

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería de Sistemas



ACOMPañAMIENTO PREVENTIVO PARA EL ENVEJECIMIENTO ACTIVO DEL ADULTO MAYOR: MONITOREO Y RECOMENDACIONES CON SENTLY

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Sistemas

Juan Manuel Garaycochea Valenzuela
Código 20150566

Asesor
Cesar Eduardo Curisinche Estrella

Lima - Perú
Diciembre de 2025





**PREVENTIVE SUPPORT FOR ACTIVE
AGING IN OLDER ADULTS: MONITORING
AND RECOMMENDATIONS WITH SENTLY**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I: PROPUESTA DE VALOR	1
1.1 Problemática.....	1
1.2 Necesidad.....	3
1.2.1 Público	
objetivo.....	3
1.2.2 Entrevista empática.....	4
1.2.3 Perfil del cliente.....	5
1.2.4 <i>Point of view</i>	6
1.3 Mapa de la propuesta de valor.....	7
1.3.1 Elementos clave.....	7
1.3.2 Encaje.....	8
1.4 Modelo de negocio.....	11
1.4.1 Business Model Canvas.....	11
1.4.2 Flujo de caja.....	14
1.4.3 Indicadores financieros.....	17
CAPÍTULO II: ANTECEDENTES Y DISEÑO	19
2.1 Estado del arte.....	19
2.1.1 Investigaciones científicas.....	19
2.1.2 <i>Benchmark</i> de soluciones.....	21
2.2 Diseño de la solución.....	23
2.2.1 Diseño funcional.....	23
2.2.2 Arquitectura.....	25

2.2.3 Modelo de despliegue.....	44
CAPÍTULO III: DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	49
3.1 Objetivos del proyecto.....	49
3.1.1 Objetivo general.....	49
3.1.2 Objetivos específicos.....	50
3.2 Alcance del proyecto.....	50
3.3 <i>Roadmap</i> y lista de riesgos.....	51
3.4 Roles y responsabilidades.....	56
3.5 Indicadores de gestión del proyecto.....	57
3.6 Recursos económicos.....	58
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PRODUCTO MÍNIMO VIABLE.....	62
4.1 Metodología.....	63
4.2 Experimento 1.....	63
4.2.1 <i>Journey</i> baja resolución.....	63
4.2.2 Aprendizajes.....	69
4.3 Experimento 2.....	70
4.3.1 <i>Journey</i> alta resolución.....	70
4.3.2 Aprendizajes.....	81
4.3.3 Comparación.....	82
CONCLUSIONES.....	86
RECOMENDACIONES.....	87
REFERENCIAS.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	93
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Tabla de segmentación de mercado.....	4
Tabla 1.2 Estimación de flujo de caja	15
Tabla 3.1 <i>Roadmap</i>	51
Tabla 3.2 Riesgos jerarquizados... ..	56
Tabla 3.3 Costos por servicios <i>cloud</i>	59
Tabla 3.4 Costos por kit de instalación IoT.....	59
Tabla 3.5 Costos por miembros del equipo.....	60
Tabla 4.1 Tabla de componentes MVP (primer experimento).....	65
Tabla 4.2 Tabla de componentes MVP (segundo experimento).....	73
Tabla 4.3 System Usability Scale.....	80
Tabla 4.4 Tabla comparativa de funcionalidades.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Modelo Lean Canvas.....	12
Figura 2.1 Diagrama de la capa IoT	27
Figura 2.2 Diagrama de ingesta de datos	30
Figura 2.3 Esquema de la arquitectura de la red neuronal.....	32
Figura 2.4 Postura estimada YOLOv7.....	33
Figura 2.5 Diagrama de entrenamiento de modelos.....	37
Figura 2.6 Diagrama de microservicios de notificaciones	39
Figura 2.7 Diagrama de las aplicaciones de usuarios.....	41
Figura 4.1 Pantalla de inicio de la app.....	66
Figura 4.2 Secciones “Perfiles” y “Home” de la app.....	67
Figura 4.3 Principales funcionalidades de la app.....	68
Figura 4.4 Rediseño del inicio de sesión y perfiles de la app.....	74
Figura 4.5 Rediseño de la interfaz del adulto mayor.....	75
Figura 4.6 Rediseño de la interfaz del familiar del adulto mayor.....	76
Figura 4.7 Rediseño de los reportes del familiar del adulto mayor.....	77
Figura 4.8 Rediseño de las notificaciones del familiar del adulto mayor.....	78
Figura 4.9 Zona de eventos y comunidades dentro de la app.....	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Mapas de empatía.....	95
Anexo 2: Mapa de encaje.....	96
Anexo 3: Model Lean Canvas del sistema de vigilancia y monitoreo.....	97
Anexo 4: Model Lean Canvas del sistema de acompañamiento.....	98
Anexo 5: Preguntas de entrevista empática para adulto mayor.....	99
Anexo 6: Preguntas de entrevista empática para familiares.....	101



RESUMEN

El envejecimiento acelerado de la población y el aumento de adultos mayores que viven de forma independiente plantean desafíos importantes para su cuidado y seguridad. Los riesgos en el hogar, como caídas y accidentes, afectan su autonomía y bienestar. Este proyecto propone el desarrollo de un sistema inteligente de monitoreo remoto, llamado Sently, que integra tecnologías IoT, visión por computadora y análisis de datos para brindar un acompañamiento no invasivo a adultos mayores en situaciones vulnerables.

El sistema utiliza sensores y cámaras conectados a una plataforma en la nube que procesa datos en tiempo real, detecta eventos críticos mediante modelos de inteligencia artificial como YOLOv7 y SlowFast, y monitorea signos vitales y patrones de actividad. La información se envía a familiares o cuidadores a través de notificaciones, facilitando respuestas rápidas ante emergencias.

Entre los resultados esperados se encuentra la mejora significativa en la seguridad y calidad de vida del adulto mayor, mediante la prevención y detección temprana de incidentes, así como la reducción de hospitalizaciones por caídas o accidentes domésticos. Se espera también un alivio en la carga emocional y de supervisión para los cuidadores, gracias al monitoreo continuo y a las recomendaciones personalizadas que fomentan hábitos saludables y rutinas seguras.

En conclusión, Sently no solo responde eficazmente a situaciones críticas, sino que también promueve un envejecimiento activo, autónomo y seguro, fortaleciendo los vínculos familiares y otorgando tranquilidad a los usuarios y sus entornos. Esta solución integral representa un avance significativo para mejorar el bienestar integral de la población adulta mayor y sus redes de apoyo.

Palabras clave: monitoreo remoto, envejecimiento activo, prevención, IoT, soluciones para cuidadores

ABSTRACT

The rapid aging of the population and the increase in older adults living independently present significant challenges for their care and safety. Risks in the home, such as falls and accidents, threaten their autonomy and well-being. This project proposes the development of an intelligent remote monitoring system, called Sently, which integrates IoT technologies, computer vision, and data analysis to provide non-invasive support to vulnerable older adults.

The system uses sensors and cameras connected to a cloud platform that processes real-time data, detects critical events using AI models such as YOLOv7 and SlowFast, and monitors vital signs and activity patterns. The information is sent to family members or caregivers through notifications, enabling rapid responses to emergencies.

Expected outcomes include a significant improvement in older adults' safety and quality of life through the prevention and early detection of incidents, as well as a reduction in hospitalizations due to falls or domestic accidents. Emotional and supervisory burdens on caregivers are expected to be alleviated through continuous monitoring and personalized recommendations that encourage healthy habits and safe routines.

In conclusion, Sently not only effectively addresses critical situations but also promotes active, autonomous, and safe aging by strengthening family bonds and providing peace of mind to users and their support networks. This comprehensive solution represents a meaningful advancement in enhancing the overall well-being of the elderly population and their caregivers.

Keywords: remote monitoring, active aging, prevention, IoT, solutions for caregivers

CAPÍTULO I: PROPUESTA DE VALOR

Esta propuesta plantea el desarrollo de un sistema integral orientado a mejorar la calidad de vida de las personas adultas mayores, tanto en el plano físico como en el emocional. Para lograrlo, se recurre al uso de tecnologías accesibles, herramientas digitales adaptadas a sus necesidades, mecanismos de monitoreo preventivo y el fortalecimiento de vínculos familiares y comunitarios.

El enfoque adoptado es de carácter integral, pues busca no solo reducir la exposición a riesgos físicos, sino también fomentar el bienestar emocional, la autonomía personal y la interacción social. La solución está diseñada para generar beneficios tanto para los adultos mayores como para sus entornos cercanos, promoviendo un proceso de envejecimiento activo, saludable y con sentido de dignidad.

1.1 Problemática

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera el envejecimiento como una etapa que debe abordarse promoviendo el bienestar físico, mental y social, basado en principios de autonomía, dignidad e inclusión (OMS, 2025). En este sentido, la Década del Envejecimiento Saludable 2021-2030 impulsa acciones globales orientadas a transformar los paradigmas sociales y sanitarios, combatir el edadismo, crear entornos accesibles y fortalecer la atención centrada en la persona. La OMS enfatiza la importancia de integrar servicios médicos, apoyo comunitario y protección de derechos, así como de establecer cuidados a largo plazo de calidad que respondan a las necesidades físicas y emocionales de los adultos mayores, reconociendo el rol crucial de los cuidadores familiares (OMS, 2025; OPS, 2025).

En Perú, el envejecimiento es uno de los fenómenos demográficos más destacados: la proporción de adultos mayores de 60 años creció de 5,7 % en 1950 a 14,3 % en 2025, población que está presente en el 44,6 % de los hogares del país (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2025). Este grupo enfrenta múltiples desafíos, entre ellos el acceso desigual a servicios sociales y de salud, y una mayor dependencia económica y funcional.

Desde el punto de vista médico, las principales enfermedades que afectan a la población adulta mayor en Perú son crónicas no transmisibles, especialmente hipertensión arterial, diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, cáncer, afecciones respiratorias crónicas y obesidad. Además, existe una alta incidencia de infecciones respiratorias, como la neumonía, durante períodos fríos (INEI, 2025; Chauca Alendez, 2025). Más del 80 % de los adultos mayores reportan al menos una condición crónica que incrementa el riesgo de discapacidad y hace necesaria la atención médica continua, la cual no siempre es accesible en zonas vulnerables del país (INEI, 2025).

Entre los accidentes domésticos, las caídas destacan como el incidente más común y peligroso, seguidas de golpes y fracturas, principalmente en el baño, dormitorio y pasadizos. Factores como iluminación insuficiente, pisos irregulares y falta de adaptaciones arquitectónicas elevan el riesgo de lesiones graves, como fracturas de cadera o traumatismos craneales, que comprometen la autonomía y calidad de vida de los adultos mayores (Vásquez Villacorta, 2022; BBVA, 2025).

La responsabilidad del cuidado recae mayormente en familiares, sobre todo mujeres entre 50 y 60 años, quienes atienden las necesidades del adulto mayor a menudo sin preparación formal y con bajo apoyo institucional (Ataucuri Mendoza & Villanueva López, 2024). Este rol implica una elevada carga emocional y física, caracterizada por fatiga, estrés y sentimientos de impotencia, en especial cuando el acceso a redes de apoyo social es limitado. La OMS recomienda fortalecer el acompañamiento psicosocial y los programas de respiro para los cuidadores, a fin de preservar su bienestar y potenciar la calidad del cuidado ofrecido (Lara Balbín, 2025; OPS, 2025).

La problemática expuesta evidencia la necesidad de una intervención intersectorial que no solo priorice el bienestar físico y funcional de los adultos mayores, sino también la capacitación, protección y apoyo emocional de sus cuidadores, en consonancia con la visión integral propuesta por la OMS. Esta organización considera que el envejecimiento es un proceso que debe centrarse en la promoción de la salud, la participación y la seguridad. En esta línea, declaró el período 2021-2030 como la Década del Envejecimiento Saludable, una estrategia global orientada a reducir las desigualdades en salud y mejorar la calidad de vida de las personas mayores mediante acciones colectivas que transformen las percepciones sociales sobre la edad y fomenten entornos inclusivos y accesibles (OMS, 2021, 2025). Asimismo, reconoce que las caídas constituyen uno de los principales riesgos para la salud de esta población, pues causan

lesiones graves, pérdida de independencia e, incluso, mortalidad en mayores de 65 años (OMS, 2021, 2025).

1.2 Necesidad

1.2.1 Público objetivo

El público objetivo de esta propuesta tecnológica está conformado por personas adultas mayores de 60 años que reciben atención médica y cuentan con acceso a internet. Según el INEI (2025), la población adulta mayor en Perú representa el 14,3 % del total nacional, que equivale a más de 4,7 millones de personas. De este grupo, aproximadamente el 77 % ha recibido atención médica en el último año, lo que refleja una cobertura significativa de servicios de salud, aunque con variaciones según región y contexto socioeconómico. Con relación a su entorno familiar y social, más de la mitad de los adultos mayores conviven con al menos un hijo o hija, lo que sitúa a la familia como pilar importante en su cuidado cotidiano. Respecto al acceso a tecnologías, cerca del 47 % de la población mayor de 60 años utiliza internet, mostrando un crecimiento considerable en la inclusión digital, especialmente en áreas urbanas. Este perfil combina vulnerabilidades en salud y funcionalidad con la capacidad técnica mínima para beneficiarse de herramientas digitales de monitoreo remoto y soporte a distancia.

La propuesta no solo se dirige a los propios adultos mayores, sino también a sus redes de cuidado cercanas, principalmente hijos, hijas o nietos, quienes frecuentemente asumen el rol de cuidadores principales. Estas personas buscan soluciones accesibles y confiables que les permitan apoyar a distancia a sus familiares, especialmente cuando factores laborales, geográficos o personales limitan la presencia física continua. Así, esta intervención responde tanto a necesidades funcionales para preservar la salud y autonomía, como a requerimientos emocionales relacionados con el vínculo afectivo y la voluntad de cuidado presente en nuestras familias.

El público objetivo para esta propuesta tecnológica se definió considerando a los adultos mayores de 70 años que viven solos, cuentan con acceso a internet y han recibido atención médica reciente. De acuerdo a informes más actuales del INEI, en 2025 esta población se estima en 166 391 personas a nivel nacional. La segmentación empleada utiliza el modelo TAM, SAM y SOM, el cual permite visualizar el alcance total, el grupo

disponible en la zona seleccionada y el porcentaje realista que se puede atender en la etapa inicial; los datos están sintetizados en la Tabla 1.1.

Para la fase inicial del proyecto, se ha delimitado el Serviceable Available Market (SAM) al subgrupo de adultos mayores que residen en Lima Metropolitana, donde las condiciones de infraestructura digital y cobertura sanitaria resultan especialmente favorables. En esta región, el número estimado de adultos mayores que cumple con los requisitos de acceso a internet y atención médica reciente asciende a 72 566 personas, según los porcentajes de penetración tecnológica y atención médica que reporta el INEI para 2025. La localización urbana y el uso digital permiten concentrar la estrategia de implementación y facilitar el monitoreo remoto.

Finalmente, el Serviceable Obtainable Market (SOM) corresponde al 5 % del SAM, el cual representa el número objetivo de usuarios alcanzables en la etapa inicial del proyecto, estimado en 3 628 personas. Esta referencia, también indicada en la Tabla 1.1, orienta la planificación de despliegue y la validación de la solución tecnológica, asegurando un camino escalable conforme se analizan y mejoran los resultados en Lima Metropolitana antes de expandirse hacia otras regiones del país.

A continuación, en la Tabla 1.1, se presenta un cuadro resumen con las estimaciones de personas para cada nivel del modelo de segmentación.

Tabla 1.1

Tabla de segmentación de mercado

Métrica	Definición aplicada	Personas estimadas
TAM	Adultos mayores de 70 años que viven solos, tienen acceso a internet y han recibido atención médica	166 391 personas
SAM	Subgrupo del TAM ubicado en Lima Metropolitana con acceso a internet y atención médica reciente	72 566 personas
SOM	5 % del SAM (mercado alcanzable en la etapa inicial del proyecto)	3 628 personas

1.2.2 Entrevista empática

Para comprender en profundidad las realidades, emociones, necesidades y expectativas de los adultos mayores y sus cuidadores, se aplicó la técnica de la entrevista empática.

Esta metodología permitió construir una visión humana y cercana de la experiencia cotidiana, más allá de lo funcional, enfocándose en lo emocional, social y cognitivo.

Con el objetivo de comprender la calidad de vida percibida por los adultos mayores, así como los principales retos que enfrentan sus familiares o cuidadores directos, se llevó a cabo un proceso de recolección cualitativa de información basado en entrevistas semiestructuradas. Esta exploración buscó capturar no solo datos concretos, sino también emociones, experiencias subjetivas y percepciones relacionadas con el envejecimiento y el acompañamiento cotidiano.

La muestra seleccionada incluyó a 20 participantes: 10 adultos mayores con perfiles diversos, como profesores, amas de casa, costureras y médicos; y 10 familiares o cuidadores cercanos, entre ellos hijos, sobrinos y hermanos. Esta diversidad permitió obtener una visión más amplia sobre las realidades y necesidades particulares que emergen en distintos contextos sociales y familiares.

Las entrevistas se diseñaron bajo un enfoque semiestructurado, con preguntas abiertas que favorecieran una conversación fluida. En algunos casos, se alentó el uso de anécdotas y narrativa libre, permitiendo a los participantes expresar sus emociones y recuerdos con mayor espontaneidad. Las sesiones se realizaron de manera presencial, ajustándose a la disponibilidad y comodidad de cada entrevistado.

Durante las entrevistas se abordaron cinco bloques temáticos principales: historia personal y vocación, gustos, pasatiempos y sentido de pertenencia, rutinas actuales y percepciones sobre la autonomía, relación con el entorno familiar y red de apoyo, y retos, dolores o expectativas no resueltas. Estos ejes permitieron estructurar el análisis desde una perspectiva humana, reconociendo la riqueza emocional y vivencial del proceso de envejecimiento, tanto para los adultos mayores como para quienes los acompañan.

1.2.3 Perfil del cliente

Con base en el análisis de las entrevistas, se definieron dos perfiles centrales: el adulto mayor y el familiar/cuidador. A continuación, se resumen sus características:

Perfil del adulto mayor

El adulto mayor se percibe a sí mismo como una persona con una historia valiosa, aún con deseos de aportar y de mantener conexiones significativas con quienes lo rodean.

Valora profundamente los vínculos afectivos y la compañía, elementos que le otorgan sentido y bienestar emocional. Sin embargo, enfrenta dolores asociados a la soledad, la pérdida de autonomía, el deterioro físico o cognitivo y la dependencia para realizar actividades básicas, junto con el temor constante de convertirse en una carga para su entorno. A pesar de estas dificultades, encuentra alegría en compartir tiempo con sus seres queridos, evocar con orgullo momentos de su pasado y participar en actividades que le resultan significativas, como leer, cocinar o conversar. Sus expectativas giran en torno a ser tratado con respeto y dignidad, sentirse útil, mantener rutinas agradables, recibir atención oportuna y afectuosa, y habitar un entorno que le brinde seguridad y calidez.

Perfil del familiar del adulto mayor

El familiar o cuidador asume su rol principalmente por amor y sentido de responsabilidad, aunque suele experimentar una significativa carga física y emocional. Percibe que ha tenido que reorganizar su vida personal y profesional en función de las necesidades del adulto mayor, lo que genera tensiones y desafíos constantes. Entre sus principales dolores se encuentran la falta de descanso, el agotamiento, el miedo a cometer errores en el cuidado, la escasa valoración de su labor, la ausencia de apoyo económico o profesional, y las dificultades para mantener un equilibrio en su vida. No obstante, hay alegría en compartir momentos con su ser querido, en recibir gestos de gratitud, y en presenciar mejoras o sonrisas que reflejan bienestar en el adulto mayor. Sus expectativas apuntan a contar con un mayor respaldo institucional, disponer de tiempo personal, recibir acompañamiento emocional, acceder a formación adecuada en cuidados, y contar con herramientas tecnológicas que faciliten el monitoreo y seguimiento de la persona a su cargo. Este análisis evidencia que la necesidad va más allá de cuidados clínicos, y se relaciona con la mejora de la calidad de vida integral, tanto del adulto mayor como de su cuidador.

1.2.4 Point of view

Desde la perspectiva del adulto mayor, la necesidad crítica gira en torno a mantener una buena calidad de vida emocional, funcional y social durante la vejez, asegurando su autonomía y sentido de conexión con el entorno. Por otro lado, para los cuidadores, la necesidad se enfoca en reducir la carga que implica el cuidado cotidiano, a través de un acompañamiento constante, herramientas prácticas y apoyo emocional que les permita

sobrellevar su rol sin comprometer su bienestar. En este contexto, el problema identificado radica en que los adultos mayores requieren vivir con independencia y seguridad emocional en un ambiente donde se sientan escuchados, útiles y vinculados con los demás, mientras que sus cuidadores necesitan contar con soporte emocional, espacios de respiro personal y recursos que les permitan brindar cuidado sin caer en el desgaste físico ni mental.

Los elementos críticos por atender son los siguientes:

1. Seguimiento del estado físico y emocional del adulto mayor
2. Prevención de riesgos domésticos y deterioro funcional
3. Estímulo de rutinas positivas y actividades significativas
4. Acompañamiento al cuidador con soporte comunitario
5. Permitir compartir la responsabilidad sola del cuidador
6. Integración de tecnología accesible para facilitar el monitoreo
7. Diseño de soluciones que fortalezcan los vínculos familiares

1.3 Mapa de la propuesta de valor

1.3.1 Elementos clave

El sistema contará con una infraestructura compuesta por cámaras de vigilancia y sensores IoT estratégicamente ubicados en el entorno del adulto mayor. Estos dispositivos estarán conectados a través de algoritmos de visión computacional y modelos de aprendizaje profundo, lo que permitirá identificar en tiempo real situaciones potencialmente peligrosas, como caídas, largos períodos de inactividad o movimientos inusuales. Con esta información, se generarán informes automáticos sobre riesgos presentes en las rutinas cotidianas, habilitando no solo alertas inmediatas para los cuidadores y familiares, sino también la detección de zonas críticas en el hogar y la propuesta de medidas preventivas personalizadas.

La infraestructura propuesta reconoce que cada domicilio presenta características y distribuciones diferentes, por lo que se plantea un diseño flexible y adaptable que pueda ajustarse a dichas variaciones. El despliegue de los dispositivos será escalable,

priorizando espacios comunes y estratégicos como salas, cocinas, baños y dormitorios, donde el riesgo de accidentes es más elevado. De esta manera, el sistema puede ampliarse o reducirse según las condiciones del hogar y las necesidades específicas del adulto mayor, asegurando una cobertura eficiente y costo-efectiva.

El sistema analizará de manera continua los hábitos y comportamientos del adulto mayor para ofrecerle actividades que se ajusten tanto a sus intereses como a sus capacidades cognitivas. Estas recomendaciones se construirán mediante modelos de aprendizaje automático que incorporan el historial de rutinas, preferencias y datos contextuales, con el objetivo de fomentar la estimulación mental y emocional, y contribuir a un envejecimiento activo y con propósito.

Mediante una API abierta, la plataforma permitirá la conexión con servicios municipales, centros de salud y organizaciones comunitarias. Esta integración facilitará el acceso del adulto mayor a información sobre eventos, campañas preventivas, talleres o actividades culturales relevantes según su perfil, promoviendo su participación en la vida comunitaria y reduciendo la sensación de aislamiento social.

Toda la información recolectada se almacenará de forma segura en una plataforma centralizada, desde la cual será posible realizar un monitoreo constante del bienestar físico, emocional y conductual del usuario. Los cuidadores y familiares dispondrán de paneles interactivos con métricas personalizadas y alertas inteligentes, lo que facilitará decisiones oportunas y ajustes en el tipo o nivel de acompañamiento requerido, en función de la evolución de las necesidades del adulto mayor.

