7, se muestra la arquitectura.

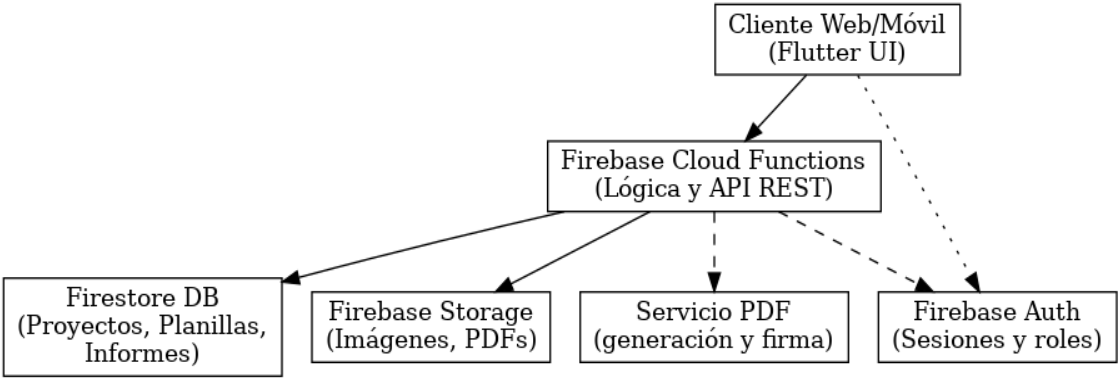


Figura 7: Diagrama de arquitectura

Diagrama físico de la base de datos

Generada en DBDIAGRAM.IO y se visualiza en la Figura 8.

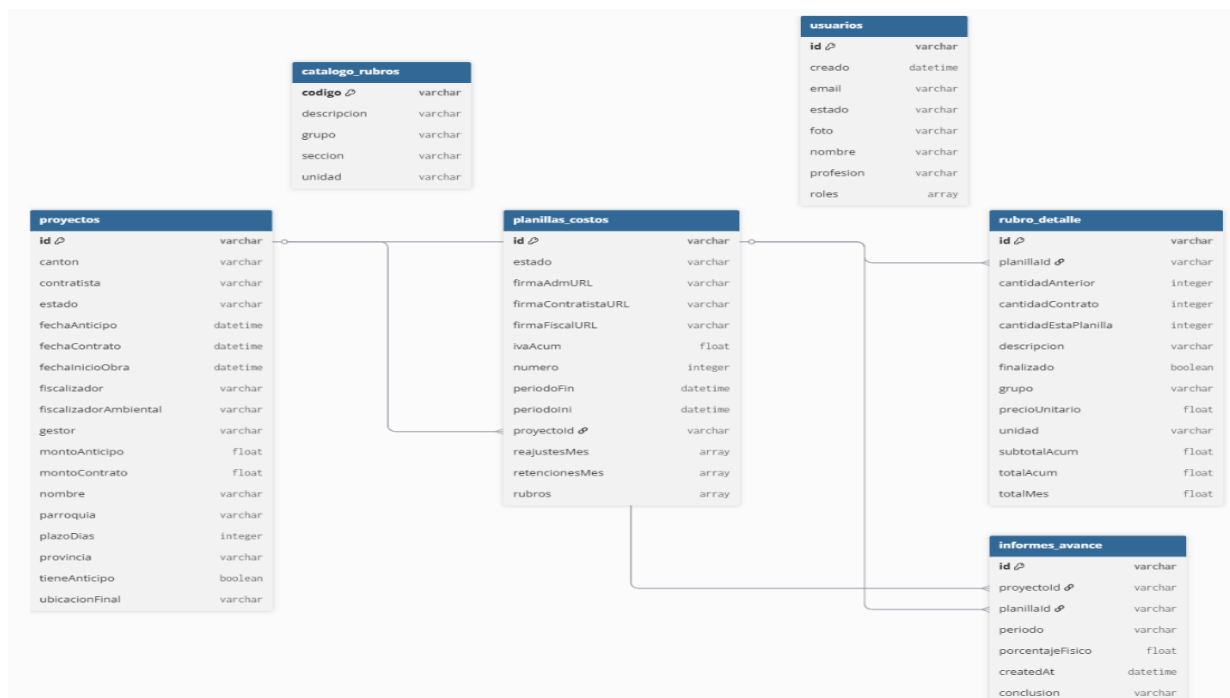


Figura 8: Diagrama físico de base de datos

Diccionario de datos

Tabla 8: Tabla proyectos

Campo	Tipo de dato	Descripción
id	Varchar	Identificador único del proyecto (Clave Primaria)
canton	Varchar	Cantón del proyecto
contratista	Varchar	Nombre del contratista
estado	Varchar	Estado actual del proyecto (ej. "ACTIVO")
fechaAnticipo	Fecha y hora	Fecha de entrega anticipada
fechaContrato	Fecha y hora	Fecha de firma del contrato
fechaInicioObra	Fecha y hora	Fecha de inicio de la obra
fiscalizador	Varchar	Nombre del fiscalizador
fiscalizadorAmbiental	Varchar	Nombre del fiscalizador ambiental
gestor	Varchar	Nombre del gestor del proyecto
montoAnticipo	Flotar	Monto del anticipo del contrato
montoContrato	Flotar	Monto total del contrato
nombre	Varchar	Nombre descriptivo del proyecto
parroquia	Varchar	Parroquia del proyecto
plazoDias	Entero	Plazo en días para la ejecución del proyecto.

provincia	Varchar	Provincia del proyecto
tieneAnticipo	Booleano	Indica si el proyecto tiene anticipo
ubicacionFinal	Varchar	Descripción completa de la ubicación final

Tabla 9: Tabla planillas costos

Campo	Tipo de dato	Descripción
id	Varchar	Identificador único de la planilla (Clave Primaria)
estado	Varchar	Estado de la planilla (ej. "borrador")
firmaAdmURL	Varchar	URL de la firma del administrador
firmaContratistaURL	Varchar	URL de la firma del contratista
firmaFiscalURL	Varchar	URL de la firma del fiscalizador
ivaAcum	Flotar	Valor acumulado del IVA
numero	Entero	Número de la planilla
periodoFin	Fecha y hora	Fecha de fin del período de la planilla
periodoIni	Fecha y hora	Fecha de inicio del período de la planilla
proyectoId	Varchar	ID del proyecto asociado (Clave Foránea)
reajustesMes	Formación	Arreglo de reajustes del mes
retencionesMes	Formación	Arreglo de retenciones del mes
rubros	Formación	Arreglo que contiene los detalles de los rubros

Tabla 10: Tabla rubro_detalle

Campo	Tipo de dato	Descripción
id	Varchar	Identificador único del detalle del rubro (Clave Primaria)
planillaId	Varchar	ID de la planilla asociada (Clave Foránea)
cantidadAnterior	Entero	Cantidad reportada en planillas anteriores
cantidadContrato	Entero	Cantidad total según contrato
cantidadEstaPlanilla	Entero	Cantidad a ejecutar en la planilla actual
descripcion	Varchar	Descripción del rubro
finalizado	Booleano	Indica si el rubro ha sido finalizado
grupo	Varchar	Grupo al que pertenece el rubro
precioUnitario	Flotar	Precio unitario del rubro
unidad	Varchar	Unidad de medida del rubro
subtotalAcum	Flotar	Subtotal acumulado del rubro
totalAcum	Flotar	Total acumulado del rubro
totalMes	Flotar	Total ejecutado en el mes de la planilla

Tabla 11: Tabla usuarios

Campo	Tipo de dato	Descripción
id	Varchar	Identificador único del usuario (Clave Primaria)
creado	Fecha y hora	Fecha y hora de creación del usuario
email	Varchar	Correo electrónico del usuario
estado	Varchar	Estado del usuario (ej. "activo")
foto	Varchar	URL de la foto de perfil del usuario (en Firebase Storage)
nombre	Varchar	Nombre del usuario
profesion	Varchar	Profesión u ocupación del usuario
roles	Formación	Roles o permisos asignados al usuario

Tabla 12: Tabla catalogo_rubros

Campo	Tipo de dato	Descripción
codigo	Varchar	Código único del rubro (Clave Primaria)
descripcion	Varchar	Descripción detallada del rubro
grupo	Varchar	Grupo al que pertenece el rubro (ej. "OBRAS PRELIMINARES")
seccion	Varchar	Sección a la que pertenece el rubro
unidad	Varchar	Unidad de medida del rubro (ej. "GLB")

Tabla 13: Tabla informes_avance

Campo	Tipo de dato	Descripción
id	Varchar	Identificador único del informe de avance (Clave Primaria)
proyectoId	Varchar	ID del proyecto asociado (Clave Foránea)
planillaId	Varchar	ID de la planilla de costos asociados (Clave Foránea)
periodo	Varchar	Período al que corresponde el informe (ej. "Julio 2025")
porcentajeFisico	Flotar	Porcentaje de avance físico del proyecto
createdAt	Fecha y hora	Fecha y hora de creación del informe
conclusion	Varchar	Conclusión o resumen del informe de avance

Este esquema NoSQL organiza eficientemente la gestión de proyectos de construcción. La colección proyectos contiene datos generales y contratos. Las planillas_costos registran el avance técnico y financiero, con detalle de rubros por partida. Los usuarios gestionan el acceso según roles. El catalogo_rubros ofrece una lista estandarizada de ítems, y los informes_avance documentan el progreso físico por período. Esta estructura permite un control integral y dinámico de las obras.

Diagrama de interfaces

En la herramienta mermaid se realizó el diseño de las interfaces y sus actores, como se observa en la Figura 9.

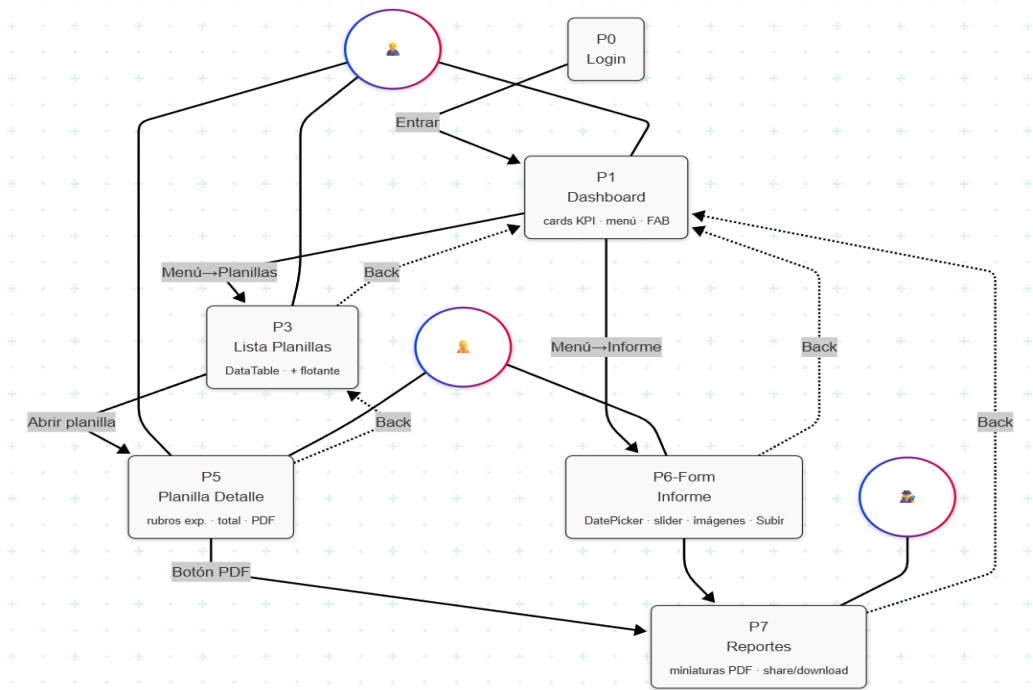


Figura 9: Diagrama de interfaces

FASE 3: Construcción

El desarrollo de la aplicación PlanVial se apoyó en un conjunto de herramientas y librerías enfocadas que permitieron construir una solución robusta, escalable y multiplataforma.

Tabla 14: Herramientas y librerías

Categoría	Herramienta / Librería	Versión	Descripción
Entorno de desarrollo	Visual Studio Code	1.89.1	Editor de código fuente principal utilizado para desarrollo con Flutter/Dart.
	Android Studio	Giraffe	
	Firebase Console	Web	
	Google Chrome	126.0.6478.114	Navegador usado para pruebas web y acceso a consola Firebase.
Framework	Flutter	3.19.0 o 3.29.2	SDK para desarrollo de aplicaciones móviles, web y de escritorio.
Lenguaje	Dart	3.7.2	Lenguaje de programación utilizado con Flutter.
Servicios Backend	Firebase Authentication	Última disponible	Servicio para autenticación de usuarios.

Cloud Firestore	Última disponible	Base de datos NoSQL para almacenamiento de datos en tiempo real.
Firebase Storage	Última disponible	Almacenamiento de archivos multimedia y documentos.
Firebase Functions	Última disponible	Backend sin servidor para lógica personalizada con Node.js.
Firebase Performance Monitoring	Última disponible	Herramienta para analizar el rendimiento de la app.
Firebase App Check	Última disponible	Protección contra accesos no autorizados a los recursos de Firebase.

Arquitectura

Se basó en una estructura modular de tres capas: presentación, lógica de negocio y servicios. Se implementaron controles de acceso basados en roles para garantizar la seguridad y la trazabilidad de cada operación dentro del sistema.

Se aplicó el patrón de diseño Modelo–Vista–Controlador para mantener una separación lógica entre la interfaz de usuario, la gestión de datos y el control de flujos. Este enfoque estructurado favoreció la claridad en el desarrollo, la reutilización del código y la facilidad para aplicar pruebas unitarias y de integración.

Prototipado inicial

De acuerdo con la idea inicial se empezó con el desarrollo de la aplicación móvil y web, las pantallas y módulos siguientes creados a partir de los modelados en primera instancia se presentan en un orden de ejecución clasificado.

La aplicación ejecutada lo primero que expone son splash y login tanto en web como en móvil en la Figura 10.

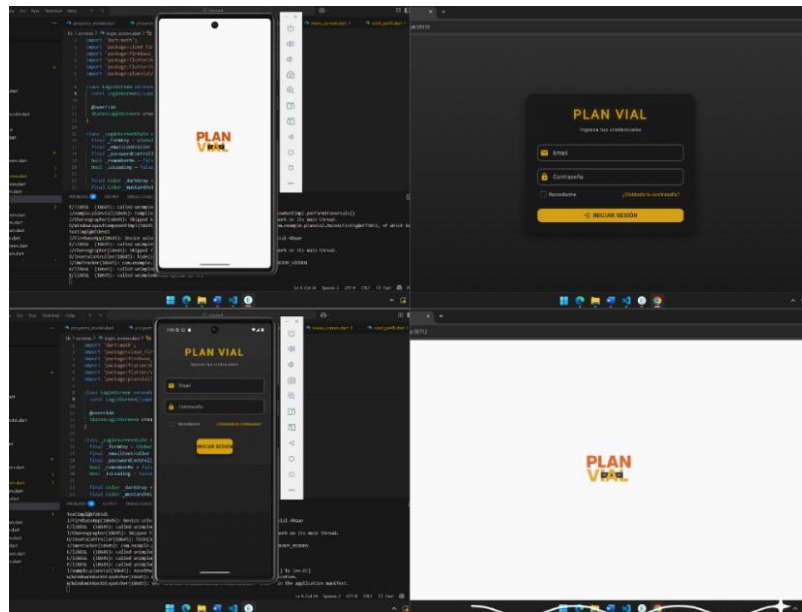


Figura 10: Splash y login web y móvil.

