

# Detector de Caídas en IoT

Cristian Andino, Franco Aguilar

*Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Tecnología Informática*

*Buenos Aires, Argentina*

andino.cristian@gmail.com

franco.aguilar.unla@gmail.com

**Abstract** — Este trabajo tiene como objetivo presentar el desarrollo de un sistema de detección de caídas para personas mayores utilizando un sensor compuesto por un acelerómetro y un giroscopio. Las estadísticas indican que las caídas representan el 70% de los accidentes mortales en personas mayores de 75 años, con lo cual, este sistema busca brindar una respuesta de emergencia efectiva y no intrusiva mediante notificaciones a un celular y/o correo electrónico. Se presta especial atención a la interfaz y diseño del dispositivo para hacerlo más accesible para las personas mayores, además se persigue mejorar la precisión, ergonomía y algoritmo de detección de caídas para trabajos futuros. Las pruebas del prototipo diseñado han arrojado un índice de acierto del 90% mostrando resultados prometedores y el uso del protocolo Wi-Fi demostró permitir una conexión eficiente y contribuirá al campo de la detección automática de caídas, mejorando la seguridad y autonomía de las personas mayores.

**Palabras Claves:** WiFi, NodeMCU, Acelerómetro, Giroscopio, IoT, Detector de caídas.

## 1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es desarrollar un sistema de detección de caídas para personas de edad avanzada. El mismo utiliza un controlador con conexión WiFi y un sensor de movimiento compuesto por un acelerómetro y un giroscopio, el cual podrá estar sujeto a su ropa.

La motivación del trabajo surgió por las estadísticas que muestran que el 30% de las personas mayores sufren una caída al menos una vez al año, y estas caídas representan el 70% de los accidentes mortales en personas mayores de 75 años. Por lo tanto, el objetivo es crear un sistema confiable que brinde una respuesta de emergencia efectiva, que sea poco intrusiva y fácil de usar.

En el ámbito de la detección de caídas y la implementación de sistemas de monitoreo para personas mayores, se han realizado proyectos relevantes que merecen la pena ser mencionados debido a su impacto en la salud y bienestar de la población de tercera edad. A continuación, se presentan algunos ejemplos de trabajos relacionados realizados:

"Tecnología IoT para el Monitoreo de Personas Mayores en Residencias Asistidas": Este proyecto se llevó a cabo en un centro de investigación en tecnología médica. Se implementó una solución de Internet de las Cosas (IoT) que combina sensores de movimiento, como cámaras y acelerómetros, para monitorear a personas mayores en residencias asistidas. El sistema permitió detectar caídas, evaluar la actividad física y el comportamiento diario de los residentes, mejorando la atención y la seguridad en el lugar.

"Desarrollo de una Aplicación Móvil para la Prevención de Caídas en Personas Mayores": En este proyecto, un equipo multidisciplinario de profesionales de la salud y la tecnología desarrolló una aplicación móvil diseñada para ofrecer ejercicios y consejos de prevención de caídas a personas mayores. La aplicación utiliza datos de sensores de movimiento integrados en smartphones para evaluar el equilibrio y la estabilidad de los usuarios, proporcionando recomendaciones personalizadas para mejorar la salud y evitar caídas.

### 1.1 OBJETIVOS

La prevención de caídas es de vital importancia, y diferentes entidades reconocen su relevancia en el cuidado de adultos mayores. El Ministerio de Desarrollo Social de la Nación, a través de la Dirección Nacional de Políticas para Adultos Mayores, ha confeccionado una guía que destaca éste tema y proporciona recomendaciones para abordar situaciones de riesgo. Esta misma enfatiza que los efectos de las caídas pueden ser irreversibles sin una intervención

adecuada y precoz. Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) informa que aproximadamente un tercio de la población de mayores de 64 años sufre caídas anualmente, siendo estas una de las principales causas de lesiones y mortalidad por accidentes en personas mayores, especialmente en aquellos mayores de 75 años. Conscientes de la importancia de esta problemática, este trabajo propone desarrollar un sistema de detección de caídas para brindar una respuesta de emergencia efectiva y mejorar la seguridad y autonomía de las personas cuidadas.

Como parte de la respuesta de emergencia, será implementada la notificación mediante dos medios: mediante una notificación a un celular, y mediante el envío a un correo electrónico o una lista de distribución (que permitirá el reenvío del correo a varias direcciones simultáneamente). El principal objetivo del sistema es fomentar la autonomía de la persona cuidada por medio de la monitorización no intrusiva, brindando a la persona cuidada una mayor sensación de independencia y seguridad, ya que el sistema notificará a la/s persona/s adecuada/s en caso de producirse una caída.

El diseño del sistema tuvo en cuenta las necesidades del usuario final, que principalmente son personas de tercera edad, prestando especial atención al aspecto de la interfaz y al diseño físico del dispositivo y buscando una interacción lo más sencilla posible. Asimismo, se realizaron pruebas con diferentes tipos de caídas (frontales, traseras y laterales), obteniendo un índice de acierto aproximado del 90%, lo que representa un resultado prometedor por ser la primera versión.

Además de mejorar la precisión del sistema, se plantea alcanzar otros logros como un diseño más ergonómico y la optimización del algoritmo de detección de caídas. Se espera que este proyecto contribuya significativamente al campo de la detección automática de caídas, ya sea mediante la divulgación del sistema desarrollado o mediante la recopilación de información adicional.