1.3.2 Encaje

Para diseñar una solución verdaderamente pertinente, se ha optado por un enfoque centrado en los dos perfiles principales involucrados en el uso del sistema: el adulto mayor y el familiar o cuidador directo. Al analizar sus experiencias, expectativas y temores, se han identificado necesidades específicas que deben ser atendidas de forma diferenciada. Esta perspectiva dual permite que el sistema responda tanto al deseo de autonomía del adulto mayor como a la necesidad de tranquilidad y participación compartida por parte de los familiares.

En términos generales, los adultos mayores valoran profundamente su independencia y el poder continuar tomando decisiones sobre su día a día. Sin embargo,

esa necesidad de autonomía suele ir acompañada de temores relacionados con su seguridad y bienestar. Algunos expresan con claridad esta contradicción, como en el caso de quienes dicen: “Quiero seguir haciendo mis cosas solo, pero me da miedo que algo me pase y nadie se dé cuenta”. Este tipo de afirmaciones reflejan un sentimiento común: la necesidad de sentirse seguros sin renunciar a su libertad.

Uno de los aspectos clave que se deben abordar es el acompañamiento no invasivo. Muchos adultos mayores se sienten incómodos ante un seguimiento excesivo, como lo indican frases del tipo: “No me gusta que me estén llamando todo el día para ver si estoy bien... me hace sentir que ya no puedo cuidarme”. Esto muestra que el sistema debe permitir una supervisión pasiva, sin generar sensación de control constante.

Asimismo, el bienestar emocional y funcional está estrechamente ligado a la posibilidad de mantener una rutina significativa. Varios testimonios resaltan esto: “Extraño tener una rutina... a veces me levanto sin saber qué hacer” o “Me siento más útil cuando tengo algo que cumplir o algún objetivo diario”. Frente a esto, el sistema debe ofrecer herramientas que fomenten la organización personal, con recordatorios, reconocimientos y recomendaciones adaptadas a sus intereses y capacidades.

También es frecuente que olviden actividades importantes, como tomar la medicación o realizar ciertas tareas. En palabras de uno de los usuarios potenciales: “A veces me olvido de tomar las pastillas o de lo que tenía que hacer en el día”. Por ello, la solución debe incluir mecanismos que anticipen estos olvidos y actúen de manera preventiva, sin depender de la intervención directa del adulto mayor.

Por otro lado, la dimensión social tampoco debe dejarse de lado. La sensación de aislamiento se manifiesta en frases como estas: “No quiero sentir que mi vida se redujo a estar sentado viendo televisión” y “Quiero aún vivir en mi casa y no estar cambiando de lugar cada cierto tiempo”. Estas afirmaciones revelan la importancia de fortalecer los vínculos con la comunidad y el entorno, manteniendo la permanencia en su hogar, siempre que sea seguro, y brindando acceso a actividades que les permitan seguir conectados con su entorno y sentirse valorados.

Desde la perspectiva de los familiares o cuidadores principales, el principal desafío es combinar el deseo de protección con las limitaciones cotidianas: falta de tiempo, distancia geográfica o dificultad para supervisar continuamente. La incertidumbre ante situaciones de emergencia se expresa de manera directa: “Me

preocupa que un día le pase algo y no nos demos cuenta a tiempo” o “Me preocupa que sea demasiado terco y no pida ayuda cuando lo necesita”.

Por esta razón, el sistema debe ofrecer información clara y en tiempo real sobre el estado del adulto mayor. La posibilidad de contar con una visibilidad remota disminuye la ansiedad que genera el no saber cómo se encuentra su ser querido. Algunos familiares lo explican así: “Quiero que mantenga su independencia, pero sin dejar de estar al tanto de cómo está”.

Otro aspecto que se debe atender es la necesidad de compartir la responsabilidad del cuidado. En muchas familias, esta tarea recae sobre una sola persona, lo cual genera agotamiento y sensación de injusticia. Así lo señala un testimonio representativo: “Quiero compartir esta responsabilidad con mis hermanos, pero no todos se involucran por igual”. Ante esta realidad, se vuelve fundamental que el sistema permita una coordinación distribuida, donde varios familiares puedan involucrarse y colaborar.

La automatización también cumple un rol importante. La carga que implica verificar si el adulto mayor está comiendo bien, tomando su medicación o manteniendo buenos hábitos puede resultar abrumadora. Tal como se plantea en el siguiente testimonio: “No siempre sé si se está alimentando bien, si duerme mucho o si no está tomando los medicamentos”. Automatizar alertas y generar reportes programados puede ayudar a aliviar esta carga sin dejar vacíos en el seguimiento.

Finalmente, los familiares no solo desean monitorear, sino también motivar al adulto mayor. Frases como “Sería ideal que tuviera alguna guía o recomendaciones para mantenerse activo, sin que todo dependa de mí” reflejan una intención clara: desean que el adulto mayor reciba orientación desde la tecnología misma, y que esta funcione como un puente de conexión emocional más que como un simple mecanismo de control.

1.4 Modelo de negocio

1.4.1 Business Model Canvas

En la etapa inicial del proyecto se desarrollaron dos modelos Lean Canvas por separado, diferenciando entre una aplicación enfocada en el monitoreo y otra orientada a recomendaciones. Sin embargo, tras un análisis comparativo entre ambas alternativas, se optó por la integración de ambas funciones en un único modelo Canvas, con el objetivo de presentar una solución más completa y coherente que aborde tanto la seguridad inmediata del adulto mayor como la promoción de rutinas preventivas para su bienestar a largo plazo.

El modelo, sintetizado en la Figura 1.1, visibiliza tres problemáticas principales: la alta vulnerabilidad de los adultos mayores que viven solos frente a caídas o emergencias, el aislamiento social y la baja adherencia a rutinas saludables, además de la escasez de canales de monitoreo accesibles para familiares o cuidadores remotos. Tal como se recoge en la literatura internacional, las caídas son una causa preponderante de discapacidad y mortalidad en adultos mayores, mientras que el aislamiento y la falta de autocuidado afectan de forma negativa su salud física y emocional.

Figura 1.1

Modelo Lean Canvas

<p>Problema:</p> <p>Alta vulnerabilidad de adultos mayores que viven solos ante caídas o emergencias.</p> <p>Aislamiento social y baja adherencia a rutinas saludables.</p> <p>Falta de canales de monitoreo accesibles para familiares o cuidadores a distancia.</p>	<p>Solución:</p> <p>Plataforma de monitoreo que combina visión computacional con alertas automáticas ante caídas y rutinas peligrosas brindando recomendaciones personalizadas para fomentar un envejecimiento activo</p>	<p>Propuesta de Valor:</p> <p>Seguridad, bienestar y autonomía para el adulto mayor, tranquilidad y control para sus seres queridos.</p> <p>1. Sistema integral de vigilancia y recomendaciones. 2. Notificaciones en tiempo real. 3. Reportes automáticos y seguimiento personalizado.</p>	<p>Ventaja Única:</p> <p>1. Integración simultánea de visión computacional, monitoreo IoT y sistema de recomendaciones preventivas. 2. Diseño centrado en el adulto mayor: intuitivo, humano y no invasivo.</p>	<p>Segmento de Clientes:</p> <p>1. Personas con familiares adultos mayores que viven solos 2. Cuidadores de adultos mayores</p>
<p>Costos:</p> <p>1. Infraestructura Cloud 2. Dispositivos IoT y cámaras. 3. Desarrollo y mantenimiento de software. 4. Marketing y adquisición de usuarios. 5. Soporte técnico y atención al cliente.</p>		<p>Ingresos:</p> <p>1. Suscripción mensual por hogar (modelo B2C). 2. Licencias para instituciones (modelo B2B). 3. Planes premium con analítica avanzada y reportes médicos. 4. Publicidad de empresas con accesorios y servicios geriátricos.</p>		

La propuesta articulada en el modelo Canvas consiste en una plataforma integral que fusiona visión computacional, dispositivos IoT y sistemas de alerta automática. A diferencia de enfoques que se circunscriben únicamente a la detección de caídas, este sistema suma un componente de recomendaciones preventivas personalizadas, con el fin de promover la autonomía y el envejecimiento activo; gracias a la integración descrita, el sistema posibilita tanto la reacción ante eventos críticos como la anticipación de riesgos mediante rutinas más saludables.

La propuesta de valor centra sus esfuerzos en brindar seguridad, bienestar y autonomía a la persona mayor, junto con tranquilidad y control para sus familiares y cuidadores. Entre sus características se incluyen vigilancia continua no invasiva, notificaciones en tiempo real y reportes automáticos para el seguimiento personalizado, lo que responde a tendencias internacionales que abogan por soluciones tecnológicas orientadas al equilibrio entre independencia y cuidados remotos, sin perder la dignidad ni el sentido de utilidad del adulto mayor.

La ventaja competitiva de la solución, como se visualiza en la Figura 1.1, reside en la integración simultánea de sistemas tecnológicos avanzados y diseño centrado en el usuario, adaptado a las capacidades cognitivas y físicas de la población mayor. La literatura evidencia que la adopción de tecnología en adultos mayores se ve limitada por interfaces complejas e invasivas; por ello, este modelo apuesta por una experiencia intuitiva y humana.

El público objetivo está constituido por familiares de adultos mayores que viven solos y cuidadores profesionales, respondiendo a la demanda creciente de alternativas para la gestión del cuidado a distancia. Los canales de distribución principales incluyen una aplicación móvil (Android/iOS) y redes sociales, estratégicamente seleccionados para brindar accesibilidad inmediata y potenciar el *marketing* digital, clave en la adopción de soluciones de salud tecnológicas.

El modelo establece tres métricas fundamentales: costo de adquisición de clientes, ventas mensuales y satisfacción del cliente. Estas permiten hacer un seguimiento tanto financiero como social, fundamentales en tecnologías de salud donde la confianza y percepción de valor determinan el éxito. Respecto a los costos, destacan la infraestructura *cloud*, la adquisición de dispositivos IoT y cámaras, el desarrollo y mantenimiento de

software, además del *marketing* y soporte técnico, en concordancia con los estudios sobre proyectos de salud digital.

Finalmente, el modelo contempla esquemas de ingresos mixtos que incluyen suscripciones mensuales por hogar (B2C), licenciamiento institucional (B2B), planes *premium* con analítica avanzada y reportes médicos, así como publicidad relacionada con servicios geriátricos, reforzando la sostenibilidad financiera del proyecto, en contraste con propuestas que dependen exclusivamente de financiamiento público o esquemas académicos sin un modelo de negocio definido.

1.4.2 Flujo de caja

El flujo de caja proyectado permite visualizar el comportamiento financiero del proyecto a lo largo de cinco años, considerando únicamente los ingresos provenientes de las suscripciones de usuarios activos, y los principales egresos operativos fijos y variables. Este análisis busca determinar la viabilidad económica del sistema bajo un escenario realista y progresivo de adopción. La Tabla 1.2 presenta la estimación del flujo de caja a cinco años.

Tabla 1.2*Estimación de flujo de caja*

PROYECCIÓN						
ESTADO DE RESULTADOS	0	1	2	3	4	5
Ventas suscripción		1 958 400	2 251 800	2 590 200	2 979 000	3 425 400
Costo de ventas		-67 565	-77 687	-89 362	-102 776	-118 176
Utilidad bruta	0	1 890 835	2 174 113	2 500 838	2 876 225	3 307 224
Gastos Cloud		-634 410	-634 410	-1 268 820	-1 268 820	-1 268 820
Kit Instalación		-1 114 112	-166 912	-192 512	-221 184	-253 952
Consultora de <i>marketing</i>		-108 000	-108 000	-108 000	-108 000	-108 000
Consultora de logística		0	0	0	0	0
Sueldos		-798 000	-564 000	-564 000	-564 000	-564 000
Depreciación y amortización		-222 822	-33 382	-38 502	-44 237	-50 790
Utilidad operativa	0	-986 509	667 409	329 004	669 984	1 061 661
Venta de activo fijo						
Costo de enajenación de activo						
Utilidad antes de impuestos		-986 509	667 409	329 004	669 984	1 061 661
Pérdidas acumuladas						
Utilidad imponible		-986 509	667 409	329 004	669 984	1 061 661
Participación de trabajadores		0	0	0	0	0
Impuesto a la renta		-295 953	200 223	98 701	200 995	318 498
Utilidad neta	0	-1 282 462	867 631	427 705	870 979	1 380 160
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	0	1	2	3	4	5
Flujo operativo						
- Utilidad antes de impuestos		-986 509	667 409	329 004	669 984	1 061 661

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO	0	1	2	3	4	5
- Impuestos		-295 953	200 223	98 701	200 995	318 498
+Depreciación		222 822	33 382	38 502	44 237	50 790
FC operativo		-1 059 640	901 013	466 207	915 216	1 430 950
Flujo de inversiones						
En activo fijo						
En SW						
En consultoría	-50 000					
Total FC de inversiones	-50 000					
Flujo de caja económico	-50 000	-1 059 640	901 013	466 207	915 216	1 430 950
VAN	1 595 211	>0 Aceptable		RETORNOS DE LOS PROYECTOS		10 %
TIR	63 %					

Para el primer año, se estima que el 30 % del público objetivo (equivalente a 1088 usuarios activos) acceda al servicio. Cada uno de ellos pagará una suscripción mensual de 150 soles, lo que representa un ingreso anual por usuario de 1800 soles. Por lo tanto, los ingresos por suscripción en el primer año ascienden a 1 890 835 soles.

Se proyecta un crecimiento anual del 15 % en la base de usuarios activos, por lo que los ingresos también aumentan progresivamente hasta alcanzar más de 3,3 millones de soles en el quinto año.

Los principales egresos considerados son los siguientes:

1. Servicio *cloud*: gasto constante anual de 634 410 soles, necesario para garantizar la infraestructura digital del sistema.
2. Kit de instalación IoT: costo unitario de 1024 soles por cada nuevo usuario activo, reflejado como gasto por única vez en el año de adquisición.
3. Consultoría en *marketing*: solo en el primer año, con una inversión de 108 000 soles para posicionamiento inicial del producto.
4. Sueldos del equipo: 798 000 soles el primer año, y 564 000 soles desde el segundo año tras una reestructuración del equipo.
5. Costo de ventas: se calcula en el 3,45 % del total de ingresos registrados por ventas en cada año. Véase el desarrollo del estado de resultados detallado en la Tabla 1.2 para visualizar el impacto financiero de la propuesta sobre la viabilidad del proyecto.

1.4.3 Indicadores financieros

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto se calcularon el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) sobre los flujos económicos proyectados a cinco años, utilizando una tasa de descuento del 10 % anual. En la Tabla 1.2 se presentan los resultados de estos indicadores financieros.

El VAN representa el valor presente de los beneficios netos futuros, descontados por el costo de oportunidad del capital. En este caso, el VAN calculado es 1 595 211 soles (a una tasa de corte del 10 %), lo que implica una generación de valor positiva una vez recuperada la inversión inicial y una holgura moderada sobre el umbral de rentabilidad aceptable.

Por su parte, la TIR indica la tasa a la cual el VAN es igual a cero. El análisis de la Tabla 1.2 muestra que el proyecto alcanza una TIR aproximada del 63 %, superior a la tasa de referencia utilizada, evidenciando su rentabilidad bajo los supuestos actuales. Sin embargo, dado que la diferencia respecto a la tasa de corte no es amplia, la rentabilidad del proyecto podría ser sensible ante modificaciones en escenarios o variables clave.



CAPÍTULO II: ANTECEDENTES Y DISEÑO

Este capítulo profundiza en el contexto y diseño de la propuesta de solución. Se realiza una exhaustiva recopilación de estudios y soluciones existentes para establecer el estado del arte, proporcionando un sólido fundamento sobre el cual construir la propuesta. Además, se detalla un diseño funcional que incluye la arquitectura técnica y el modelo de despliegue necesario para la implementación de la solución. Se analizan y comparan las opciones existentes para asegurar que la propuesta de diseño no solo sea innovadora, sino también técnicamente viable y superior a las alternativas disponibles.

2.1 Estado del arte

2.1.1 Investigaciones científicas

En los últimos años, el *deep learning* ha consolidado su papel en la detección de acciones humanas, especialmente gracias al desarrollo de arquitecturas avanzadas como las redes neuronales convolucionales (CNN) y las redes transformadoras. Yao et al. (2023) propusieron un modelo híbrido que combina CNN con transformadores para mejorar la detección de actividades complejas en videos, mostrando superioridad en escenarios con múltiples sujetos y condiciones cambiantes. Por otra parte, Fuentes et al. (2021) diseñaron DeepConvAttentionMLPNet, un modelo que prescinde de pesos preentrenados y se adapta mejor a variaciones en los patrones de movimiento, lo cual lo hace adecuado para entornos de monitoreo de adultos mayores.

El reconocimiento de acciones en imágenes y video ha sido abordado mediante modelos multimodales que combinan la visión computarizada con el procesamiento del lenguaje natural. Xu et al. (2021) desarrollaron ActionCLIP, capaz de realizar reconocimiento *zero-shot* integrando texto descriptivo con imagen, lo que amplía la capacidad para identificar acciones no vistas durante el entrenamiento. Asimismo, Wang et al. (2023) implementaron arquitecturas híbridas ConvNet-transformer que captan mejor las dependencias espaciales y temporales, aumentando notablemente la precisión en la ética de reconocimiento de rutinas diarias y comportamientos atípicos.

En el ámbito de la seguridad, Daza Castillo (2025) diseñó un sistema de alerta móvil mediante dispositivos vestibles que detectan caídas usando acelerómetros y giroscopios, notificando de forma inmediata a cuidadores. Este sistema presentó un 95 % de precisión en pruebas reales, reduciendo significativamente el tiempo de respuesta en emergencias domésticas. Romero Goytendía (2016) complementa estas tecnologías integrando sensores y comunicación móvil para facilitar la supervisión remota y dar soporte a redes de cuidado a distancia.

Los riesgos frecuentes en adultos mayores han sido profundamente estudiados. Murray et al. (2025) señalaron que entre las principales causas de mortalidad y discapacidad destacan las enfermedades cardiovasculares, la hipertensión y el deterioro funcional, exacerbados por factores sociales como el aislamiento y la pobreza. Nicholson et al. (2024) se focalizan en las caídas y fracturas, resaltando su rol central en la pérdida de autonomía y la necesidad de intervenciones preventivas que combinen ejercicio, modificaciones en el hogar y tecnología.

Respecto a las caídas, estudios recientes confirman que estas siguen siendo la principal causa de lesiones graves en personas mayores. Daza Castillo (2025) destaca que la implementación de dispositivos de detección automática no solo alerta a tiempo, sino que también permite evaluar la recuperación, personalizando la atención. En cuanto a las rutinas, Ultimate Care NY (2025) propone actividades adaptadas que mantienen la movilidad, mejoran el equilibrio y fortalecen la salud mental, utilizando además plataformas digitales para monitorear y motivar la adherencia.

La fractura de huesos en adultos mayores, particularmente de cadera y vértebras, es un problema crítico. Antonazzo et al. (2021) encontraron que el seguimiento a largo plazo mediante telemedicina reduce las tasas de refractura y mortalidad asociada. En consonancia, los sistemas de monitoreo desarrollados por Romero Amondaray et al. (2024) combinan sensores portátiles y ambientales para supervisar la actividad y alertar sobre posibles incidentes, facilitando la independencia y seguridad.

Los sistemas de recomendación personalizados han avanzado también como herramientas para mejorar la calidad de vida. Investigaciones recientes analizaron arquitecturas de redes neuronales que emplean datos colaborativos y contextuales para adaptar sugerencias, mientras que Rivas Asanza y Mazón Olivo (2018) demostraron la

efectividad de Graph Neural Networks en contextos sociales para ofrecer recomendaciones precisas y dinámicas de actividades y cuidados.

Para los cuidadores, Romero Amondaray et al. (2024) crearon plataformas que brindan soporte emocional, capacitación y gestión del estrés, mejorando la calidad del cuidado. Romero Goytendía (2016) propone apps que conectan a cuidadores con profesionales, facilitando recursos y comunicación en tiempo real, además de fortalecer las redes de apoyo. Finalmente, García Pliego et al. (2024) investigaron sistemas de recomendación de actividades recreativas y sociales, que favorecen el bienestar físico y mental de los adultos mayores, estimulando la inclusión y participación comunitaria.

Por último, modelos destacados en detección de objetos como YOLO v7 han revolucionado la vigilancia en tiempo real. Wang et al. (2022) demostraron que YOLO v7, con su arquitectura E-ELAN y técnicas avanzadas de entrenamiento, mejora la precisión en detección rápida y eficiente, especialmente útil para monitorear caídas en adultos mayores. Complementariamente, Ayachi et al. (2025) aplicaron YOLO v7 combinándolo con análisis contextual, logrando un sistema de alerta automatizado con alta precisión y baja tasa de falsos positivos.

2.1.2 Benchmark de soluciones

A partir de las investigaciones analizadas, es posible identificar soluciones aplicadas que ya se encuentran en funcionamiento o en proceso de validación, tanto en el ámbito académico como de mercado. A través de este *benchmark* se exploran sus enfoques, fortalezas y debilidades en relación con la necesidad identificada: crear un sistema integrado de monitoreo, cuidado y recomendación personalizada para adultos mayores, especialmente en contextos como el peruano, donde existen limitaciones tecnológicas y sociales particulares.

El sistema Risk Detection desarrollado en Perú por Méndez Ávila (2024) es una de las propuestas más concretas y localmente contextualizadas. Se enfoca en el monitoreo automático de caídas o accidentes mediante visión computacional. Su principal fortaleza radica en el uso de un modelo de inteligencia artificial eficiente (YOLOv7), el cual permite detectar eventos en tiempo real sin requerir intervención del usuario. La arquitectura modular (detección - almacenamiento en tiempo real - aplicación móvil) facilita su escalabilidad y adaptación a otros entornos. No obstante, presenta limitaciones

en cuanto a la prevención y al fomento de hábitos saludables: es una solución reactiva, centrada en el evento crítico, sin incorporar aspectos de acompañamiento emocional, seguimiento de rutinas o recomendaciones para un envejecimiento activo. Esta ausencia reduce su impacto en la calidad de vida a largo plazo y lo posiciona como un sistema complementario, pero no integral.

Por otro lado, el sistema CARE, diseñado en Alemania y Grecia por Hammer et al. (2015), presenta un modelo más holístico. Su interfaz visual, que simula un marco digital con fotografías familiares, está pensada para no invadir ni intimidar al adulto mayor. Las recomendaciones que emite son suaves y contextuales, entremezcladas con imágenes significativas para el usuario, lo que genera una interacción natural y emocional. La solución contempla sensores ambientales, adaptabilidad de horarios y preferencias, y se integra al hogar de manera casi imperceptible. Sus principales fortalezas son el diseño centrado en la persona, el enfoque afectivo y su bajo nivel de fricción tecnológica. No obstante, su dependencia de infraestructura avanzada (sensores, conexión estable, pantallas inteligentes) puede dificultar su implementación en zonas rurales o con escasa conectividad. Además, su componente de aprendizaje automático es limitado en comparación con soluciones más centradas en el análisis predictivo o adaptativo.

El sistema propuesto por Kulev et al. (Weber & Kanarachos, 2019), en cambio, representa la vanguardia en cuanto a personalización basada en datos. Su algoritmo puede seleccionar entre distintas intervenciones (por ejemplo, ver tu propio progreso o compararte con otro) para fomentar la actividad física, basado en datos reales del usuario recolectados con sensores de muñeca. Se trata de una solución adaptativa, científica y basada en evidencia. Su fortaleza radica en que el sistema aprende de patrones previos del comportamiento del usuario, permitiendo optimizar las recomendaciones. Sin embargo, es una solución técnicamente exigente. Su implementación requiere no solo *hardware* específico, sino también entrenamiento de modelos, gestión de bases de datos complejas y validación clínica. Además, puede presentar barreras de entrada si el usuario no tiene experiencia con tecnología o no se siente cómodo con sensores portátiles.

