



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE MONITORIZACIÓN  
CONSTANTE PARA ADULTOS MAYORES DEPENDIENTES EN SITUACIONES  
DE MOVILIDAD Y PERÍMETRO SEGURO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingenieros de Sistemas

**AUTORES: EDISON FRANCISCO LÓPEZ ZAPATA**

**ANDRÉS FRANCISCO ZARUMA LUNA**

**TUTOR: MANUEL RAFAEL JAYA DUCHE**

Quito – Ecuador

2024

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Edison Francisco López Zapata con documento de identificación N° 1709127540 y Andrés Francisco Zaruma Luna, y N° 1720175627; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 26 de febrero de 2024

Atentamente,



Edison Francisco López Zapata

1709127540



Andrés Francisco Zaruma Luna

1720175627

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Edison Francisco López Zapata con documento de identificación N° 1709127540 y Andrés Francisco Zaruma Luna, y N° 1720175627, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño de un prototipo de aplicación móvil de monitorización constante para adultos mayores dependientes en situaciones de movilidad y perímetro seguro”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de febrero de 2024

Atentamente,



Edison Francisco López Zapata

1709127540



Andrés Francisco Zaruma Luna

1720175627

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Manuel Rafael Jaya Duche con documento de identificación N.º 1710631035, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE MONITORIZACIÓN CONSTANTE PARA ADULTOS MAYORES DEPENDIENTES EN SITUACIONES DE MOVILIDAD Y PERÍMETRO SEGURO**, realizado por Edison Francisco López Zapata con documento de identificación N.º 1709127540 y Andrés Francisco Zaruma Luna, y N.º 1720175627, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 26 de febrero de 2024

Atentamente,



Ing. Manuel Rafael Jaya Duche, MSc.

1710631035

## **AGRADECIMIENTO**

Al culminar este trabajo de titulación quiero agradecer a Dios por brindarme la fuerza necesaria para poder conseguir grandes logros y metas en la vida.

Gracias a toda mi familia por brindarme su apoyo incondicional. De manera especial a mis padres quienes a lo largo de su vida me han brindado su esfuerzo, sacrificio, las herramientas y oportunidades que me han permitido crecer tanto personal como profesionalmente. A mi hermana por ser mi compañera de vida, ya que gracias a sus consejos, motivación y confianza no hubiera podido llegar a donde estoy ahora.

A mi amigo Edison, por ser mi compañero durante todo este proceso y por compartir conmigo muchas experiencias inolvidables.

A las personas importantes que en el camino fui encontrando Marilyn, Santiago, Pablo, Laura y Milagros, quienes gracias a su apoyo incondicional brindado han hecho que este camino sea más fácil.

Además, quiero hacer llegar un extensivo agradecimiento a nuestro tutor Ing. Manuel Rafael Jaya Duche, MSc; el principal culpable de que este proyecto de titulación se haya realizado, ya que de principio a fin nos apoyó y nos brindó su profesionalismo. Gracias por la infinita paciencia que ha tenido con nosotros. Y como no de igual manera a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Sistemas por ampliar mis conocimientos y completar mi formación durante todos estos años de aprendizaje.

*Andrés Francisco Zaruma Luna*

Gracias a Dios por haber permitido que culmine una meta que parecía que la vida con sus obstáculos no la había destinado para mí, pero que supe vencer, con Su apoyo e infinito amor.

Gracias eternas a toda mi familia: Mis padres† que a más de su apoyo y confianza supieron que iba a lograr mi propósito, a mi esposa e hijos que siempre me hicieron sentir su optimismo en que logre llegar al final de esta etapa profesional. A mis hermanos que me ayudaron a tener más estabilidad en la etapa final de este proceso.

A mis amigos y familiares más cercanos que han estado pendientes de mi bienestar y mis logros, en especial a Andrés con quien la casualidad de la vida nos puso como compañeros de proyecto para sacar adelante el presente trabajo de titulación. Gracias amigo por tu gran apoyo.

Un reconocimiento a todos los docentes, que desde el inicio de la carrera impartieron sus conocimientos de la mejor manera, a nuestra directora de carrera Ing. Patsy Prieto que siempre nos hizo sentir respaldados como alumnos de esta noble Institución, un agradecimiento especial a quien ha sido guía y soporte en estos momentos apremiantes Ing. Rafael Jaya Duche, MSc nuestro tutor.