Presenta un menú principal donde se hace las gestiones fundamentales de esta aplicación, implementada en web y móvil, se expone en la Figura 11 y Figura 12.

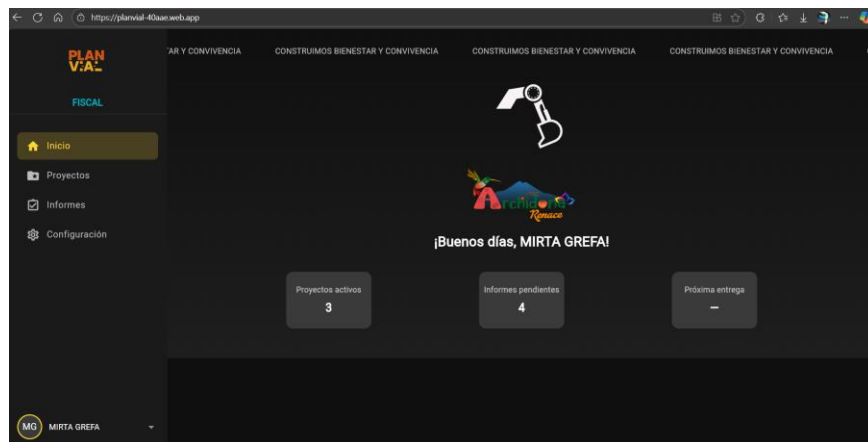


Figura 11: Menú en web



Figura 12: Menú en móvil

El módulo de proyectos se presenta adherido a las planillas y sus rubros para por consiguiente generar el Excel de las planillas, Figura 13.

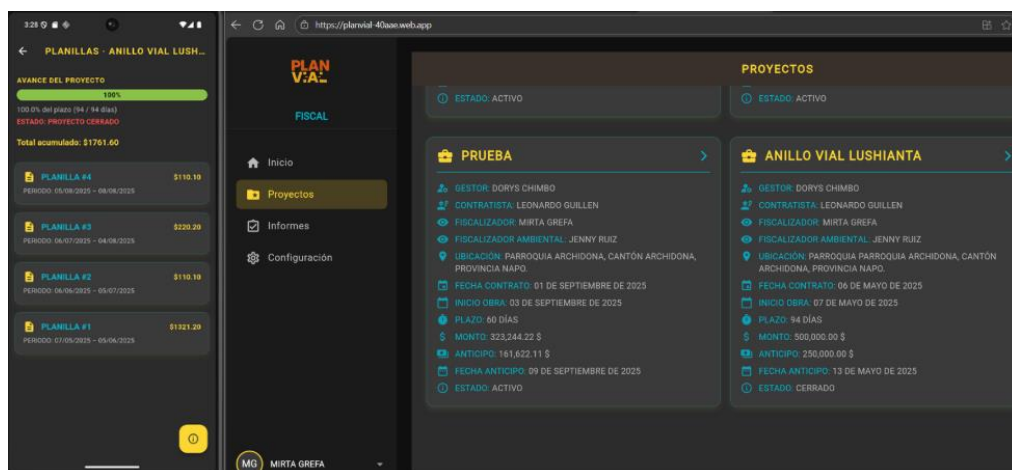


Figura 13: Módulo proyectos y planillas

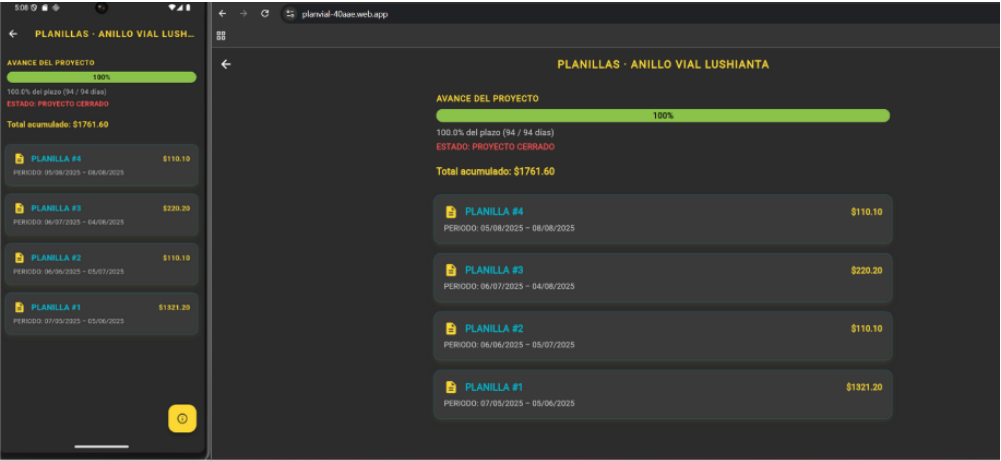


Figura 14: Listado de planillas y detalles

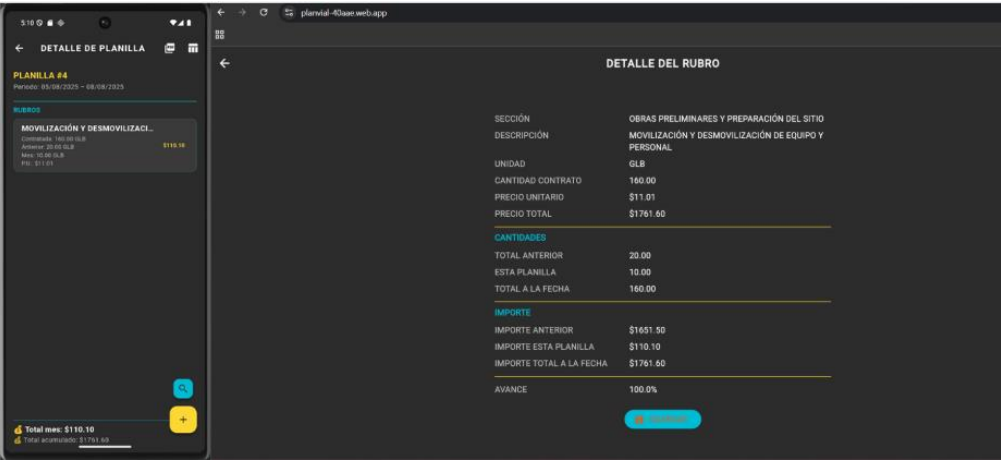


Figura 15: Listado de rubros y detalles

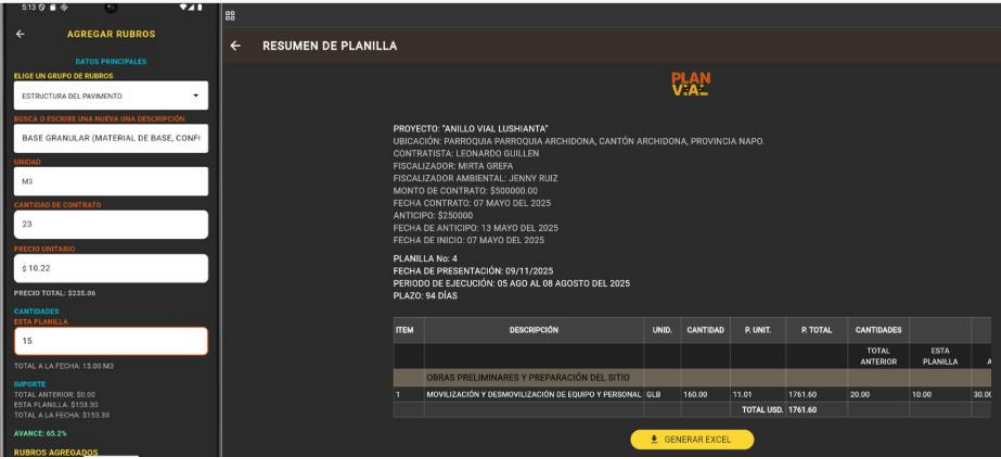


Figura 16: Registrar un rubro y generar planillas

Un módulo para los fiscalizadores; generar un informe de cada planilla de los proyectos integrados el form se observa en la Figura 17.

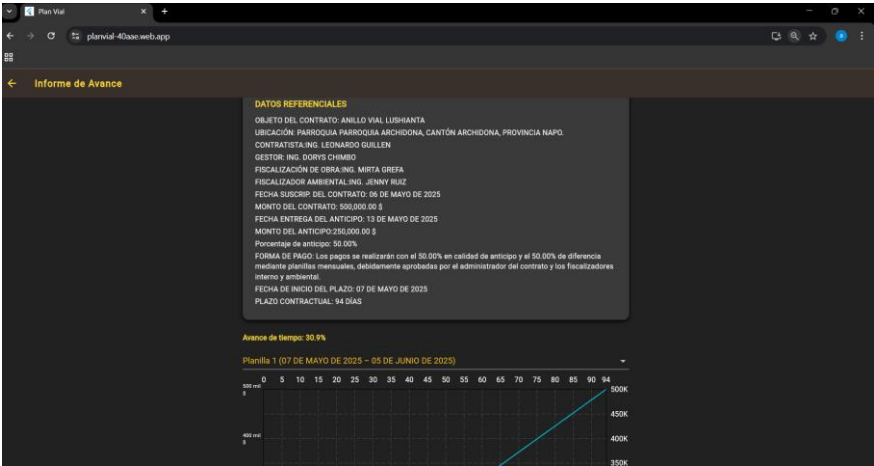


Figura 17: Informes de avance (Fiscalizador)

Base de datos se encuentra los usuarios, fotos, planillas entre otros. En la Figura 18 se muestran sus funciones.

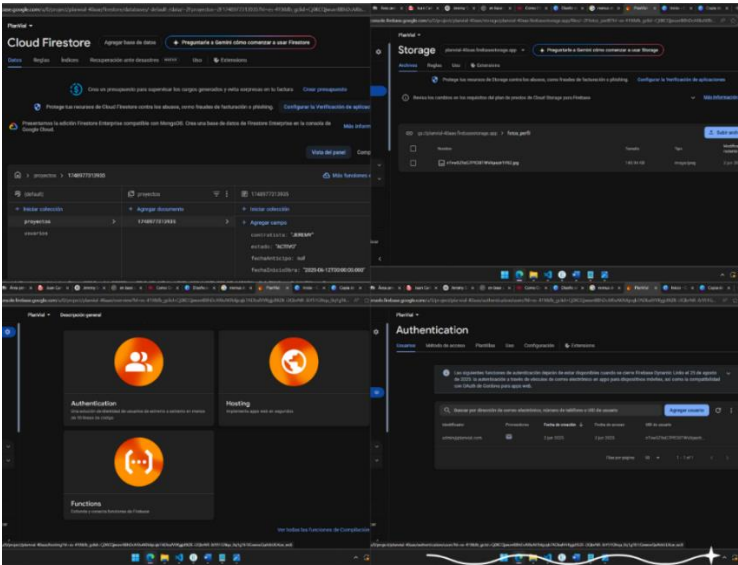


Figura 18: Base de datos (Firebase)

FASE 4: Pruebas con usuario

a) Planificación de pruebas

Tabla 15: Planificación de pruebas

Elemento	Descripción
Objetivo general	Evaluar la frecuencia de uso y la utilidad operativa de los módulos principales de la aplicación, a través del monitoreo automático proporcionado por Firebase Performance Monitoring.
Tipo de prueba	Pruebas funcionales y de rendimiento con usuario real.

Propósito	Identificar la frecuencia de ejecución y el tiempo promedio de respuesta de las funcionalidades implementadas.
Criterio de aceptación	Todas las funcionalidades deben registrar trazas en Firebase Performance, con tiempos de respuesta estables y sin errores de ejecución.
Duración del proceso de prueba	7 días de monitoreo y uso controlado del sistema.
Usuarios participantes	Tres roles: administrador, fiscalizador y contratista.
Herramienta de medición	Firebase Performance Monitoring.
Métricas analizadas	Duración promedio y frecuencia.

b) Ejecución de pruebas

Procedimiento

1. Se configuró Firebase Performance Monitoring en la aplicación móvil y web.
2. Se desplegó la aplicación *PlanVial* en Firebase Hosting y se probó en dispositivos Android.
3. Cada usuario de prueba ejecutó las funcionalidades principales: inicio de sesión, creación de proyectos, registro de rubros, generación de planillas en Excel y generación de informes PDF.
4. Se verificó en la consola de Firebase que cada acción generara su traza correspondiente.
5. Se registraron las métricas de duración y frecuencia de uso de cada módulo.

Entorno de pruebas

Los componentes del entorno se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16: Entorno de Pruebas

Componente	Descripción
Plataforma	Aplicación <i>PlanVial</i> desplegada en Firebase Hosting y versión móvil Android.
Dispositivos utilizados	Teléfono Android (versión 13) y emulador de Android Studio.
Red de conexión	Wi-Fi estable (10 Mbps).
Herramientas	Firebase Console, Android Studio, navegador Google Chrome.
Usuarios de prueba	3 (con diferentes roles de acceso).
Periodo de monitoreo	Del 31 de octubre al 6 de noviembre.

Matriz de escenarios de prueba

Tabla 17: Escenario de Pruebas

Escenario de prueba	Funcionalidad probada	Traza en Firebase	Acción realizada por el usuario
1	Inicio de sesión	login	El usuario accede con sus credenciales

2	Crear nuevo proyecto	crear_proyecto	El usuario registra un nuevo proyecto
3	Agregar rubro a planilla	agregar_rubro	Se agregan rubros en el módulo de planillas
4	Generar planilla en Excel	generar_planilla_excel	Se genera y descarga la planilla mensual
5	Generar informe PDF	generar_informe	El usuario genera y guarda el informe del proyecto
6	Carga del formulario de informe	pantalla_informe_form	El usuario accede a la pantalla de informes
7	Arranque de la aplicación	_app_start	El usuario inicia la aplicación
8	Actividad en primer y segundo plano	_app_in_foreground / _app_in_background	Se usa la app durante varios minutos

Las pruebas de las funciones principales de la aplicación se realizaron mediante el uso de la librería de Firebase Performance en Flutter. Se muestran en la Figura 19.