El sistema de monitoreo de caídas utiliza como base el protocolo estándar 802.11, comúnmente conocido como Wi-Fi. Se trata de una tecnología móvil que permite la conexión de dispositivos como computadoras, tablets, smartphones, entre otros, a Internet. La señal de radio se emite desde un router inalámbrico y es recibida por los dispositivos cercanos, que traducen la señal en datos utilizables.

Los principales objetivos que se buscan alcanzar con este protocolo son facilitar la comunicación entre dispositivos móviles y fijos, eliminar la necesidad de cables y conectores, permitir la creación de redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre dispositivos personales.

## 2. DESARROLLO TÉCNICO

En cuanto al desarrollo técnico, éste trabajo se basa en la implementación de un sistema digital de monitoreo para la detección de caídas en personas mayores, el cual consta de cuatro componentes esenciales. Éstos son el microcontrolador NodeMCU 1.0 v3, el sensor de movimiento MPU6050, el sistema portátil de comunicación y una computadora personal para el procesamiento y análisis de datos.

La combinación de estos elementos permite capturar y recolectar datos de movimiento en tiempo real, para así poder atender a la persona tan pronto como sea posible.

### 2.2. Elementos y equipos utilizados

El sistema de monitoreo se compone de los siguientes cuatro componentes fundamentales:

**Microcontrolador NodeMCU 1.0 v3:** Se trata del controlador que forma parte del sistema. Proporciona la funcionalidad de comunicación a través del protocolo Wi-Fi permitiendo la interacción con otros dispositivos y sistemas y además, es el encargado de realizar las lecturas del sensor.

**Sensor de movimiento MPU6050:** Este elemento es fundamental en el sistema, ya que incluye un acelerómetro, un giroscopio y un sensor de temperatura. Es capaz de medir y registrar los movimientos y cambios de posición de la persona cuidada y le comunica cada uno de los valores censados al controlador NodeMCU a través de una interfaz I2C, que significa Circuito Inter Integrado, el cual es un protocolo de conexión de interfaz de bus incorporado en dispositivos para comunicación serial.

**Red de comunicación WiFi:** Se encarga de establecer la comunicación con el dispositivo de monitoreo instalados en la ropa de las personas cuidadas para poder comunicarse con la página donde está hospedado el dashboard y alarmas de monitorización.

**Computadora personal:** Una vez que la información de movimiento ha sido recolectada por los sistemas digitales de monitoreo, la información puede ser visualizada en una computadora personal o en dispositivo móvil como puede ser un smartphone o tablet. Aquí, se procesa y analiza la información para actualizar un dashboard en tiempo real y enviar notificaciones en caso de producirse una caída, brindando un mayor control y una herramienta útil para el análisis de los datos registrados.

En resumen, este sistema digital de monitoreo utiliza el microcontrolador Nodemcu 1.0 v3 y el sensor MPU6050 para capturar los movimientos de las personas cuidadas, y el microcontrolador se comunica mediante Wi-Fi para recolectar los datos. Luego, la aplicación web (Blynk) se

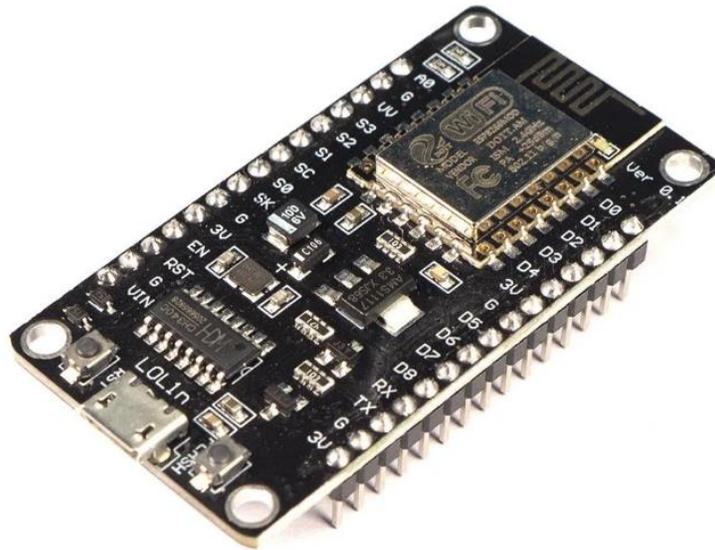
encarga de procesar y analizar la información para obtener representaciones visuales y útiles de los movimientos en tiempo real para poder visualizarlos en una computadora personal o un dispositivo móvil, como también de la configuración y envío de notificaciones.

#### *NodeMCU 1.0 v3*

Se trata de una placa controladora que se basa en el módulo WiFi ESP8266 / ESP12E y es compatible con el entorno de programación Arduino IDE. Es especialmente adecuado para proyectos de electrónica y robótica avanzados que requieran una alta capacidad de procesamiento y comunicaciones Wi-Fi.