Frente a estos desarrollos, el estudio ético de Tiribelli y Calvaresi (2024) no plantea una solución técnica directamente implementable, pero sí ofrece un marco valioso para evaluar las demás. Su enfoque en la autonomía permite identificar riesgos ocultos, como la imposición de comportamientos “deseables” que podrían entrar en conflicto con

los deseos reales del usuario. Este análisis permite reorientar los desarrollos tecnológicos hacia modelos de corresponsabilidad entre sistemas y personas, donde el adulto mayor mantiene el control y la agencia sobre su bienestar.

En conjunto, el panorama actual revela que existen soluciones con un alto nivel de especialización, pero muchas de ellas son unidimensionales: unas enfocadas en el monitoreo pasivo, otras en la recomendación adaptativa, y otras en el diseño afectivo. La integración de estas capacidades de monitoreo, recomendación, acompañamiento emocional y respeto por la autonomía es el gran desafío pendiente. Asimismo, pocas soluciones consideran las limitaciones contextuales de regiones como América Latina, donde factores como la conectividad, la alfabetización digital y los recursos económicos deben ser parte esencial del diseño.

2.2 Diseño de la solución

2.2.1 Diseño funcional

El diseño funcional del sistema se basa en la interacción entre los distintos tipos de usuarios (adultos mayores, cuidadores y/o familiares) y el ecosistema tecnológico que permite el monitoreo, análisis e intervención sobre la calidad de vida del adulto mayor. Cada componente funcional ha sido diseñado para responder a necesidades específicas identificadas durante la etapa de investigación del problema. Casos de uso identificados:

- Crear cuenta: permite al familiar crear una cuenta para acceder por primera vez al sistema y registrar a un adulto mayor bajo su cuidado.
- Iniciar sesión: brinda acceso al sistema tanto al adulto mayor como al familiar mediante credenciales seguras, permitiendo el inicio de sesión según el perfil.
- Agregar módulos de perfiles de familiares: facilita que el familiar registre a otros contactos autorizados como parte del entorno cercano del adulto mayor.
- Agregar historial médico de los adultos mayores: permite ingresar datos clínicos importantes del adulto mayor como alergias, enfermedades o tratamientos actuales, ayudando a un seguimiento médico efectivo.
- Visualizar actividad diaria: muestra al familiar los patrones de movimiento e inactividad del adulto mayor durante el día, apoyando el monitoreo diario.

- Recibir alertas en tiempo real: notifica al familiar en tiempo real ante eventos críticos como caídas o alteraciones sospechosas, para una respuesta inmediata.
- Monitorear signos vitales: muestra indicadores de salud como la presión arterial o la saturación de oxígeno, recogidos por sensores conectados al adulto mayor.
- Detectar caídas: el sistema detecta automáticamente una caída mediante análisis de video o sensores y genera una alerta sin intervención humana.
- Recibir recomendaciones personalizadas: entrega sugerencias al familiar basadas en el comportamiento y estado del adulto mayor, como aumentar la actividad física o descansar más.
- Revisar historial de eventos: muestra al familiar un registro cronológico de eventos importantes para analizar tendencias o compartir con un médico.
- Generar un calendario de actividades para seguir: permite a los usuarios planificar y organizar actividades diarias como caminatas, horarios de comida o momentos de descanso.
- Recomendar actividades comunitarias: sugiere actividades sociales en centros comunitarios, grupos vecinales o eventos locales para promover la socialización del adulto mayor.
- Revisar rutinas peligrosas: advierte al familiar sobre comportamientos repetitivos que podrían implicar riesgos, como desplazamientos nocturnos o inactividad prolongada.
- Registrar medicamentos precisando horarios y dosis: permite al familiar ingresar horarios y dosis de medicamentos, ayudando a garantizar que se sigan las indicaciones médicas.
- Recibir recompensas por el seguimiento de nuevas rutinas: motiva al adulto mayor y al familiar mediante recompensas simbólicas cuando se cumplen ciertas rutinas o hábitos saludables.
- Recibir alertas de medicamentos precisando horarios y dosis: envía recordatorios al familiar sobre la hora exacta en la que se debe administrar un medicamento al adulto mayor.
- Detectar zonas peligrosas para el adulto mayor: informa al familiar sobre zonas de la casa que presentan riesgos frecuentes de caídas o accidentes, como escaleras o baños.

- Espacio de comunidades para cuidadores y adultos mayores: ofrece un espacio de interacción entre cuidadores y adultos mayores donde pueden compartir consejos, dudas y experiencias comunes.

2.2.2 Arquitectura

La arquitectura del sistema propuesta está diseñada bajo un enfoque de Edge Computing, lo que significa que la mayor parte del procesamiento intensivo, incluidos los modelos de inteligencia artificial para detección de caídas y rutinas, se realiza localmente en los dispositivos IoT (por ejemplo, Raspberry Pi 5) instalados en los hogares de los usuarios. Este diseño asegura una alta escalabilidad, baja latencia y, sobre todo, una protección robusta de los datos personales sensibles, ya que las imágenes y videos nunca abandonan el entorno local del usuario. Solo se transfieren a la nube vectores, eventos o metadatos anonimizados, minimizando de forma efectiva los riesgos asociados al manejo de información privada y cumpliendo estrictamente con la Ley de Protección de Datos Personales del Perú (Ley N.º 29733).

La integración con la nube de Google Cloud Platform (GCP) permite gestionar, analizar y entregar información personalizada a los usuarios y sus cuidadores, pero sin exponer ni almacenar imágenes o videos identificables. Esta separación garantiza que solo datos estrictamente necesarios, ya procesados y despojados de elementos sensibles, sean transmitidos para fines de monitoreo, notificación o análisis estadístico.

En concordancia con este principio y la normativa vigente, la arquitectura implementa medidas técnicas y organizativas sólidas:

- El consentimiento informado digital es obligatorio para la recopilación y tratamiento de videos, imágenes y signos vitales, pudiendo ser revocado en cualquier momento.
- Todo el cifrado de datos en tránsito y reposo se realiza mediante protocolos seguros (TLS/HTTPS) y gestión segura de llaves con Cloud KMS.
- La anonimización y minimización de datos se aplica de forma prioritaria: el procesamiento avanzado ocurre en el borde y solo se envían representaciones abstractas como puntos de esqueleto, etiquetas de evento o vectores de características.

- Las políticas de retención y eliminación programada aseguran que los videos e imágenes sean borrados automáticamente tras el período estrictamente necesario.
- Los controles de acceso son estrictos y basados en roles (IAM, Firebase Auth), permitiendo únicamente a cuidadores o familiares autorizados acceder a información relevante.
- Se mantiene trazabilidad y registros de auditoría completos mediante Cloud Audit Logs y BigQuery, asegurando el cumplimiento y la capacidad de responder ante incidentes.
- Los protocolos de gestión de incidentes de seguridad se encuentran activos, conforme a la normativa vigente.
- El personal involucrado recibe capacitación periódica en seguridad y manejo responsable de datos sensibles.

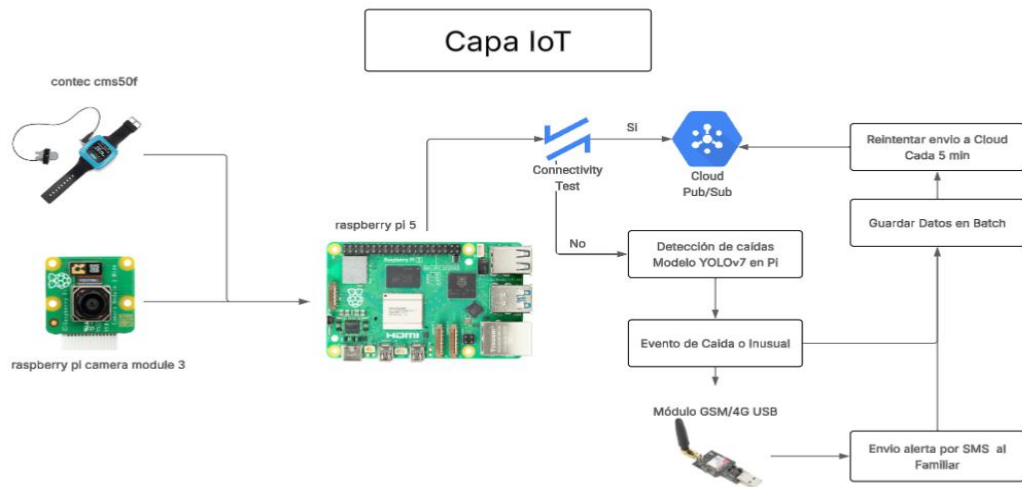
De esta manera, la combinación del procesamiento en el borde y el diseño centrado en privacidad refuerza no solo el cumplimiento normativo, sino también la confianza, protección y bienestar de los usuarios dentro del sistema.

2.2.2.1 Arquitectura técnica: capa IoT

La capa IoT, representada en la Figura 2.1, constituye el nivel más cercano al entorno físico del adulto mayor y es el punto inicial para la recolección, procesamiento y transmisión de datos relevantes para su monitoreo. Su diseño, tal como se observa en la arquitectura diagramada, contempla mecanismos resilientes para garantizar el funcionamiento continuo del sistema, incluso en escenarios de pérdida de conectividad con los servicios en la nube. En la Figura 2.1 se detallan los componentes tecnológicos, su funcionalidad operativa y las estrategias de contingencia implementadas, como la capacidad de detección local de eventos críticos y el envío de alertas inmediatas a familiares mediante red.

Figura 2.1

Diagrama de la capa IoT



Componentes principales

Los dispositivos seleccionados para esta capa fueron evaluados según criterios de precisión, eficiencia energética, compatibilidad con sistemas embebidos y facilidad de integración. La configuración está compuesta por los siguientes elementos:

1. Raspberry Pi 5 (4GB): unidad central de procesamiento local. Ejecuta algoritmos de inferencia en tiempo real, almacena temporalmente los datos cuando no hay conexión a la nube y coordina el envío de alertas.
2. Raspberry Pi Camera Module 3: cámara oficial de alta resolución conectada al puerto CSI del Raspberry Pi. Captura el video en tiempo real necesario para la detección de caídas mediante visión computacional.
3. Contec CMS50F: pulsioxímetro portátil que recopila signos vitales como el ritmo cardíaco y la saturación de oxígeno del adulto mayor. La información recolectada se envía al Raspberry Pi para su análisis y posterior transmisión.
4. Módulo GSM/4G USB: dispositivo de respaldo para comunicación celular. Permite enviar alertas vía SMS a los familiares en caso de eventos críticos, cuando no se dispone de conexión a internet.

Flujo funcional estándar

En condiciones normales de operación, el sistema sigue el siguiente flujo:

1. Captura de datos desde el pulsioxímetro y la cámara conectados al Raspberry Pi.

2. Ejecución periódica de una prueba de conectividad con los servicios de Google Cloud Platform (GCP), como Pub/Sub o Firestore.
3. Si la conectividad está activa, los eventos y señales recolectados se publican en Cloud Pub/Sub para su procesamiento posterior en la nube.
4. Los datos enviados se almacenan y visualizan en una interfaz web o aplicación móvil para el familiar o cuidador.

Estrategia de contingencia local

Para garantizar el funcionamiento autónomo del sistema ante posibles caídas del servicio *cloud* o interrupciones en la red, se ha implementado un módulo de contingencia local con las siguientes características:

1. Inferencia local con YOLOv7 lite: se ejecuta una versión optimizada del modelo YOLOv7 directamente en el Raspberry Pi. Esta versión permite detectar caídas o eventos inusuales en tiempo real a partir del video capturado.
2. Almacenamiento en lote (*batch*): en caso de falla de conexión, todos los eventos relevantes (caídas, métricas fisiológicas, alertas generadas) se guardan temporalmente en una base de datos local, como SQLite o archivos JSON. Este mecanismo garantiza que ningún dato se pierda durante la desconexión.
3. Reintento automático: un proceso en segundo plano revisa cada cinco minutos la disponibilidad del servicio *cloud*. Si la conexión se restablece, los eventos almacenados se sincronizan con la plataforma en la nube.
4. Alerta inmediata por SMS: en caso de detectar una caída durante la desconexión, el sistema utiliza el módulo GSM/4G para enviar un mensaje de texto al familiar registrado, informando el evento detectado sin depender de la conexión a internet.

Ventajas del diseño propuesto

1. Alta disponibilidad: el sistema no se interrumpe ante caídas de red o servicios *cloud*, asegurando protección continua al adulto mayor.
2. Bajo costo de implementación: todos los componentes son accesibles y pueden desplegarse en ambientes domésticos sin necesidad de infraestructura compleja.
3. Escalabilidad: el diseño modular permite replicar la configuración en múltiples hogares, con integración directa a los servicios en la nube cuando estén disponibles.

4. Seguridad y autonomía: la arquitectura respeta la privacidad del adulto mayor al mantener el procesamiento inicial en el borde (*edge*), y permite actuar con rapidez ante emergencias.

Prueba de laboratorio y capacidades reales

- FPS en Raspberry Pi 5 usando YOLOv7-lite: un experimento básico con modelos YOLO-lite en Raspberry Pi 5 reporta frecuencias entre 6 y 7 FPS en análisis en tiempo real usando video en 640x480 px con la CPU a frecuencia estándar, permitiendo la detección precisa de caídas y eventos anómalos sin comprometer velocidad ni estabilidad.
- Latencia total evento → notificación: el flujo completo, desde la detección de una caída (proceso de inferencia local YOLOv7-lite), generación del evento y el envío de la alerta (SMS o *cloud*), presenta latencias de entre 0,5 y 1 segundo bajo conectividad estable; en escenarios con comunicación celular, el retraso máximo sube a 2-3 segundos, suficiente para brindar respuesta casi inmediata en situaciones críticas.
- Consumo energético: el consumo medido de la Raspberry Pi 5 durante la ejecución de modelos de visión computacional y comunicación activa oscila entre 4,9 y 8 vatios, dependiendo de la carga. En monitoreo multiprotocolo (WiFi + GSM) y procesamiento de video, se espera un promedio de 5-8 Wh, lo que equivale a cerca de 120 Wh por día, soportable con fuentes domésticas estándar.

2.2.2.2 Arquitectura: módulo de ingesta de datos

El módulo de ingesta de datos, representado en la Figura 2.2, es la etapa inicial del procesamiento inteligente dentro del sistema, responsable de recibir, filtrar, almacenar y transformar la información generada por los dispositivos IoT instalados en el entorno del adulto mayor. Este módulo asegura una integración estructurada, confiable y escalable de los datos provenientes de sensores fisiológicos y visuales, adaptándose a los volúmenes variables de datos generados en tiempo real.

El proceso comienza con la captura y autenticación segura de mensajes desde dispositivos IoT mediante protocolos estándar como MQTT y HTTP, garantizando la integridad y autenticidad de la fuente. Estos mensajes se canalizan hacia Cloud Pub/Sub,

que sirve como mecanismo de desacoplamiento para manejar flujos continuos y simultáneos, asegurando escalabilidad y tolerancia a fallos.

Los datos estructurados (por ejemplo, signos vitales y eventos codificados) son direccionados a Cloud Dataflow, donde se aplican transformaciones para preprocesado, normalización y enriquecimiento, preparando la información para análisis y visualización. Los datos no estructurados, como imágenes o videos, son almacenados en Cloud Storage para su procesamiento asíncrono posterior, lo cual optimiza el rendimiento del sistema y minimiza retrasos.

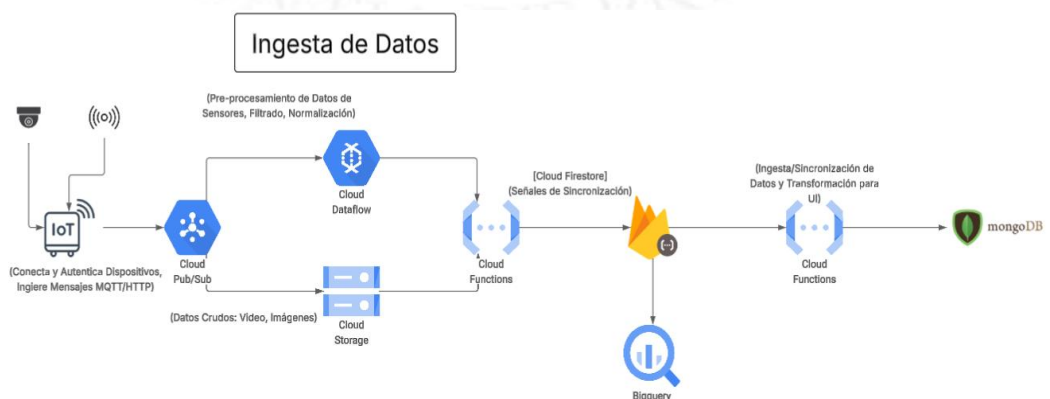
La coordinación entre servicios es gestionada mediante Cloud Functions, que activa flujos de trabajo sin depender de servidores persistentes. Esto permite ejecutar procesos bajo demanda en respuesta a la llegada de nuevos datos, mejorando la eficiencia operativa.

Los datos transformados se sincronizan hacia Cloud Firestore, fuente de señalización para la disponibilidad de información fresca. Desde Firestore, se realiza la replicación hacia una base de datos MongoDB NoSQL, focalizada en consultas rápidas y eficientes para las aplicaciones de usuarios y cuidadores.

Adicionalmente, los eventos relevantes son enviados a BigQuery, plataforma analítica en la nube que facilita análisis históricos, generación de reportes avanzados y visualización de patrones de comportamiento, soportando decisiones clínicas y de cuidado basadas en datos.

Figura 2.2

Diagrama de ingesta de datos



Ventajas del diseño propuesto

1. Procesamiento paralelo: gracias a la separación entre datos estructurados y no estructurados, el sistema puede manejar múltiples tipos de información sin crear cuellos de botella.
2. Automatización del flujo: el uso de Cloud Functions permite activar procesos bajo demanda sin necesidad de servidores persistentes.
3. Escalabilidad garantizada: Cloud Pub/Sub y Dataflow permiten escalar horizontalmente el procesamiento de datos conforme se incrementen los usuarios o sensores en el sistema.
4. Interoperabilidad: la arquitectura permite integrar diferentes fuentes de datos y tecnologías sin alterar el flujo general.

2.2.2.3 Arquitectura: módulo de procesamiento inteligente y modelos de *machine learning*

El módulo de procesamiento inteligente, ilustrado en la Figura 2.3, constituye el corazón analítico del sistema donde se ejecutan modelos de *machine learning* previamente entrenados, permitiendo identificar eventos críticos, reconocer patrones de comportamiento y generar recomendaciones personalizadas para promover un envejecimiento activo. Esta arquitectura integra capacidades avanzadas, como visión por computadora, redes neuronales y árboles de decisión, todo ello desplegado de manera escalable y orquestado sobre infraestructura en la nube.

Los datos para el análisis inteligente se obtienen directamente del repositorio en Cloud Storage, que almacena videos, imágenes y registros históricos originados por los sensores. Estos archivos son procesados en lotes por medio de Cloud Run, un entorno *serverless* que ejecuta contenedores de manera escalable y eficiente. Luego, se activan distintos modelos especializados alojados en Vertex AI, la plataforma de entrenamiento y despliegue de inteligencia artificial de Google Cloud.

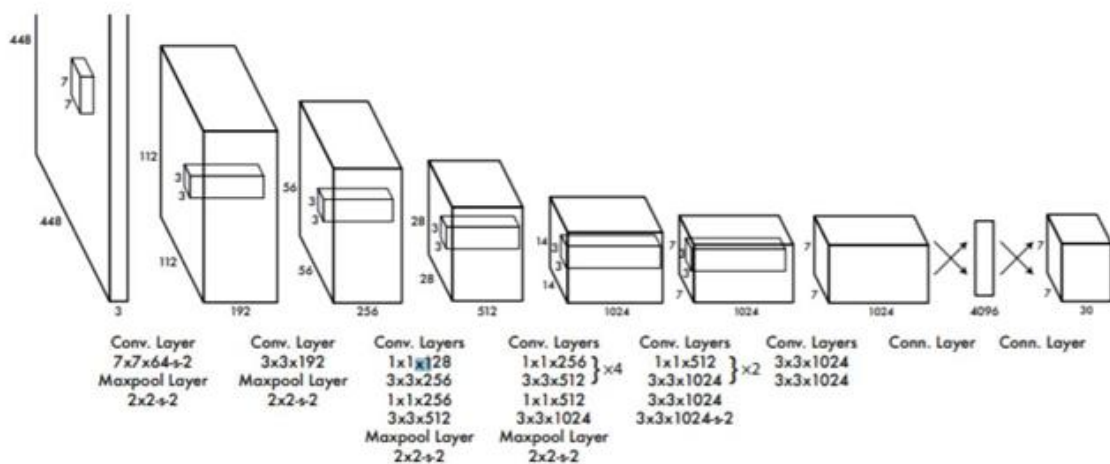
YOLOv7

You Only Look Once, versión 7 (YOLOv7), es uno de los modelos de *deep learning* más avanzados en el campo de la visión por computadora y la detección de objetos en tiempo real. Se caracteriza por su arquitectura eficiente de red neuronal convolucional, optimizada tanto en la fase de diseño de la red como en el proceso de entrenamiento. La

estructura principal del modelo comprende tres componentes: el *backbone*, encargado de la extracción inicial de características; el *neck*, que fusiona y reagrupa las representaciones aprendidas; y el *head*, donde se efectúan las predicciones tanto de clases como de posiciones de los objetos detectados. YOLOv7 destaca, además, por la incorporación de técnicas como la re-parametrización modelada, la asignación dinámica de etiquetas y el escalado compuesto, permitiendo reducir hasta en un 40 % los parámetros y en un 50 % el coste computacional con respecto a arquitecturas previas, manteniendo una velocidad de inferencia superior y precisión de detección elevada.

Figura 2.3

Esquema de la arquitectura de la red neuronal



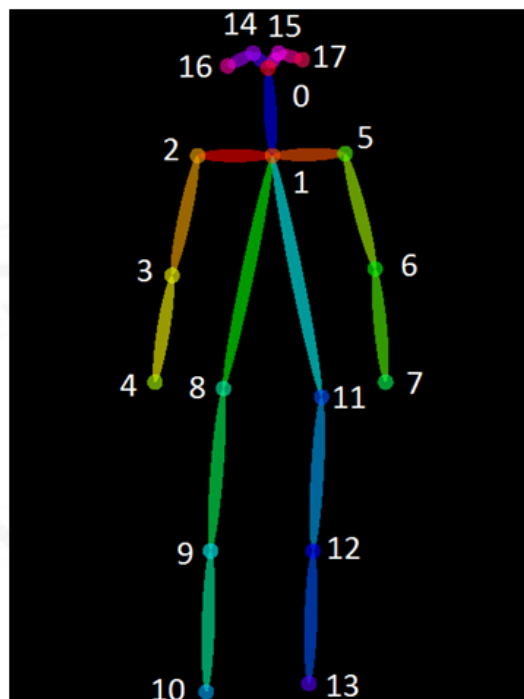
La red YOLOv7, aplicada en este sistema, fue definida sobre la plataforma PyTorch, implementando el módulo YOLOv7-pose, que entrega estimaciones precisas de los puntos clave particulares de la figura humana, y no únicamente categorías de objetos. Esta capacidad resulta indispensable para tareas como la estimación automática de la postura y la identificación de caídas. La arquitectura emplea extensivamente capas convolucionales de 1x1 y 3x3, alternando entre convoluciones y operaciones de agrupamiento para extraer y reducir los vectores de características provenientes de las imágenes (véase la Figura 2.3). Las últimas capas generan tensores tridimensionales donde la dimensión profunda, 1024, representa el número de filtros aprendidos;

posteriormente, dos capas totalmente conectadas procesan esta información y la reducen para la asignación final de clases y coordenadas espaciales.