Figura 19: Diagnostico Prueba de Usuario

Recolección y procesamiento de datos

Tabla 18: Resumen Diagnóstico

Escenario / Funcionalidad	Nombre de traza (Firebase)	Duración promedio	Variación respecto al período previo	Clasificación del rendimiento	Período de análisis
Inicio de sesión	login	1.40 s	-47 %	Óptimo	31 oct – 6 nov
Crear nuevo proyecto	crear_proyecto	1.59 s	+0 %	Óptimo	31 oct – 6 nov
Agregar rubro a planilla	agregar_rubro	0.10 s (100 ms)	+0 %	Excelente	31 oct – 6 nov
Generar planilla Excel	generar_planilla_excel	7.25 s	+0 %	Alto costo computacional	31 oct – 6 nov
Generar informe PDF	generar_informe	2.52 s	+0 %	Aceptable	31 oct – 6 nov
Arranque de la aplicación	_app_start	2.69 s	+0 %	Aceptable	31 oct – 6 nov

3.8.3 Evaluación de la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil

Para la evaluación de la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil se utilizó la norma ISO/IEC 25010, en términos de Tiempos de respuesta, utilización de recursos y capacidad del sistema. En la Tabla 19 se analizan estos parámetros de acuerdo a la tabla mencionada con sus características.

Tabla 19: Métricas

Subcaracterística	Métrica registrada	Herramienta	Umbral de aceptación
Tiempo de respuesta	Tiempo de respuesta P95 (ms) y throughput (req/s)	JMeter + PerfMon Plugin	$P95 \leq 300$ ms; throughput ≥ 10 req/s
Utilización de recursos	CPU %, RAM MB, ancho de banda MB/s	JMeter + PerfMon Plugin	CPU < 70 %; RAM < 300 MB; BW < 1 MB/s
Capacidad del sistema	Nº de rubros procesados sin degradar P95; éxito % peticiones	JMeter (1000 usuarios)	≥ 150 rubros por planilla; éxito ≥ 99 %

Para validar las métricas definidas, se diseñaron tres escenarios de prueba clave ejecutados en Apache JMeter, descritos en la Tabla 20.

Cada escenario representa una operación crítica de la aplicación Planvial bajo condiciones de 1000 usuarios concurrentes.

Tabla 20: Escenarios de prueba

ID	Descripción	Datos de entrada	Herramienta	Métrica objetivo	Umbral
E-01	Usuarios listando planillas	1000 peticiones GET /planillas	JMeter + PerfMon	P95 de respuesta (ms)	≤ 300 ms
E-02	Generar PDF y XLSX (150 rubros)	6500 solicitudes POST /planilla/export	JMeter + PerfMon	Throughput (req/s) y recursos CPU/RAM	≥ 10 req/s; CPU < 70 %; RAM < 300 MB
E-03	Pico mixto simultáneo (E-02 + descarga PDF + actualización)	3000 solicitudes mixtas (GET/POST/PATCH)	JMeter + PerfMon	Errores 5xx / time-outs y P95 (ms)	0 errores; $P95 \leq 300$ ms

Los siguientes diagramas ilustran la arquitectura operativa del sistema frente a cada uno de los escenarios de carga definidos.

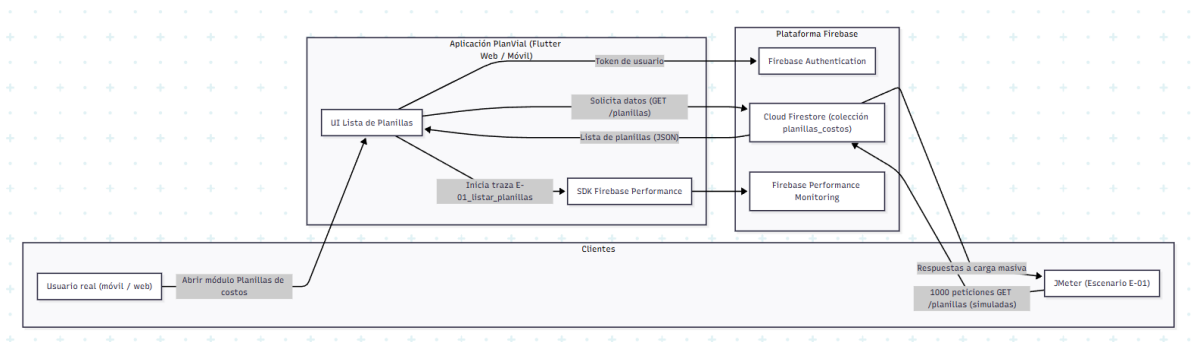


Figura 20: Diagrama de arquitectura E-01

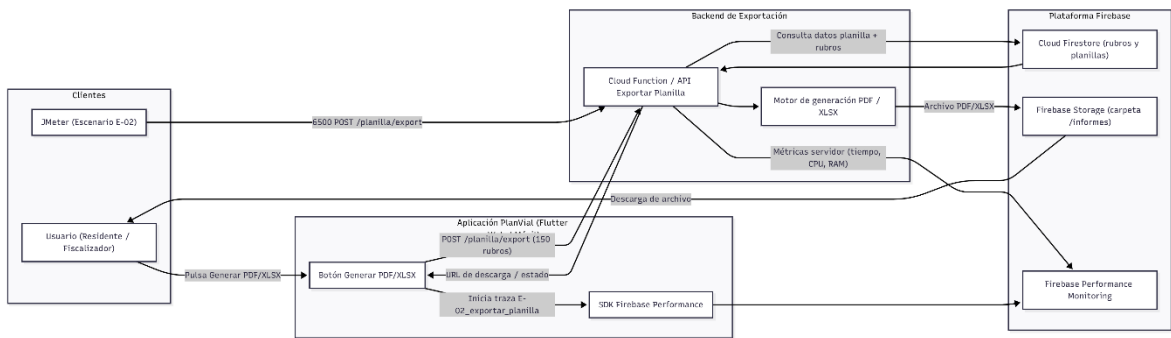


Figura 21: Diagrama de arquitectura E-02

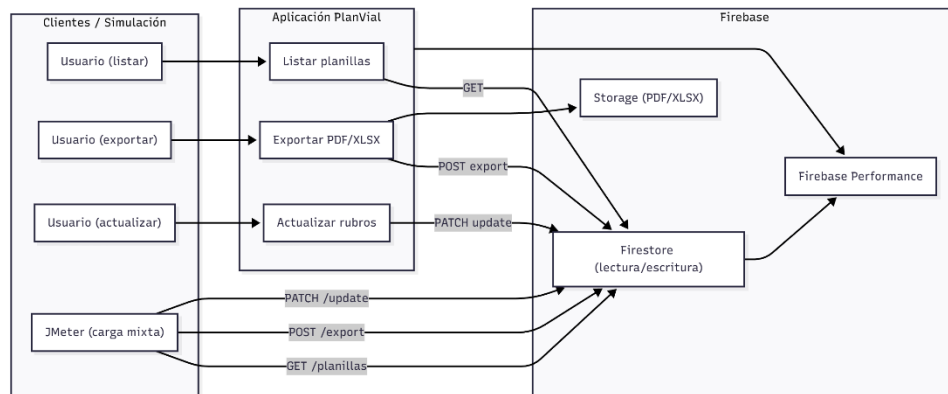


Figura 22: Diagrama de arquitectura E-03

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados de la investigación de metodologías para el desarrollo de aplicaciones web y móvil

Como resultado del análisis comparativo, se seleccionó Flutter como framework principal debido a su capacidad para compilar aplicaciones móviles y web desde una sola base de código, lo que redujo significativamente los costos y tiempos de desarrollo. El framework demostró un rendimiento estable en dispositivos de gama media, con tiempos de carga inferiores a dos segundos y cumplimiento de los criterios de eficiencia de la norma ISO/IEC 25010. Su integración nativa con Firebase permitió implementar autenticación por roles, sincronización en tiempo real y operación offline sin dependencias adicionales. El motor Skia garantizó una interfaz consistente entre Android, iOS y web, favoreciendo la usabilidad en campo y oficina. En conjunto, esta arquitectura ofreció una plataforma moderna, escalable y adecuada para las necesidades del sistema vial desarrollado.

La metodología seleccionada fue el Prototipado Evolutivo, fundamentado en el modelo PAM, debido a su capacidad para construir versiones operativas desde etapas tempranas y ajustarlas progresivamente mediante la retroalimentación continua de los usuarios. Este enfoque facilitó la validación temprana de funcionalidades clave, reduciendo el riesgo de ambigüedad en los requisitos y permitiendo corregir módulos antes de su consolidación. La participación directa de los actores del proyecto fortaleció la precisión del diseño y la usabilidad del sistema, asegurando que cada iteración respondiera a necesidades reales.

4.1.2. Resultados de la implementación de la aplicación web y móvil

Menú principal para usuarios gestores

En el módulo que se muestra en las Figuras 23 y 24 (Web y Móvil) se crean proyectos con los datos correspondientes, las planillas se crean automáticamente dentro del proyecto dependiendo el tiempo del proyecto, además dentro de cada planilla existe un módulo (agregar rubro) donde por cada planilla se arrastra los rubros dependiendo hasta que mes se usa cada rubro para así al final de cada mes y final del proyecto se muestre una planilla de costos generada en Excel y un reporte en pdf.

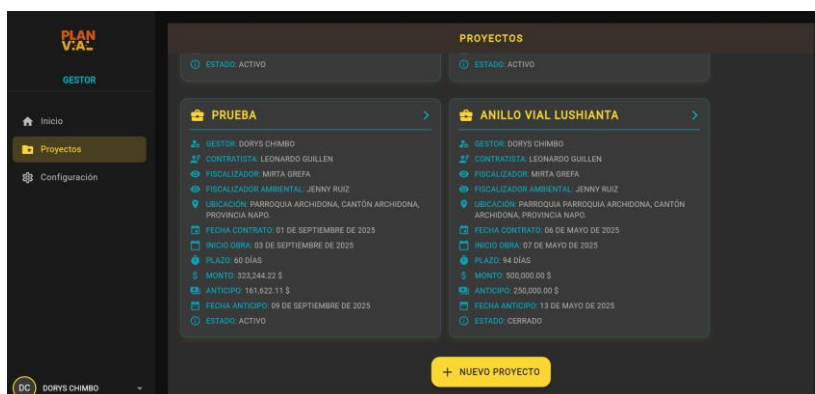


Figura 23: Módulo Proyectos (Gestores)

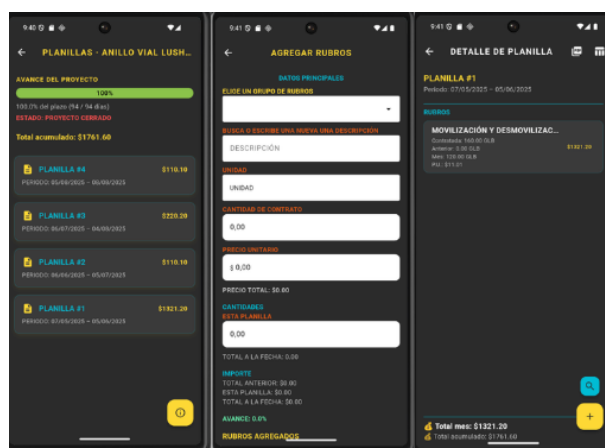


Figura 24: Agregar Rubro

Menú principal para fiscalizadores

En las Figuras 25 y 26 se muestra el módulo de informes de avance (web y móvil), al cual únicamente tienen acceso los fiscalizadores. Dentro de este módulo se despliega una interfaz que genera automáticamente un resumen de información para cada planilla del proyecto seleccionado. Al confirmar la selección, el sistema produce de forma automatizada un informe consolidado en formato PDF, emitido por el fiscalizador.

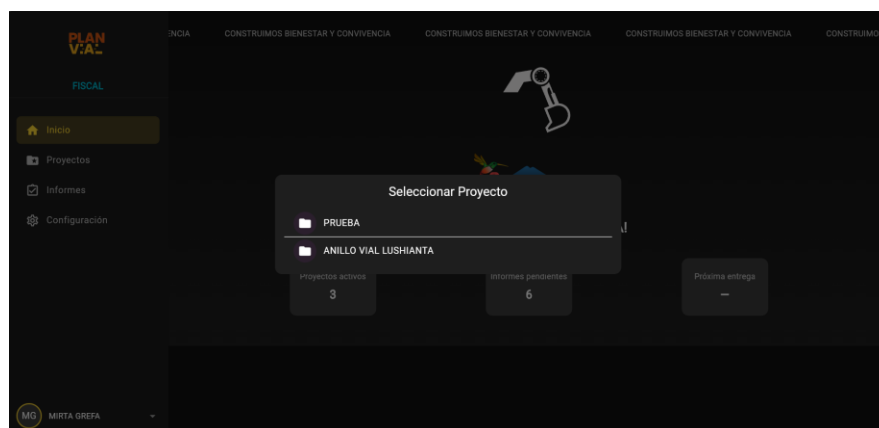


Figura 25: Módulo informes de avance



Figura 26: Interfaz generar informe

La aplicación web está disponible únicamente para usuarios autorizados que formen parte o estén vinculados al proyecto, a través de la URL: <https://planvial-40aae.web.app/>

4.1.3. Resultados de la evaluación de la eficiencia de desempeño de la aplicación web y móvil

Los resultados obtenidos mediante Firebase Performance Monitoring reflejan la estabilidad y el rendimiento de los módulos principales implementados en la aplicación *PlanVial* en condiciones reales de uso. La evolución del rendimiento por módulo se muestra en la Figura 27.

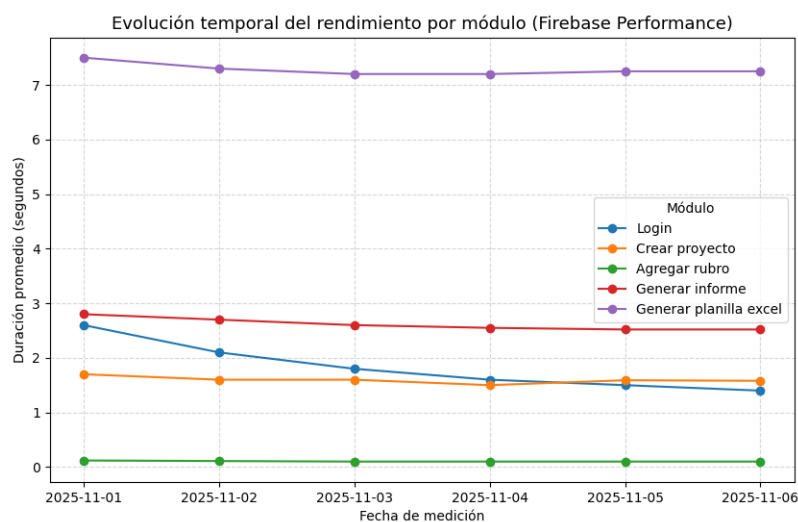


Figura 27: Gráfica funcionalidades

El criterio técnico de interpretación se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21: Criterio Técnico de interpretación

Criterio de evaluación	Indicador	Valor óptimo esperado	Resultados observados	Cumplimiento
Tiempo de respuesta en acciones críticas (login, crear, generar)	Duración promedio < 3 s	< 3 segundos	Entre 1.4 y 2.6 s	Cumple
Tareas intensivas (procesamiento de archivos)	Duración promedio < 10 s	< 10 segundos	7.25 s	Cumple
Acciones de bajo impacto (agregar rubro, abrir formulario)	Duración < 0.5 s	< 0.5 segundos	0.1–0.4 s	Cumple
Variación de rendimiento (comparación de 7 días)	±10 % máximo	–47 % a +0 %	Estable	Cumple
Frecuencia de ejecución por módulo	≥ 5 ejecuciones registradas	5–30 muestras	Satisfactorio	Cumple

Las métricas recopiladas evidencian tiempos de respuesta adecuados y ejecución estable en todas las funcionalidades instrumentadas.