Esta placa permite una fácil y sencilla comunicación entre proyectos Arduino y los módulos WiFi. NodeMCU utiliza el controlador ESP8266 y admite la programación en

- Banda: 2400 (MHz)
- Wi-Fi Direct (P2p), Soft Access Point
- Stack TCP/IP integrado.
- PLL, reguladores y unidades de manejo de energía integrados
- Potencia de salida: 0,15 (W); +19.5dBm en modo 802.11b
- Consumo en modo de baja energía: <10 uA
- Procesador integrado de 32 bits
- Soporta WPA/WPA2
- Soporta Lua, AT
- Soporta tres modos de funcionamiento: AP, STA, STA + AP
- Comunicación tipo de interfaz: SPI, Serial, UART (115200 bps)
- Tamaño: 24 mm x 16mm



*Figura 1 - Ilustración NodeMCU 1.0 v3*

lenguaje Lua (lenguaje multiparadigma pensado para redactar código imperativo, funcional y orientado a objetos). Además, está equipado con 10 pines GPIO, PWM, I2C, 1-wire y ADC, lo que brinda una amplia variedad de opciones para la conexión de sensores y actuadores.

En cuanto a la conectividad inalámbrica, puede funcionar con el estándar WiFi 802.11 b/g/n en la frecuencia de 2.4 GHz, lo que lo hace ideal para aplicaciones inalámbricas y conexiones a redes locales.

#### *Características de ESP 12E:*

- Tensión de alimentación: 3.3V (NIVELES LÓGICOS: 3.3V)
- Protocolos soportados: 802.11 b/g/n
- Soporte de red: 2,4 GHz

#### *Aspectos que distinguen módulo ESP-12E:*

- Digital I/O Pines: 11 x GPIO
- Entrada ADC (Análogo Digital Convertidor)
- Interfaz SPI

#### *Sensor de giroscopio/acelerómetro MPU6050*

El sensor InvenSense MPU-6050 incluye un acelerómetro MEMS y un giroscopio MEMS en un solo chip. Esto es perfecto, ya que incluye hardware de conversión analógico a digital de 16 bits para cada canal. Así que captura los canales x, y, z al mismo tiempo. El sensor utiliza el bus I2C para interactuar con el Arduino.

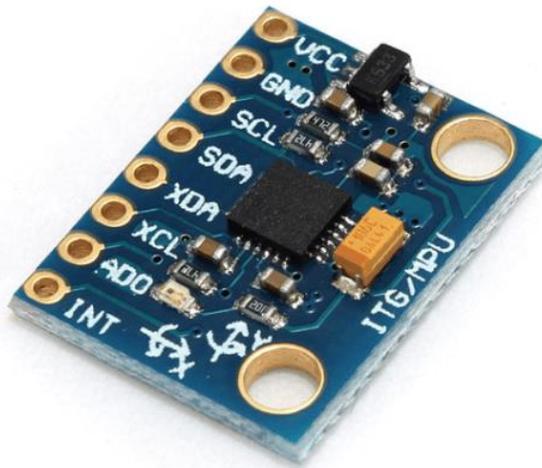


Figura 2 - Ilustración de sensor MPU6050

El MPU6050 no es costoso, alrededor de u\$s 3,5.- , especialmente dado el hecho de que incluye tanto un acelerómetro como un giroscopio y un sensor de temperatura.

*Giroscopio de 3 ejes:*

La velocidad angular es la tasa de cambio del desplazamiento angular por unidad de tiempo, es decir qué tan rápido gira un cuerpo alrededor de su eje:

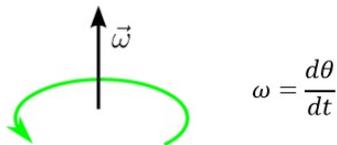


Figura 3 - Ilustración velocidad Angular

Los giroscopios utilizan un MEMS (MicroElectroMechanical Systems) para medir la velocidad angular usando el efecto Coriolis.

Con un giroscopio podemos medir la velocidad angular, y si se integra la velocidad angular con respecto al tiempo se obtiene el desplazamiento angular (posición angular si se sabe dónde se inició el giro).

El MPU6050 consta de un giroscopio de 3 ejes con tecnología Micro Electro Mechanical System (MEMS). Se utiliza para detectar la velocidad de rotación a lo largo de los ejes X, Y y Z, como se muestra en la figura siguiente.

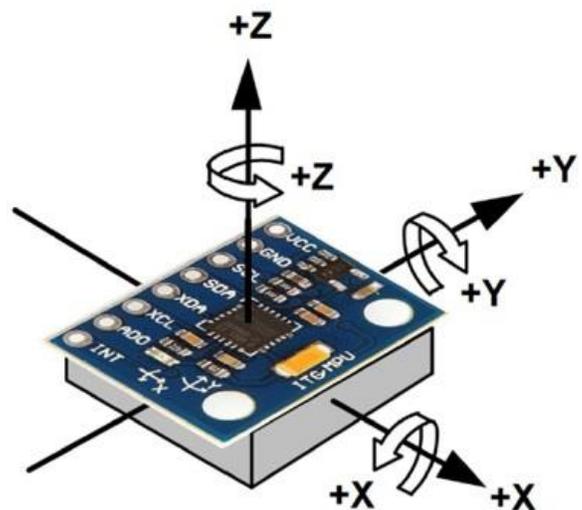


Figura 4 - Ilustración de orientación y polaridad de la rotación del giroscopio

*Acelerómetro de 3 ejes:*

La aceleración es la variación de la velocidad por unidad de tiempo es decir razón de cambio en la velocidad respecto al tiempo:

$$a=dV/dt$$

Así mismo la segunda ley de Newton indica que en un cuerpo con masa constante, la aceleración del cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa sobre él mismo:

$$a=F/m$$

Este segundo concepto es utilizado por los acelerómetros para medir la aceleración. Los acelerómetros internamente tienen un MEMS que de forma similar a un sistema masa resorte permite medir la aceleración.

