



UNIVERSIDAD MODELO

INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PC 0 ACTUALIZADO: DESIGN THINKING,
DEFINICIÓN DE REQUISITOS Y OBJETIVOS,
REQUISITOS TÉCNICOS Y SELECCIÓN DE
COMPONENTES PRINCIPALES.**

Parcial 1

Alumno:

CASTILLO PÉREZ SANTIAGO GAEL

ZAMUDIO ROBERTOS CARLOS GUSTAVO

Docente:

IX ANDRADE FREDDY ANTONIO

Mérida, Yucatán

12/10/25

Introducción y Definición del Problema

1.1 Contextualización del Problema

Las caídas en la población de adultos mayores representan un problema de salud pública crítico a nivel nacional y local. En el estado de Yucatán, residen más de 67,663 adultos mayores con alguna discapacidad, con una alta concentración en el rango de edad de 65 a 74 años. Esta estadística localiza un fenómeno nacional de gran escala: las caídas son la primera causa de accidentes en este grupo demográfico y la quinta causa de muerte.

Datos del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) confirman la alta frecuencia de estos eventos, los cuales pueden derivar en consecuencias que van desde lesiones leves hasta fracturas graves, hospitalización y pérdida de la autonomía. La atención tardía tras una caída agrava significativamente el pronóstico del paciente.

La permanencia en el suelo por más de dos horas después de un incidente incrementa drásticamente el riesgo de complicaciones secundarias severas como deshidratación, rabdomiólisis, hipotermia y neumonía. Este hecho subraya la necesidad crítica de un sistema de alerta que pueda solicitar ayuda de manera inmediata y automática, especialmente cuando el individuo se encuentra solo o ha perdido el conocimiento.

1.2 Análisis Profundo del Problema (Síntesis de Design Thinking)

La investigación inicial, enmarcada en las fases de "Empatizar" y "Definir" de la metodología Design Thinking, reveló que el problema trasciende el evento físico de la caída. Se trata de una problemática compleja con profundas ramificaciones psicológicas y sociales tanto para el adulto mayor como para su red de apoyo.

Impacto Psicológico: El Síndrome de Temor a Caer (FoF): Una de las consecuencias más debilitantes de una caída es el desarrollo del "Miedo a Caer" o Fear of Falling (FoF). Este temor crónico provoca que el adulto mayor restrinja voluntariamente sus actividades diarias, lo que conduce a una disminución de la movilidad y a un progresivo debilitamiento muscular (sarcopenia).

Paradójicamente, este comportamiento de autoprotección aumenta la fragilidad del individuo y, en consecuencia, eleva el riesgo de sufrir futuras caídas, creando un ciclo vicioso de deterioro físico y pérdida de independencia.

Carga sobre el Cuidador: El problema se extiende al círculo familiar y de cuidadores. La constante incertidumbre y la ansiedad ante la posibilidad de un accidente no presenciado generan una "sobrecarga intensa" en los cuidadores, afectando su bienestar emocional y consumiendo su tiempo y energía. Esta dimensión del problema define a un usuario secundario clave, cuyas necesidades de tranquilidad e información accionable son fundamentales para el diseño de una solución efectiva.

1.3 Propuesta de Solución Enfocada (MVP)

El análisis profundo de las necesidades del usuario evidenció que una solución con múltiples funcionalidades complejas, pero con una fiabilidad no garantizada podría, de hecho, exacerbar la ansiedad en lugar de aliviarla. Un sistema que falla en enviar una alerta crítica es peor que no tener sistema alguno. Por ello, se tomó la decisión estratégica de reenfocar el proyecto, priorizando la fiabilidad operativa sobre la cantidad de características.

El alcance del proyecto se concentra en el desarrollo de un Mínimo Producto Viable (MVP): un prototipo funcional de un bastón inteligente cuyo propósito fundamental es la detección de caídas y la comunicación de alerta SOS.

Este enfoque garantiza que todos los recursos de diseño e implementación se dediquen a perfeccionar la función más crítica para la seguridad vital del usuario, entregando una solución robusta y confiable que aborde directamente las necesidades centrales de seguridad, independencia y tranquilidad.