*Edison Francisco López Zapata*

## **DEDICATORIA**

A Dios, por protegerme y guiarme en cada paso que doy, por todas las bendiciones brindadas a diario y permitirme ser lo que soy.

A mi hermano Jonathan, QEPD, por ser mi amigo, mi motor y la fuerza de empuje que a veces me hacía falta y a pesar de ya no estar conmigo sé que estarías muy orgulloso de lo que logrado.

A toda mi familia, por haber confiado en mí, por sus palabras de apoyo y darme ánimos siempre que lo he necesitado. De manera especial a mis padres, mi hermana y mi sobrino que son el motor de mi vida.

A Marilyn, por estar cuando más la he necesitado, y de manera desinteresada por brindarme su apoyo y fortaleza para seguir adelante y no rendirme nunca.

***Andrés Francisco Zaruma Luna***

Dedico este trabajo y esfuerzo primero a Dios por su amparo, protección, bendición y guía en todos los momentos de mi vida.

A la fuente de inspiración para este trabajo: Miguel A. López Velasteguí†, que lamentablemente no llegaste a ser beneficiado con el resultado de este proyecto por tu repentina despedida. Dios te tenga en Su gloria amado padre.

A las personas que me animaron a que no cambie la temática del proyecto por sentir que sin el motivo de mi inspiración no tenía sentido continuar con este trabajo y me dijeron: “Hazlo como un homenaje a tu padre”, en verdad esas palabras me fueron de mucha ayuda.

A mi esposa y a nuestros hijos que se encuentran muy gustosos de que haya logrado esta meta profesional.

***Edison Francisco López Zapata***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ANTECEDENTES</b> .....	2
Estado del arte .....	4
Riesgos de caídas en pacientes hospitalizados .....	4
Caídas en el adulto mayor .....	7
<b>PROBLEMA</b> .....	13
Marco hipotético y/o preguntas de investigación.....	15
<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	15
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>OBJETIVOS</b> .....	17
Objetivo general: .....	17
Objetivos específicos: .....	17
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	17
Análisis de modelos y experiencias .....	19
Selección de Metodologías adecuadas. ....	19
Desarrollo de software .....	19

Prueba.....	19
Validación mediante estudio de caso. ....	20
Métodos y técnicas .....	20
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>22</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>22</b>
<b>1.1 EL ADULTO MAYOR</b> .....	<b>22</b>
1.1.1 Deterioro cognitivo .....	22
1.1.2 Dependencia y fragilidad .....	22
1.1.3 Enfermería y cuidados.....	23
<b>1.2 DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
1.2.1 Internet de las cosas (IoT) .....	24
1.2.2 Aplicaciones del IoT .....	26
1.2.3 M2M (Máquina a Máquina) .....	27
1.2.4 Arquitectura IoT .....	27
1.2.5 Comunicación e Interconexión.....	29
1.2.6 Red Informática.....	30
1.2.7 Redes Alámbricas.....	30



1.2.8 Redes Inalámbricas .....	31
1.2.9 Nube .....	34
1.2.10 Niebla .....	35
1.2.11 Wearables .....	36
1.2.12 Sensores.....	36
1.2.13 Transceptor.....	38
1.2.14 Actuadores.....	39
1.2.15 Procesador .....	39
1.2.16 Microcontrolador.....	40
1.2.17 Sistemas embebidos SoC .....	40
1.2.18 Microcontroladores y microprocesadores .....	41
1.2.19 Arduino.....	45
1.2.20 Ciclo del proceso de desarrollo de sistemas embebidos .....	45
1.2.21 Inventor de aplicaciones MIT. ....	47
1.2.22 Php.....	47
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>48</b>
<b>DESARROLLO DEL HARDWARE .....</b>	<b>48</b>

<b>2.1 PARÁMETROS</b> .....	48
2.1.1 Selección de componentes .....	48
2.1.2 Diseño de circuitos .....	48
2.1.3 Conectividad.....	48
2.1.4 Sensores.....	48
2.1.5 Fuente de energía .....	49
2.1.6 Seguridad.....	49
2.1.7 Arquitectura.....	49
<b>2.2 ARDUINO NANO 33 IoT CON CABECERAS [ABX00032]</b> .....	51
2.2.1 Características: .....	51
2.2.2 Especificaciones Técnicas:.....	52
<b>2.3 PLACA DE DESARROLLO ESP32-C3-DevKitC-02U</b> .....	53
2.3.1 Características: .....	53
2.3.2 Especificaciones:.....	54
<b>2.4 MÓDULO US-016</b> .....	55
<b>2.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE</b> .....	57
2.5.1 Selección de dispositivos y plataformas.....	57