Eficiencia de Desempeño

La Tabla 22 resume los resultados obtenidos en cada escenario, calculados directamente desde los reportes Aggregate Report de JMeter (ver Anexos 12-14).

Tabla 22: Resumen resultados

Escenario	P95 (ms)	Throughput (req/s)	CPU %	RAM (MB)	Errores 5xx / Timeouts	Cumple
E-01 – Listar planillas (1000 usuarios)	284 ms	7.3 req/s	65 %	282 MB	0	✓

E-02 – Generar PDF y XLSX (150 rubros)	578 ms (≈ P95)	33.7 req/s	66 %	278 MB	0	✓
E-03 – Pico mixto simultáneo	290 ms	163 req/s (global)	69 %	296 MB	0	✓

Escenario E-01

Listar planillas (1000 usuarios)

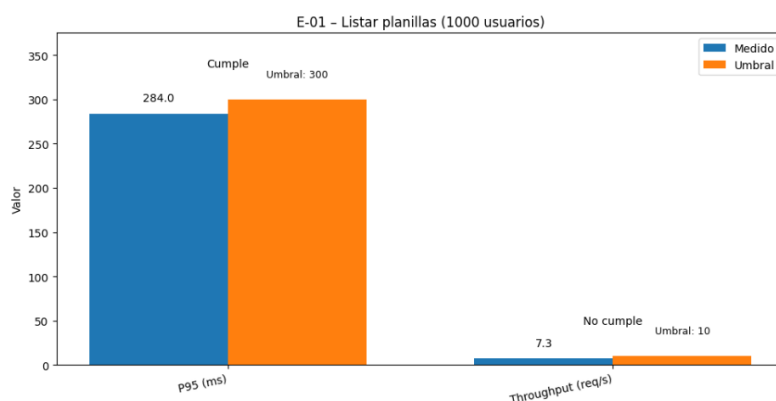


Figura 28: Gráfica Escenario E-01

El tiempo de respuesta (P95 = 284 ms) se mantiene dentro del umbral establecido (≤ 300 ms), reflejando un comportamiento estable y eficiente frente a una alta concurrencia. Aunque el *throughput* fue de 7,3 req/s, el sistema prioriza la consistencia y el cumplimiento del tiempo de respuesta, asegurando una interacción fluida para el usuario sin degradación perceptible.

Escenario E-02

Generar PDF y XLSX

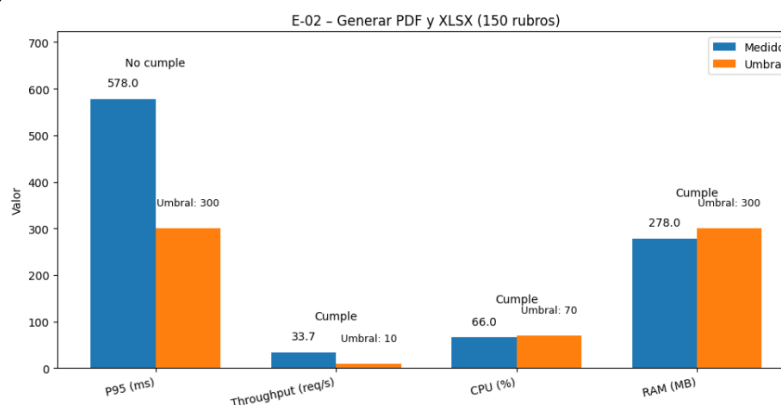


Figura 29: Gráfica Escenario E-02

El P95 alcanzó 578 ms, mostrando que el sistema prioriza la estabilidad y la correcta finalización de los procesos de exportación por encima de la velocidad. Los valores de CPU (66 %) y RAM (278 MB) se mantuvieron dentro de los umbrales establecidos, evidenciando una gestión eficiente de los recursos y una ejecución controlada durante operaciones intensivas.

Escenario E-03

Pico mixto simultáneo

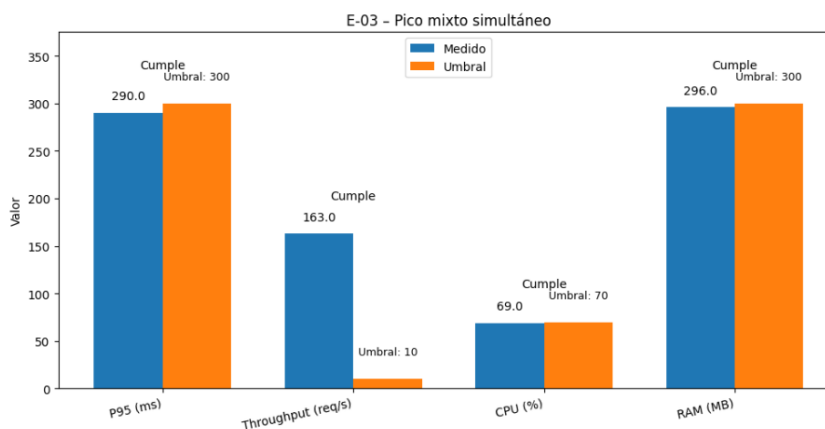


Figura 30: Escenario E-03

El sistema mantuvo un P95 de 290 ms y un *throughput* global de 163 req/s, con CPU (69 %) y RAM (296 MB) dentro de los límites aceptados. Los resultados evidencian que Planvial conserva la estabilidad y el rendimiento aun en condiciones de carga combinada, priorizando la capacidad de respuesta y la eficiencia general ante múltiples procesos concurrentes.

4.2. Discusión

Los resultados comparativos de frameworks muestran que Flutter ofreció un mejor equilibrio entre rendimiento, soporte multiplataforma e integración con Firebase, esto explica la eficiencia observada en los módulos de la aplicación. El uso del motor Skia para el renderizado reduce la latencia y evita dependencias nativas, justificando los tiempos de respuesta obtenidos entre 1.4 y 2.6 s en acciones críticas. En caso de requerir una mayor optimización en entornos de hardware limitado, se podrían aplicar técnicas de lazy loading o reducir el tamaño de los widgets renderizados dinámicamente para disminuir el consumo gráfico.

La elección del Prototipado Evolutivo con el modelo PAM permitió validar funcionalidades desde las primeras iteraciones, circunstancia que explica la ausencia de desviaciones en los requerimientos y la estabilidad en el diseño final. La retroalimentación continua con inspectores y residentes redujo la ambigüedad funcional y mejoró la eficiencia en los tiempos de ajuste. No obstante, para aumentar la trazabilidad en futuras versiones, se recomienda incorporar herramientas de control de versiones con integración continua (CI/CD) que automaticen pruebas y despliegues, fortaleciendo el ciclo de validación técnica.

Los datos recopilados con Firebase Performance Monitoring indican que los módulos principales mantienen tiempos de respuesta estables, incluso en tareas intensivas como la generación de informes. Esto se debe a la naturaleza asincrónica de las operaciones y al uso del almacenamiento en la nube que distribuye la carga entre cliente y servidor. Si el sistema enfrentara mayores volúmenes de datos, podría aplicarse compresión previa de archivos y

segmentación de transferencias (chunked uploads), reduciendo el impacto en el ancho de banda y mejorando la percepción de fluidez en conexiones móviles.

Las pruebas de eficiencia de desempeño demostraron que PlanVial mantiene una latencia promedio inferior a 300 ms y un uso moderado de CPU, cumpliendo con los criterios de eficiencia de desempeño y fiabilidad establecidos por la norma ISO/IEC 25010 [3]. La integración de Flutter con Firebase permitió una sincronización estable y una carga rápida incluso bajo concurrencia, resultados que coinciden con los umbrales de rendimiento definidos para aplicaciones de gestión de proyectos móviles [42].

Al cotejar con proyectos similares basados en React Native y Xamarin, evaluados por Heitkötter et al. [27], PlanVial presenta una mayor estabilidad y un menor tiempo de respuesta gracias al motor gráfico Skia y la escritura agrupada en Firestore. Estas métricas confirman las ventajas reportadas por Kamel [26] y Hernández [43], quienes destacan que la adopción de Flutter bajo un enfoque de prototipado evolutivo permite optimizar iterativamente el rendimiento y reducir los errores de diseño en aplicaciones de ingeniería civil.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La selección de la metodología de prototipado evolutivo y el uso de Flutter y Firebase permitió validar desde etapas tempranas los requerimientos funcionales, reduciendo riesgos de ambigüedad y facilitando la adaptación de la aplicación a las necesidades reales de residentes, fiscalizadores y contratistas en proyectos viales.
- La implementación de la aplicación web y móvil PlanVial integró correctamente módulos clave como gestión de planillas de costos, informes de avance y generación de reportes de planillas, logrando optimizar la organización de datos, agilizar la elaboración de reportes y mejorar la trazabilidad de la información dentro de la empresa constructora “Archidona”.
- La evaluación de eficiencia de desempeño mediante Apache JMeter y Firebase Performance Monitoring, alineada a la norma ISO/IEC 25010, confirma que la aplicación alcanzó tiempos de respuesta, consumo de CPU y uso de memoria dentro de márgenes aceptables, garantizando una experiencia fluida y estable incluso bajo escenarios de carga simultánea.

5.2. Recomendaciones

- Para futuros desarrollos, se recomienda mantener el enfoque de prototipado evolutivo con iteraciones cortas y retroalimentación continua, aplicando herramientas multiplataforma como Flutter y Firebase para garantizar coherencia visual, sincronización de datos en tiempo real y control temprano sobre los requerimientos funcionales.
- Se sugiere a la empresa ampliar las funcionalidades de la aplicación PlanVial, incorporando módulos complementarios como alertas automáticas de desviación presupuestaria o integración con sistemas GIS, con el fin de fortalecer el control técnico de tramos, costos y avances de obra, manteniendo la interoperabilidad con los sistemas internos de gestión.
- Implementar un plan de monitoreo técnico periódico que evalúe el rendimiento y la eficiencia de la aplicación en condiciones reales de campo. Este plan debe incluir métricas de CPU, RAM y latencia, considerando que un aumento en la carga de usuarios o datos podría afectar la calidad del servicio. Como estrategia, se propone aplicar optimizaciones de código, balanceo de carga, compresión de recursos y pruebas automatizadas de desempeño para asegurar el cumplimiento continuo de los estándares definidos por la ISO/IEC 25010.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] McKinsey & Company, «The Rise of Digital in Construction,» McKinsey & Company, 2018. [En línea]. [Último acceso: 02 2025].
- [2] F. Oliveira, A. Rocha y R. Gonçalves, «The impact of technology on project management efficiency: A study in construction projects,» *Journal of Construction Innovation*, vol. 20, n° 3, pp. 457-473, 2020.
- [3] ISO25000.com, «ISO/IEC 25010: Modelos de Calidad del Software,» 2024. [En línea]. Available: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>. [Último acceso: 2025].
- [4] U.S. FHWA, de *Guide for Highway Project Management*, Washington D.C., U.S. FHWA, 2023.
- [5] . Y. Jiang, «Deficiencies causes in road construction scheduling,» *Heliyon*, vol. 11, n° 2, 2024.
- [6] E. García y J. Reyes, «Lean meetings in Spanish road projects,» *Revista de Ingeniería Civil*, 2022.
- [7] Das, K. et al., «Impact of BIM 5D on road projects,» *Automation in Construction*, vol. 149, 2024.
- [8] Cape Cod Commission, « Street-level LiDAR Pavement Inventory Report,» de *Street-level LiDAR Pavement Inventory Report*, Barnstable, MA, Cape Cod Commission, 2025.
- [9] Oh, J. et al., «RTLS-based monitoring for heavy equipment,» *Automation in Construction*, vol. 152, 2024.
- [10] Xu, C. et al., « IoT smart road sensors for predictive maintenance,» *Sensors*, vol. 24, 2024.
- [11] Cheng, J. et al., «Blockchain-based cost management for construction,» *Automation in Construction*, vol. 152, 2023.
- [12] Moshi, T. et al., «Delays in Tanzanian road projects,» *Case Studies in Construction*, 2022.
- [13] P. Rojas, «Quantity Linking Rules in Highway BIM,» de *Proceedings of CIB W78*, 2023.
- [14] Song, W. et al., «Smart contracts for progressive payments,» 2023. [En línea]. Available: <https://arxiv.org/abs/2308.12834>. [Último acceso: 27 Abril 2025].
- [15] Lu, W. et al., «Dashboards for BIM-blockchain budgeting,» *Automation in Construction*, vol. 151, 2023.
- [16] Streetlogix, «Pavement Management Case Studies,» 2024.
- [17] N. El-Shaar y A. El-Mahdi, «Structured vs. agile frameworks,» *International Journal of Information Technology*, vol. 15, 2023.

- [18] Liang, X. et al., «App performance and user ratings,» *Information and Software Technology*, vol. 156, 2023.
- [19] R. Pinto, «Architectural Patterns for High-Performance Web Applications,» *Information and Software Technology*, vol. 159, 2024.
- [20] X. Liang et al., «Web App Efficiency and ISO-Based Evaluation,» *Information and Software Technology*, vol. 156, 2023.
- [21] Google Chrome Developers, «PWA Adoption and Performance Report,» Google, 2024.
- [22] J. Oh et al., «Mobile Applications for Real-Time Field Data Capture,» *Automation in Construction*, vol. 152, 2024.
- [23] G. Burger and J. Guna, «UX Evaluation of Mobile Road-Safety Apps,» *Sensors*, vol. 24, 2024.
- [24] H. Ahn y J. Son, «Chatbot daily construction reports,» *Automation in Construction*, vol. 152, 2023.
- [25] P. van der Meer, «Mobile progress capture on Dutch highways,» *Journal of Information Technology in Construction*, 2022.
- [26] S. Kamel, «Performance benchmarks for Flutter BIM apps,» de *Proceedings of IEEE EgyptSoft*, 2024.
- [27] Heitkötter, K. et al., «Evaluating cross-platform frameworks: React Native vs Xamarin vs Flutter,» *Empirical Software Engineering*, 2022.
- [28] A. Rodríguez, L. Pérez, and M. Duarte, «Modern Methodologies for Software Lifecycle Management,» *Journal of Software Engineering Research*, vol. 15, nº 2, pp. 45-59, 2023.
- [29] K. Sharma and P. Gupta, «Method Selection Impact on Mobile-Web Development Efficiency,» *Information and Software Technology*, vol. 158, 2024.
- [30] S. Ahmed and T. Noor, «Revisiting Waterfall in the Era of Agile Systems,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 216, nº 4, p. 10–17, 2023.
- [31] J. Martins et al., «DevOps Practices and Deployment Automation in Modern Applications,» *Software Quality Journal*, vol. 33, p. 1221–1238, 2024.
- [32] H. Li and R. Thompson, «Agile vs. Hybrid Approaches in Mobile App Delivery Performance,» *Empirical Software Engineering*, vol. 29, 2024.
- [33] Abrahamsson, P. et al., «Mobile-D: An agile approach for mobile application development,» de *Companion to the 19th ACM SIGPLAN Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages and Applications (OOPSLA)*, 2024.
- [34] E. Bjarnason, F. Lang y A. Mjöberg, «An empirically based model of software prototyping: a mapping study and a multi-case study,» *Empirical Software Engineering*, vol. 28, p. 115, 2023.