Objetivos del Proyecto

2.1 Objetivo General

Diseñar, construir y validar un prototipo funcional de un bastón inteligente capaz de detectar automáticamente una caída del usuario y transmitir de forma fiable una alerta de emergencia tipo SMS, incluyendo coordenadas de geolocalización, a un contacto predefinido. El fin último es reducir el tiempo de respuesta ante una emergencia y mitigar las consecuencias de salud asociadas a la inmovilidad prolongada post-caída.

2.2 Objetivos Específicos

Para la primera iteración del prototipo, se establecen los siguientes objetivos técnicos medibles:

Detección: Implementar un algoritmo de detección de caídas basado en umbrales, utilizando los datos de una Unidad de Medición Inercial (IMU), que logre una sensibilidad y especificidad superiores al 90% en escenarios de prueba controlados.

Comunicación: Integrar un módulo GSM/GPRS para asegurar el envío de un mensaje de texto (SMS) de alerta a un número telefónico designado en un lapso no mayor a 60 segundos tras la confirmación de un evento de caída.

Localización: Incorporar un módulo GPS para adquirir e insertar las coordenadas geográficas del usuario en el mensaje de alerta SMS, con una precisión adecuada para los servicios de emergencia.

Interfaz de Usuario: Implementar un botón pulsador de SOS, de fácil acceso y operación, que permita al usuario activar el sistema de alerta de forma manual e intencionada en cualquier situación de emergencia.

Gestión de Energía: Desarrollar un sistema de alimentación basado en una batería recargable.

Integración: Diseñar y fabricar mediante impresión 3D una carcasa compacta o una ya hecha y ergonómica que albergue de forma segura todos los componentes electrónicos y

pueda ser fijada firmemente a un bastón de aluminio estándar sin afectar su funcionalidad principal.

Necesidades del Usuario y Funcionalidades del Dispositivo

Este apartado conecta las necesidades identificadas durante la fase de empatía con las funcionalidades específicas que el prototipo MVP debe ofrecer, resumiendo la etapa de "Ideación" del proceso de Design Thinking.

3.1 Perfiles de Usuario

Usuario Primario: Adulto Mayor (Ej. 65-80 años, vive solo o pasa gran parte del día sin compañía). Necesidades Clave:

Seguridad: La certeza de que se solicitará ayuda automáticamente, incluso si queda inconsciente o incapacitado para moverse tras una caída.

Independencia: La confianza para continuar con sus actividades cotidianas, sabiendo que cuenta con una red de seguridad tecnológica que reduce el miedo a estar solo.

Simplicidad: Un dispositivo que no requiera interacción compleja, sea fácil de recargar y funcione de manera transparente en segundo plano.

Agencia: La capacidad de solicitar ayuda manualmente ante cualquier emergencia, no limitada a caídas (ej. malestar súbito, sensación de inseguridad).

Usuario Secundario: Cuidador o Familiar. Necesidades Clave:

Tranquilidad: Reducir la "sobrecarga intensa" y la ansiedad constante asociadas a la posibilidad de un accidente no presenciado.

Información Inmediata y Accionable: Recibir una notificación clara y sin ambigüedades en el instante en que ocurre un incidente.

Localización Precisa: Conocer la ubicación exacta del adulto mayor para poder dirigir la ayuda de manera rápida y eficiente.

3.2 Funcionalidades Clave del Prototipo (MVP)

Cada funcionalidad del dispositivo está directamente justificada por una o más de las necesidades del usuario identificadas.

Detección Automática de Caídas: Responde directamente a la necesidad de seguridad del usuario primario. Es la función principal que opera sin requerir ninguna acción por parte del usuario, garantizando que se envíe una alerta incluso en el peor de los casos (pérdida de conciencia).

Activación Manual de Alerta (Botón SOS): Satisface la necesidad de agencia y control del usuario primario. Proporciona un método simple y universal (un solo botón) para pedir ayuda en cualquier situación que el usuario perciba como una emergencia.

Sistema de Notificación de Emergencia (SMS con Coordenadas GPS): Es la funcionalidad central para el usuario secundario. Cumple con su necesidad de tranquilidad e información accionable al entregar un mensaje directo a su teléfono móvil con los dos datos más críticos: el hecho de que ocurrió un evento y la ubicación precisa. La elección de SMS como medio de comunicación para el MVP es una decisión de ingeniería deliberada para maximizar la fiabilidad y la accesibilidad, ya que no depende de la conectividad a internet ni de que el receptor posea un smartphone.