El entrenamiento inicial de YOLOv7 se realizó con el *dataset* MS COCO, ampliamente valorado por la diversidad y calidad de sus imágenes, distribuidas entre 80 clases y cubriendo múltiples escenarios cotidianos; este preentrenamiento dota al modelo de robustez general. Para especializar la red en detección de caídas humanas, se llevó a cabo un ajuste (*fine-tuning*) con el *dataset* URFD (University of Rzeszow Fall Detection Dataset), el cual contiene cuidadosamente anotados casos de caídas y actividades no críticas. Para incrementar la capacidad generalizadora, se emplearon técnicas de aumento de datos, simulando variantes de poses y trayectorias. Las métricas alcanzadas, como la precisión promedio mAP (>85 %) y el *recall* (>90 %), avalan la fiabilidad técnica del sistema en contextos domésticos de alta variabilidad.

Figura 2.4

Postura estimada YOLOv7



Nota. Adaptado de *YOLOv7 Pose vs. MediaPipe en la estimación de la pose humana*, por Kukil y V. Gupta, 2022, LearnOpenCV (<https://learnopencv.com/yolov7-pose-vs-mediapipe-in-human-pose-estimation/>).

En la implementación práctica, el modelo YOLOv7-pose permite estimar detalladamente la postura, identificando coordenadas de las articulaciones corporales (véase la Figura 2.4). Para la detección de caídas, se comparan las dimensiones del sujeto (altura y ancho) en los *frames* video, aplicando la lógica “ $h-w > 0$ ” y analizando la diferencia entre los valores máximos y mínimos obtenidos para detectar la transición de una postura erecta a una postura de caída. Este enfoque técnico, respaldado por la arquitectura YOLOv7 y su entrenamiento específico, garantiza una respuesta rápida y precisa ante eventos críticos, permitiendo activar alertas en tiempo real e integrándose eficientemente con el sistema de monitoreo desarrollado

SlowFast Network

Para el entrenamiento de la SlowFast Network se empleó el prestigioso *dataset* Kinetics-400, ampliamente utilizado en la comunidad científica para el reconocimiento de acciones humanas en video. Kinetics-400 consiste en más de 240 000 videos de corta duración (~10 segundos cada uno), organizados en 400 clases de actividades cotidianas anotadas manualmente, abarcando desde movimientos convencionales hasta gestos potencialmente riesgosos, como caídas, saltos o desplazamientos bruscos. Esta diversidad de situaciones y escenarios grabados provee al modelo de una base sólida para aprender tanto la dinámica temporal como la espacial de los comportamientos humanoides en ambientes reales.

El entrenamiento de la SlowFast Network se fundamenta en la integración dual de vías temporales: la ruta lenta (*slow pathway*) captura información semántica y espacial con menor frecuencia de muestreo, mientras que la ruta rápida (*fast pathway*) procesa secuencias de *frames* a mayor velocidad para registrar los cambios sutiles en el movimiento. Este diseño arquitectónico ofrece una ventaja significativa en la identificación de patrones complejos como movimientos bruscos, transiciones de postura o eventos críticos que pueden pasar desapercibidos en modelos convencionales de CNN. Para mejorar la capacidad de generalización, el modelo fue expuesto a técnicas avanzadas de aumento de datos, como rotaciones, cambios de escala y simulaciones de iluminación variable, elevando la robustez frente a alteraciones contextuales y diversidad física de los sujetos.

Durante la fase de validación cruzada en el *dataset* Kinetics-400, la SlowFast Network logró una precisión top-1 superior al 75 % en la clasificación de acciones,

destacando su rendimiento tanto en reconocimiento de rutinas normales como en la identificación de actividades potencialmente peligrosas como caídas o sedentarismo prolongado. La arquitectura permite que el sistema analice en tiempo real las secuencias de video, detectando desplazamientos inseguros y patrones de riesgo para adultos mayores, habilitando así la intervención automática y el monitoreo preventivo en ambientes domésticos. Estas métricas y capacidades aseguran la fiabilidad del modelo y su aplicabilidad en contextos reales de atención geriátrica.

Redes neuronales convolucionales (CNN)

En el apartado de monitoreo de signos de fatiga, se emplearon CNN entrenadas sobre *datasets* públicos especializados en reconocimiento facial y análisis de expresiones emocionales, como FER-2013 y AffectNet. El conjunto FER-2013 es ampliamente utilizado en la comunidad científica, ya que contiene más de 35 000 imágenes de rostros en diversas condiciones, distribuidas en siete categorías emocionales: enojo, asco, miedo, felicidad, tristeza, sorpresa y neutralidad. Las imágenes están etiquetadas manualmente y presentan alta variabilidad en aspectos como edad, sexo, raza y condiciones lumínicas, lo que favorece la generalización del modelo. Por su parte, AffectNet es uno de los mayores repositorios de expresiones faciales reales en internet, con más de un millón de imágenes anotadas en once estados emocionales, incluyendo representaciones explícitas de fatiga, agotamiento y estrés. Ambos *datasets* permiten que el modelo CNN aprenda patrones fiables para identificar gestos y microexpresiones corporales asociadas al cansancio en adultos mayores.

El proceso de entrenamiento consistió en la implementación de arquitecturas profundas como EfficientNet, VGG y ResNet-101, optimizadas mediante técnicas de transferencia de aprendizaje (*transfer learning*) y ajuste de hiperparámetros para maximizar la precisión en tareas de clasificación emocional. Para reforzar la robustez del modelo, se aplicaron estrategias de aumento de datos, como rotaciones, escalados y perturbaciones de color, de modo que la red sea resistente frente a condiciones adversas y posturas faciales poco convencionales. Adicionalmente, se evaluó el rendimiento mediante matrices de confusión y métricas estándar como precisión, *recall* y F1-score. En la práctica, las CNN lograron una precisión promedio superior al 85 % en la correcta identificación de indicadores faciales y posturales vinculados al estado de fatiga, contribuyendo así a la detección proactiva y preventiva de riesgos físicos y mentales en adultos mayores.

La integración de las CNN en el sistema de monitoreo permite analizar en tiempo real las secuencias de video, segmentando *frames* relevantes y detectando signos de agotamiento, somnolencia, expresión facial de dolor o cansancio prolongado. Cuando se reconoce un patrón sospechoso, el sistema activa una alerta y documenta el evento, facilitando la intervención temprana por parte de los cuidadores o familiares. Estas capacidades aseguran la mejora continua del entorno de cuidado e incrementan la seguridad y bienestar de la persona monitoreada.

Árboles de decisión

Para complementar el sistema de monitoreo y ofrecer recomendaciones personalizadas sobre rutinas saludables y seguras, se integró un modelo basado en árboles de decisión. Este método de aprendizaje supervisado se fundamenta en la construcción de reglas condicionales que, a partir de variables predictoras contextualizadas, segmentan la población en grupos con comportamientos y riesgos similares. En el contexto del adulto mayor, el árbol de decisión analiza datos históricos y contextuales, tales como patrones de actividad física, métricas de salud, y desviaciones individuales detectadas por los sensores y modelos de visión computacional. La capacidad interpretativa y la facilidad de visualización de estos árboles los hacen ideales para aplicaciones clínicas y de cuidado en salud pública, donde la transparencia y trazabilidad de las recomendaciones son cruciales para la confianza de los usuarios y profesionales de la salud.

Desde un punto de vista técnico, el árbol de decisión se construyó utilizando algoritmos robustos como Classification and Regression Trees (CART), que permiten manejar tanto variables categóricas como continuas, además de estimar valores faltantes y prevenir el sobreajuste mediante poda y validación cruzada. La estructura resultante puede adaptarse dinámicamente para modificar recomendaciones con base en nueva información, asegurando la actualización continua ante cambios en el comportamiento o estado de salud. Este modelo no solo identifica patrones comunes, sino también anomalías individuales, facilitando intervenciones oportunas y personalizadas. Por ejemplo, puede detectar desviaciones en la rutina de ejercicio o signos precoces de deterioro funcional, generando alertas para que los cuidadores ajusten los planes de atención.

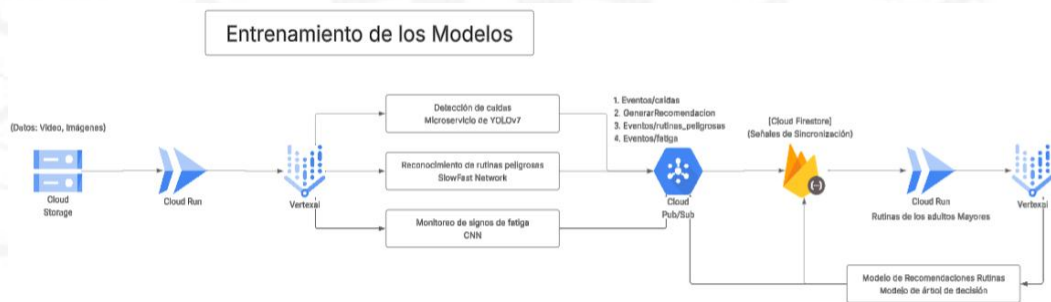
En resumen, el modelo basado en árboles de decisión actúa como un componente fundamental para la personalización del cuidado, integrando información variada para

generar sugerencias adaptativas y seguras que mejoran el bienestar físico y mental de los adultos mayores, favoreciendo su autonomía y calidad de vida en el contexto doméstico.

Los resultados generados por estos modelos se canalizan mediante Cloud Pub/Sub y se clasifican según tipo de evento (caída, recomendación, rutina peligrosa, fatiga), coordinados con Cloud Firestore para disparar acciones adicionales, incluyendo alertas, actualización de métricas y generación de informes conductuales (véase la Figura 2.5). Firestore también activa funciones en Cloud Run para analizar rutinas históricas, alimentando el modelo de árbol de decisión alojado en Vertex AI para adaptarse al perfil y evolución del usuario.

Figura 2.5

Diagrama de entrenamiento de modelos



Ventajas del diseño propuesto

1. Análisis multimodal: la arquitectura permite integrar datos de diferentes fuentes (video, imágenes, expresiones faciales, rutinas) para un análisis más completo y personalizado.
2. Despliegue eficiente: los modelos se ejecutan en contenedores o directamente sobre Vertex AI, lo cual permite escalabilidad horizontal según la carga del sistema.
3. Automatización basada en eventos: el uso de Pub/Sub y Firestore como puente de sincronización facilita la activación automática de respuestas o sugerencias ante eventos detectados.

4. Adaptabilidad y evolución: al estar desplegados en Vertex AI, los modelos pueden ser reentrenados o ajustados sin reestructurar la arquitectura, lo cual favorece la evolución continua del sistema.

2.2.2.4 Arquitectura: microservicios de notificaciones

El sistema de microservicios de notificaciones, representado en la Figura 2.6, permite la gestión automatizada de alertas, recomendaciones y recordatorios generados por el análisis inteligente del comportamiento del adulto mayor. Esta arquitectura responde de manera proactiva ante eventos relevantes, activando mensajes *push*, sincronización de datos y actualización del historial en tiempo real, tal como se visualiza en el diagrama.

La activación del módulo ocurre cuando se publica un evento en Cloud Pub/Sub, como resultado de la ejecución de modelos de *machine learning* (detección de caídas, rutinas peligrosas, signos de fatiga o sugerencias de actividad). Cada mensaje desencadena microservicios independientes encargados de gestionar un tipo específico de notificación:

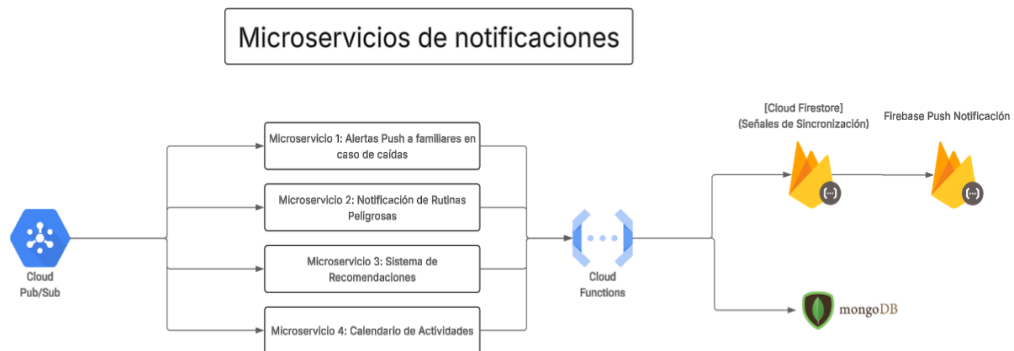
- Microservicio 1: alertas *push* a familiares en caso de caídas. Detecta eventos críticos desde el modelo YOLOv7 y genera una notificación inmediata por medio de Cloud Functions y Firebase, proporcionando información detallada del incidente.
- Microservicio 2: notificación de rutinas peligrosas. Supervisa acciones repetitivas o riesgosas y, al detectarlas, genera una alerta preventiva, registrando además el evento para seguimiento.
- Microservicio 3: sistema de recomendaciones. A partir del árbol de decisión y el historial del adulto mayor, sugiere actividades saludables, descansos o interacciones y permite su ajuste por parte del cuidador.
- Microservicio 4: calendario de actividades. Automatiza recordatorios de eventos importantes (medicación, visitas, rutinas), integrando notificaciones en el calendario del adulto mayor y permitiendo su visualización por familiares.

Una vez procesados los eventos, los microservicios utilizan Cloud Functions para actualizar las señales en Cloud Firestore, que opera como sistema de sincronización y refleja cambios en tiempo real en la interfaz de usuario. A su vez, Firebase Push

Notification envía los mensajes a los dispositivos móviles, garantizando entrega inmediata y segura. Todo evento relevante queda almacenado en MongoDB, lo que facilita la consulta histórica y la generación de reportes.

Figura 2.6

Diagrama de microservicios de notificaciones



Ventajas del diseño propuesto

1. Respuesta inmediata: las notificaciones se generan de forma automática e instantánea ante eventos críticos, sin intervención humana.
2. Diseño desacoplado: la arquitectura de microservicios permite que cada componente escale de forma independiente y se actualice sin afectar al sistema completo.
3. Sincronización eficiente: gracias a Firestore y Firebase, los eventos se reflejan en tiempo real en la app del familiar y en la base de datos histórica.
4. Experiencia personalizada: las recomendaciones y recordatorios son adaptados al comportamiento y estado actual del adulto mayor, promoviendo su bienestar continuo.

2.2.2.5 Arquitectura: aplicaciones de usuario

La capa de aplicaciones de usuario representa el punto de interacción final entre el sistema y sus principales actores: familiares, cuidadores y adultos mayores. Esta arquitectura está diseñada para ofrecer una experiencia fluida, segura y en tiempo real, garantizando

acceso a información relevante, gestión de rutinas, visualización de eventos y recepción de alertas personalizadas.

El acceso a las aplicaciones se gestiona mediante Firebase Authentication, que permite el inicio de sesión con múltiples métodos (correo, teléfono, redes sociales), manteniendo altos estándares de seguridad. La interfaz está desplegada mediante Firebase Hosting, lo que garantiza disponibilidad, escalabilidad automática y entrega optimizada de contenidos estáticos o dinámicos.

La lógica de presentación y *backend* ligero se ejecuta en Cloud Run, donde se despliegan contenedores que procesan las solicitudes del usuario. Esta capa intermedia se comunica directamente con la base de datos MongoDB, desde donde se obtiene la información necesaria para construir perfiles personalizados, mostrar calendarios y actividades, y visualizar métricas, alertas y recomendaciones. MongoDB actúa como la base de datos principal orientada a la lectura rápida, optimizada para la interfaz de usuario (UI).

Para mejorar la velocidad de respuesta y reducir la carga en la base de datos, se utiliza Memorystore (Redis) como sistema de caché. Este servicio permite mantener en memoria los datos más consultados, como sesiones activas, métricas recientes o eventos frecuentes, acelerando las consultas sin necesidad de realizar llamadas constantes a la base principal.

La entrega de contenido y tráfico hacia las aplicaciones se realiza mediante Cloud CDN, que distribuye los recursos a nivel global, y Cloud Armor, que protege el sistema de amenazas comunes como ataques DDoS o accesos no autorizados. Esta combinación asegura tanto el rendimiento como la integridad del sistema frente a usuarios externos.

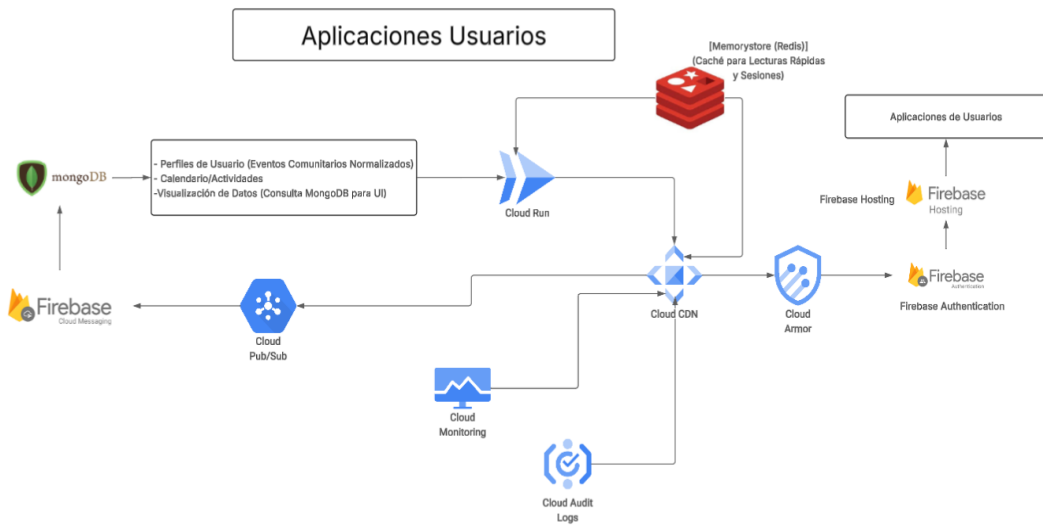
El sistema de notificaciones sigue conectado a Cloud Pub/Sub, que distribuye los eventos generados por los microservicios. Estos eventos se propagan a la interfaz mediante Firebase Cloud Messaging, permitiendo que los usuarios reciban alertas *push* directamente en sus dispositivos móviles o navegadores web.

Para monitorear el rendimiento de las aplicaciones y registrar cualquier evento relevante, se incorporan servicios como Cloud Monitoring y Cloud Audit Logs; estos permiten analizar el estado de los servicios, detectar errores o caídas, y auditar el acceso y uso de la plataforma por parte de los usuarios o administradores.

En la Figura 2.7 se muestra la arquitectura técnica de las aplicaciones de usuario, incluyendo los servicios de autenticación, entrega de contenido, consultas, seguridad y mensajería.

Figura 2.7

Diagrama de las aplicaciones de usuario



Ventajas del diseño propuesto

1. Acceso en tiempo real y multiplataforma: los usuarios pueden consultar la información desde cualquier dispositivo, con sincronización continua gracias a Firebase y Pub/Sub.
2. Seguridad robusta: la autenticación está protegida por mecanismos escalables y auditables, con control de acceso granular.
3. Rendimiento optimizado: la combinación de Redis, MongoDB y Cloud CDN permite minimizar la latencia y mejorar la experiencia de usuario.
4. Evolución continua: al estar basada en componentes desacoplados y *serverless*, esta arquitectura permite actualizaciones ágiles y escalar según la demanda del sistema.

2.2.2.6 Modelos de *machine learning* aplicados

Al comparar Sently con soluciones existentes como SafeMove, KamiCare o IntelliSee, se evidencian diferencias sustanciales en el enfoque y alcance de cada plataforma. Mientras que SafeMove se centra principalmente en la detección de caídas mediante dispositivos portátiles, y KamiCare prioriza la instalación de sensores ambientales en el hogar, IntelliSee destaca por aplicar visión computacional para la vigilancia en espacios críticos. No obstante, estas soluciones suelen estar orientadas a la reacción inmediata frente a incidentes específicos, limitando el acompañamiento integral del adulto mayor. En contraste, Sently no solo incorpora detección de caídas y monitoreo de signos vitales en tiempo real, sino que también introduce un sistema inteligente de recomendaciones personalizadas, el cual analiza rutinas, hábitos y datos fisiológicos para promover actividades significativas, generar recordatorios de medicación, y sugerir prácticas que fomenten la autonomía y el envejecimiento activo. Esta capacidad de anticiparse a riesgos y guiar en la construcción de rutinas saludables convierte a Sently en una propuesta integral, que busca equilibrar la seguridad con el bienestar y la independencia del adulto mayor.

Por ende, se aplicará YOLOv7 - Detección de caídas o eventos peligrosos YOLOv7 (You Only Look Once versión 7), que es un modelo de detección de objetos que combina precisión y velocidad, siendo capaz de identificar personas, poses y situaciones de riesgo en tiempo real. Su arquitectura se basa en convoluciones profundas y *skip connections* optimizadas, lo que permite su implementación en dispositivos *edge* o en *endpoints* de inferencia. Está especialmente entrenado para reconocer posturas que indican una caída o comportamientos inusuales del adulto mayor, permitiendo generar alertas inmediatas a los cuidadores (Wang et al., 2022). Este modelo opera sobre secuencias de imágenes enviadas por cámaras IP conectadas vía IoT Core, y sus resultados son remitidos a Pub/Sub para activar los motores de alerta y recomendación. Se escoge YOLOv7 por su equilibrio precisión-latencia y su madurez de implementación en tiempo real (exportable a ONNX/TensorRT y compatible con *edge*). Frente a alternativas como Faster R-CNN/RetinaNet/SSD, ofrece menor latencia y mayor FPS en escenarios con cámaras IP y múltiples escalas/oclusiones. En comparación con YOLOv5/YOLOv8, YOLOv7 mantiene un rendimiento competitivo y coste computacional estable en *hardware* limitado (por ejemplo, *edge* con 4 GB RAM), con *pipelines* y pesos ampliamente validados en producción. Frente al enfoque *pose-*

estimation + reglas (OpenPose/BlazePose), YOLOv7 reduce la complejidad de ingeniería temporal inicial y es menos sensible a oclusiones o pérdida de puntos clave; además, permite unificar la detección de persona/objeto con clases específicas de “caída” entrenadas (o heurísticas espaciales) sin encadenar varios modelos. Esto reduce la latencia de extremo a extremo del subsistema de alertas.

También se utilizará SlowFast - Reconocimiento de rutina y actividad, la cual es una red neuronal para video que utiliza dos flujos temporales: uno lento para capturar el contexto general de una acción y otro rápido para detectar cambios sutiles y rápidos en el movimiento. Esta arquitectura es altamente efectiva para clasificar actividades comunes como caminar, dormir, sentarse, alimentarse o quedarse inactivo (Feichtenhofer et al., 2019). Gracias a esta dualidad, el sistema puede aprender patrones regulares y generar alertas ante desviaciones. El modelo es entrenado en *datasets* como HMDB51, y su *output* alimenta el sistema de recomendaciones personalizadas. También posee modelado explícito de la dimensión temporal mediante dos flujos (bajo y alto *frame-rate*), lo que mejora la detección de cambios sutiles (por ejemplo, transición de estar sentado a levantarse) manteniendo eficiencia. Frente a 3D CNN puras (I3D, C3D) o TSM, SlowFast tiende a ser más *sample-efficient* y con mejor coste-prestaciones en servidores con GPU media. En comparación con *transformers* de video (TimeSformer, Video Swin), SlowFast demanda menos datos y cómputo para lograr precisión estable en clases cotidianas (caminar, dormir, comer), facilitando el entrenamiento incremental con *datasets* mixtos (HMDB51 + datos propios). Frente a enfoques solo de skeleton/ST-GCN, la dependencia de puntos clave perfectos puede degradar en condiciones reales (iluminación variable, distancia, oclusión), mientras que SlowFast trabaja directamente sobre *frames*, siendo más robusto en hogares con cámaras comunes.