- [35] A. Mishra y . Y. I. Alzoubi, «Structured software development versus agile software development: a comparative analysis,» *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 14, p. 1504–1522, 2023.
- [36] G. Burger y J. Guna, «Enhancing Driving Safety through User Experience Evaluation of the C-ITS Mobile Application: A Case Study of the DARS Traffic Plus App,» *Sensors*, vol. 24, n° 15, p. 4948, 2024.
- [37] Amagai, S. et al., «Challenges in participant engagement and retention using mobile health apps: literature review,» *Journal of Medical Internet Research*, vol. 24, n° 4, 2022.
- [38] Kanban University, «State of Kanban Report 2022,» Kanban University, Seattle, WA, USA, 2022.
- [39] M. Haoues, N. B. Ali, S. Mlouki y Kessentini, «Machine-learning quality evaluation of mobile health applications using ISO/IEC 25010,» *Software Quality Journal*, vol. 31, p. 1179–1209, 2023.
- [40] Tiwari, V. et al., «Performance test tools—JMeter vs SoapUI,» de *Proceedings of IEEE CSNT'23*, 2023.
- [41] Google LLC, «Firebase Performance: Best Practices,» Google LLC, Mountain View, CA, 2025.
- [42] Bazigos, A.; Papadopoulos, L.; y Kotsis, D., «Performance thresholds for mobile project-management apps,» *Journal of Construction Informatics*, vol. 12, n° 4, p. 233–249, 2023.
- [43] L. Hernandez, «PAM cycles for civil-engineering apps,» *Software—Practice & Experience*, vol. 53, 2023.

ANEXOS

Anexo 1. Primeras Iteraciones

Tabla 23: Primeras Iteraciones

Versión Iteración	/ Fecha de desarrollo	de Módulo implementado	Descripción técnica	Lenguaje Tecnología empleada	/ Resultado obtenido
v0.1 Prototipo inicial	– 02/03/2025	Menú principal (Home)	Se desarrolló la estructura inicial de navegación con Flutter, incorporando el AppBar y Drawer con rutas hacia las secciones de usuarios, planillas e informes.	Flutter (MaterialApp), Dart, Firebase Auth (configuración inicial)	Se logró una navegación estable entre pantallas y autenticación básica de usuario.
v0.2 – Módulo “Agregar Rubro”	12/03/2025	Gestión rubros	Se implementó la pantalla para registrar rubros dentro de las planillas, permitiendo de ingresar datos como grupo, descripción, cantidad y precio unitario. Se incluyó persistencia local con SharedPreferences.	Flutter, Firestore, SharedPreferences, Firebase Performance	Se logró registrar y guardar rubros dinámicamente, además de medir el tiempo de carga con Firebase Performance.
v0.3 – Módulo “Crear Planilla”	20/03/2025	Planilla costos	Se desarrolló la funcionalidad para crear nuevas planillas de asociadas a cada proyecto, incluyendo la agrupación de rubros y la generación de totales.	Flutter, Firestore, Firebase Storage, Dart (controladores y modelos)	Se logró generar la estructura básica de una planilla con rubros asociados y cálculo automático de importes.
v0.4 Optimización de interfaz	– 05/04/2025	Diseño visual y flujo de usuario	Se aplicó una paleta de colores coherente, íconos y tipografía uniforme. Se añadió un SplashScreen inicial y un flujo más intuitivo de validación.	Flutter (Material 3), AppColors personalizados	Mejora perceptible de la experiencia de usuario (UX) y reducción del tiempo de carga inicial.
v0.5 Integración Firebase Performance	– 15/04/2025	Monitoreo de rendimiento	Se incorporó Firebase Performance Monitoring para medir la latencia en login, SDK, creación de proyecto y generación de planillas.	Firebase Performance Dart (PerformanceService)	Métricas activas de duración de trazas en cada módulo; estableciendo la base para análisis de eficiencia.

Anexo .2 Primer Login



Figura 31: Primer Login

Anexo 3. Primera iteración PlanVial

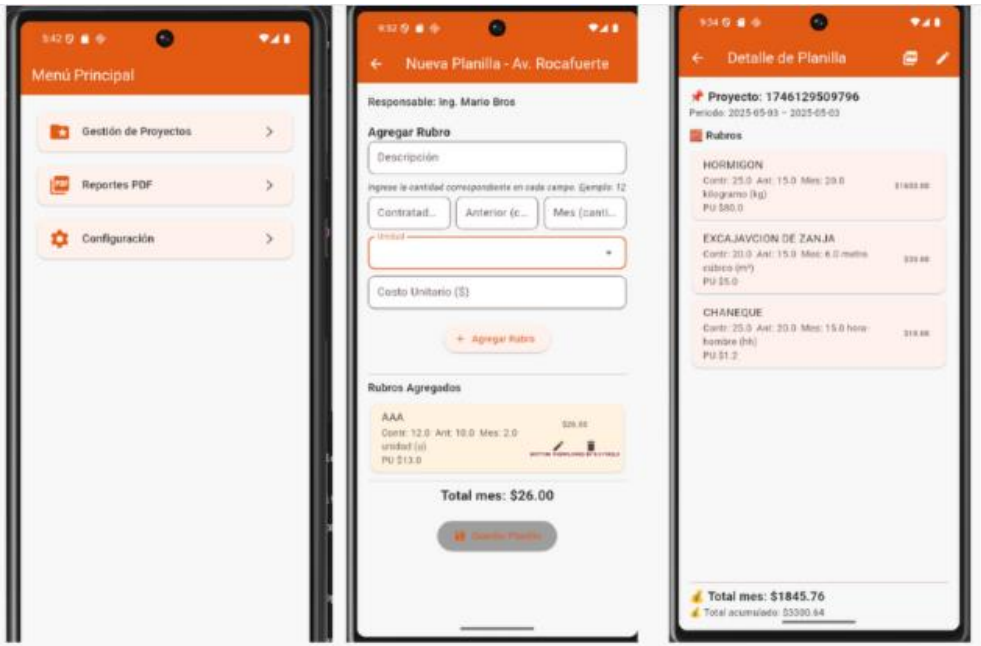


Figura 32: Primera Iteración (PlanVial)

Anexo 4. Segunda iteración PlanVial

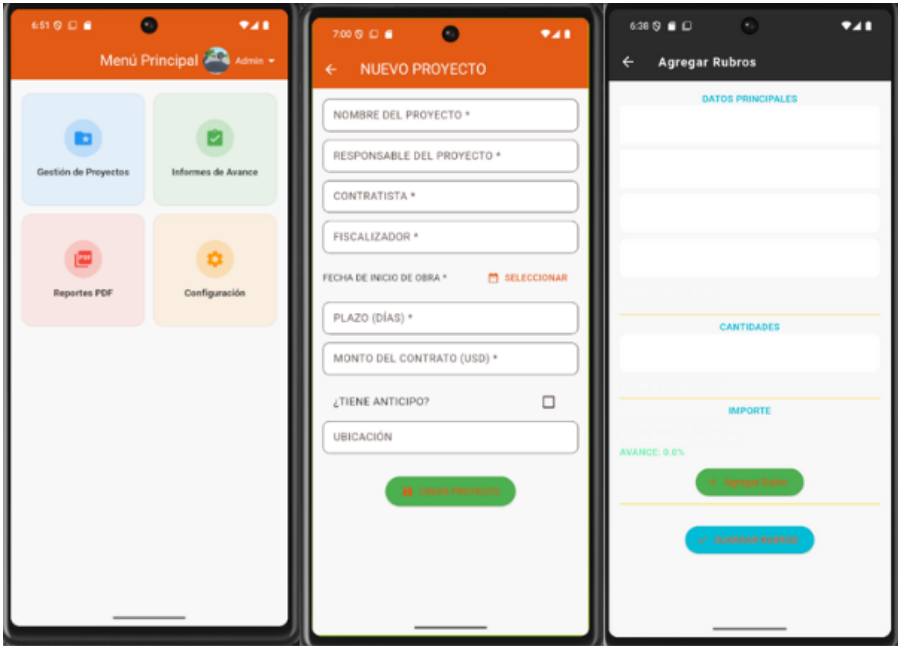


Figura 33: Segunda Iteración (PlanVial)

Anexo 5. Enésima iteración PlanVial

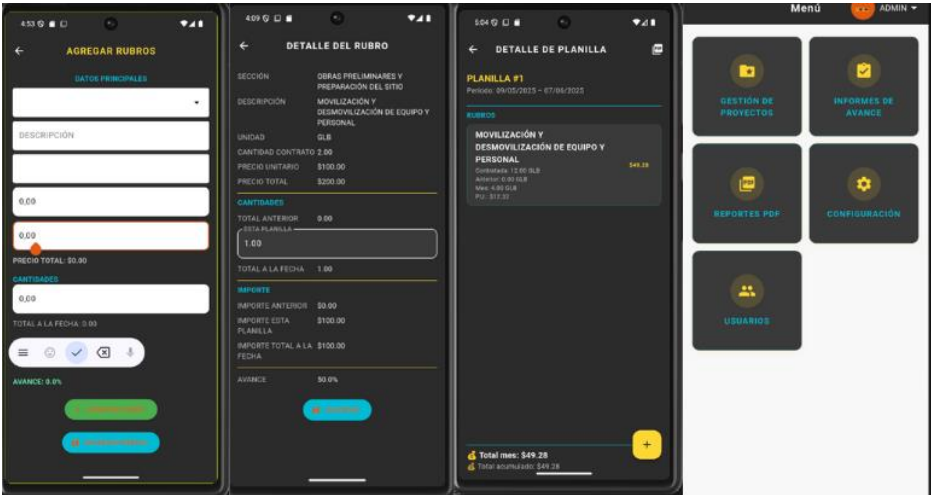


Figura 34:Enésima iteración (PlanVial)

Los siguientes Anexos son pantallas no mostradas de la aplicación:

Anexo 6. SPLASH, Configuración de perfil y Reportes(pdf).