Requisitos Técnicos y Selección de Componentes

Esta sección traduce las funcionalidades definidas en especificaciones técnicas concretas y presenta la selección de componentes para la construcción del primer prototipo.

4.1 Requisitos de sistema

Subsistema de Detección de Movimiento: Deberá emplear una Unidad de Medición Inercial (IMU), que combine un acelerómetro y un giroscopio. El sistema debe ser capaz de muestrear datos a una frecuencia suficiente para identificar las fases dinámicas de una caída (ej. fase de caída libre, impacto y reposo post-impacto). El algoritmo de detección se basará en umbrales predefinidos sobre la magnitud del vector de aceleración total y los cambios de orientación angular.

Subsistema de Procesamiento Central: Se requiere un microcontrolador de bajo consumo energético que disponga de, como mínimo, dos interfaces UART (para los módulos GPS y GSM), una interfaz I2C (para la IMU), y suficientes pines GPIO para el botón SOS e indicadores de estado. Debe poseer la capacidad de cómputo y memoria necesarias para ejecutar el algoritmo de detección y gestionar las comunicaciones de manera eficiente.

Subsistema de Comunicaciones: Debe incluir un módulo GSM/GPRS para garantizar la compatibilidad con las redes 2G, que ofrecen la cobertura más amplia y fiable para servicios básicos de SMS. Adicionalmente, se integrará un módulo GPS capaz de obtener una posición a partir de un arranque en frío y comunicar los datos a través de sentencias estándar NMEA.

Subsistema de Gestión de Energía: Estará compuesto por una batería de polímero de litio (Li-Po) de una sola celda (3.7 V) con una capacidad que asegure más de 24 horas de funcionamiento continuo. Es mandatorio el uso de un módulo de carga dedicado que incorpore circuitos de protección contra sobrecarga y descarga profunda para garantizar la seguridad del dispositivo.

Subsistema de Integración Mecánica: Se requiere el diseño de una carcasa a medida, fabricada mediante impresión 3D para facilitar la iteración rápida. Dicha carcasa deberá alojar todos los componentes electrónicos de forma segura y permitir un montaje robusto en el cuerpo de un bastón estándar, sin comprometer su ergonomía ni integridad estructural.

4.2 Selección de Componentes para Prototipo (Iteración 1)

La selección de componentes se ha realizado considerando no solo las especificaciones técnicas, sino también la disponibilidad en el mercado local (Mérida, Yucatán), el costo, y el soporte comunitario existente (librerías, tutoriales, foros). Esta estrategia minimiza el riesgo de desarrollo y acelera el proceso de prototipado, en línea con el enfoque MVP.

Microcontrolador (Módulo ESP32-WROOM-32): Se eligió por su procesador de doble núcleo con Wi-Fi y Bluetooth integrados, ofreciendo una ruta de actualización para futuras iteraciones (ej. conectividad con una app). Su bajo costo, amplio soporte comunitario y bajo consumo lo hacen ideal para prototipos de IoT portátiles. Se puede encontrar prioritariamente en tiendas de Mérida como Electrónica 60 Norte. Como alternativa, está disponible en línea a través de Mercado Libre y Amazon.

Sensor de Movimiento - IMU (Módulo GY-521 con MPU-6050): Este módulo integra un acelerómetro y giroscopio de 3 ejes en un solo chip, proporcionando los datos de movimiento y orientación necesarios para un algoritmo de detección de caídas robusto. Es de bajo costo, alta precisión y se comunica vía I2C, ahorrando pines del microcontrolador. Está disponible en Electrónica 60 Norte y en Mérida, o en línea en Mercado Libre y Amazon.

Módulo de Comunicación (Módulo SIM800L): Es un módulo GSM/GPRS compacto y de bajo consumo, estándar en la industria para proyectos de IoT que requieren comunicación celular. Es ideal para enviar alertas SMS desde ubicaciones sin Wi-Fi y su pequeño tamaño es crucial para la integración en un dispositivo portátil. Se puede adquirir en Electrónica 60 Norte, así como en Mercado Libre y Amazon.