Se utilizará CNN ligera - Detección de fatiga, sueño o atención. Esta red neuronal convolucional personalizada está diseñada para identificar microgestos y cambios fisiológicos asociados al cansancio o somnolencia. Es un modelo optimizado para correr en tiempo real, usando características como parpadeo, inclinación de cabeza o frecuencia de movimiento ocular. Entrenado con *datasets* como DFAT y adaptado con data recopilada en condiciones reales, este modelo aporta valor en contextos donde la vigilancia de la atención es crítica, especialmente en adultos con historial de caídas o desorientación. Alternativas más pesadas (ResNet-50, EfficientNet-B4, ViT) ofrecen mejoras marginales para este caso, pero elevan consumo y latencia sin ganar

proporcionalmente en precisión para señales finas de rostro. Frente a métodos clásicos (EAR/índices geométricos), la CNN ligera es más robusta a variabilidad (gafas, barba, ángulos) y se adapta mejor al ruido real. Además, al operar *on-device*, limita el envío de video crudo y reduce costos *cloud* manteniendo la privacidad.

Finalmente, el sistema de recomendaciones se basa en una red neuronal multicapa (Multi-Layer Perceptron, MLP), diseñada para generar sugerencias adaptadas al perfil y comportamiento del adulto mayor. Esta arquitectura permite integrar múltiples fuentes de datos, incluyendo patrones de actividad detectados por SlowFast, eventos críticos identificados por YOLOv7, señales fisiológicas procesadas por la CNN ligera, así como variables contextuales (hora del día, historial de interacciones, nivel de riesgo). A través de un proceso de entrenamiento supervisado con datos etiquetados y retroalimentación obtenida de cuidadores y usuarios, el modelo aprende a priorizar rutinas, ejercicios, tiempos de descanso o actividades cognitivas en función del estado actual y los objetivos de bienestar. El MLP opera como microservicio en Vertex AI, optimizado para inferencias en tiempo real y con capacidad de ajuste continuo mediante aprendizaje *online*, lo cual garantiza la entrega de recomendaciones dinámicas y pertinentes que fomentan un envejecimiento activo y seguro. El MLP se utiliza como modelo de fusión tardía (*late-fusion*) porque integra de forma eficiente *features* heterogéneas (salidas de YOLOv7/SlowFast/CNN, contexto horario, historial) con baja latencia y *erving* simple (microservicio en Vertex AI). Frente a RNN/LSTM/*transformers* para series temporales, el MLP reduce complejidad operativa y riesgo de *overfitting* cuando la secuencia útil ya está resumida en *features*; y frente a árboles *boosting* (XGBoost/LightGBM), el MLP facilita ajuste *online* y degradación suave cuando ingresan nuevas señales. Se complementa con técnicas de *explainability* (por ejemplo, SHAP sobre *features*) para trazabilidad de recomendaciones.

Cada uno de estos modelos se encuentra encapsulado como microservicio desplegado en Vertex AI Endpoints o contenedores en GKE, y su integración con Pub/Sub garantiza una orquestación eficiente de los flujos de información.

2.2.3 Modelo de despliegue

El sistema propuesto se despliega sobre una arquitectura híbrida y escalable, compuesta por dispositivos IoT de procesamiento local (*edge computing*) y servicios *cloud*

desacoplados de alta disponibilidad. Esta arquitectura permite garantizar el monitoreo continuo, la inferencia inteligente, la entrega de notificaciones y la experiencia de usuario, incluso en escenarios de latencia alta o desconexión temporal. A continuación, se detallan los módulos tecnológicos con sus respectivas especificaciones técnicas, dimensionados para un funcionamiento intensivo y proyectado hacia el crecimiento sostenido del sistema.

2.2.3.1 Módulo de captura y procesamiento local (capa IoT)

Esta capa opera desde el entorno físico del adulto mayor y permite mantener el monitoreo activo incluso ante caídas de red o indisponibilidad del servicio en la nube. Implementa lógica autónoma de inferencia, almacenamiento temporal y alertas directas por SMS.

Raspberry Pi 5 (4GB)

1. Procesador ARM Cortex-A76, 4 núcleos, 2,4 GHz.
2. 2 puertos USB 3.0, GPIO habilitado, WiFi 5 y Bluetooth.
3. Sistema operativo Raspberry Pi OS optimizado para inferencia local.

Raspberry Pi Camera Module 3

1. Resolución 12MP, enfoque automático, interfaz CSI, *streaming* hasta 1080p/50fps.
2. Conectada directamente al Pi para análisis en tiempo real.

Contec CMS50F (pulsioxímetro)

1. Sensor portátil de ritmo cardíaco y saturación de oxígeno.
2. Conectividad USB/Bluetooth, transmisión de datos en ciclos de 5s.

Módulo GSM/4G USB

1. Envío de alertas por SMS ante caídas detectadas sin conexión a internet.
2. Compatible con SIM de red local, alimentación vía USB.

Modelo YOLOv7-lite en local

1. Inferencia ejecutada en el Pi con versión optimizada (ONNX o TensorRT).
2. Latencia promedio: <300ms por *frame*.
3. Soporte para ejecución en modo *batch* o continua.

Almacenamiento temporal y sincronización

1. Eventos críticos almacenados en SQLite o JSON en disco.
2. *Script* de reintento automático de sincronización cada 5 minutos.

2.2.3.2 Módulo de ingesta de datos

Este módulo se encarga de la recolección y transformación de datos provenientes de sensores y cámaras, asegurando una canalización limpia y estructurada hacia los motores de análisis.

- Cloud Pub/Sub: configurado con tres tópicos (sensores, video e inferencias), soporta un *throughput* de más de 15 millones de eventos diarios. Se ha habilitado una retención de mensajes por 7 días, con mecanismos de reintento. Con un costo estimado de 1000 dólares/mes o 12 000 dólares/año.
- Cloud Dataflow: utiliza 20 *workers* del tipo n2-standard-8, habilitando autoescalado y procesamiento en paralelo. Ejecuta tareas de normalización, enriquecimiento con metadatos y limpieza de eventos, con integración directa a Firestore y Cloud Storage. Con un costo estimado 2500 dólares/mes o 30 000 dólares/año.
- Cloud Storage: almacena datos crudos e imágenes en un *bucket* multirregional, con almacenamiento inicial de 15 TB. Se aplican políticas de ciclo de vida que archivan automáticamente contenidos tras 30 días. Con un costo estimado de 1500 dólares/mes o 18 000 dólares/año.

2.2.3.3 Módulo de procesamiento inteligente y modelos de *machine learning*

Encargado de ejecutar modelos de inferencia en tiempo real, este módulo permite identificar eventos de riesgo, rutinas peligrosas, signos de fatiga y generar recomendaciones.

- Vertex AI: aloja los modelos YOLOv7-Tiny, SlowFast, CNN y árboles de decisión, operando sobre una infraestructura compuesta por 2 GPU A100 (40 GB VRAM) y 4 nodos n1-highmem-16. Se configura con autoescalado y balanceo por demanda. Con un costo estimado de 3500 dólares/mes o 42 000 dólares/año.

- Cloud Run (servicios de inferencia): despliega 150 instancias simultáneas, cada una configurada con 4 vCPU y 8 GB de RAM, y una concurrencia de 40 peticiones. Se establecen 20 instancias mínimas activas por servicio. Con un costo estimado de 800 dólares/mes o 9600 dólares/año.
- Cloud Pub/Sub (salida de modelos): administra eventos de salida categorizados por tipo (caídas, fatiga, recomendaciones), con entrega garantizada y retención extendida. Con un costo estimado de 500 dólares/mes o 6000 dólares/año.

2.2.3.4 Módulo de microservicios y notificaciones

Gestiona la lógica posterior a la inferencia, generando respuestas automatizadas mediante funciones específicas que alimentan el sistema de alertas, recomendaciones y recordatorios.

- Cloud Functions: ejecuta funciones sin servidor para casos críticos (caídas, rutinas riesgosas, recordatorios de calendario), configuradas con 1 vCPU, 2 GB de RAM y *timeouts* de hasta 120 segundos. Se mantienen 20 instancias activas sin *cold start*. Con un costo estimado de 400 dólares/mes o 4800 dólares/año.
- Cloud Firestore: base de datos NoSQL con lectura concurrente de hasta 10 000 operaciones por segundo. Las colecciones están organizadas por usuario y tipo de evento, sincronizándose en tiempo real con las aplicaciones. Con un costo estimado de 600 dólares/mes o 7200 dólares/año.
- Firebase Cloud Messaging (FCM): administra la mensajería *push* con soporte para 250 000 envíos por hora. Incluye mensajes críticos con prioridad alta y rotación automática de tokens de sesión. Con un costo estimado de 300 dólares/mes o 3600 dólares/año.

2.2.3.5 Módulo de aplicaciones de usuario

Permite la interacción directa entre el sistema y los usuarios (familiares y cuidadores) mediante interfaces web y móviles, mostrando métricas, rutinas, alertas y recomendaciones personalizadas.

- Firebase Authentication: servicio de autenticación multifactor con soporte para correo electrónico, SMS, Google y Apple ID. Capacidad de hasta 20 000 sesiones concurrentes. Con un costo estimado de 300 dólares/mes o 3600 dólares/año.

- Cloud Run (*backend* de interfaz de usuario): entrega de API vía API Gateway, con instancias configuradas para 4 vCPU, 8 GB RAM y concurrencia de hasta 80 usuarios. Se definen 20 instancias mínimas escalables hasta 200. Con un costo estimado de 400 dólares/mes o 4800 dólares/año.
- MongoDB Atlas (Cluster M50): base de datos NoSQL externa con 32 GB de RAM y discos SSD de 512 GB, replicada y con *sharding* habilitado para escalabilidad horizontal. Admite hasta 25 000 conexiones simultáneas. Con un costo estimado de 1200 dólares/mes o 14 400 dólares/año.
- Memorystore (Redis): instancia de 10 GB con operaciones superiores a 10 000 por segundo, persistencia activada y baja latencia para cacheo de métricas recientes. Con un costo estimado de 300 dólares/mes o 3600 dólares/año.
- Firebase Hosting + Cloud CDN: alojamiento multirregional con compresión Brotli, seguridad perimetral a través de Cloud Armor (WAF), y control de acceso por IP. Con un costo estimado de 300 dólares/mes o 3600 dólares/año.

2.2.3.6 Módulo de monitoreo y auditoría

Brinda visibilidad operativa del sistema, trazabilidad ante incidentes y cumplimiento de políticas de seguridad mediante registros centralizados y alertas automatizadas.

- Cloud Monitoring: visualización de métricas por microservicio, alertas de latencia, uso anómalo y errores HTTP. Con un costo estimado de 300 dólares/mes o 3600 dólares/año.
- Cloud Audit Logs: registro detallado de accesos, ejecuciones y modificaciones en el sistema. Configuración de filtros de criticidad y retención prolongada. Con un costo estimado de 200 dólares/mes o 2400 dólares/año.
- Notificaciones de incidentes: integración con canales de respuesta como Slack, SMS y correo electrónico. Soporta automatización ante fallos críticos. Con un costo estimado de 150 dólares/mes o 1800 dólares/año.

CAPÍTULO III: DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo tiene como propósito convertir la propuesta conceptual del sistema en un plan de acción claro, estructurado y viable. Para ello, se establecen los objetivos generales y específicos que guiarán el desarrollo del proyecto, delimitando su alcance funcional y operativo. Asimismo, se presenta un *roadmap* que organiza de forma secuencial las fases de implementación, considerando la identificación de riesgos potenciales y las estrategias de mitigación correspondientes. Se detallan los roles y responsabilidades del equipo multidisciplinario involucrado, garantizando una distribución clara de funciones y compromisos. Adicionalmente, se definen los indicadores clave de gestión que permitirán monitorear el progreso y la eficacia del proyecto. Finalmente, se expone el presupuesto estimado, incluyendo todos los recursos económicos, tecnológicos y humanos necesarios para asegurar una ejecución eficiente y sostenible.

Diversos estudios señalan que las tecnologías de monitoreo en el hogar y los sistemas de detección de caídas permiten identificar eventos de riesgo en personas mayores, activar alertas oportunas y reducir las consecuencias asociadas a caídas y deterioro funcional, además de facilitar que las personas envejeczan en su propio domicilio con mayor seguridad (Kim et al., 2022; Dino et al., 2025; Pech et al., 2021). Estas soluciones digitales también brindan a las familias y cuidadores una mayor sensación de control y apoyo, al posibilitar el seguimiento remoto de la actividad y el bienestar del adulto mayor sin invadir excesivamente su autonomía, como las aplicaciones Nomo Smart Care (2025) y Genesis Home Health (2024).

3.1. Objetivos del proyecto

3.1.1 Objetivo general

Mejorar el envejecimiento activo de los adultos mayores a través de un sistema tecnológico accesible, que facilite el seguimiento cotidiano, brinde acompañamiento remoto y fomente su autonomía y participación en actividades significativas.

3.1.2 Objetivos específicos

1. Desarrollar una aplicación sencilla y fácil de usar que permita al adulto mayor y su familia interactuar con el sistema sin barreras tecnológicas.
2. Ofrecer funcionalidades básicas de monitoreo, como el registro automático de caídas, alertas de inactividad y recordatorios diarios.
3. Permitir el seguimiento del bienestar del adulto mayor a través de un panel accesible para familiares o cuidadores, mostrando rutinas, cumplimiento de actividades y señales clave.
4. Enviar recomendaciones personalizadas de actividades físicas o cognitivas, promoviendo hábitos saludables de forma progresiva y no invasiva.
5. Facilitar la comunicación y el acompañamiento remoto, sin necesidad de llamadas constantes ni supervisión directa, permitiendo un equilibrio entre libertad y cuidado.

3.2. Alcance del proyecto

1. Determinar las necesidades de los adultos mayores y familiares que desean controlar el bienestar de los primeros.
2. Diseñar una aplicación sencilla y fácil de usar que permita al adulto mayor y su familia interactuar con el sistema sin barreras tecnológicas.
3. Permitir el seguimiento del bienestar del adulto mayor a través de un panel accesible para familiares o cuidadores, mostrando rutinas, cumplimiento de actividades y señales clave.
4. Identificar los modelos para el sistema de recomendaciones.
5. Enviar recomendaciones personalizadas de actividades físicas o cognitivas, promoviendo hábitos saludables de forma progresiva y no invasiva.
6. Facilitar la comunicación y el acompañamiento remoto, sin necesidad de llamadas constantes ni supervisión directa, permitiendo un equilibrio entre libertad y cuidado.
7. Validar la solución con usuarios reales mediante entrevistas y pruebas funcionales del MVP.

3.3 Roadmap y lista de riesgos

El desarrollo del sistema se estructura en seis *sprints* distribuidos en seis trimestres consecutivos (Q1 a Q6), siguiendo una metodología ágil basada en Scrum. Cada sprint representa una fase del proyecto que busca entregar funcionalidades específicas de forma incremental y validable, permitiendo asegurar una evolución continua del sistema en torno a las necesidades reales del adulto mayor y su entorno familiar. Este enfoque garantiza la entrega progresiva de valor, la posibilidad de realizar ajustes iterativos y la validación anticipada con usuarios reales.

Tabla 3.1
Roadmap

<i>Sprint</i>	Trimestre	Entregable principal	Responsable	Criterio de aceptación
1	Q1	MVP App Familiar: notificaciones básicas	Desarrollador móvil, QA	Alertas <i>push</i> en Android operativas y conexión con sensores
2	Q2	Detección en Raspberry Pi	Ingeniero de <i>machine learning</i> , ingeniero IoT	Detección simulada de caída reproducible con YOLOv7-lite
3	Q3	Inteligencia de rutina y recomendaciones	Ingeniero de <i>machine learning</i> , <i>backend developer</i> , QA	Integración SlowFast, generación de recomendaciones y reportes
4	Q4	Seguridad, roles y gestión avanzada	<i>Backend developer</i> , diseñador UX/UI, QA	Módulo de roles funcionando sin errores y perfiles personalizados
5	Q5	Escalabilidad y soporte	DevOps, QA	Sistema estable con centro de ayuda, diagnóstico automático
6	Q6	Comunidad e integración externa	<i>Backend developer</i> , <i>product owner</i> , diseñador UX/UI	Comunidad activa e integración API con entidades externas

Sprint 1: Operativo - monitoreo y alertas básicas. Objetivo: establecer una versión funcional mínima (MVP) del sistema que permita el monitoreo de eventos críticos y la activación de alertas en tiempo real.

Entregables:

1. Implementación del flujo de registro e inicio de sesión para adultos mayores, cuidadores y familiares.
2. Conexión con sensores y cámaras IoT para captura de datos ambientales y corporales.

3. Visualización de la actividad diaria (movimiento e inactividad) en un panel sencillo.
4. Detección automática de caídas mediante el modelo de visión por computadora YOLOv7.
5. Activación de alertas inmediatas (*push*/SMS) dirigidas a cuidadores.
6. *Dashboard* funcional para visualizar eventos recientes.
7. Habilitación del sistema de suscripción al servicio.

Responsable: desarrollador móvil, QA.

Criterio de aceptación: alertas *push* en dispositivos operativos y confirmado enlace estable con sensores IoT.

Sprint 2: Detección en *edge* y gestión IoT. Objetivo: implementar la detección de caídas y procesamiento en Raspberry Pi, y garantizar la integración y comunicación eficiente con dispositivos IoT.

Entregables:

1. Implementación del modelo YOLOv7-lite en Raspberry Pi 5 para inferencia local.
2. Pruebas de detección simulada reproducible en escenarios controlados.
3. Integración del pulsioxímetro y cámaras IoT con el sistema local.
4. Gestión y sincronización de datos hacia la nube cuando haya conectividad.

Responsable: ingeniero de *machine learning*, ingeniero IoT.

Criterio de aceptación: demostración estable y confiable de detección automática reproducible en entorno controlado.

Sprint 3: Inteligencia de rutina y recomendaciones preventivas. Objetivo: incorporar algoritmos avanzados de IA para el reconocimiento de rutinas y generación de recomendaciones personalizadas para la prevención.

Entregables:

1. Integración del modelo SlowFast para reconocimiento de secuencias o patrones de video habituales.
2. Identificación de rutinas peligrosas o inusuales (inactividad prolongada, cambios abruptos).

3. Generación automática de reportes semanales sobre el comportamiento del adulto mayor.
4. Envío de recomendaciones preventivas para fomentar hábitos saludables (pausas activas, ejercicios).
5. Visualización diaria de métricas de bienestar (movilidad, sueño, actividades).
Responsable: ingeniero de *machine learning*, *backend developer*, QA.
Criterio de aceptación: reportes semanales generados correctamente y recomendaciones enviadas conforme a patrones detectados.

Sprint 4: Seguridad, roles y gestión personalizada. Objetivo: implementar mecanismos robustos de seguridad y administración personalizada mediante perfiles y roles diferenciados.

Entregables:

1. Desarrollo de módulo de roles y permisos para familiares, cuidadores y administradores.
2. Creación y edición de perfiles completos con historial médico y contactos de emergencia.
3. Visualización detallada del historial de eventos.
4. Algoritmo automático que clasifica niveles de riesgo basado en inactividad prolongada.

Responsable: *backend developer*, diseñador UX/UI, QA.
Criterio de aceptación: módulo de roles funcionando sin errores y accesos diferenciados según perfiles definidos.

Sprint 5: Escalabilidad técnica y soporte. Objetivo: asegurar la estabilidad de la plataforma y ofrecer soporte automatizado y efectivo a los usuarios.

Entregables:

1. Centro de ayuda con guías interactivas y chatbot para resolución rápida de dudas.
2. Diagnóstico automatizado del sistema con alertas sobre fallos o interrupciones.
3. Envío de campañas educativas y preventivas por correo (hábitos saludables, prevención de caídas).

4. Incorporación de *marketing* automatizado, garantizando relevancia y no invasividad.

Responsable: DevOps, QA.

Criterio de aceptación: sistema estable bajo carga, centro de ayuda accesible y diagnósticos funcionales.

Sprint 6: Comunidad e integración externa. Objetivo: expandir el sistema mediante la creación de comunidades activas y la integración con servicios externos.

Entregables:

1. Espacio comunitario privado para adultos mayores: foros, publicación de rutinas, interacción social.
2. Integración vía API con municipalidades, organizaciones sociales y entidades de salud pública.
3. Motor de IA para recomendaciones personalizadas basadas en perfil e historial.
4. Enlace automático de reportes con médicos y centros de salud para seguimiento clínico.

Responsable: *backend developer*, *product owner*, diseñador UX/UI.

Criterio de aceptación: comunidad activa con interacción funcional y reportes integrados exitosamente con servicios externos.

Riesgos

El primer riesgo que enfrenta el proyecto es la generación de falsos positivos en la detección de caídas, el cual tiene una alta probabilidad e impacto significativo en la confianza y utilidad del sistema. Para mitigarlo, se ajustarán los umbrales del modelo tras realizar pruebas en entornos domiciliarios reales y se llevará a cabo un reentrenamiento periódico con datos diversos y actualizados, mejorando así la precisión y la reducción de falsas alarmas.

La baja alfabetización digital entre los adultos mayores constituye otro riesgo con alta probabilidad, pero impacto medio. Para abordar esta amenaza, se diseñará una interfaz simplificada que emplee íconos grandes y lenguaje claro, facilitando la interacción. Además, se brindará asistencia telefónica y tutoriales accesibles desde las primeras fases del proyecto para apoyar la adopción y el uso correcto del sistema.

Existe también un riesgo medio pero alto en la posibilidad de que los cuidadores no respondan a las alertas generadas por el sistema. Se mitigará con la implementación de alertas persistentes que se escalen a contactos alternativos en caso de falta de respuesta, junto con la inclusión de métricas visibles que permitan monitorear y gestionar oportunamente la atención a cada notificación.

La pérdida de conexión con los dispositivos IoT, con una probabilidad media y alto impacto, es otro riesgo clave. Para prevenir esta situación se incorporará el almacenamiento local temporal (*buffering*), se enviarán alertas inmediatas cuando se detecten desconexiones y se diseñará un sistema de conectividad redundante que utilice redes wifi y LTE para garantizar la continuidad del monitoreo.

El incumplimiento por parte del adulto mayor respecto a las recomendaciones sanitarias o de rutina personalizadas representa un riesgo de probabilidad media y efecto medio. Para su mitigación, las recomendaciones serán personalizadas y progresivas, complementadas con refuerzos positivos y una visualización clara del progreso, buscando motivar la adherencia y el cambio de conducta favorable.

La baja retención de usuarios se caracteriza por una probabilidad media y un impacto medio en la efectividad del sistema. Para contrarrestar se desarrollarán procesos de incorporación (*onboarding*) amigables, se irán introduciendo funcionalidades adicionales de manera progresiva, y se enviarán notificaciones periódicas diseñadas para mantener el interés y compromiso del usuario.

Por último, los fallos técnicos en la plataforma tienen una baja probabilidad, pero un alto impacto potencial, pudiendo afectar la disponibilidad y la confianza. Se implementará un monitoreo continuo mediante herramientas especializadas, rigurosas pruebas de carga y un entorno de integración y despliegue continuo (CI/CD) que faciliten la detección temprana y corrección rápida de errores, acompañando una operación robusta y estable.

Este conjunto jerarquizado de riesgos, junto con sus planes de mitigación, garantiza un enfoque proactivo para asegurar la confiabilidad, usabilidad y efectividad del sistema de monitoreo para adultos mayores.

Tabla 3.2
Riesgos jerarquizados

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Plan de mitigación
Falsos positivos de caídas	Alta	Alto	Ajuste de umbrales tras pruebas domiciliarias; reentrenamiento IA con datos reales y variados
Baja alfabetización digital	Alta	Medio	Interfaz simplificada con íconos grandes y lenguaje claro; soporte telefónico y tutoriales accesibles
No respuesta a alertas	Media	Alto	Alertas persistentes, escalamiento a contactos secundarios, métricas de atención visibles
Pérdida de conexión con IoT	Media	Alto	<i>Buffering</i> local, alertas inmediatas de desconexión, conectividad redundante (wifi/LTE)
Incumplimiento de recomendaciones	Media	Medio	Recomendaciones personalizadas y progresivas, refuerzos positivos y visualización clara de avances
Baja retención de usuarios	Media	Medio	<i>Onboarding</i> amigable, funcionalidades incrementales y notificaciones periódicas para mantener interés
Fallos técnicos en la plataforma	Baja	Alto	Monitoreo continuo con herramientas especializadas, pruebas de carga, entorno CI/CD para corrección rápida

3.4 Roles y responsabilidades

Para garantizar el correcto desarrollo del sistema de monitoreo y acompañamiento del adulto mayor, se ha conformado un equipo multidisciplinario basado en el marco ágil Scrum. A continuación, se describen los roles clave y sus respectivas responsabilidades.