El MPU6050 consta de un acelerómetro de 3 ejes con tecnología MEMS. Se utiliza para detectar el ángulo de inclinación a lo largo de los ejes X, Y, Z como se muestra en la figura siguiente.

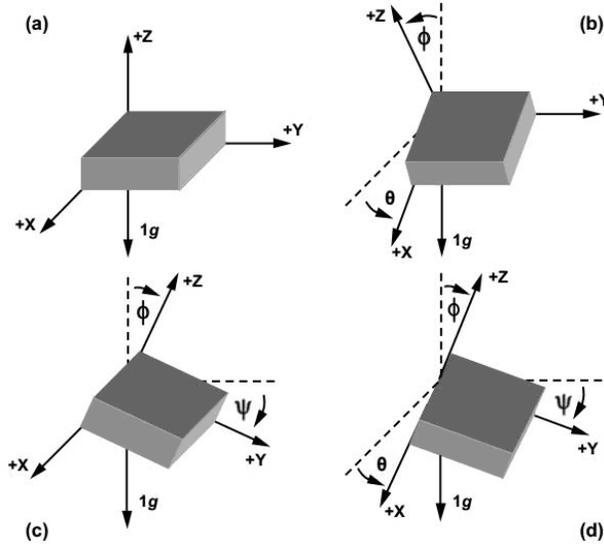


Figura 6 - Ilustración de orientación y rotación del acelerómetro

Con un acelerómetro podemos medir el incremento de velocidad, teniendo en cuenta que a pesar de que no exista movimiento, éste siempre estará igualmente sensando la aceleración de la gravedad. Con él podemos hacer mediciones indirectas como por ejemplo si integramos la aceleración en el tiempo calcularemos la velocidad y si la integramos nuevamente obtendremos el desplazamiento, necesitando en ambos casos la velocidad y la posición inicial respectivamente.

*Funcionamiento del acelerómetro*

MPU6050 funciona con micro mecánica y microelectrónica, las placas de color verde son fijas, mientras que las placas de color celestes con móviles. Cuando se posiciona de alguno de los lados o movidas por aceleración, por gravedad, va a variar la distancia entre las partes fijas y móviles produciendo una oscilación lo cual se traducirá como una inferencia de capacitancia y dichas variaciones se pueden medir como sentidos de la aceleración.

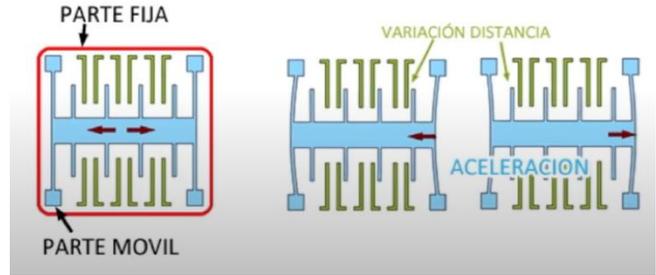


Figura 5 - Ilustración interna de los componentes del acelerómetro

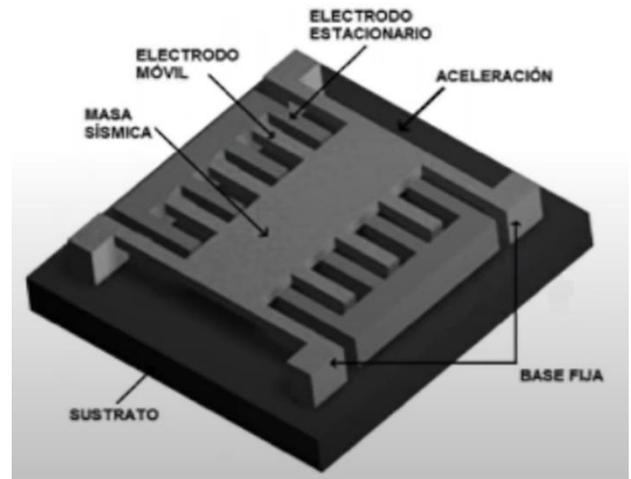


Figura 7 - Ilustración de componentes internos del acelerómetro

*Protocolo 802.11 b/g/n*

El protocolo 802.11 ha sido especialmente diseñado para dispositivos que requieren bajo consumo de energía eléctrica, con alcance limitado y basados en circuitos integrados de bajo costo.

TABLA I

VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN POR PROTOCOLO

Protocolo	Velocidad Máxima Teórica
802.11b	11 Mbps
802.11g	54 Mbps
802.11n	300 Mbps

La tecnología Wi-Fi se utiliza con mayor frecuencia en sectores como las telecomunicaciones, la informática personal y empresarial. En este trabajo, se emplea la tecnología Wi-Fi en conjunto con un arreglo de sistemas digitales de monitoreo. Cada sistema digital consta de un sensor de movimiento que combina un acelerómetro y un giroscopio, junto con una placa de desarrollo basada en un chip Wi-Fi de bajo costo.