2.5.2 Medidor de distancia HC-SR04. ....	57
2.5.3 Giroscopio de aceleración MPU-9250. ....	59
2.5.4 Diseño de la arquitectura.....	60
2.5.5 Desarrollo de la aplicación.....	60
2.5.6 Pruebas y validación.....	60
2.5.7 Despliegue y mantenimiento.....	60
2.5.8 Base de datos.....	61
2.5.9 Modelo utilizado para el desarrollo del aplicativo móvil.....	62
2.5.10 Diagrama utilizado para el desarrollo del aplicativo móvil. ....	62
2.5.11 Ide desarrollo móvil.....	64
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>66</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
<b>3.1 PREGUNTAS.....</b>	<b>66</b>
Resultado en la pregunta 1: ¿Tuvo alguna dificultad en el uso de la aplicación?.....	67
Resultado en la pregunta 2: ¿Cree usted que es incómodo el uso del dispositivo en el paciente?.....	68

Resultado en la pregunta 3: ¿Considera usted que fue de ayuda este tipo de aplicación?	68
Resultado en la pregunta 4: ¿Estaría dispuesto a seguir utilizando esta herramienta?	69
Resultado en la pregunta 5: ¿Recomendaría usted el uso de este dispositivo y aplicación?	70
Resultado en la pregunta 6: ¿Le resulto molesto utilizar este dispositivo?	70
Resultado en la pregunta 7: ¿Le resulto invasivo el ser monitoreado por esta herramienta?	71
<b>3.2 MOVIMIENTO</b>	71
<b>3.3 CAÍDAS</b>	74
<b>3.4 PRUEBAS DE EJECUCIÓN</b>	80
<b>CONCLUSIONES</b>	82
<b>RECOMENDACIONES</b>	84
<b>REFERENCIAS</b>	87

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Descripción y aplicación de los tipos de redes por medios guiados</i> .....	30
<b>Tabla 2</b> <i>Características de velocidad y frecuencia de WLAN</i> .....	32
<b>Tabla 3</b> <i>Arduino nano 33 IOT ABX00032</i> .....	52
<b>Tabla 4</b> <i>ESP32-C3-DEVKITC-02U</i> .....	54
<b>Tabla 5</b> <i>Fragmento de tabulación de datos del Giroscopio</i> .....	72
<b>Tabla 6</b> <i>Fragmento de tabulación de altura de una persona al caer y levantarse</i> .....	74
<b>Tabla 7</b> <i>Fragmento de tabulación de altura de una persona al caer y no levantarse</i> .....	76
<b>Tabla 8</b> <i>Fragmento de tabulación de la altura en el cuarto de baño en el inodoro</i> .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Personas adultos mayores</i> .....	3
<b>Figura 2</b> <i>Monitor de bebés</i> .....	4
<b>Figura 3</b> <i>Etapas del desarrollo de la tesis</i> .....	18
<b>Figura 4</b> <i>IoT: dispositivos conectados vs año calendario</i> .....	25
<b>Figura 5</b> <i>Fragmento de población Mundial</i> .....	25
<b>Figura 6</b> <i>Primera capa de arquitectura IoT de 3 capas</i> .....	28
<b>Figura 7</b> <i>Segunda capa de arquitectura IoT de 3 capas</i> .....	28
<b>Figura 8</b> <i>Tercera capa de arquitectura IoT de 3 capas</i> .....	29
<b>Figura 9</b> <i>Ejemplo de sensores en el cuerpo de una persona</i> .....	33
<b>Figura 10</b> <i>Modulo ESP8266EX</i> .....	43
<b>Figura 11</b> <i>ESP32 representado por un SOC (System on Chip)</i> .....	44
<b>Figura 12</b> <i>Diagrama de Pines del ESP32</i> .....	45
<b>Figura 13</b> <i>Diagrama de Arquitectura IoT</i> .....	50
<b>Figura 14</b> <i>Arduino nano 33 IOT ABX00032</i> .....	51
<b>Figura 15</b> <i>Pines Arduino nano 33 IOT</i> .....	53
<b>Figura 16</b> <i>ESP32 C-3</i> .....	54