Product owner (PO): responsable de maximizar el valor del producto y priorizar el *backlog*. Define los requerimientos del sistema, valida entregables y se encarga de la comunicación con los *stakeholders*.

Scrum master (SM): facilita el cumplimiento del marco ágil, remueve impedimentos del equipo y asegura que los principios Scrum se mantengan. Actúa como facilitador entre el equipo técnico y el PO.

Developer members (DevM): equipo técnico encargado de la implementación del sistema. Cada miembro posee una especialización crítica para el éxito del proyecto:

1. Desarrollador *full stack*: construcción de funcionalidades del sistema tanto en *backend* como *frontend*.
2. Desarrollador móvil: desarrollo de la aplicación móvil para cuidadores y adultos mayores.
3. Ingeniero IoT: integración y gestión de dispositivos inteligentes como cámaras y pulsómetros.

4. Ingeniero de *machine learning*: desarrollo e integración de modelos para detección de caídas, reconocimiento de rutinas y recomendaciones.
5. DevOps: automatización de despliegues, mantenimiento de la infraestructura en la nube y escalabilidad del sistema.
6. Diseñador UX/UI: diseño de interfaces accesibles, intuitivas y adaptadas a adultos mayores.
7. QA: validación de funcionalidades, ejecución de pruebas automatizadas/manuales y aseguramiento de la calidad final.

Cada uno de estos roles tiene asignado un profesional, con un total de 9 personas en el equipo. La distribución clara de funciones busca reducir cuellos de botella, fomentar la colaboración y asegurar una cobertura completa del ciclo de desarrollo.

3.5 Indicadores de gestión del proyecto

El monitoreo y control del proyecto se realizará mediante indicadores clave (KPI) que permitirán evaluar el progreso, la calidad y el cumplimiento de objetivos. Estos indicadores facilitarán la toma de decisiones oportunas durante cada *sprint*. Entre los principales se consideran:

1. Cumplimiento del *sprint* (porcentaje de historias completadas): en Sently este indicador permitirá verificar que las funcionalidades críticas, como la detección de caídas, el envío de alertas en tiempo real o la generación de reportes de salud, sean entregadas dentro de los plazos establecidos. Asegurar que el equipo pueda priorizar adecuadamente las historias que más valor generan para la seguridad del adulto mayor y la tranquilidad de los familiares.
2. Tasa de defectos (*bugs* detectados en QA): dado que Sently busca operar en un contexto sensible —la protección y cuidado de adultos mayores—, este KPI adquiere relevancia crítica. Una tasa baja de defectos garantizará que las alertas se emitan correctamente, que no existan fallas en la conexión con dispositivos IoT y que los algoritmos de visión computacional funcionen con precisión, reduciendo riesgos de falsas alarmas o fallos en situaciones de emergencia.
3. Índice de cobertura de pruebas: en el caso de Sently, un alto nivel de cobertura asegura que módulos sensibles, como el procesamiento de datos de signos vitales, el envío de notificaciones y la generación de recomendaciones personalizadas,

estén validados de forma automatizada. Esto incrementa la confiabilidad del sistema y asegura que futuras actualizaciones no comprometan la estabilidad de funciones críticas.

4. Satisfacción del usuario (postest): este indicador medirá la percepción de adultos mayores, familiares y cuidadores respecto al uso de Sently. Dado que uno de los principales retos identificados en la literatura es la baja adopción tecnológica por parte de esta población, la satisfacción en pruebas de usabilidad será un reflejo directo de la capacidad del sistema para ofrecer una experiencia intuitiva, no invasiva y realmente útil en la vida cotidiana.
5. Disponibilidad del sistema: para una aplicación como Sently, la disponibilidad no solo es un indicador técnico, sino un factor determinante para la confianza del usuario. La continuidad del servicio asegura que las alertas de caídas se generen en tiempo real, que los familiares puedan acceder al panel de control en cualquier momento y que los reportes de salud se actualicen de manera constante. Una alta disponibilidad garantizará que el sistema cumpla con su objetivo principal: brindar seguridad y acompañamiento continuo.

Estos indicadores serán revisados al término de cada *sprint*, lo que permitirá validar avances y realizar ajustes tempranos, garantizando así la entrega de un producto funcional, usable y alineado con los objetivos del proyecto.

3.6 Recursos económicos

El desarrollo del sistema requiere una inversión distribuida en tres frentes principales: infraestructura *cloud*, dispositivos IoT por cliente y recursos humanos especializados. Esta combinación garantiza un sistema robusto, escalable y validado técnicamente, centrado en mejorar la calidad de vida del adulto mayor y reducir la carga de cuidado en su entorno.

Inversión en infraestructura *cloud*

Esta inversión permite operar y escalar el sistema en Google Cloud Platform, con servicios de análisis en tiempo real, despliegue de modelos de IA, microservicios, autenticación segura y visualización para los usuarios. La Tabla 3.3 presenta el desglose de inversión destinada a la infraestructura *cloud* necesaria para operar y escalar el sistema en Google Cloud Platform.

Tabla 3.3*Costos por servicios cloud*

Módulo cloud	Costo mensual (USD)	Costo anual (USD)
Ingesta de datos	5000	60 000
Procesamiento inteligente y ML	4800	57 600
Microservicios y notificaciones	1300	15 600
Aplicaciones de usuario (web y móvil)	2500	30 000
Monitoreo y auditoría	650	7 800
Total infraestructura cloud	14 250	171 000

Como se observa en la tabla, los costos mensuales y anuales están distribuidos entre los principales módulos: ingesta de datos, procesamiento inteligente y *machine learning*, microservicios y notificaciones, aplicaciones de usuario (web y móvil), además de monitoreo y auditoría.

Esta inversión garantiza la disponibilidad de servicios críticos para el análisis en tiempo real, despliegue y gestión de modelos de inteligencia artificial, manejo automatizado de microservicios, autenticación segura y visualización responsiva para los usuarios. Gracias a esta infraestructura, el sistema puede crecer de forma flexible y sostener operaciones seguras y eficientes en todos los niveles (véase la Tabla 3.1).

Inversión por cliente en capa IoT

Cada usuario final requiere un kit IoT para el monitoreo en el hogar. Este kit permite la captura de video, signos vitales y transmisión de datos en tiempo real, incluso sin conexión wifi, lo cual lo hace ideal para hogares con conectividad limitada. El costo detallado se presenta en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4*Costos por kit de instalación IoT*

Modelo	Cantidad	Costo unitario (S/)	Subtotal (S/)
Raspberry Pi 5 (4GB)	1	300	300
Raspberry Pi Camera Module 3	2	137	274
Contec CMS50F (oxímetro Bluetooth)	1	250	250

Modelo	Cantidad	Costo unitario (S/)	Subtotal (S/)
Módulo GSM/4G USB	1	50	50
Total por kit IoT	—	—	874

La Tabla 3.4 corresponde al desglose de costos asociados a la adquisición de un kit de IoT para el sistema de monitoreo de adultos mayores. Se detallan los componentes principales: una unidad de Raspberry Pi 5, dos módulos de cámara (Camera Module 3), un oxímetro Bluetooth Contec CMS50F y un módulo GSM/4G USB. Se especifica la cantidad de cada elemento, el costo unitario y el subtotal, alcanzando un total por kit de 874 soles. Esta información permite estimar de manera precisa la inversión necesaria para la implementación física de cada unidad de monitoreo, facilitando así la planificación financiera y la escalabilidad del proyecto en función del número de usuarios u hogares beneficiarios.

Recursos humanos del proyecto

El equipo técnico está compuesto por profesionales especializados, organizados bajo el marco Scrum, cubriendo todas las etapas del desarrollo, despliegue y validación del sistema.

Tabla 3.5

Costos por miembros del equipo

Rol	Sueldo mensual (S/)
<i>Product owner (PO)</i>	9000
<i>Scrum master (SM)</i>	8000
<i>Desarrollador full stack</i>	7500 (Continua)
<i>Desarrollador móvil</i>	7000
<i>Ingeniero IoT / embedded</i>	8500
<i>Ingeniero de machine learning</i>	7000
<i>DevOps / cloud engineer</i>	8000
<i>Diseñador UX/UI</i>	6000
<i>QA / tester</i>	5500
Total mensual del equipo	66 500

La Tabla 3.5 muestra la estructura y costos del equipo de trabajo necesario para el desarrollo y operación del sistema de monitoreo para adultos mayores. Se especifican los roles clave, tales como *product owner*, Scrum Master, desarrolladores *full stack* y móviles, ingenieros IoT, *machine learning*, DevOps, diseñador UX/UI y QA *tester*, junto con el sueldo mensual asignado a cada uno.

El total mensual del equipo asciende a 66 500 soles, que es la inversión requerida para garantizar un desarrollo multidisciplinario, así como la implementación de buenas prácticas ágiles y la sostenibilidad técnica del proyecto. Esta información facilita la planeación de recursos humanos, asegurando que el sistema cuente con personal calificado en todas las áreas críticas para su éxito. Esta inversión responde al diseño de una solución tecnológica de alto impacto social, capaz de prevenir riesgos físicos, promover el envejecimiento activo y generar tranquilidad tanto en adultos mayores como en sus familias.



CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PRODUCTO MÍNIMO VIABLE

Este capítulo se enfoca en la validación del producto mínimo viable (MVP) a través de pruebas reales con usuarios representativos del público objetivo. El objetivo de esta fase es obtener datos relevantes sobre la usabilidad, utilidad y percepción del sistema en condiciones reales, con el fin de ajustar y perfeccionar la propuesta antes de su desarrollo completo.

Se incluyen pruebas tanto con prototipos de baja resolución (orientados a validar flujos y experiencia de usuario) como con versiones funcionales de alta resolución que integran componentes reales del sistema. Este proceso permite identificar aciertos, puntos de fricción y oportunidades de mejora, a la vez que se evalúa la viabilidad técnica y la respuesta del mercado frente a la solución propuesta.

Entre las principales limitaciones del MVP se encuentran:

- El modelo YOLOv7 y SlowFast Networks no se ejecuta en tiempo real en el entorno domiciliario; su funcionamiento se simuló mediante videos pregrabados para validar la eficacia del algoritmo en escenarios controlados.
- El monitoreo de signos vitales se apoyó principalmente en recolección manual de datos o prototipos no integrados plenamente, careciendo aún de una solución integrada y automatizada en el MVP.
- La aplicación móvil desarrollada cubrió sólo los flujos clave considerados esenciales para validar la propuesta, sin contar con la cobertura completa de funciones previstas en la versión final del sistema.

Esta autoevaluación evidencia que, aunque el MVP constituye un avance tangible y funcional para validar hipótesis y obtener retroalimentación valiosa, también reconoce que la operación en escenarios reales demanda esfuerzos adicionales que están siendo planificados para fases subsiguientes.

4.1 Metodología

Para validar el MVP se empleó una metodología mixta, cualitativa y exploratoria, basada en los principios de diseño centrado en el usuario. Se realizaron pruebas con una muestra compuesta por:

1. 5 adultos mayores con distintos niveles de independencia y experiencia digital.
2. 5 familiares encargados del seguimiento y acompañamiento.

Las técnicas utilizadas incluyeron:

3. Pruebas de usabilidad sobre un prototipo navegable (baja fidelidad), elaborado en Figma.
4. Entrevistas semiestructuradas posprueba para captar percepciones emocionales, barreras y sugerencias.
5. Observación directa durante la interacción con el prototipo para detectar dificultades no expresadas verbalmente.

Las sesiones se realizaron en entornos familiares para los adultos mayores, en donde se guio el proceso sin intervenir en la interacción.

4.2 Experimento 1

4.2.1 *Journey* baja resolución

Para la validación inicial del sistema, se diseñó un MVP (producto mínimo viable) de baja resolución orientado a familiares y/o cuidadores, como se muestra en las imágenes adjuntas. El alcance del MVP se centró en las funcionalidades esenciales requeridas para demostrar la utilidad y facilidad de uso de la solución antes de una inversión mayor en desarrollo.

El prototipo abarcó las siguientes funciones principales, ejemplificadas a través de las capturas mostradas:

- Inicio de sesión y bienvenida simple, garantizando acceso seguro y sin fricción (véase la Figura 4.1).
- Panel central para monitoreo integral del adulto mayor, donde se visualizan rutinas, alertas, actividad reciente y perfiles familiares (véase la Figura 4.2).

- Sección de recomendaciones personalizadas, con sugerencias de actividad física o cognitiva alineadas al perfil, buscando fomentar el bienestar (véase la Figura 4.3).
- Gestión de eventos críticos; se implementó una simulación de caída y activación de alertas visuales, verificando la respuesta del sistema ante situaciones urgentes (véase la Figura 4.2).
- Panel de configuración ajustable del perfil, para personalizar dispositivos y parámetros básicos que inciden en la experiencia del usuario (véase la Figura 4.3).

Durante esta fase, se trabajó bajo los siguientes supuestos:

- Los familiares/cuidadores buscan una plataforma sencilla, con navegación intuitiva y acceso rápido a información relevante.
- El usuario final valora recibir alertas confiables y recomendaciones accionables.
- La seguridad de los datos y la personalización representan factores críticos para la adopción.

Con el objetivo de brindar claridad y evidencia concreta sobre el desarrollo del sistema, se incluye la Tabla 4.1 resume el estado actual de las funciones principales implementadas en la primera entrega del proyecto. En ella se detallan, de manera estructurada, el avance de cada función, las tecnologías seleccionadas para su implementación, las pruebas de validación realizadas, la estimación del riesgo involucrado y el responsable del equipo encargado. Esta presentación permite visualizar objetivamente la transición del sistema desde su etapa de conceptualización hasta la realización de prototipos verificables, facilitando la evaluación académica y la toma de decisiones en fases posteriores de desarrollo.

Tabla 4.1*Tabla de componentes MVP (primer experimento)*

Función	Estado actual	Tecnologías elegidas	Pruebas realizadas
Creación de perfiles	Funcional, piloto validado	React Native, Firebase, UI Kit	Pruebas de usabilidad, validación de flujo, registro seguro
Detección de caídas	Prototipo funcional, por validar	YOLOv7, Python, OpenCV, dataset URFD	Simulación de caídas, medición de precisión y <i>recall</i>
Notificación de alertas	Piloto, funcional básica	Firebase Cloud Messaging, React Native	Pruebas simuladas de envío y recepción, evaluación de tiempos
Panel y configuración	Funcional en MVP, integración básica	React Native, API de dispositivos, Firebase	Pruebas de conexión, configuración de sensores, ajuste

El MVP fue evaluado aplicando técnicas modernas de validación, tales como:

- Pruebas de usabilidad mediante prototipos interactivos y observación directa de usuarios representativos.
- Entrevistas semiestructuradas para recolectar impresiones de claridad, utilidad percibida y posibles mejoras.

El diseño priorizó la simplicidad visual y un flujo centrado en el usuario, integrando:

- Elementos visuales claros y navegación basada en iconografía explícita.
- Jerarquización de la información según la urgencia (por ejemplo, notificaciones críticas en primer plano, sugerencias y reportes agrupados).
- Uso de avatares y paneles familiares para reflejar diversas configuraciones de hogar y facilitar la gestión multiperfil.

Figura 4.1

Pantalla de inicio de la app

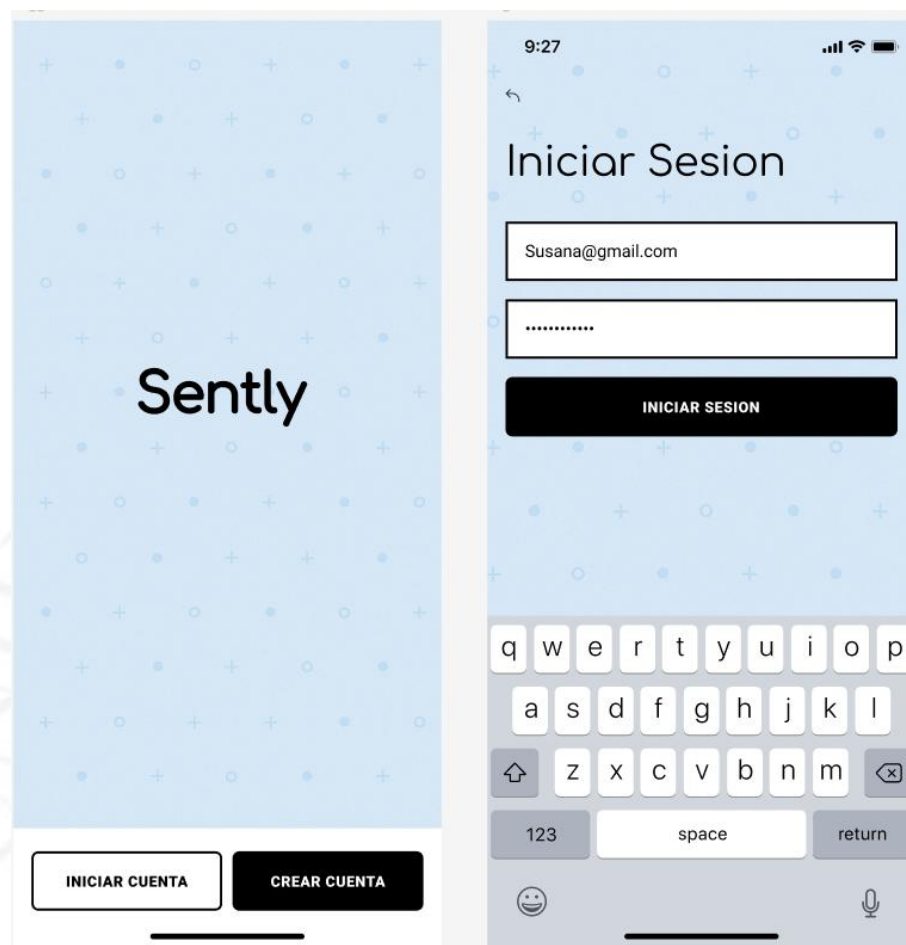


Figura 4.2

Secciones “Perfiles” y “Home” de la app

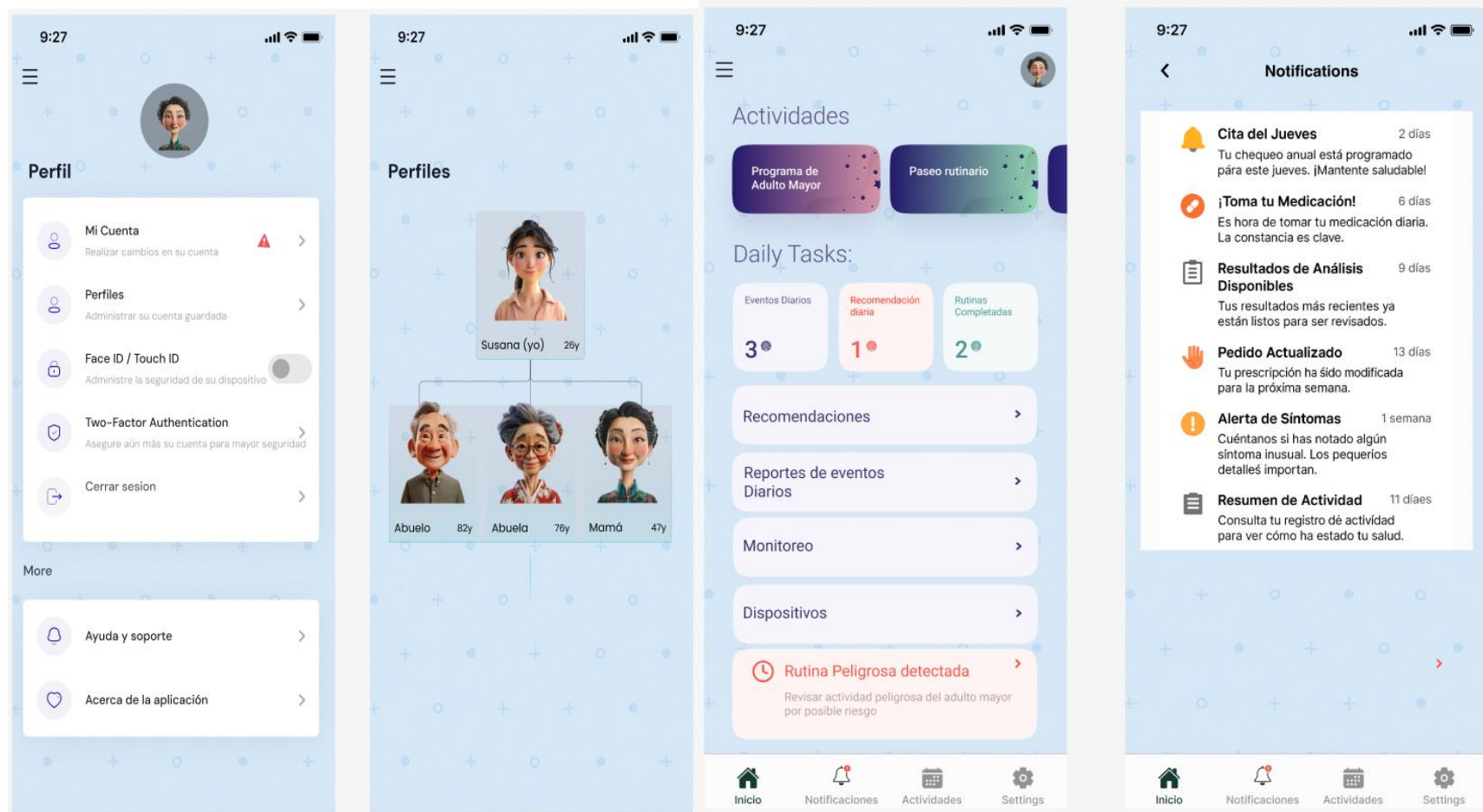
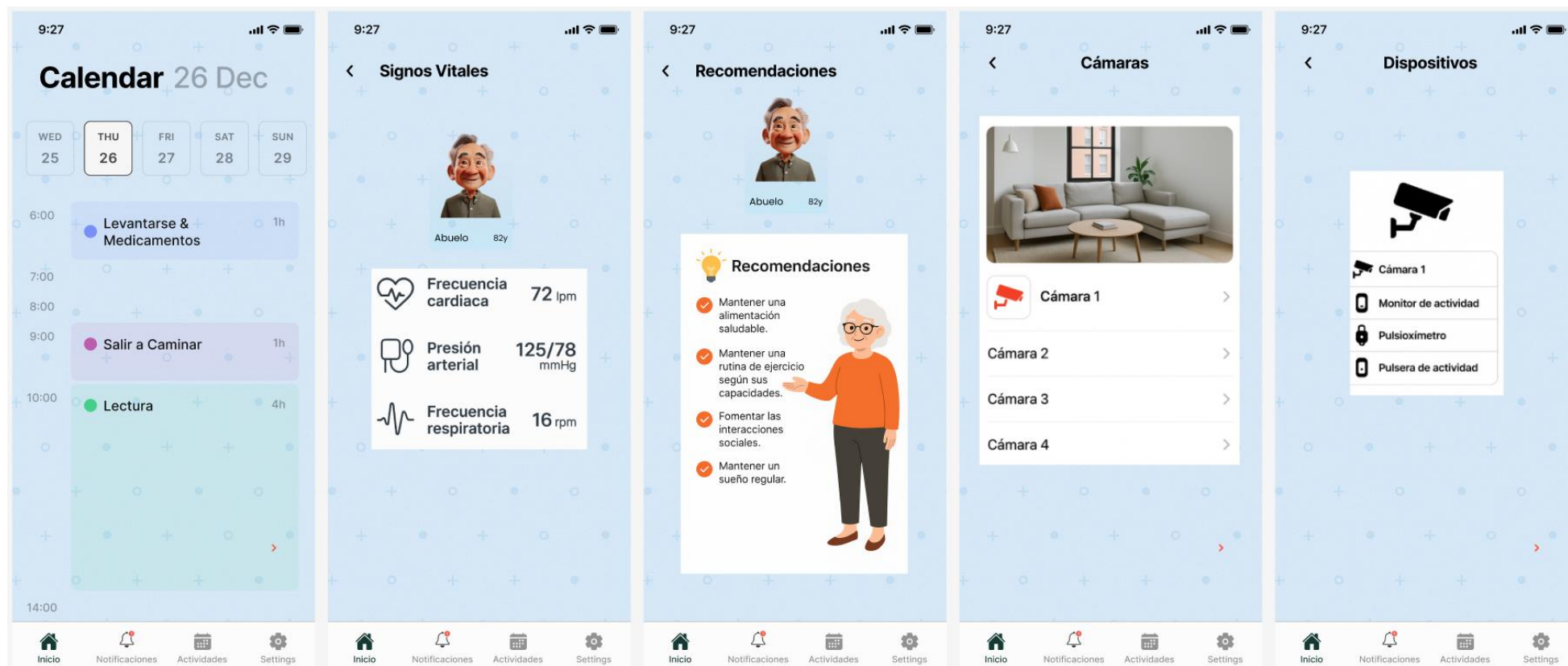


Figura 4.3

Principales funcionalidades de la app



La construcción del MVP se realizó mediante herramientas de prototipado rápido, permitiendo iterar sobre la interfaz y las funcionalidades esenciales con base en la retroalimentación temprana. El despliegue para validación se hizo sobre entornos de prueba, priorizando lanzar una versión funcional lo antes posible para obtener *insights* accionables y así iterar de manera ágil. Para el MVP, se utilizó YOLOv7 preentrenado con el *dataset* COCO, que proporciona una base sólida en visión por computadora, y posteriormente se validó y ajustó con el *dataset* URFD (University of Rzeszow Fall Detection Dataset), especializado en videos anotados de caídas simuladas y no-caídas, mejorando la precisión y robustez del modelo para la detección específica de situaciones de caída. El entrenamiento incorporó técnicas de aumento de datos para mejorar la generalización del modelo. Se realizó una validación con un conjunto de videos simulados estimando métricas de precisión y F1 para la detección. No se entrenó el modelo desde cero porque el objetivo principal del MVP fue validar la hipótesis funcional del sistema y no la optimización completa del modelo de inteligencia artificial.