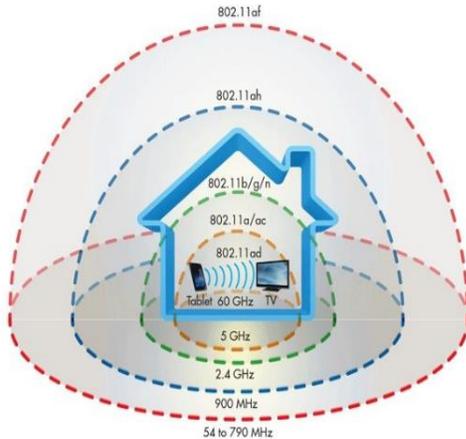


Figura 8 - Ilustración alcance protocolo 802.11

El dispositivo resultante se coloca en la ropa de la persona cuidada, y su microcontrolador se encarga de monitorear continuamente los movimientos registrados por el sensor. Además, hay otro sistema digital portátil compuesto por un microcontrolador y un transceptor Wi-Fi. Ambos sistemas digitales trabajan en conjunto para monitorear constantemente la información de los movimientos de las personas cuidadas y poder detectar cualquier cambio brusco para detectar caídas producidas y así poder asistirles para evitar un problema de salud mayor.

### 2.3. DESARROLLO Y APLICACIÓN

#### Resumen de la propuesta

El prototipo desarrollado es alimentado mediante un puerto micro USB pero la idea a futuro es que la alimentación sea suministrada mediante una batería. Así mismo, el código se optimizó pensando en esto para que las lecturas se realicen cada vez que el sensor registre movimiento, permitiendo ahorrar batería ya que si no registra movimiento estará en modo stand by. Para fines prácticos se conectó al WiFi de un celular para evitar tener que configurarlo con otras redes al momento de probarlo.

#### Diagrama de conexiones

El desarrollo del proyecto se preparó de manera virtual antes de proceder al ensamblado del mismo. Para esto, primero se realizó el conexionado de los distintos componentes tal como se muestra a continuación.

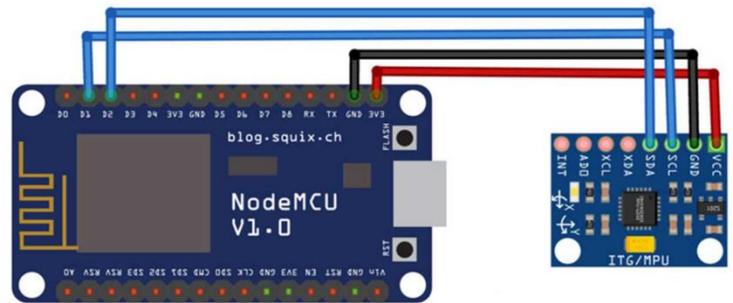


Figura 9 - Ilustración Diagrama de conexión

El MPU6050 es un módulo I2C. Por lo tanto, solo necesitamos 4 cables para conectarlo con NodeMCU.

El pin SDA del módulo MPU6050 se conecta al pin D2 del NodeMCU ESP8266.

El pin SCL se conecta al pin D1.

Además, se debe suministrar alimentación de 3.3V y conectar el pin GND del módulo MPU6050 a tierra (GND) del NodeMCU que es quien proporcionará la alimentación del sistema.