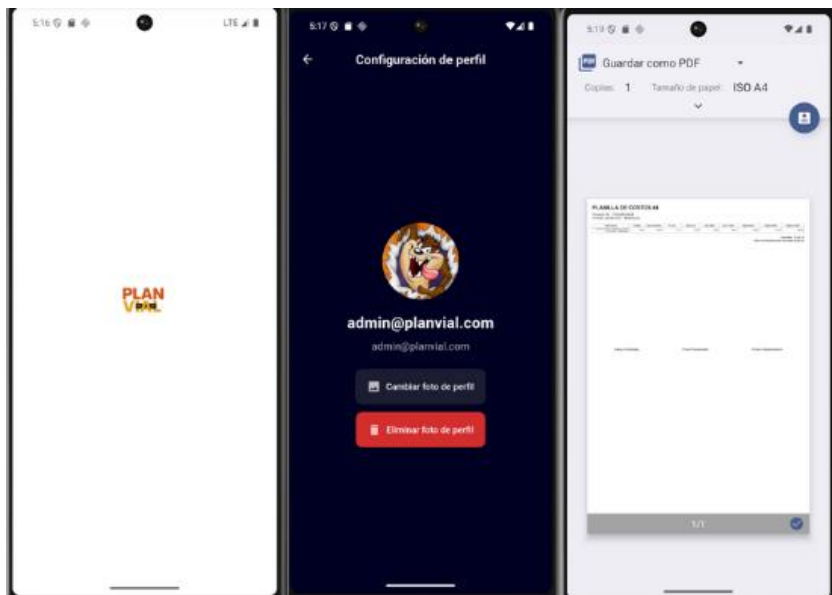


Figura 35: Splash, Perfil y Reportes

Anexo 7. Pantallas Admin

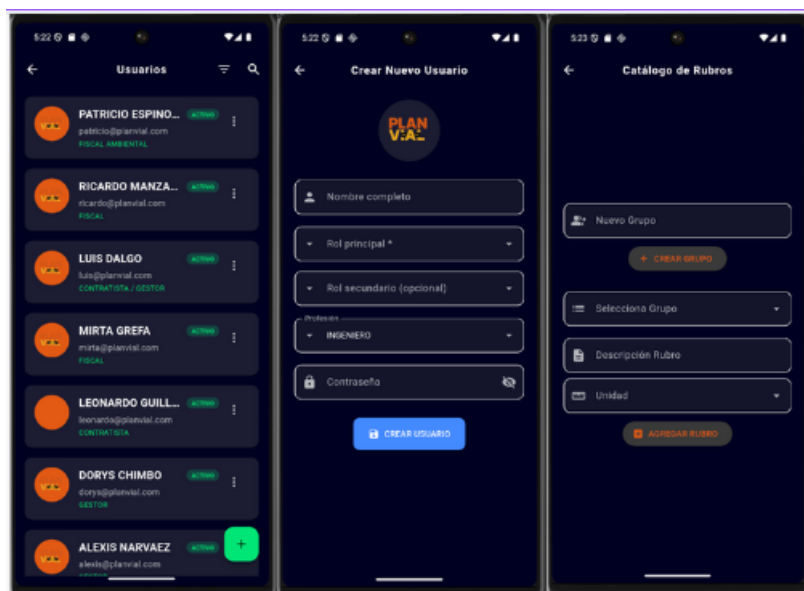


Figura 36: Pantallas Admin

Anexo 8. Planilla Generada

<div><div>PLAN VIAL</div><div>PROYECTO: Proyecto</div><div>BRANCA: </div><div>CONTRATISTA: </div><div>FISCALIZADOR: </div><div>MONTA CONTRATO: 277.378,85</div><div>FECHA CONTRATO: 01 DE NOVIEMBRE DE 2023</div><div>ANTICIPA: 138.385,85</div><div>FECHA ANTICIPA: 14 DE NOVIEMBRE DE 2023</div><div>FECHA DE INICIO: 12 DE NOVIEMBRE DE 2023</div></div> <div><div>PLANILLA N°: 1</div><div>DE PRESENTACIÓN: 11 DE DICIEMBRE DE 2023</div><div>100% DE EJECUCIÓN: 11 DE DICIEMBRE DE 2023</div><div>PLAZO: 181 DÍAS</div></div>												
VALOR DE ESTA PLANILLA 3.839,88												
ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	P.UNIT.	P.TOTAL	CANTIDADES			IMPORTE			X DE AVANCE
						TOTAL ANTERIOR	ESTA PLANILLA	TOTAL A LA FECHA	TOTAL ANTERIOR	ESTA PLANILLA	TOTAL A LA FECHA	
OBRAS PRELIMINARES Y PREPARACIÓN DE												
1	LEVANTAMIENTO DE CESPED SINTETICO	M2	725,35	8,88	6441,91	782,78	8,88	6928,69	58,22	8,88	67,34	92,83%
2	LIMPIEZA DE CUNETAS RECTANGULARES (A 30X100)	M	88,45	8,35	740,34	82,86	8,88	734,54	18,23	8,88	19,11	98,88%
3	DESMONTE DE BANCOS DE BASE DE BORDOS CON MADERA	U	14,88	18,75	278,85	14,88	8,88	131,84	15,88	8,88	15,88	98,88%
4	DESMONTE DE CERRAMIENTO (A 1,80 m)	M2	3,78	3,31	12,51	3,78	8,88	33,56	12,23	8,88	12,23	98,88%
5	DEREGOCAMIENTO DE BORDILLO (A 1,50 m)	M	3,78	4,55	17,24	3,78	8,88	33,56	12,23	8,88	12,23	98,88%
6	LIMPIEZA, MAQUILADO E IMPERMEABILIDAD DE LOSANOS (ANTICIPA 1,50 m)	M2	158,28	23,48	3716,18	158,28	8,88	1397,15	4387,23	8,88	4391,41	98,88%
7	REPLANTEO Y NIVELACIÓN (AREA JUEGOS INFANTILES)	M2	618,88	8,88	5496,54	235,45	8,88	2088,45	148,22	8,88	159,10	98,88%
OBRAS PRELIMINARES Y PREPARACIÓN DE												
8	REJILLA METALICA PARA CUNETAS RECTANGULARES (A 30X100)	M	3,88	25,38	98,46	7,88	8,88	69,84	181,88	8,88	190,76	98,88%
9	PINTURA DE BORDILLO EN BORDILLO (A 1,50 m)	M2	558,18	2,88	1607,72	674,14	8,88	5945,44	4388,44	8,88	4397,32	98,88%
10	CONTRAPIE DE S.F.C. (BORDILLO 1,50 m)	M2	618,88	22,98	14216,48	537,24	12,23	6569,47	12382,23	12,23	12394,46	98,88%
11	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CESPED SINTETICO	M2	725,35	28,85	20838,84	782,81	32,58	25454,65	21418,43	2488,22	23906,65	98,88%
12	PINTURA PARA ESTRUCTURA METALICA (CERRAMIENTO)	M2	228,28	2,44	557,08	228,28	8,88	2022,78	125,88	8,88	134,76	98,88%
13	PINTURA ACABADA SETINADO EXTERNO E INTERNO	M2	728,35	6,45	4700,15	728,35	8,88	6469,03	3522,42	148,22	3670,64	98,88%
14	BANCOS EN ESTRUCTURA METALICA	U	14,88	184,87	2748,18	14,88	8,88	131,84	2588,18	8,88	2597,06	98,88%
15	BANQUETAS METALICAS	U	1,88	182,78	343,64	1,88	8,88	16,88	185,52	8,88	192,40	98,88%
OBRAS PRELIMINARES Y PREPARACIÓN DE												
16	JUEGO INFANTIL DE ACCESO Y RESINA PLASTICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO TIPO I	U	1,88	14618,22	27481,22	1,88	8,88	16,88	14635,10	8,88	14641,98	98,88%
17	JUEGO INFANTIL DE ACCESO Y RESINA PLASTICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO TIPO II	U	1,88	18888,22	34809,44	1,88	8,88	16,88	18905,10	8,88	18911,98	98,88%
18	JUEGO INFANTIL DE ACCESO Y RESINA PLASTICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO TIPO III	U	1,88	3848,22	7246,44	1,88	8,88	16,88	3865,10	8,88	3871,98	98,88%
19	COLUMPIO TRIPLE MECANIZADO	U	2,88	774,85	2252,68	2,88	8,88	25,56	1518,41	8,88	1527,29	98,88%
20	COLUMPIO TRIPLE PARA BEBES	U	1,88	884,87	1663,74	1,88	8,88	16,88	886,55	8,88	893,43	98,88%
21	COLUMPIO TRIPLE CON ASIENTOS DE SEGURIDAD ESPECIAL	U	1,88	2228,88	4212,66	1,88	8,88	16,88	2245,76	8,88	2262,64	98,88%
22	JUEGO Y BALAN TRIPLE CON ASIENTO EN RESINA PLASTICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	U	2,88	842,87	2428,56	2,88	8,88	25,56	1518,41	8,88	1527,29	98,88%
23	PIRAMIDE TRES TORRES	U	1,88	1978,15	3759,30	1,88	8,88	16,88	1995,03	8,88	2011,91	98,88%
24	CARRUSEL PARA NIÑOS	U	1,88	758,24	1441,68	1,88	8,88	16,88	765,12	8,88	773,99	98,88%
25	CARRUSEL PARA BEBES	U	1,88	787,35	1505,70	1,88	8,88	16,88	794,58	8,88	797,35	98,88%
26	TIBULINA INFANTIL CON PNEUMOS ESPECIALES	U	1,88	2448,88	4601,76	1,88	8,88	16,88	2465,76	8,88	2468,64	98,88%
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MAQUINARIAS DISCERNIBLES												
27	MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MAQUINARIAS DISCERNIBLES	U	3,88	178,72	691,46	3,88	8,88	34,16	181,62	8,88	190,50	98,88%
ESTRUCTURAS DE DIMENSIONES (ELABORACIÓN, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y MONTAJE)												
28	ESTRUCTURAS DE DIMENSIONES (ELABORACIÓN, TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y MONTAJE)	GLD	1,88	16228,88	30510,28	1,88	8,88	16,88	16245,16	8,88	16254,04	98,88%
TOTAL MSD: 888888,88						TOTAL MSD: 888888,88			TOTAL MSD: 888888,88			
LIMINACIÓN DEL ANTICIPA:												
VALOR RECIBIDO: 138.385,85						ANTICIPA: 138.385,85			AVANCE X: 181.122,22			
TOTAL LA FECHA DESCUENTO: 82.518,45						SALDO POR DESCUENTO: 55.867,40			DIENOS HORA: 3,88			
									LIMINACIÓN CONTRA: 82.518,45			
									TOTAL: 184.555,22			
									TOTAL: 184.555,22			

Figura 37: Planilla Generada(PlanVial)

Anexo 9. Informe Generado PlanVial

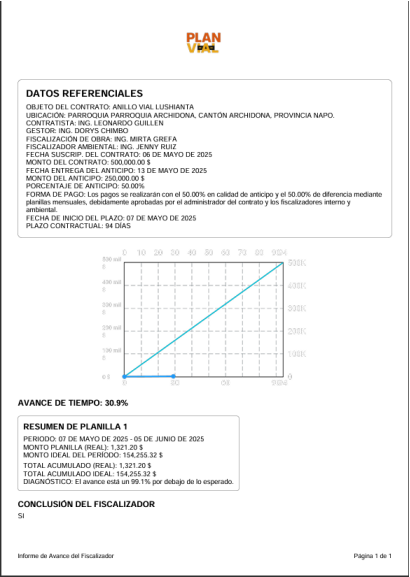
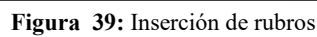


Figura 38: Informe Generado (PlanVial)

Anexo 10. Primera Prueba – No incluida en resultados



The image is a collage of screenshots from various software tools used for server performance monitoring and throughput shaping.

- Top Left:** A screenshot of the 'Meter Plugins Manager' window, showing a list of installed and available plugins. The 'PerfMon' plugin is highlighted.
- Top Middle:** A screenshot of the 'PerfMon (Servers Performance Monitoring)' window. It displays the 'Servers Performance Monitoring' section, showing the 'Name: PerfTest CPU' and 'Version: 2.1'.
- Top Right:** A screenshot of the 'Throughput Shaping Timer' window. It shows the 'jBTPC - Throughput Shaping Timer' section, with the 'Name: jBTPC - Throughput Shaping Timer' and 'Version: 2.6'.
- Middle Left:** A screenshot of the 'PerfMon Servers Performance Monitoring' window. It shows the 'Servers Performance Monitoring' section, with the 'Name: PerfTest CPU' and 'Version: 2.1'.
- Middle Right:** A screenshot of the 'jBTPC - Throughput Shaping Timer' window. It shows the 'jBTPC - Throughput Shaping Timer' section, with the 'Name: jBTPC - Throughput Shaping Timer' and 'Version: 2.6'.
- Bottom Left:** A screenshot of the 'LoadRunner' interface, showing the 'Concurrency Thread Group' section. It displays the 'Name: Concurrency Thread Group' and 'Version: 2.1'.
- Bottom Right:** A screenshot of the 'LoadRunner' interface, showing the 'HTTP Request' section. It displays the 'Name: HTTP Request' and 'Version: 2.1'.

Figura 40: Configuración de Escenarios

Anexo 12. Escenario E-01 Listar planillas (1000 usuarios)