En resumen, la experiencia gráfica de este *journey*, visible en las figuras anteriores, permitió validar la comprensibilidad del flujo, la claridad de la información y la percepción de valor de la solución; así se sentaron bases sólidas para futuras mejoras y desarrollo escalable del producto.

4.2.2 Aprendizajes

A partir de esta prueba se identificaron los siguientes hallazgos clave:

Lo que funcionó bien

1. El diseño visual fue percibido como claro y amigable por la mayoría de los participantes.
2. Los cuidadores valoraron la posibilidad de recibir recomendaciones y ver reportes semanales.
3. La sección de eventos críticos fue reconocida como un diferencial importante frente a otras apps convencionales.

Lo que no funcionó o generó fricción

1. Algunos adultos mayores tuvieron dificultades para interpretar ciertos íconos o botones.

2. Hubo confusión en la navegación entre secciones, especialmente en la transición entre el panel principal y los reportes.
3. Funcionalidades que brinden mayor detalle en las alertas.
4. Mejor interfase, ya que no solo se busca monitorear, sino también recibir alertas preventivas.

Implicancias para la siguiente iteración

1. Se priorizará una interfaz aún más simplificada, especialmente en la versión dirigida al adulto mayor.
2. Se añadirá retroalimentación visual (colores y sonidos) para alertas.
3. Se implementarán rutas de navegación más lineales y progresivas para reducir el esfuerzo cognitivo.

Estos aprendizajes permitieron reorientar la estructura del MVP funcional, integrando mejoras clave para la versión de alta resolución que se validará en el segundo experimento.

4.3 Experimento 2

4.3.1 *Journey* alta resolución

Como resultado de los aprendizajes obtenidos en la validación del prototipo de baja resolución, se desarrolló una versión funcional mejorada del MVP. Esta iteración presenta una nueva interfaz y funcionalidades avanzadas tanto para el adulto mayor como para su familiar/cuidador, enfocándose en accesibilidad, personalización y monitoreo preventivo del entorno doméstico. Las innovaciones se encuentran ilustradas en las figuras incluidas a continuación y permitieron una validación más profunda y contextual en pruebas de campo reales.

Mejoras generales

1. Se rediseñó por completo la experiencia de inicio de sesión, haciendo el acceso más intuitivo y accesible para usuarios de todas las edades (véase la Figura 4.4).
2. Se incorporó un módulo de selección de perfil desde el inicio de sesión, diferenciando claramente la experiencia entre adulto mayor y familiar/cuidador,

lo que permite personalizar vistas y funcionalidades según el rol del usuario (véase la Figura 4.4).

Perfil adulto mayor

- *Home* personalizado: se diseñó un panel de inicio con un resumen visual de las actividades diarias realizadas, un módulo de recomendaciones automáticas en base al comportamiento reciente, y una sección con metas diarias (pasos, lectura, descanso), mostrando su avance en porcentaje. Además, el sistema despliega sugerencias preventivas cuando se detecta que el adulto mayor realiza actividades clasificadas como riesgosas (véase la Figura 4.5).
- Módulos de reportes y calendario: se mejoró la interfaz de monitoreo de actividad física, metas alcanzadas y rutinas, integrando un calendario interactivo. Este cambio busca motivar el seguimiento visual del progreso y facilitar la planificación diaria (véase la Figura 4.5).
- Configuración y accesibilidad: el nuevo perfil permite que el usuario ajuste el contraste, tamaño de botones y acceda a ayudas visuales y auditivas para una mayor autonomía, especialmente útil para quienes presentan baja visión o limitaciones motoras (véase la Figura 4.5).
- Perfil y accesibilidad: el módulo de perfil fue optimizado con nuevas opciones de configuración personal y mejoras en accesibilidad, como el aumento del contraste, botones de mayor tamaño y opciones de asistencia visual y auditiva, permitiendo que adultos mayores con baja visión o limitaciones motoras puedan usar la app con mayor autonomía.

Perfil familiar

- *Home* centrado en riesgos: la interfaz inicial del familiar se enfocó en mostrar actividades peligrosas detectadas, destacando los eventos más críticos primero. También se incluyó una visualización en tiempo real de la actividad actual del adulto mayor y un módulo de *frames* que muestra imágenes representativas de las últimas actividades riesgosas, ordenadas de mayor a menor peligrosidad. Adicionalmente, se incorporó un sistema de recomendaciones automáticas basadas en las rutinas detectadas del adulto mayor (véase la Figura 4.6).
- Módulo de monitoreo avanzado: se añadió una nueva sección de zonas monitorizadas, que permite visualizar en qué partes del hogar se han generado eventos de peligro (por ejemplo: cocina, escalera, baño). Cada evento se registra con fecha, hora y nivel de

riesgo, permitiendo hacer seguimiento y prevención específica en cada área del hogar (véase la Figura 4.6).

- Módulo de alertas contextualizadas: las cámaras ahora generan alertas más específicas; se puede identificar si el riesgo está relacionado a una rutina peligrosa o a una zona crítica. Al abrir la alerta, el familiar puede acceder a una descripción detallada del evento y ver recomendaciones personalizadas sobre cómo actuar o prevenir situaciones similares en el futuro (véanse las Figuras 4.6 y 4.8).
- Mejoras adicionales: se optimizaron los módulos de notificaciones, perfil, reportes de eventos y comunidad, con un diseño más visual y amigable.
 1. En el caso de alertas de accidente, se añadió la funcionalidad de compartir el evento con otros familiares o profesionales de salud.
 2. Para las alertas de riesgo o peligro potencial, se añadió un botón que despliega recomendaciones preventivas inmediatas.

Esta nueva versión de alta resolución representa una evolución significativa de la versión del primer experimento.

Procedimientos y validación

Se realizaron pruebas de campo con usuarios reales. Esta versión de alta fidelidad fue validada mediante sesiones observacionales donde participaron adultos mayores y familiares. Se midió tanto la usabilidad como la comprensión y la percepción de utilidad de las nuevas funciones.

- Recopilación de *feedback* e iteración: se integraron mecanismos de retroalimentación directa desde la app y entrevistas posteriores para entender en profundidad las necesidades no cubiertas y oportunidades de mejora.
- Supuestos clave reforzados: se comprobó que la personalización, la alerta proactiva y la facilidad de acceso son factores decisivos para la aceptación del sistema en contextos reales.
- Prevención y comunidad: se añadieron espacios dedicados a eventos y actividades grupales, reforzando el aspecto de acompañamiento social y prevención secundaria (véase la Figura 4.9).

Esta nueva versión representa una evolución significativa que trasciende la funcionalidad básica del MVP original, aportando inteligencia en la prevención de

riesgos, facilitando la personalización y adaptando la experiencia a las limitaciones y expectativas tanto de adultos mayores como de sus cuidadores (véanse las Figuras 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 y 4.9). Cada mejora fue rigurosamente validada en contextos de uso real, logrando una solución más robusta, humana e inclusiva.

Con base en el avance de la iteración de alta resolución del sistema, se presenta a continuación una tabla que resume el estado actual de las funciones principales implementadas, incluyendo la incorporación y mejora del reconocimiento de rutinas utilizando la SlowFast Network. La Tabla 4.2 muestra, de manera sistemática, el progreso de cada función, las tecnologías seleccionadas para su desarrollo, las pruebas realizadas para validar su desempeño, el nivel de riesgo asociado y el equipo responsable. Esta exposición facilita la comprensión del desarrollo tangible del sistema, desde la evolución funcional del MVP hasta la integración de capacidades avanzadas de monitoreo preventivo y personalizado en un contexto real, reforzando su robustez y adaptabilidad.

Tabla 4.2

Tabla de componentes MVP (segundo experimento)

Función	Estado actual	Tecnologías principales	Pruebas realizadas
Creación y selección de perfiles	Funcional, personalización	React Native, Firebase, UI Kit	Usabilidad, validación con usuarios reales
Detección de caídas	Prototipo avanzado, validado	YOLOv7-pose, Python, OpenCV, dataset URFD	Simulación de caídas, medición de precisión y <i>recall</i>
Notificación de alertas	Funcional, alertas contextuales	Firebase Cloud Messaging, backend en Node.js	Simulación, tiempos y recibo de alertas
Reconocimiento de rutinas	Integrado, validado con SlowFast Network	SlowFast Network, PyTorch, Dataset Kinetics-400	Prototipo validado

Figura 4.4

Rediseño del inicio de sesión y perfiles de la app



Figura 4.5

Rediseño de la interfaz del adulto mayor

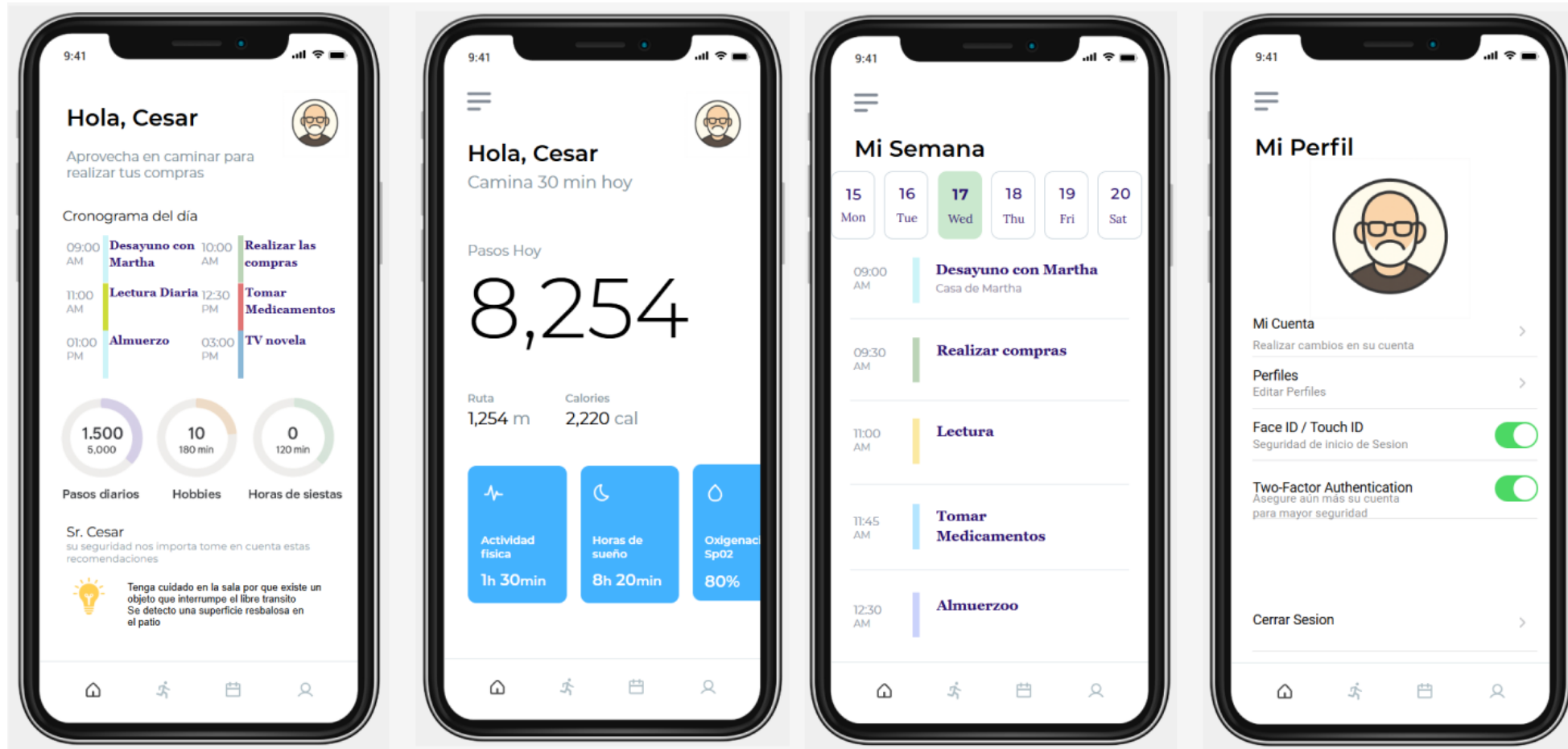


Figura 4.6

Rediseño de la interfaz del familiar del adulto mayor

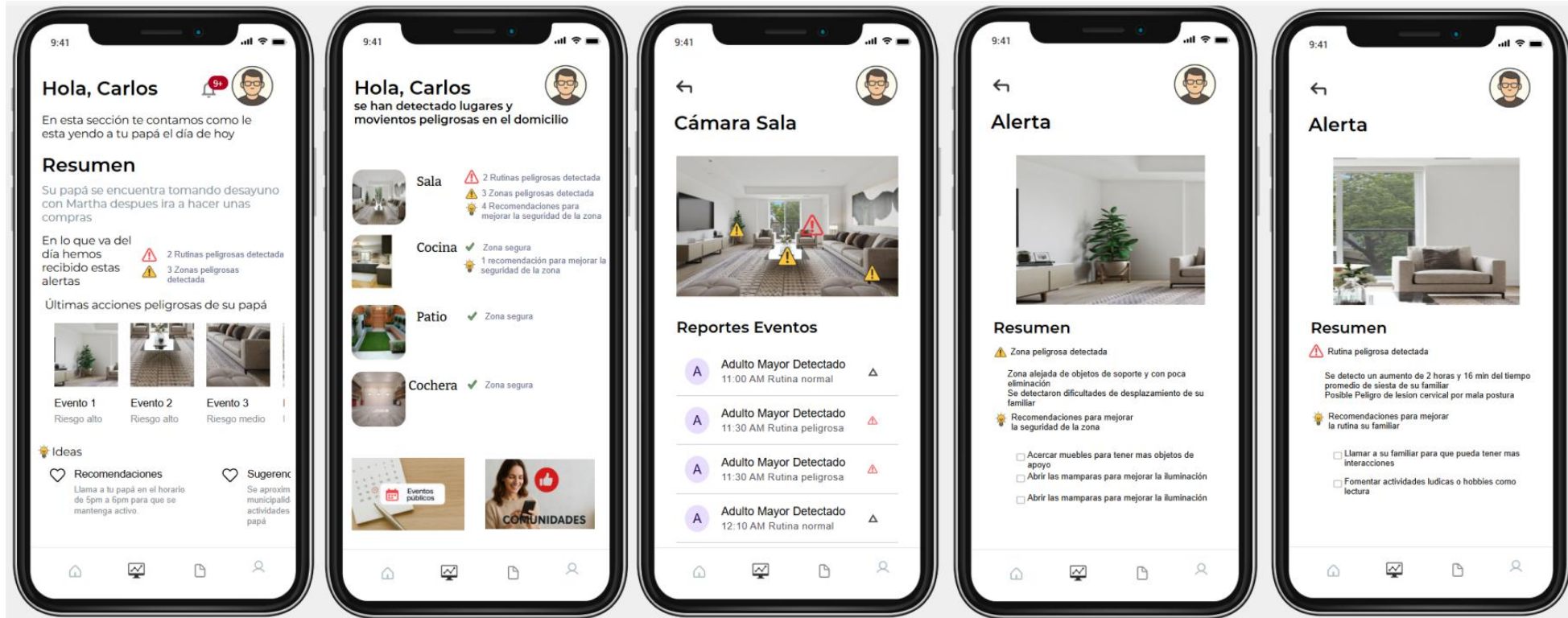


Figura 4.7

Rediseño de los reportes del familiar del adulto mayor

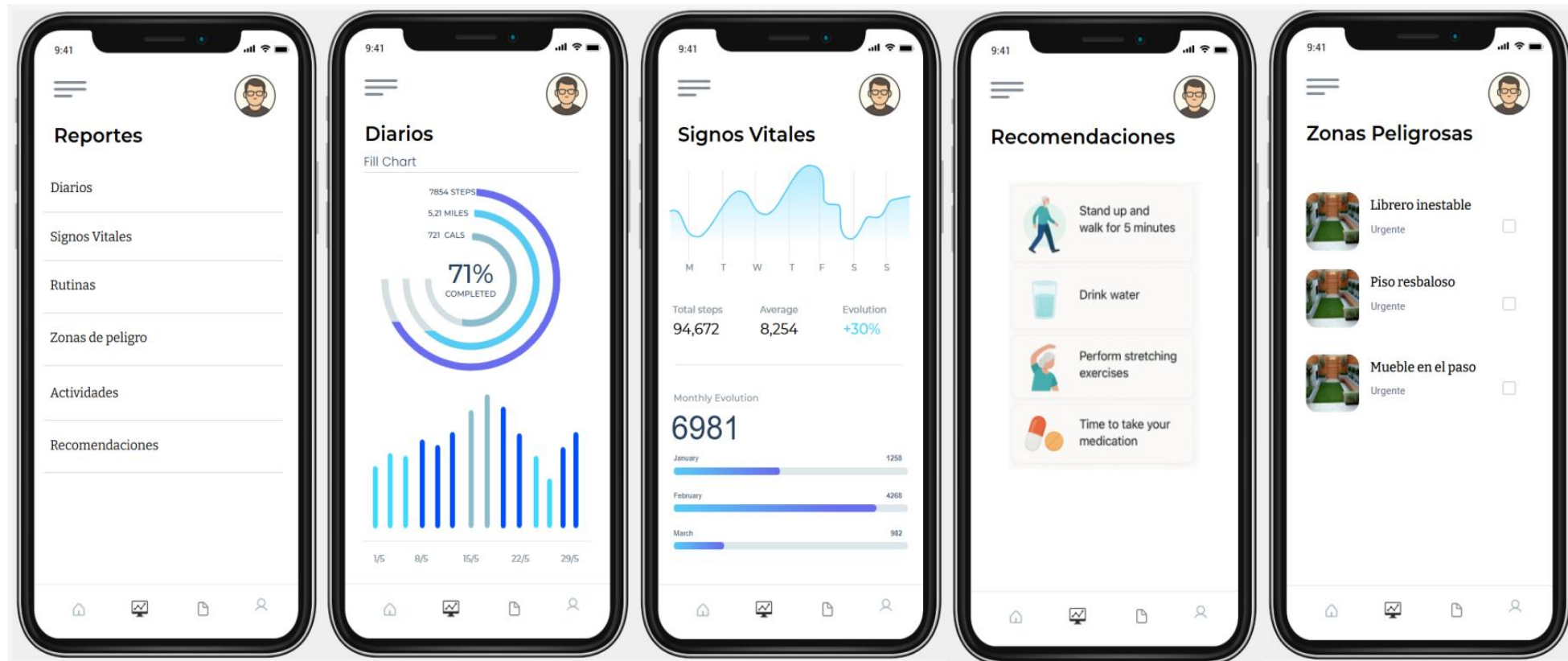


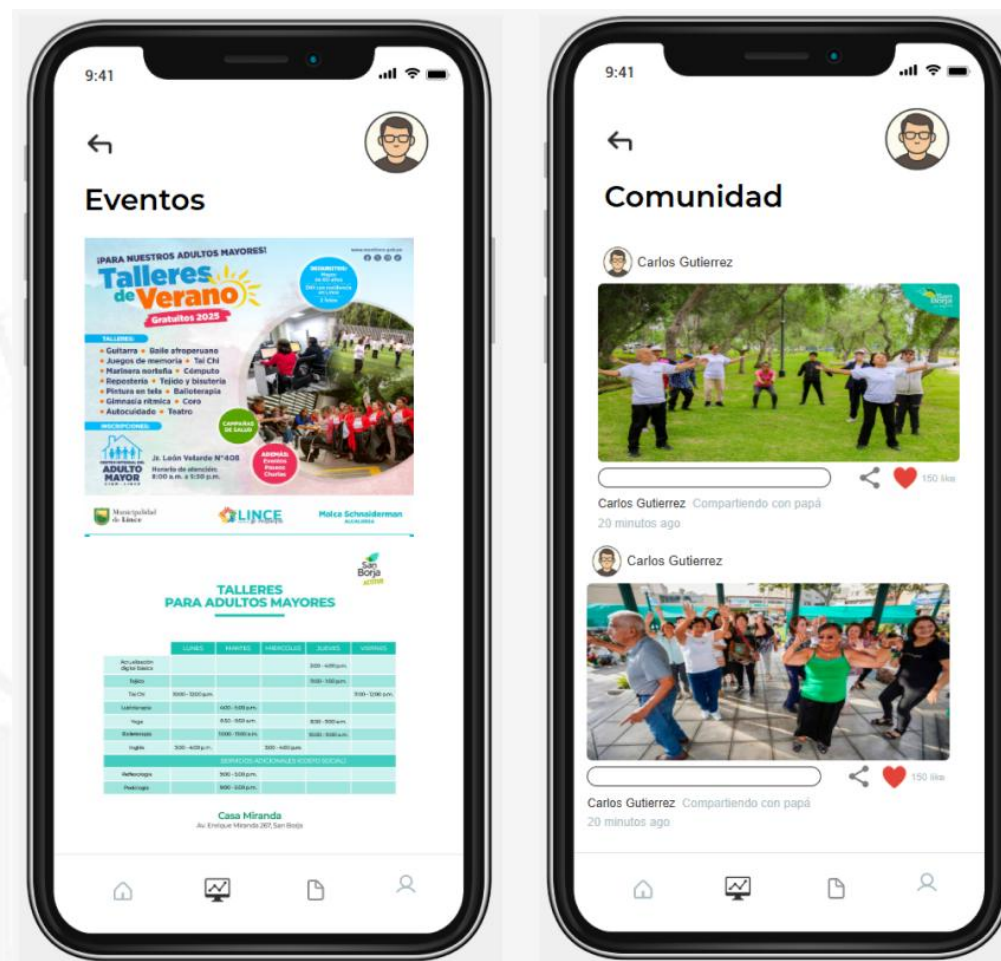
Figura 4.8

Rediseño de las notificaciones del familiar del adulto mayor



Figura 4.9

Zona de eventos y comunidades dentro de la app



La validación de la usabilidad del sistema incluyó la participación de 20 cuidadores pertenecientes a diferentes familias, quienes probaron la aplicación y respondieron el cuestionario System Usability Scale (SUS). Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.3, donde se muestra la lista completa de respuestas y puntajes finales de cada usuario.