<b>Figura 17</b> <i>Pinout del ESP32-C3-DEVKITC-02U</i> .....	55
<b>Figura 18</b> <i>Sensor medidor de distancia</i> .....	56
<b>Figura 19</b> <i>Módulo para medir distancia.</i> .....	58
<b>Figura 20</b> <i>Módulo con giroscopio.</i> .....	59
<b>Figura 21</b> <i>Modelo entidad Relación.</i> .....	61
<b>Figura 22</b> <i>Modelo de desarrollo del aplicativo móvil</i> .....	62
<b>Figura 23</b> <i>Diagrama de aplicación móvil.</i> .....	63
<b>Figura 24</b> <i>App Inventor MIT</i> .....	64
<b>Figura 25</b> <i>Desarrollo aplicación por bloques</i> .....	64
<b>Figura 26</b> <i>Datos obtenidos de la primera pregunta</i> .....	67
<b>Figura 27</b> <i>Datos obtenidos de la segunda pregunta.</i> .....	67
<b>Figura 28</b> <i>Datos obtenidos de la tercera pregunta.</i> .....	68
<b>Figura 29</b> <i>Datos obtenidos de la cuarto pregunta.</i> .....	69
<b>Figura 30</b> <i>Información de la quinta pregunta.</i> .....	69
<b>Figura 31</b> <i>Datos de la sexta pregunta</i> .....	70
<b>Figura 32</b> <i>Información proveniente de la séptima pregunta</i> .....	71
<b>Figura 33</b> <i>Gráfica de movimiento del adulto mayor</i> .....	73

<b>Figura 34</b> <i>Variación de la altura de una persona al caer y levantarse</i> .....	75
<b>Figura 35</b> <i>Variación en la altura de una persona al caer y no levantarse</i> .....	77
<b>Figura 36</b> <i>Variación de la altura de presencia sobre el inodoro</i> .....	79
<b>Figura 37</b> <i>Pantallas funcionamiento aplicación</i> .....	80



## RESUMEN

En este proyecto técnico nos hemos planteado el objetivo de diseñar un prototipo de aplicación móvil de monitorización constante para adultos mayores dependientes en situaciones de movilidad y perímetro seguro, haciendo uso del beneficio de la tecnología de internet de las cosas, mediante una red de datos con dispositivos diseñados con sensores y actuadores implementados en el entorno seguro del accionar del paciente o como elemento portable en el adulto mayor dependiente para soporte o ayuda a la persona a cargo de su cuidado, debido a que durante el proceso de envejecimiento, el adulto mayor experimenta cambios físicos y cognitivos entre otros, teniendo como consecuencias las caídas y falta de movilidad que debe ser monitoreada constantemente. En el proceso se ha obtenido elementos tecnológicos inteligentes que mediante información compartida en la nube se comparte información inmediata del estado del paciente para que la persona a cargo tenga una ayuda y soporte mediante una aplicación móvil para monitorear los movimientos o la falta de estos y tomar la acción necesaria dependiendo del caso si se trata de una caída o falta de movilidad, con esta información, mediante un aplicativo móvil, también lo pueda visualizar un familiar que se encuentre en cualquier parte del mundo.

*Palabras clave:* Monitorización adultos mayores, sistemas embebidos adultos mayores, aplicativo móvil adultos mayores.

## ABSTRACT

In this technical project we have set ourselves the objective of designing a prototype of a mobile application for constant monitoring for dependent older adults in situations of mobility and secure perimeter, making use of the benefit of Internet of Things technology, through a data network with devices designed with sensors and actuators implemented in the safe environment of the patient's actions or as a portable element in the dependent older adult to support or help the person in charge of their care, because during the aging process, the older adult experiences physical and cognitive changes among others, resulting in falls and lack of mobility that must be constantly monitored. In the process, intelligent technological elements have been obtained that, through shared information in the cloud, immediate information on the patient's status is shared so that the person in charge has help and support through a mobile application to monitor movements or lack thereof and take action. the necessary action depending on the case, whether it is a fall or lack of mobility, with this information, through a mobile application, it can also be viewed by a family member who is anywhere in the world.

*Keywords:* Monitoring older adults, embedded systems for older adults, mobile application for older adults.

## INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, la tecnología de asistencia a personas con cierto tipo de discapacidad y personas mayores ha ido en constante evolución y de una manera considerable. Tanto que existen sensores o actuadores capaces de monitorear a un anciano o una persona discapacitada, con el fin de detectar algún tipo de accidente sufrido y así emitir una notificación de emergencia a familiares o personal especializado en el caso de que se produzca algún tipo de imprevisto.