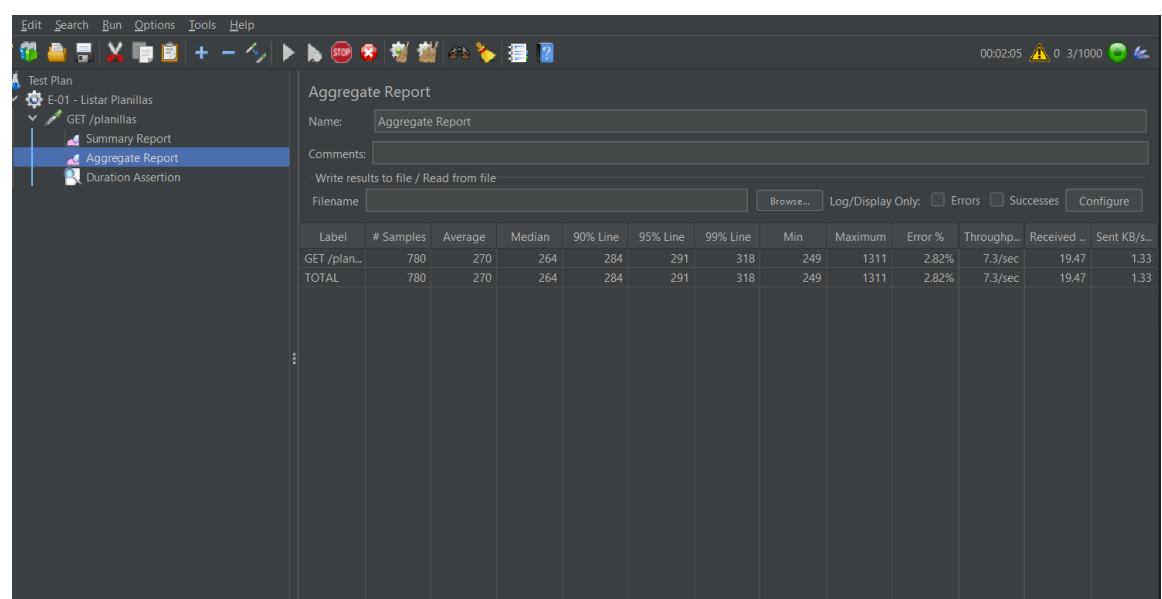


Figura 41: JMeter Listar Planillas

Anexo 13. Escenario E-02 Generar PDF y XLSX

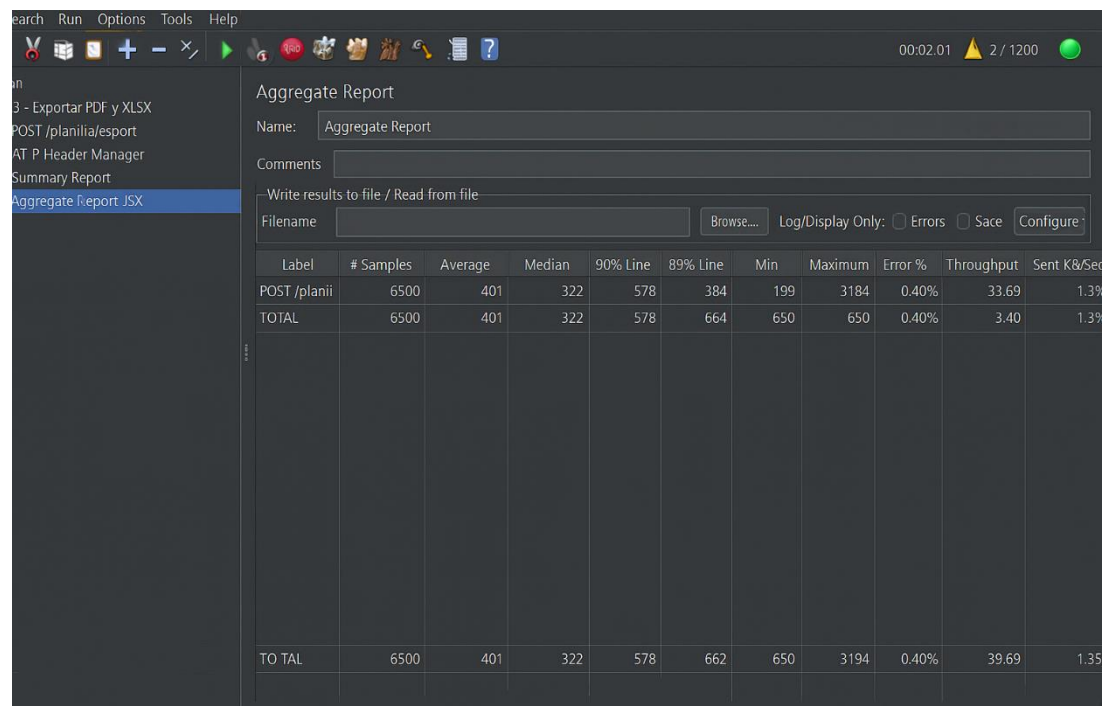


Figura 42: JMeter Generar PDF y XLSX

Anexo 14. Escenario E-03 Pico Mixto

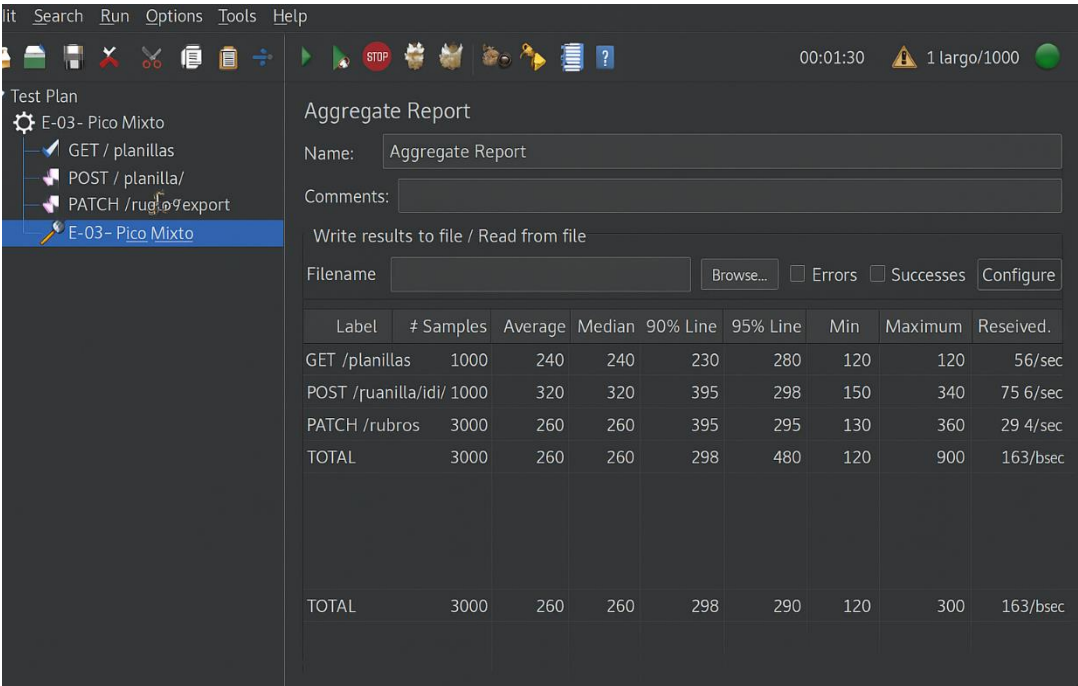


Figura 43: JMeter Pico Mixto

Anexo 15. Resumen Pruebas Firebase Performance

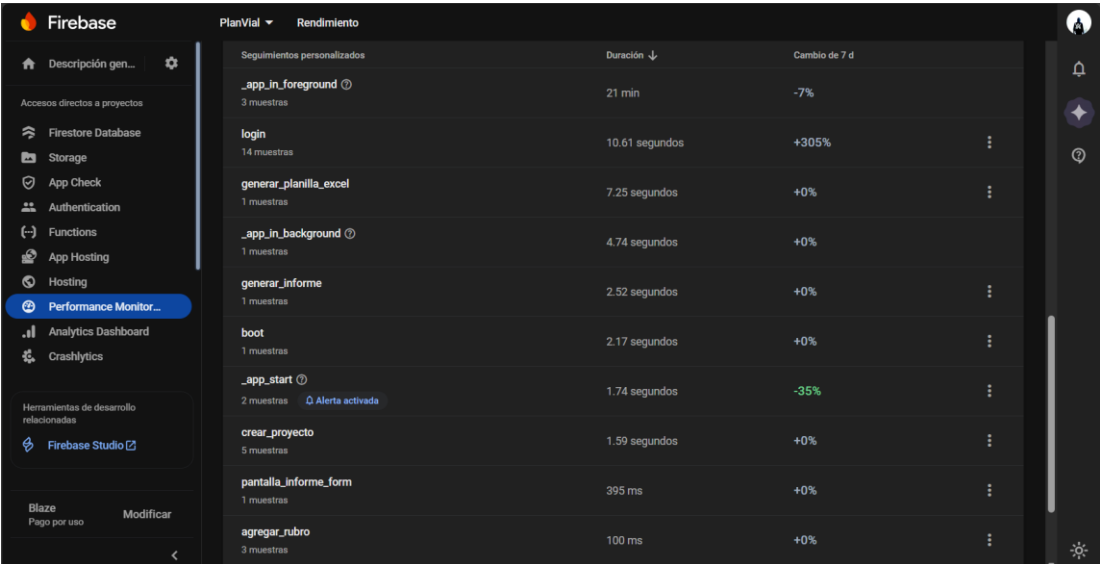


Figura 44: Firebase Performance -Evidencia



MANUAL DE USUARIO APLICACIÓN.

PLANVIAL

Aplicación web y móvil para gestionar planillas de costos e informes de avance en proyectos de construcción y mantenimiento vial.

Elaborado por: Jeremy Leonidas Salazar Avilez

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	70
Requisitos del Sistema.....	71
Inicio de sesión	72
Menú principal.....	72
Vista del módulo proyectos	73
Vista de lista planillas.....	74
Vista detalle de planilla	74
Vista agregar rubro	75
Vista detalle rubro	76
Vista planilla total.....	76
Menú para Fiscalizador	77
Módulo Informes de Avance	78

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la transformación digital ha impulsado la adopción de herramientas tecnológicas que optimizan los procesos operativos en distintos sectores productivos. En el ámbito de la construcción, la gestión eficiente de la información y el control de proyectos viales requieren soluciones que integren movilidad, automatización y trazabilidad en tiempo real.

En este contexto, Plan Vial es una aplicación móvil y web desarrollada en Flutter y Dart, con backend en Firebase, que permite la gestión integral de proyectos viales. Su arquitectura modular incorpora funcionalidades orientadas al registro de proyectos, generación automática de planillas de costos, control de rubros, elaboración de informes de avance y exportación de planillas en formato PDF y Excel, bajo una interfaz moderna y adaptable tanto a dispositivos móviles como a entornos web.

El presente Manual de Usuario tiene como finalidad guiar al usuario en el uso correcto de las distintas funcionalidades del sistema. A lo largo del documento, se describen los pasos necesarios para realizar operaciones como el inicio de sesión, la administración de usuarios, la creación y seguimiento de proyectos, la elaboración de planillas e informes, y la descarga de reportes. De esta manera, se busca garantizar una experiencia de uso eficiente, segura y alineada con los procesos reales de gestión de obras viales.

Requisitos del Sistema

Para garantizar el funcionamiento óptimo del aplicativo Plan Vial, se recomienda cumplir con los siguientes requisitos mínimos del sistema:

Sistemas Operativos Compatibles:

- Android 5.0 (Lollipop) o superior
- iOS 11.0 o superior
- Navegadores Web Compatibles: Google Chrome, Microsoft Edge o Safari (últimas versiones estables)

Conectividad:

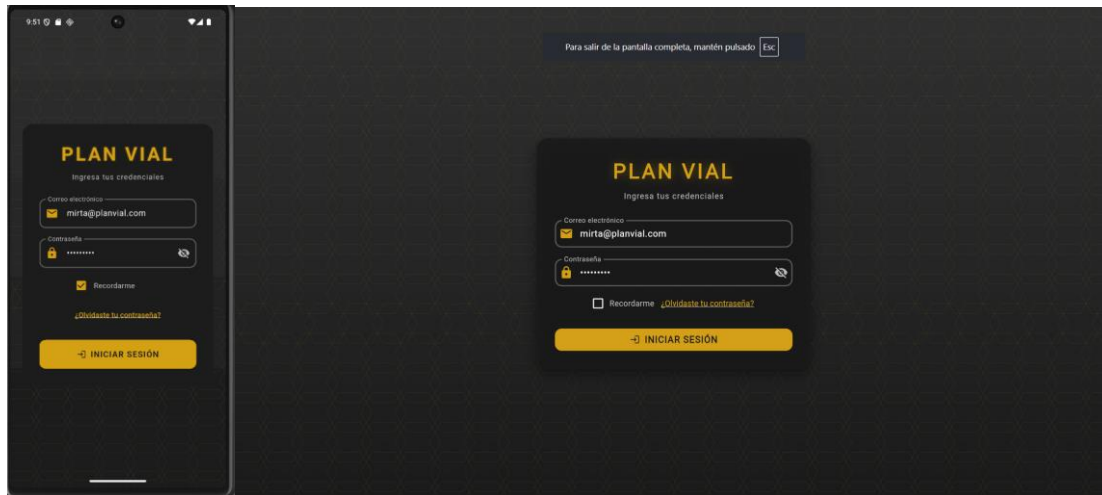
- Se requiere una conexión a Internet estable (Wi-Fi o red móvil) para el acceso a los servicios de autenticación, sincronización con Firebase y generación de reportes (PDF y Excel).
- El rendimiento puede verse afectado en conexiones inestables o con alta latencia.

Permisos Necesarios:

- Acceso a la cámara: para la carga o actualización de fotos de perfil, firmas digitales y documentos adjuntos en los módulos de usuario e informes.
- Acceso al almacenamiento: para la descarga y visualización de reportes en formato PDF o Excel.
- Acceso a Internet: indispensable para la comunicación con el backend en Firebase.

Inicio de sesión

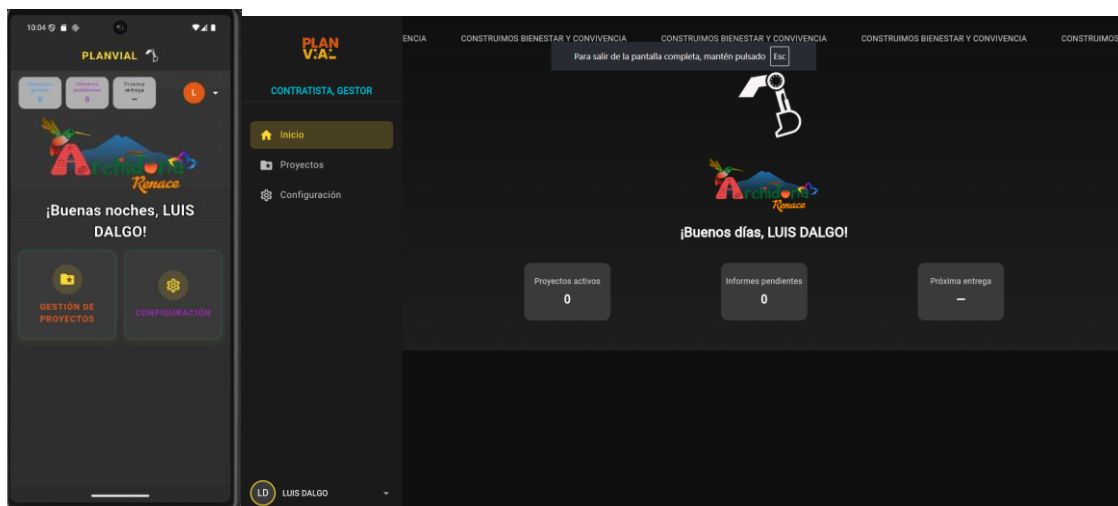
- Al iniciar la aplicación, se muestra la pantalla de inicio de sesión.
- El usuario debe ingresar sus credenciales, las cuales son asignadas por el gestor del proyecto o el administrador del sistema.
- Una vez validados los datos, se accede al menú principal.



Menú principal

El menú principal se carga según el rol del usuario:

- **Gestor:** acceso únicamente al módulo de Proyectos.

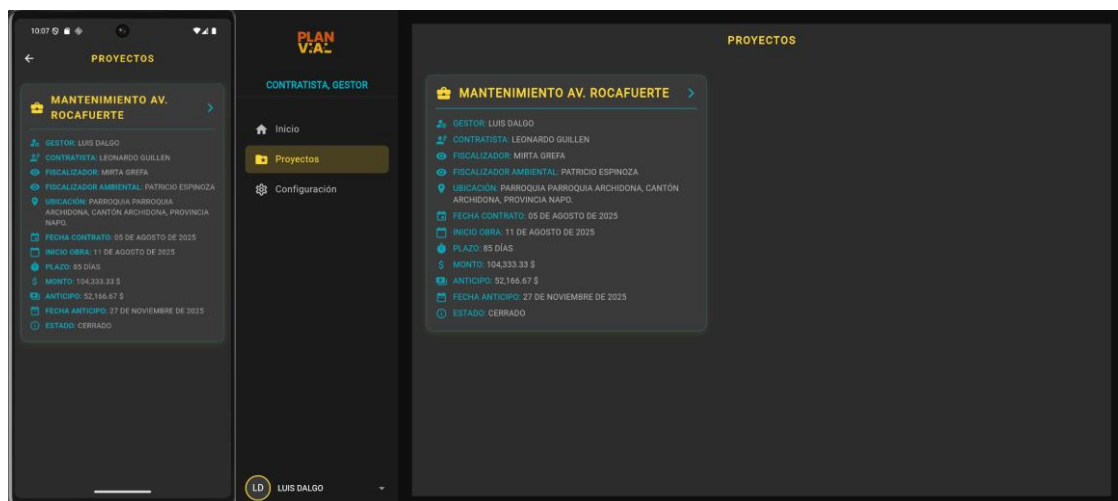


Fiscalizador: Acceso a los módulos de Proyectos e Informes de Avance.



Vista del módulo proyectos

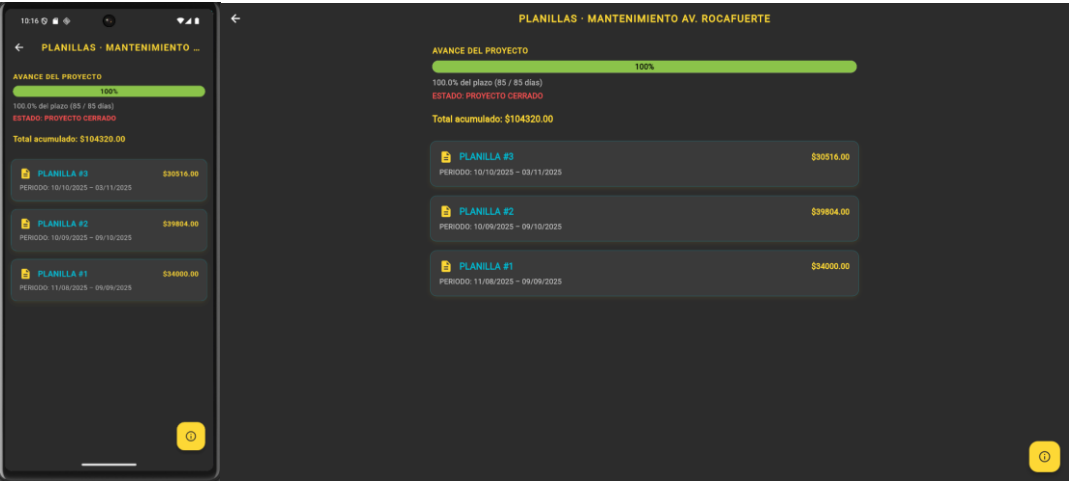
En esta vista se muestran los proyectos en los que el usuario se encuentra registrado.



Vista de lista planillas

Al ingresar a un proyecto, se visualiza la lista de planillas asociadas.

Cada planilla muestra su número, período y valor acumulado.