## Conexiones y puesta en marcha

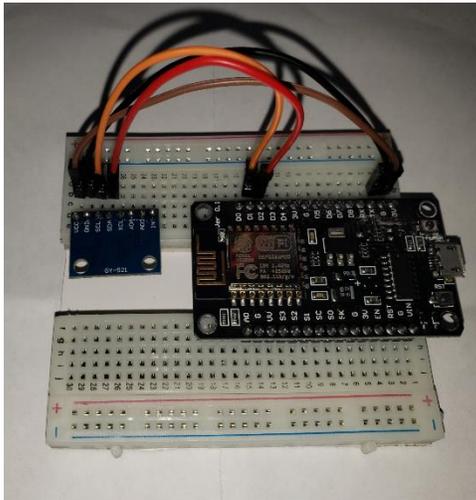


Figura 11 - Ilustración de conexión en protoboard

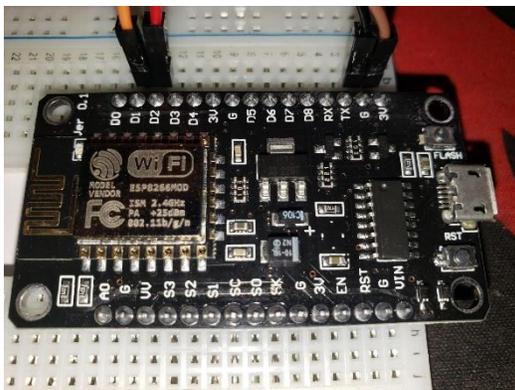


Figura 14 - Ilustración Nodemcu 1.0 v3

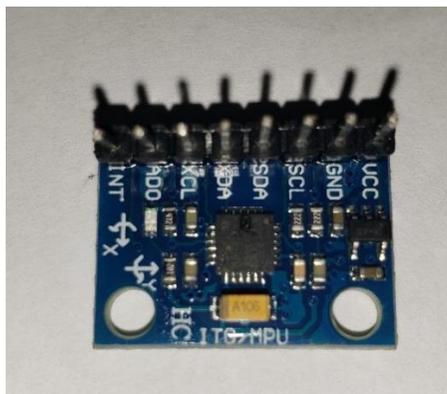


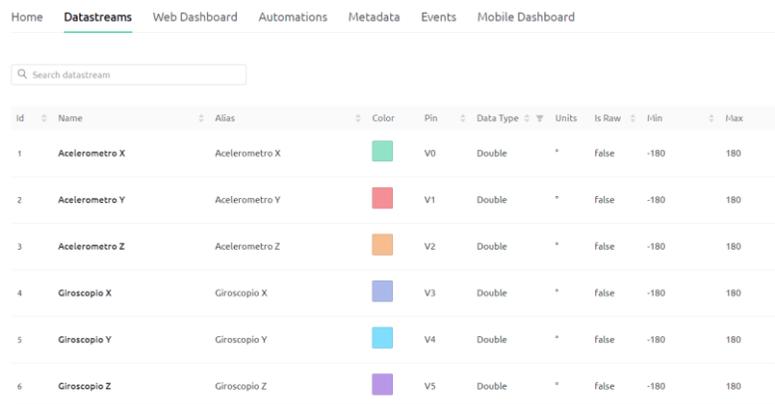
Figura 15 - Ilustración sensor MPU6050

## Código Desarrollado

El desarrollo del programa para controlar los dispositivos se realizó mediante la IDE de Arduino en lenguaje C, el mismo se encuentra en el siguiente repositorio de GitHub citado en la bibliografía al final de este documento.

## Blynk Cloud

Para la presentación de los datos se utilizó la plataforma Blynk Cloud (<https://blynk.cloud/>), la cual permite la creación de dashboards tanto web, como en dispositivos móviles.



The screenshot shows the Blynk Cloud interface with a search bar and a table of datastreams. The table has columns for Id, Name, Alias, Color, Pin, Data Type, Units, Is Raw, Min, and Max.

Id	Name	Alias	Color	Pin	Data Type	Units	Is Raw	Min	Max
1	Acelerometro X	Acelerometro X	Green	V0	Double	*	false	-180	180
2	Acelerometro Y	Acelerometro Y	Red	V1	Double	*	false	-180	180
3	Acelerometro Z	Acelerometro Z	Orange	V2	Double	*	false	-180	180
4	Giroscopio X	Giroscopio X	Blue	V3	Double	*	false	-180	180
5	Giroscopio Y	Giroscopio Y	Cyan	V4	Double	*	false	-180	180
6	Giroscopio Z	Giroscopio Z	Purple	V5	Double	*	false	-180	180

Figura 12 - Datastream Utilizados

Para lograr representar la información sensada en los widgets de los dashboards se utilizaron unas librerías específicas de Blynk en el código Arduino para poder enviar

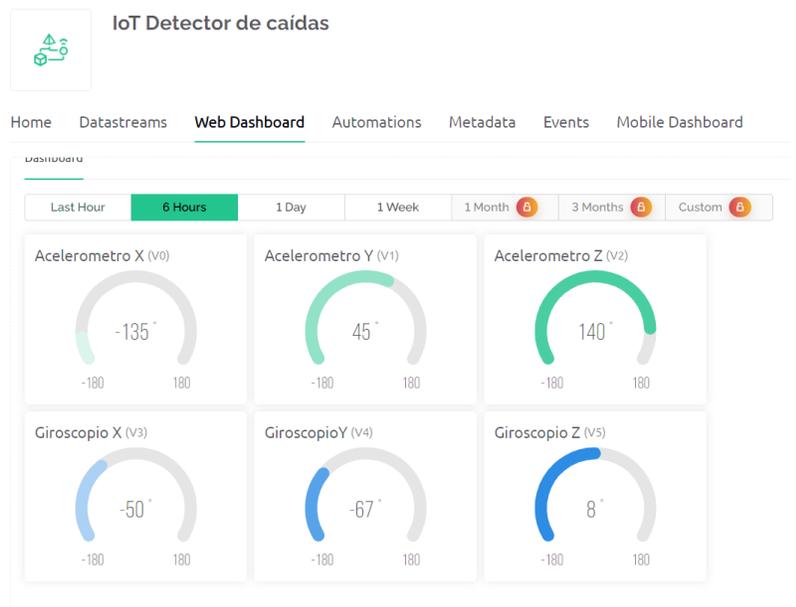


Figura 13 - Dashboard Web

el valor de los sensores mediante la utilización de “datastreams”, que son las variables que almacenan dicha información del lado de Blynk.

Una vez definidas las variables, los tipos y la información que representa cada una, se procedió a crear los dashboards tanto web como mobile y vincular cada widget a dichas variables mediante la misma aplicación.