El análisis de estos datos refleja que la experiencia fue altamente positiva: el puntaje promedio SUS alcanzó 82,38 sobre 100, una cifra considerada excelente y que denota una experiencia de usuario sobresaliente. Además, todos los cuidadores puntuaron por encima del umbral estándar de aceptabilidad, lo que confirma que la plataforma es percibida como accesible, sencilla y de gran utilidad en situaciones reales de acompañamiento familiar.

La presencia de respuestas variadas, pero mayormente positivas, evidencia que el sistema se adapta eficazmente a distintos perfiles de usuario y entornos familiares. Al revisar la figura, se puede apreciar que el rango de puntuaciones abarca desde 65 hasta 100, reafirmando la robustez y aceptación del diseño propuesto entre los participantes. Estos hallazgos no solo avalan la calidad de la interfaz y funcionalidades implementadas, sino que también inspiran confianza para futuras iteraciones y despliegues a mayor escala.

Tabla 4.3

System Usability Scale

Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	SUS score final
Usuario 1	4	2	4	2	4	2	4	1	4	1	80
Usuario 2	5	1	5	1	5	1	4	2	5	2	92.5
Usuario 3	3	3	4	2	4	2	4	2	4	1	72.5
Usuario 4	5	1	4	2	5	1	5	2	5	2	90
Usuario 5	4	2	5	1	4	2	4	1	4	1	85
Usuario 6	3	2	3	3	4	2	3	2	4	2	65
Usuario 7	4	2	4	2	5	1	4	2	5	2	82.5
Usuario 8	5	1	4	2	5	1	5	2	4	1	90
Usuario 9	4	2	3	3	4	2	4	2	5	1	75
Usuario 10	5	1	5	2	5	1	4	2	4	2	87.5
Usuario 11	4	2	4	2	4	2	4	1	5	1	82.5
Usuario 12	3	2	4	1	3	3	3	2	3	2	65
Usuario 13	4	1	4	2	5	1	5	2	5	1	90
Usuario 14	5	2	4	3	4	1	3	2	4	2	75

Usuario	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	SUS score final
Usuario 15	3	2	3	3	5	2	4	1	5	1	77.5
Usuario 16	5	1	5	2	4	1	4	2	5	2	87.5
Usuario 17	4	1	5	2	5	1	5	2	5	1	92.5
Usuario 18	3	2	4	2	4	1	4	1	4	2	77.5
Usuario 19	4	2	3	3	4	2	5	1	5	1	80
Usuario 20	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
Promedio total											82,375

4.3.2 Aprendizajes

La validación del MVP en su versión de alta resolución permitió identificar fortalezas importantes y aspectos clave para continuar mejorando la experiencia del usuario. A través de sesiones de prueba con adultos mayores y sus cuidadores, se obtuvieron hallazgos que orientan las próximas iteraciones del producto.

Lo que funcionó bien

1. La diferenciación de perfiles entre adulto mayor y familiar fue percibida como altamente valiosa, ya que permitió ofrecer interfaces más claras y adaptadas a las necesidades de cada usuario.
2. El panel de inicio del familiar, centrado en actividades de riesgo y con visibilidad en tiempo real de lo que hace el adulto mayor, generó tranquilidad y sensación de control.
3. Los *frames* de actividades peligrosas ordenados por nivel de riesgo facilitaron la toma de decisiones inmediatas por parte del cuidador.
4. En el perfil del adulto mayor, la visualización de metas diarias y las recomendaciones alineadas a su siguiente actividad ayudaron a motivar el cumplimiento de rutinas saludables.
5. Las sugerencias preventivas que aparecen cuando se detectan comportamientos riesgosos fueron consideradas una herramienta útil y no invasiva.

Oportunidades de mejora identificadas

1. Algunos participantes confundieron las secciones de “Recomendaciones” y “Actividades pendientes”, lo que sugiere la necesidad de clarificar los términos o diferenciar visualmente ambas funcionalidades.
2. Se recomienda agrupar funciones similares bajo categorías más intuitivas, para facilitar la navegación y reducir el esfuerzo cognitivo.

Lecciones clave para futuras versiones

1. Reforzar el lenguaje visual y textual de la aplicación para evitar ambigüedades.
2. Continuar simplificando la estructura general de navegación, especialmente en usuarios de edad avanzada o con baja experiencia digital.
3. Potenciar los módulos que generaron mayor impacto emocional positivo, como el seguimiento de rutinas, las recomendaciones personalizadas y el monitoreo visual de riesgos.

Este conjunto de aprendizajes confirma que la solución es valorada tanto por los adultos mayores como por sus familiares, y que se encuentra en una etapa sólida para seguir evolucionando con base en evidencia directa del uso en campo.

4.3.3 Comparación

Nuestro sistema Sently propone un enfoque integral que combina monitoreo inteligente, prevención personalizada y acompañamiento emocional continuo, todo ello a través de tecnologías accesibles como IoT y visión computacional. A diferencia de otras plataformas, esta propuesta incorpora análisis en tiempo real de rutinas y riesgos mediante inteligencia artificial, diferenciación de perfiles (adulto mayor vs. familiar), y generación de recomendaciones específicas basadas en el comportamiento y contexto del usuario. Esta combinación la convierte en una solución completa que aborda tanto la autonomía del adulto mayor como la tranquilidad del cuidador.

Por su parte, ROSITA Longevity se centra en promover el envejecimiento activo a través de clases virtuales, contenido educativo y actividades grupales. Su fortaleza radica en el componente emocional y social, pero carece de mecanismos de monitoreo físico o análisis de riesgo.

OPPA App actúa como un asistente social y organizador digital para adultos mayores. Permite gestionar actividades, enviar recordatorios y conectar con familiares, destacándose por su enfoque comunicacional. Sin embargo, no contempla elementos de seguridad, monitoreo físico ni prevención mediante IA.

AllWell Health adopta una visión más clínica, ofreciendo telemedicina y seguimiento remoto de salud a través de dispositivos especializados. Aunque es robusta

en términos médicos, su orientación se limita al ámbito sanitario y no incorpora interacción cotidiana ni análisis de rutinas del usuario.

CarePredict apuesta por la detección proactiva de patrones de comportamiento mediante un *wearable* propietario. Si bien utiliza inteligencia artificial para anticipar riesgos, requiere *hardware* exclusivo y es menos accesible para uso familiar o independiente.

Aloe Care brinda un sistema de asistencia remota basado en sensores y comandos de voz, orientado a la seguridad en el hogar. No utiliza visión computacional ni IA avanzada, y su funcionalidad depende de equipos instalados en el entorno del usuario.

Life360 y Safe365 están orientadas al rastreo por GPS y alertas de ubicación. Aunque útiles para conocer la posición del adulto mayor, no ofrecen un enfoque preventivo ni analizan comportamientos, y su propuesta se limita al monitoreo geográfico.

Finalmente, Alexa Together, dentro del ecosistema Amazon, permite asistencia por voz, recordatorios y sensores básicos de movimiento. Si bien facilita ciertas tareas del día a día, requiere dispositivos Echo y tiene capacidades limitadas en cuanto a personalización, monitoreo visual o análisis de hábitos. La comparación entre nuestro sistema y otras aplicaciones se resume en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4

Tabla comparativa de funcionalidades

Aplicación	Enfoque	IA para rutinas	Visión computacional	Interfaz diferenciada por perfiles	Recomendaciones personalizadas	Comunidad y acompañamiento	Costo hardware
Sently	Monitoreo inteligente, prevención y acompañamiento personalizado	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Medio (IoT modular)
ROSITA LONGEVITY	Envejecimiento activo mediante clases y contenido digital	No	No	No	Sí	Sí	Bajo
OPPA APP	Asistente social y organizador para adultos mayores	No	No	No	Sí	Sí	Bajo
allwell health	Telemedicina y monitoreo clínico remoto	Sí	No	No	No	No	Alto (wearables)
CarePredict	Monitoreo de patrones y prevención mediante wearable	Sí	No	No	Sí	No	Alto (dispositivo)
Aloe Care	Sistema de asistencia remota y voz en el hogar	No	No	No	No	No	Medio
Life360	Monitoreo de ubicación y seguridad familiar	No	No	No	No	No	Bajo

Aplicación	Enfoque	IA para rutinas	Visión computacional	Interfaz diferenciada por perfiles	Recomendaciones personalizadas	Comunidad y acompañamiento	Costo hardware
Safe365	Geolocalización y alertas para adultos mayores	No	No	No	No	No	Bajo
Alexa Together	Asistencia doméstica y recordatorios por voz (Echo)	No	No	No	Sí (limitadas)	No	Medio (requiere Echo)



CONCLUSIONES

- El problema abordado en este proyecto es real y de alta relevancia, dada la creciente población de adultos mayores y la necesidad urgente de soluciones tecnológicas que mejoren su calidad de vida y la tranquilidad de sus familias. La propuesta se destaca por su enfoque integral, que combina la seguridad mediante monitoreo continuo, la autonomía a través de recomendaciones personalizadas y el fortalecimiento del vínculo emocional entre el adulto mayor y sus cuidadores, diferenciándose claramente de otras soluciones del mercado.
- El prototipo desarrollado y validado mediante pruebas con usuarios reales y métodos cuantitativos, como la escala SUS, demuestra la viabilidad técnica y funcional del sistema. Sin embargo, es evidente que para una implementación completa y escalable se requieren iteraciones adicionales, así como alianzas estratégicas con actores del sector salud y tecnología, que permitan fortalecer capacidades, integrar funciones avanzadas en tiempo real y garantizar una experiencia robusta en diversos entornos.
- La integración de tecnologías avanzadas como YOLOv7 para detección de caídas, la SlowFast Network para reconocimiento de rutinas y CNN para monitoreo de signos de fatiga, junto con un modelo basado en árboles de decisión para recomendaciones personalizadas, evidencia un sólido avance en la aplicación práctica de inteligencia artificial al cuidado domiciliario. Este conjunto multidisciplinario potencia una solución humana, eficiente y adaptable.
- Finalmente, los resultados indican que, al diseñar tecnología con un enfoque centrado en el usuario y con un propósito humano, es posible promover un envejecimiento activo, digno y seguro. Este sistema no sólo responde a las necesidades actuales, sino que abre un camino prometedor para nuevas formas de cuidado inteligentes, cálidas y basadas en evidencia concreta, poniendo al servicio del bienestar el potencial transformador de la inteligencia artificial.

RECOMENDACIONES

- Después de desarrollar y validar el primer MVP junto a 20 familias cuidadoras, resulta esencial proyectar nuevas mejoras que refuercen tanto la experiencia técnica como el bienestar de los adultos mayores y quienes los acompañan.
- Un aspecto recurrente en los comentarios fue la necesidad de hacer la aplicación más ligera y accesible. Algunos usuarios con dispositivos móviles antiguos o de menor capacidad notaron que ciertas funciones tardaban más en cargar. Por ello, es recomendable seguir optimizando el sistema, asegurando que funcione de manera ágil y fluida en cualquier equipo, sin importar sus características técnicas.
- Además, muchas familias sugirieron ampliar las opciones de personalización de recordatorios y horarios. Permitir que cada usuario adapte fácilmente las alertas, repetición de tareas y programación diaria según sus rutinas particulares aportaría comodidad y mayor control sobre el cuidado.
- La voz del usuario debe estar presente dentro de la propia app. Crear un espacio interno donde adultos mayores y familiares puedan compartir sugerencias, relatar su experiencia o reportar problemas es clave para seguir construyendo una plataforma útil y humana, en sintonía con sus necesidades cotidianas.
- Para que las recomendaciones del sistema sean aún más valiosas, conviene enriquecerlas con inteligencia contextual. Considerar detalles como el clima, la agenda del usuario o su estado de ánimo permitiría ofrecer sugerencias más cercanas y relevantes, transformando la experiencia en un acompañamiento más personalizado y empático.
- Respecto a situaciones críticas, una integración más amigable con servicios médicos, redes comunitarias o de seguridad local podría facilitar una respuesta rápida en caso de emergencia, generando tranquilidad y protección real para todos.
- La accesibilidad debe seguir siendo una prioridad. Aunque la app es intuitiva, es fundamental continuar realizando pruebas con personas de diversas edades,

niveles de experiencia digital y capacidades físicas, hasta garantizar que cualquier adulto mayor pueda utilizar el sistema sin barreras.

- Finalmente, un paso natural es fortalecer los lazos con instituciones y comunidades: si el sistema logra vincularse con servicios municipales, centros de salud y actividades sociales, los usuarios podrán acceder a información relevante, convocatorias y campañas útiles que refuercen la red de apoyo y su integración comunitaria. Estas recomendaciones son fruto de la validación real y buscan potenciar la evolución del proyecto, generando una solución cada vez más inclusiva, eficiente y cercana a las verdaderas necesidades de sus usuarios.



REFERENCIAS

- Antonazzo, I. C., Fornari, C., Parri, S., Cei, E., Mantovani, L. G., Mazzaglia, G., & Brandi, M. L. (2021). Long-term refracture and mortality assessment in fractured elderly individuals: an evidence-based analysis based on T.A.R.Ge.T. data. *International Journal of Bone Fragility*, 1(2), 43-46. <https://doi.org/10.57582/IJBF.210102.043>
- Ataucuri Mendoza, J., & Villanueva López, I. (2024). *Características personales y nivel de sobrecarga del cuidador principal del adulto mayor dependiente en un Centro de Salud San Martín de Porres* [Tesis de grado, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio UPCH.
- Ayachi, R., Said, Y., Afif, M., Alshammari, A., Hleili, M., & Ben Abdelali, A. (2025). Assessing YOLO models for real-time object detection in urban environments for advanced driver-assistance systems (ADAS). *Alexandria Engineering Journal*, 123, 530-549. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2025.03.077>
- BBVA. (2025). *Accidentes más comunes en el hogar y sus costes*. <https://www.bbva.pe/blog/mi-seguridad/hogar/accidentes-mas-comunes-en-hogar-sus-costes.html>
- Castro Silva, J. I. (2022). Propuesta del Modelo Tayta Holístico con enfoque de desarrollo humano para mejorar la calidad de vida de adultos mayores en Chachapoyas, Perú. *ACC CIETNA*, 9(2), 206-213. <https://revistas.usat.edu.pe/index.php/cietna/article/view/772/1582>
- Chauca Alendez, N. (2025, 19 de noviembre). *Infecciones respiratorias aumentan en el Perú este 2025: Estas son las regiones con más casos*. Infobae. <https://www.infobae.com/peru/2025/11/19/infecciones-respiratorias-aumentan-en-el-peru-este-2025-estas-son-las-regiones-con-mas-casos/>
- Daza Castillo, Á. (2025). *Dispositivo vestible para la detección de caídas en adultos mayores* [Tesis de maestría, Tecnológico Nacional de México]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/388890909_Dispositivo_vestible_para_la_deteccion_de_caidas_en_adultos_mayores
- Dino, M. J., Thiamwong, L., Xie, R., Malacas, M. K., Hernandez, R., Balbin, P. T., Vital, J. C., Rivero, J. A., & Xi, V. W. (2025). Mobile health (mHealth) technologies for fall prevention among older adults in low-middle income countries: bibliometrics, network analysis and integrative review. *Frontiers in Digital Health*, 7, 1559570. doi: 10.3389/fdgth.2025.1559570

- Feichtenhofer, C., Fan, H., Malik, J., & He, K. (2019). SlowFast Networks for Video Recognition. Preimpresión de arXiv: arXiv:1812.03982v3
- Fuentes, P., González, P., Peña, L., & Sáez, Y. (2021). Diseño de un dispositivo para el monitoreo remoto no invasivo en pacientes con COVID-19, que se encuentren en aislamiento domiciliario. *Revista de Iniciación Científica*, 7, 87-92. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.0.3292>
- García Pliego, R. A., Canto de Hoyos, M., Herreros Herreros, Y., Baena Díez, J. M., Gorroñoigoitia Iturbe, A., Acosta Benito, M. Á., Martín Lesende, I., & Mir Sánchez, C. (2024). Actividades preventivas en el mayor. Actualización PAPPS 2024. *Atención Primaria*, 56(Suplemento 1), 103132. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0212656724002749>
- Hammer, S., Seiderer, A., André, E., Rist, T., Kastrinaki, S., Hondrou, C., Raouzaïou, A., Karpouzis, K., & Kollias, S. (2015). Design of a lifestyle recommender system for the elderly: requirement gatherings in Germany and Greece. En F. Makedon (Ed.), *Proceedings of the 8th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2769493.2769559>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2025, diciembre). *Situación de la población adulta mayor. III Trimestre 2025* (Informe técnico n.º 04). <https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/situacion-de-la-poblacion-adulta-mayor-iii-trimestre-2025.pdf>
- Kim, D., Bian, H., Chang, C. K., Dong, L., & Margrett, J. (2022). In-Home Monitoring Technology for Aging in Place: Scoping Review. *Interactive Journal of Medical Research*, 11(2), e39005. doi:10.2196/39005
- Kukil & Gupta, V. (2022, 18 de octubre). *YOLOv7 Pose vs. MediaPipe en la estimación de la pose humana*. LearnOpenCV. <https://learnopencv.com/yolov7-pose-vs-mediapipe-in-human-pose-estimation/>
- Lara Balbín, D. (2025). *Sobrecarga y apoyo social en cuidadores de pacientes adultos mayores de la Casa Geriátrica Hogar de Dios, Lima – 2024* [Tesis de grado, Universidad Norbert Wiener]. Universidad Norbert Wiener. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/86204111-4e7c-429d-a6d3-08b68588b5cf>
- Méndez Ávila, P. R. (2024). *Aplicación móvil de alertas de accidentes caseros en adultos mayores basado en modelos de deep learning* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad de Lima]. Repositorio Institucional de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/20764>

- Nicholson, W. K., Silverstein, M., Wong, J. B., Barry, M. J., Chelmow, D., Coker, T. R., et al. (2024). Interventions to Prevent Falls in Community-Dwelling Older Adults: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*, 332, 51-57. DOI: 10.1001/jama.2024.8481
- Organización Mundial de la Salud. (2021a). *Década del envejecimiento saludable 2021-2030*. <https://www.who.int/es/initiatives/decade-of-healthy-ageing>
- Organización Mundial de la Salud. (2021b). *Estrategia mundial sobre salud digital 2020-2025*. <https://www.enfermeriacomunitaria.org/web/attachments/article/3224/Estrategia%20mundial%20sobre%20salud%20digital%202020-2025.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2025). *Envejecimiento saludable*. <https://www.paho.org/es/envejecimiento-saludable>
- Organización Panamericana de la Salud. (2025, 4 de setiembre). *Cuidados a largo plazo para personas mayores: la OPS recomienda conjunto de intervenciones para fomentar el envejecimiento saludable en las Américas* [Nota de prensa]. <https://www.paho.org/es/noticias/4-9-2025-cuidados-largo-plazo-para-personas-mayores-ops-recomienda-conjunto-intervenciones>
- Pech, M., Sauzeon, H., Yebda, T., Benois-Pineau, J., & Amieva, H. (2021). Falls Detection and Prevention Systems in Home Care for Older Adults: Myth or Reality? *JMIR Aging*, 4(4), e29744. doi: 10.2196/29744
- Rivas Asanza, W., & Mazón Olivo, B. (2018). *Redes neuronales artificiales aplicadas al reconocimiento de patrones*. Editorial UTMACH.
- Romero Amondaray, L., Artigas Fuentes, F. J., Noriega Alemán, M., & Calderón, C. A. (2024). Sistema de monitoreo de salud para adultos mayores en Cuba. Arquitectura conceptual. *Revista Información Científica*, 103. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9721709>
- Localización: Revista Información Científica, ISSN-e 1028-9933, N°. 103, 2024
- Romero Goytendía, L. M. (2016). *Modelamiento de un sistema de gestión y monitoreo a distancia para la supervisión de pacientes crónicos aplicado a un hospital virtual* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Callao]. ALICIA. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UNAC_1954abca070651a26baae3e75fe3edaf
- Tiribelli, S., & Calvaresi, D. (2024). Rethinking Health Recommender Systems for Active Aging: An Autonomy-Based Ethical Analysis. *Science and Engineering Ethics*, 30, 22. <https://doi.org/10.1007/s11948-024-00479-z>

- Ultimate Care NY. (2025). *Resumen de beneficios 2025*.
https://cdn.chooseultimate.com/library/2025/2025_UHP_SB_CSNP_021_023_025_026_051_ES.pdf
- Vásquez Villacorta, M. (2022, 21 de octubre). *Prevención de caídas en el adulto mayor* [Video]. EsSalud. <https://repositorio.essalud.gob.pe/handle/20.500.12959/3036>
- Wang, C.-Y., Liao, H.-Y. M., & Yeh, I. H. (2022). Designing Network Design Strategies through Gradient Path Analysis. Preimpresión de ArXiv: ArXiv:2211.04800.
- Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2023). YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors. En *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 7464-7475). IEEE.
- Weber, Y., & Kanarachos, S. (2019). The Correlation between Vehicle Vertical Dynamics and Deep Learning-Based Visual Target State Estimation: A Sensitivity Study. *Sensors*, *19*(22), 4870. <https://doi.org/10.3390/s19224870>
- Xu, Y., et al. (2021). ActionCLIP: reconocimiento zero-shot de acciones mediante visión y texto.
- Yao, R., Wang, N., Chen, P., Ma, D., & Sheng, X. (2023). A CNN-transformer hybrid approach for an intrusiondetection system in advanced metering infrastructure. *Multimedia Tools and Applications*, *82*,19463-19486. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-14121-2>

BIBLIOGRAFÍA

- Boulton-Lewis, G., & Buys, L. (2015). Learning choices, older Australians and active ageing. *Educational Gerontology*, 41(11), 757-766.
- Czaja, S. J., Boot, W. R., Charness, N., & Rogers, W. A. (2019). *Designing for Older Adults Principles and Creative Human Factors Approaches* (3.^a ed.). Routledge.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024, setiembre). *Situación de la población adulta mayor. Trimestre: abril-mayo-junio 2024* (Informe técnico n.º 03). https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_adulto_mayor_iit_24.pdf
- Ministerio de Salud. (2025). *Norma técnica de salud para el cuidado integral de salud de la persona adulta*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/8863522/7311020-normatecnica-2.pdf?v=1763481065>
- Peña, J., & Huamán, S. (2024). Uso de tecnologías digitales para mejorar la calidad de vida de adultos mayores en áreas urbanas limeñas. *Revista Peruana de Gerontología*, 8(2), 45-59.
- Rogers, E. M. (2021). *Diffusion of Innovations* (5.^a ed.). Free Press.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y. L., & Xu, X. (2022). Unified theory of acceptance and use of technology: A synthesis and the road ahead. *Journal of the Association for Information Systems*, 17(5), 328-376.
- Wiles, J. L., Leibing, A., Guberman, N., Reeve, J., & Allen, R. E. S. (2020). The meaning of “aging in place” to older people. *The Gerontologist*, 52(3), 357-366.
- World Health Organization. (2022). *Global Strategy and Action Plan on Ageing and Health*. WHO Press. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/dde7be07-eb76-4642-800c-4258ecd42e59/content>



ANEXOS




5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Exclusiones

- N.º de fuente excluida
- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 4%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 2%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo. Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