Módulo de Geolocalización (Módulo GY-NEO6MV2 con NEO-6M): Se trata de un módulo GPS de alta sensibilidad y bajo consumo energético. Su compatibilidad con el protocolo NMEA estándar facilita la integración con el ESP32 para obtener coordenadas precisas para las alertas SMS. Se encuentra disponible en Electrónica 60, y como opción secundaria en Mercado Libre y Amazon.

Módulo de Carga de Batería (Módulo TP4056): Es un circuito de carga estándar y seguro para baterías Li-Ion/Li-Po de una celda. Incluye protección contra sobrecarga y descarga

profunda, lo cual es fundamental para la seguridad del dispositivo y la longevidad de la batería. Es un componente común en tiendas como Electrónica 60, además de estar ampliamente disponible en línea.

Fuente de Alimentación (Batería Li-Po 3.7V, 1200mAh+): Ofrece una alta densidad energética en un formato ligero y compacto, ideal para dispositivos portátiles. Una capacidad de 1200mAh o superior es un buen punto de partida para cumplir el requisito de 24 horas de autonomía. Se pueden verificar modelos de baterías para drones o proyectos en Steren o tiendas de modelismo en Mérida. En línea, se encuentran fácilmente en Mercado Libre y Amazon.

Interfaz de Usuario (Botón Pulsador Momentáneo de 12mm): Es un componente simple, económico y fiable para la activación manual de la alerta SOS. Su tamaño de 12mm permite una fácil actuación por parte de un adulto mayor. Se puede conseguir en Steren y Electrónica 60 Norte.

Estructura Base (Bastón de aluminio estándar): Proporciona una plataforma ligera, resistente y de bajo costo. Su estructura tubular es fácilmente adaptable para montar la carcasa de la electrónica. Se puede adquirir en farmacias locales o tiendas departamentales como Coppel o Walmart.

Referencias

Abad, F. J., Gimeno, A., Osa, A., Igualmente, B., & Cubells, C. (2009). Las caídas, un síndrome geriátrico por excelencia. Revista Española de Geriatría y Gerontología, 44(S2), 3-8. [https://doi.org/10.1016/S0211-139X\(09\)70270-4](https://doi.org/10.1016/S0211-139X(09)70270-4)

Analog Devices, Inc. (s.f.). Detecting Human Falls with a 3-Axis Digital Accelerometer. Analog Dialogue. Recuperado el 10 de octubre de 2025, de <https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/detecting-falls-3-axis-digital-accelerometer.html>

Instituto Mexicano del Seguro Social. (s.f.). Caídas en el Adulto Mayor. Salud en Línea. Recuperado el 9 de octubre de 2025, de <http://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/caidas>

Kim, M., Kang, D., Kim, J., An, S., & Kim, Y. (2019). Evaluation of Inertial Sensor-Based Pre-Impact Fall Detection Algorithms Using Public Dataset. *Sensors*, 19(4), 774. <https://doi.org/10.3390/s19040774>

Merck & Co., Inc. (2023). Caídas en las personas mayores. Manual MSD, Versión para profesionales. Recuperado el 10 de octubre de 2025, de <https://www.merckmanuals.com/es-us/professional/geriatr%C3%ADA/ca%C3%ADdas-en-las-personas-mayores/ca%C3%ADdas-en-las-personas-mayores>

Organización Mundial de la Salud. (2021, 1 de mayo). Caídas. Recuperado el 8 de octubre de 2025, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/falls>

Parada-Peña, K., Rodriguez-Morera, M., Otoya-Chaves, F., Loaiza-Quirós, K., & León-Quirós, S. (2021). Síndromes geriátricos: caídas, incontinencia y deterioro cognitivo. *Revista Hispanoamericana De Ciencias De La Salud*, 6(4), 201-210. <https://doi.org/10.56239/rhcs.2020.64.450>

Secretaría de Salud. (2010). Guía de Consulta para el Médico de Primer Nivel de Atención: Prevención y Atención de las Caídas en la Persona Adulta Mayor. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. Recuperado de http://cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/adulto/descargas/pdf/Guia_Caidas_2aa.pdf

Velázquez-García, G., Montes-Castillo, M. L., & Mazadiego-González, M. E. (2013). Asociación del síndrome de temor a caerse, actividades y participación en los adultos mayores. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 25(2), 43-48.