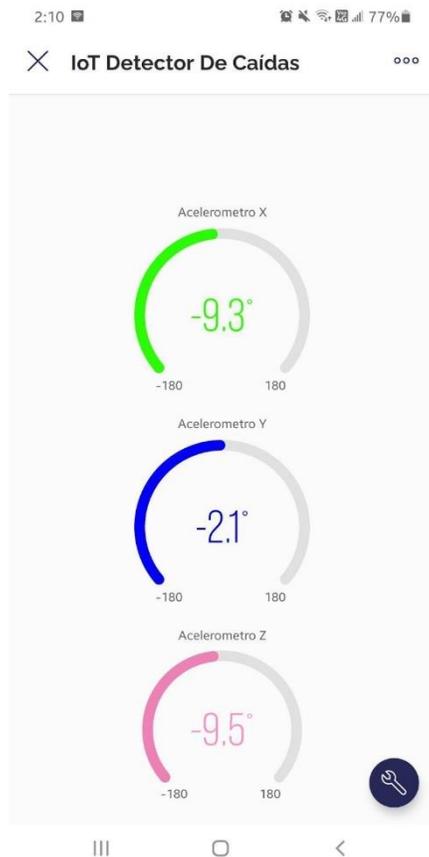


Figura 17 - Dashboard Aplicación Mobile

Con respecto a las notificaciones, las mismas fueron configuradas a través de una funcionalidad en la misma aplicación Blynk llamada “Automations”, la cual permite establecer distintos tipos de “alarmas” según el valor obtenido para alguna de las variables utilizadas.

Para el presente trabajo se procedió a configurar como una alarma una inclinación de un ángulo superior a 80° para cualquier valor +X y +-Y del acelerómetro, al producirse

dicha inclinación, será enviada una alarma a la aplicación del teléfono celular mediante una notificación push, como así también un correo electrónico la cual puede ser una lista de distribución con varios integrantes o una sola persona.

### 3. PUESTA EN MARCHA

#### Resultados Obtenidos

Las siguientes imágenes son de la aplicación del dispositivo en funcionamiento.

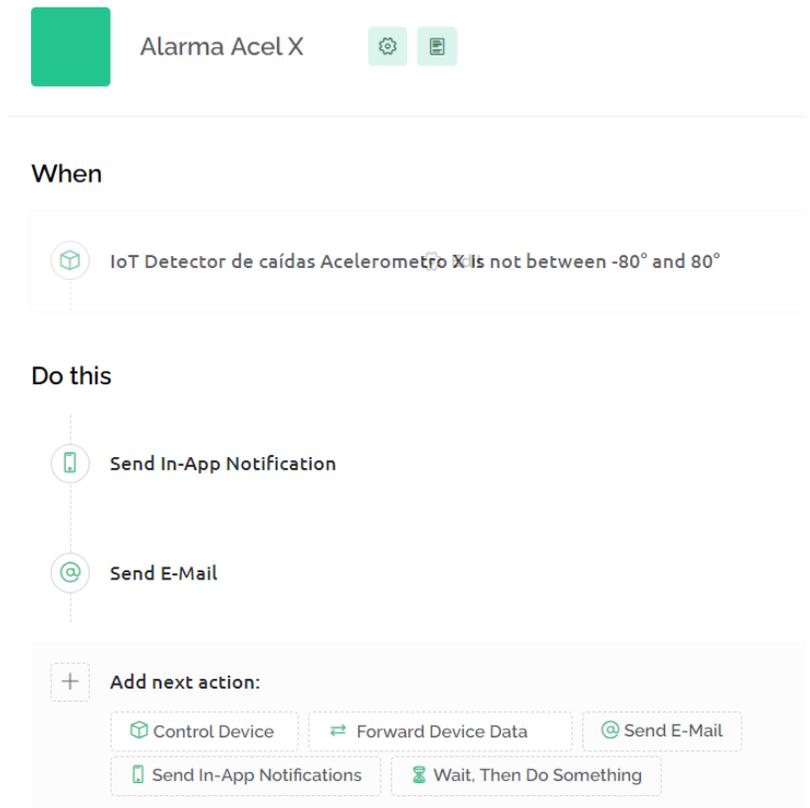


Figura 16 - Configuración de Alarmas

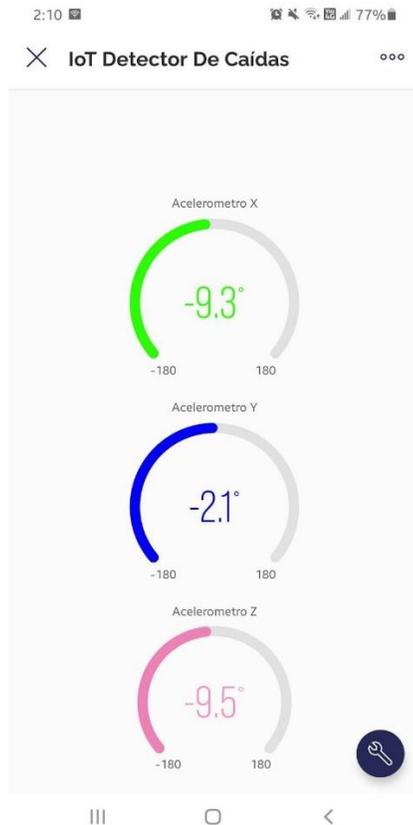


Figure 18 - Ilustración de censado en un móvil



Figure 19 - Ilustración de Caída detectada

#### 4. CONCLUSIONES

Se realizó un estudio exhaustivo sobre el desarrollo e implementación de un sistema de detección de caídas para personas de edad avanzada, utilizando un sensor de movimiento basado en un acelerómetro y un giroscopio. Los resultados obtenidos demuestran la relevancia y necesidad de esta tecnología, considerando las estadísticas que indican que el 30% de las personas mayores sufren caídas al menos una vez al año, que a su vez representan el 70% de los accidentes mortales en personas mayores de 75 años.