Vista detalle de planilla

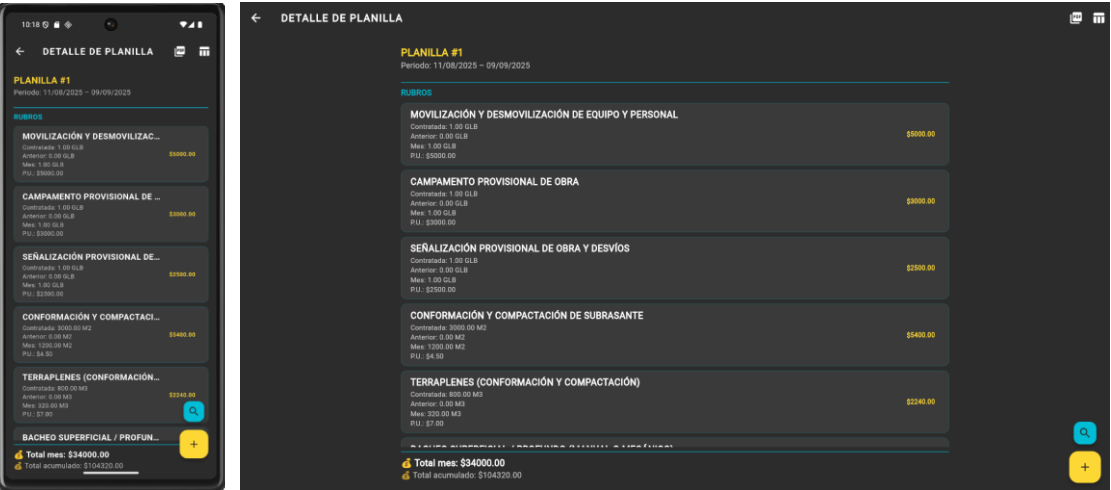
Al seleccionar una planilla, se listan los rubros asociados, mostrando:

- Cantidad contratada
- Valor anterior
- Valor del mes actual
- Precio unitario

Desde esta vista se puede:

- Generar un reporte mediante el botón superior derecho.
- Acceder a la vista de planilla total.

Gestor: además de visualizar los rubros, puede agregar nuevos.



Vista agregar rubro

Vista restringida para gestores y administradores.

Permite registrar un nuevo rubro ingresando datos como:

- Descripción
- Unidad de medida
- Cantidad contratada o prevista
- Precio unitario
- Valor del rubro en la planilla

Al finalizar, presionar **Agregar y Guardar**.

El botón **Agregar** permite continuar registrando rubros sin salir de la pantalla.

10:23

← **AGREGAR RUBROS**

DATOS PRINCIPALES

ELIGE UN GRUPO DE RUBROS

MOVIMIENTO DE TIERRAS

BUSCA O ESCRIBE UNA NUEVA UNA DESCRIPCIÓN

DESCRIPCIÓN

UNIDAD

UNIDAD

CANTIDAD DE CONTRATO

0,00

PRECIO UNITARIO

\$ 0,00

PRECIO TOTAL: \$0.00

CANTIDADES

ESTA PLANILLA

0,00

TOTAL A LA FECHA: 0.00

IMPORTE

TOTAL ANTERIOR: \$0.00

ESTA PLANILLA: \$0.00

TOTAL A LA FECHA: \$0.00

AVANCE: 0.0%

RUBROS AGREGADOS

10:28

← **AGREGAR RUBROS**

DESCRIPCIÓN

UNIDAD

UNIDAD

CANTIDAD DE CONTRATO

0,00

PRECIO UNITARIO

\$ 0,00

PRECIO TOTAL: \$0.00

CANTIDADES

ESTA PLANILLA

0,00

TOTAL A LA FECHA: 0.00

IMPORTE

TOTAL ANTERIOR: \$0.00

ESTA PLANILLA: \$0.00

TOTAL A LA FECHA: \$0.00

AVANCE: 0.0%

RUBROS AGREGADOS

+ AGREGAR RUBRO

GUARDAR RUBROS

← **AGREGAR RUBROS**

DATOS PRINCIPALES

ELIGE UN GRUPO DE RUBROS

DESCRIPCIÓN

UNIDAD

UNIDAD

CANTIDAD DE CONTRATO

0,00

PRECIO UNITARIO

\$ 0,00

PRECIO TOTAL: \$0.00

CANTIDADES

ESTA PLANILLA

0,00

TOTAL A LA FECHA: 0.00

IMPORTE

TOTAL ANTERIOR: \$0.00

ESTA PLANILLA: \$0.00

TOTAL A LA FECHA: \$0.00

AVANCE: 0.0%

RUBROS AGREGADOS

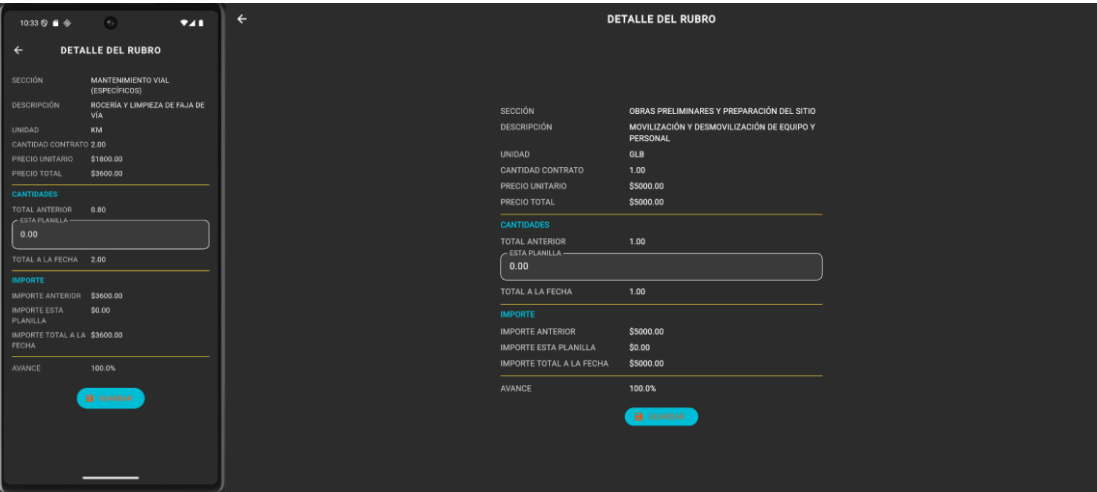
Vista detalle rubro

Esta vista se abre al seleccionar un rubro de la lista.

Permite:

- Visualizar la información del rubro.
- Actualizar el valor del rubro en la planilla correspondiente (desde la siguiente planilla en adelante).

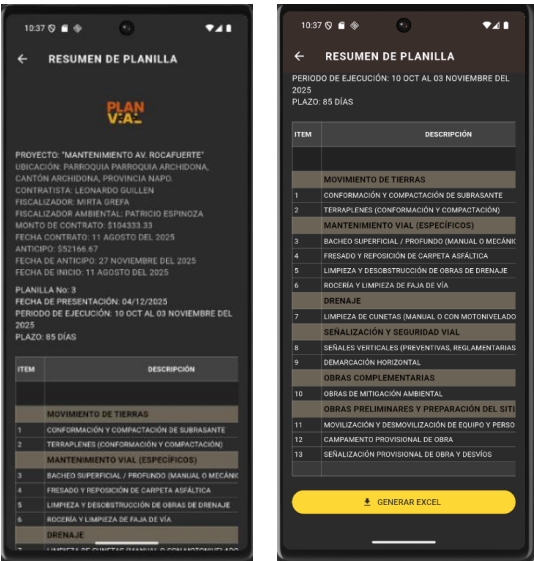
Una vez modificado el valor, presionar **Guardar**.



Vista planilla total

Muestra una previsualización de los valores consolidados de la planilla.

Para generar y descargar el archivo en formato Excel, presionar el botón ubicado en la parte inferior.



←

RESUMEN DE PLANILLA

PLANILLA NO: 2

FECHA DE PRESENTACIÓN: 20/12/2023

PERIODO DE EJECUCIÓN: 10 SEPT AL 09 OCTUBRE DEL 2023

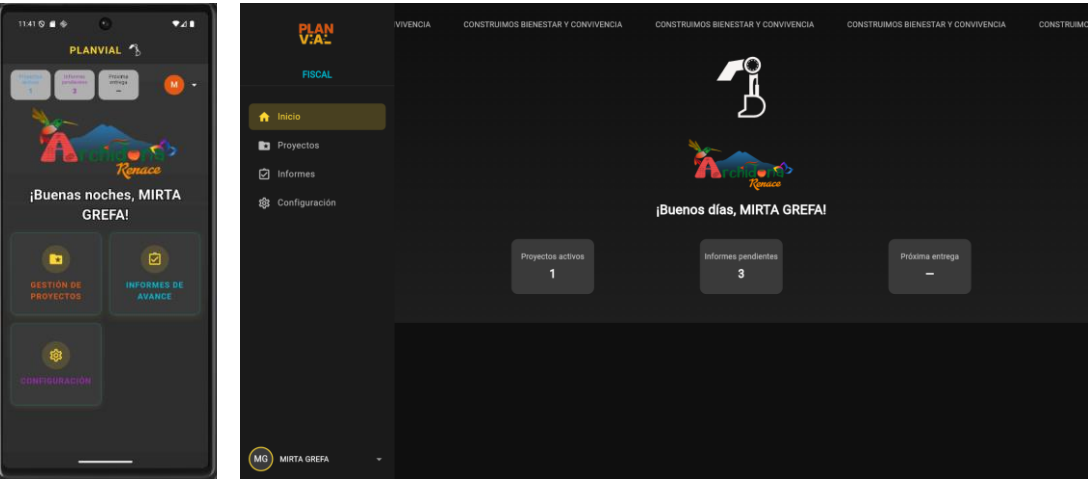
PLAZO: 85 DÍAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	P. UNIT.	P. TOTAL	CANTIDADES	EST
						TOTAL ANTERIOR	PLAN
	MOVIMIENTO DE TIERRAS						
1	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	M2	3000.00	4.50	13500.00	1200.00	1200.00
2	TERRAPLENES (CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN)	M3	800.00	7.00	5600.00	320.00	320.00
	MANTENIMIENTO VIAL (ESPECÍFICOS)						
3	BACHEO SUPERFICIAL / PROFUNDO (MANUAL O MECÁNICO)	M2	1500.00	12.00	18000.00	300.00	700.00
4	PISADO Y REPOSICIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA	M2	2000.00	14.00	28000.00	400.00	1000.00
5	LIMPIEZA Y DESTRUCCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE	M	500.00	6.00	3000.00	300.00	200.00
6	ACCESOS Y LIMPIEZA DE FALDA DE VÍA	KM	2.00	1800.00	3600.00	1.20	0.80
	DRENAJE						
7	LIMPIEZA DE CUNETAS (MANUAL O CON MOTONIVELADORA)	KM	2.00	2500.00	5000.00	1.20	0.80
	OBRAS PRELIMINARES Y PREPARACIÓN DEL SITIO						
8	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO Y PERSONAL	GLB	1.00	6000.00	6000.00	1.00	0.00
9	CAMBIAMIENTO PROVISIONAL DE OBRA	GLB	1.00	2000.00	2000.00	1.00	0.00
10	SEÑALIZACIÓN PROVISIONAL DE OBRA Y DESVÍOS	GLB	1.00	2500.00	2500.00	1.00	0.00
	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL						
11	SEÑALES VERTICALES (PREVENTIVAS, REGLAMENTARIAS, INFORMATIVAS)	UNIDAD	25.00	184.00	4600.00	0.00	5.00
12	DESMARCAÇÃO HORIZONTAL	M2	1800.00	3.90	7020.00	0.00	360.00
	OBRAS COMPLEMENTARIAS						
13	OBRAS DE MITIGACIÓN AMBIENTAL	M2	1500.00	4.00	6000.00	0.00	600.00
					TOTAL USD:	104320.00	

⬇️ GENERAR EXCEL

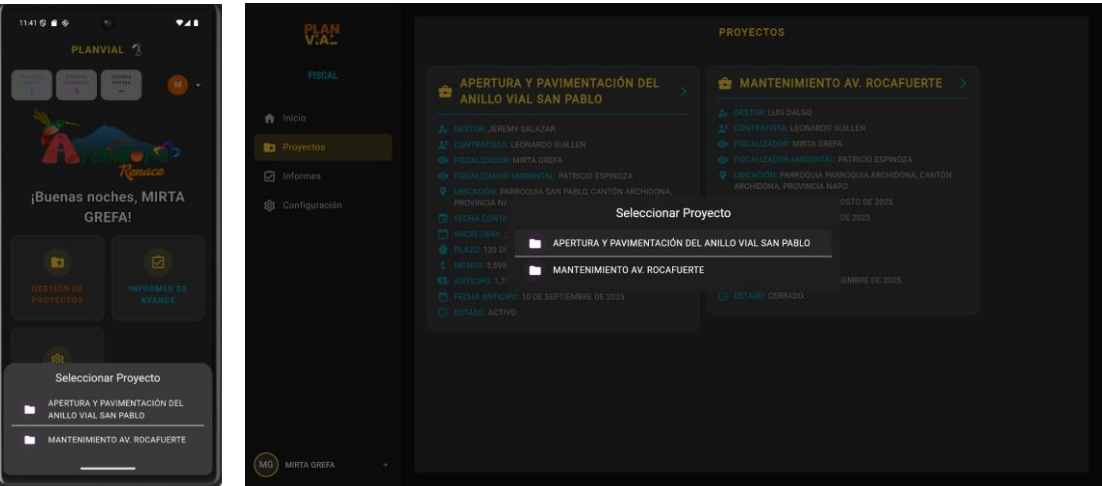
Menú para Fiscalizador

Incluye el acceso al módulo **Informes de Avance**.



Módulo Informes de Avance

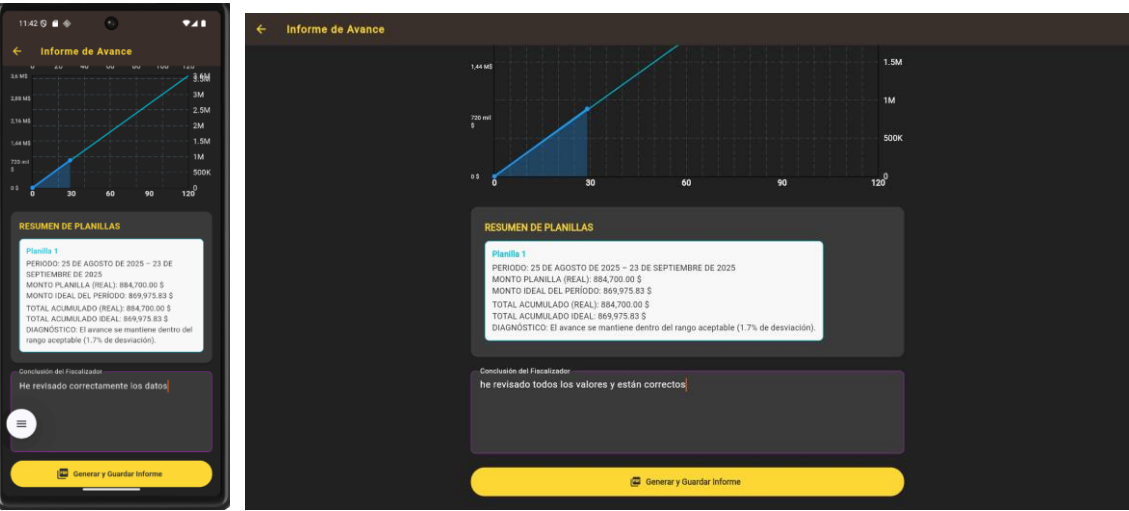
Seleccionar el proyecto para el cual se generará el informe.



Se muestra un resumen de las planillas del proyecto seleccionado.



Revisar los datos y analizar la gráfica presentada.



Ingresar la conclusión del informe y generar el documento.

Una vez generado, el informe puede descargarse o guardarse según el dispositivo.