El sistema de monitoreo desarrollado se ha destacado por su capacidad para brindar una respuesta de emergencia efectiva y oportuna, sin resultar intrusivo para la persona cuidada. La incorporación de la tecnología Wi-Fi, a través del protocolo estándar 802.11, ha permitido una comunicación ágil y confiable entre los dispositivos de monitoreo y la computadora personal o dispositivo móvil, donde se procesan y analizan los datos registrados.

Se comprobó que el diseño ergonómico y la atención a las necesidades del usuario final, en su mayoría personas mayores, son fundamentales para lograr una interacción sencilla y una mayor aceptación del sistema. Las pruebas realizadas con diferentes tipos de caídas han arrojado resultados prometedores, con un índice de acierto aproximado del 90%.

El trabajo también ha puesto de manifiesto la importancia de la prevención de caídas, respaldada por el Ministerio de Desarrollo Social de la Nación y la Organización Mundial de la Salud, quienes han enfocado esfuerzos en la concientización y recomendaciones para evitar estos incidentes que pueden tener consecuencias irreversibles. Se espera que contribuya significativamente al campo de la detección automática de caídas en personas mayores, ofreciendo una solución tecnológica eficiente que promueva la autonomía, independencia y seguridad de quienes requieren cuidados especiales, así como también genere tranquilidad a las personas responsables de ellos. La implementación exitosa de este sistema abre oportunidades para seguir investigando y mejorando la precisión y funcionalidades del mismo, y así poder brindar una solución aún más completa y efectiva para mejorar la calidad de vida de las personas mayores y sus cuidadores.

En cuanto a lo técnico, el monitoreo de las variables de todos los ejes del acelerómetro en el dispositivo sujetado en una prenda del sujeto de prueba presentó buenos resultados de medición y controles de caídas, informando resultados correctos en la mayoría de los casos.

La norma más relevante del sistema presentado es el estándar de red inalámbrica wifi. La característica principal de esta norma es su simplicidad tecnológica, bajo costo de operación y fabricación sin sacrificar la flexibilidad. En una mejora planificada para el sistema actual, se utilizarán módulos wifi de bajo costo, que permitirán un monitoreo a mayores distancias, con un alcance aproximado de 25 metros sin interrupciones.

Además, se tiene la intención de actualizar el sistema para lograr optimizar el código incorporando el osciloscopio en la medición y control para obtener resultados 100% certeros, diseñar un contenedor para el hardware que mejore su manipulación y protección contemplando la posibilidad de que pueda ser utilizado en como un reloj que pueda ser resistente al agua para usarse en la ducha que es cuando ocurren muchos accidentes y por último optimizar los tiempos de sincronización con el cloud o la nube de almacenamiento en línea para una transferencia de datos más eficiente y rápida.

El desarrollo de este prototipo es una prueba contundente de que la tecnología puede contribuir al cuidado de la salud de nuestros seres queridos, permitiendo mejorar su autonomía y calidad de vida.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Carnuccio, E., Valiente, W., Volker, M., De Luca, G., García, G., Giulianelli, D., & Barillaro, S. (2017, October 9-13). Desarrollo de un prototipo detector de caídas utilizando la placa Intel Galileo Generación I y el sensor MPU6050. En XXIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) (pp. 954-964). La Plata, Argentina. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63850/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63850/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Roqué, M. L. (2010). Guía para el autocuidado de la salud de las personas mayores. Buenos Aires, Argentina: Secretaría Nacional de la Niñez.
- Casiliari, F., & Oviedo-Jiménez, A. (2015). Automatic fall detection system based on the combined use of smartphone and a smartwatch. Málaga, España: Universidad de Málaga.
- Al Dahoud, A., & Fezari, M. (2018). NodeMCU V3 for fast IoT application development. Notes, 5.
- Bördner Cano, M. (2021). Desarrollo de aplicación web y móvil para la gestión ambiental de centros de procesados de datos (CPD).
- Estévez Velasco, O. A., & Ramírez Sarmiento, N. (2021). Disminución de costos en el consumo de energía de un Access Point en redes inalámbricas bajo el protocolo 802.11.
- El profe García. (2019). Acelerómetro y Giroscopio Electrónico. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=xEGLYBQCBqg>
- Wikipedia. (2023). NodeMCU. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/NodeMCU>
- InvenSense Inc. (2013). MPU6050 Product Specification v3.4. Recuperado de <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf>
- Vicente García. (2018). Configurar el MPU6050. Recuperado de <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/configurar-el-mpu6050>
- Naylamp Mechatronics. (2016). TUTORIAL MPU6050, ACELERÓMETRO Y GIROSCOPIO. Recuperado de [https://naylampmechatronics.com/blog/45\\_tutorial-mpu6050-acelerometro-y-giroscopio.html](https://naylampmechatronics.com/blog/45_tutorial-mpu6050-acelerometro-y-giroscopio.html)
- Humberto Higinio. (2018). MPU 6050 Acelerómetro y Giroscopio - Calibración - Prácticas. Recuperado de <https://xEGLYBQCBqg>
- Repositorio de código en GitHub. <https://github.com/candino85/IoTDetectorCaidas>