El envejecimiento poblacional es un fenómeno que afecta a todo el mundo, tanto así que el incremento de personas que llegan a cumplir 60 años es de 2 personas por cada segundo. (Ministerio de Inclusión Económica y Social, s.f.). Este incremento trae consigo un número de problemas y consecuencias relacionadas al estado de salud sufrido por los adultos mayores además estos pueden agravarse o deteriorarse mientras sigan cumpliendo más años, esto ocasiona que se debe tener una atención especializada y un mayor cuidado con las personas que llegan a estas edades.

En la sociedad actual la mayoría de personas mayores de 60 años quedan solos en casa, ya sea porque sus familiares salen a realizar sus labores diarias pudiendo ser ir al trabajo, ir a sus estudios o salir a realizar alguna diligencia, lo que ocasiona que el adulto mayor quede en total vulnerabilidad a consecuencia de su estado de salud. Para mitigar esta problemática se requiere la persona a cargo del adulto mayor de 60 años use un sistema de ayuda tecnológica que permita garantizar la integridad del adulto mayor.

## **ANTECEDENTES**

A nivel mundial las estadísticas de caídas de adultos mayores, muestran la importancia del monitoreo adecuado, ya sea por familiares o personal médico.

Los resultados de la OMS muestran que los adultos mayores de 60 años son quienes más sufren de caídas mortales, esto conlleva a que sea la segunda causa de muerte a nivel mundial por traumatismos involuntarios por detrás de los accidentes de tránsito, haciendo que se creen programas de prevención pudiendo ser estos: el realizar ejercicio constante, ingerir suplementos vitamínicos, eliminar consumos de sustancias psicotrópicas, restricción a zonas peligrosas, mejorar zona de construcción. (OMS, 2021).

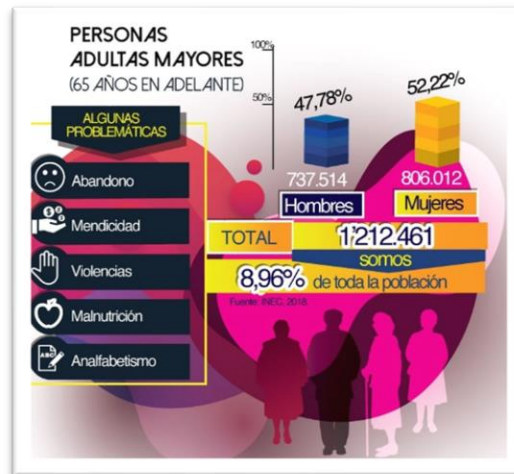
Esto nos muestra como conclusión que hay un escaso control y/o monitoreo constante a los adultos mayores y cada vez aumenta la mortalidad en estas personas.

Los adultos mayores en Ecuador no están alejados de esta realidad, ya que en muchos casos estos se encuentran solos en casa o se encuentran internados en algún centro de atención médico geriátrico, el adulto mayor como tal no posee de una atención especializada y/o calificada por ende no recibe un monitoreo constante.

El adulto mayor al tener un escaso monitoreo puede sufrir de algún accidente o caída, y en el caso de que este no reciba una atención médica inmediata y oportuna puede ocasionar una complicación de salud o incluso la muerte del adulto mayor.

## Figura 1

### Personas adultas mayores



*Nota.* Porcentaje de adultos mayores en Ecuador tanto en hombres como en mujeres, con algunas problemáticas que padecen. Fuente: (INEC, 2018).

Según la investigación realizada por (Echeverría y otros, 2022) se obtiene la siguiente información de mucha relevancia:

Según el Banco Interamericano de Desarrollo, existen más de 8 millones de personas mayores de 60 años entre Latinoamérica y el Caribe todos ellos dependientes de algún familiar, es decir que son más del 1% del total de la región. Teniendo un dato estimado de que para el año 2050 esta cantidad de personas se pueda triplicar.

Esto indica que la población de la tercera edad ira en aumento de manera exponencial y como es de conocimiento público el adulto mayor como tal, presenta complicaciones medicas propias de la edad, que al no ser tratados de manera adecuada necesitaran de un monitoreo constante ya sea de parte de sus familiares o alguna persona contrada que se encargue del cuidado del adulto mayor, para poder aumentar su longevidad mejorando su calidad de vida.

El monitoreo de personas dependientes por medios tecnológicos no es algo nuevo, para los bebés se inventó en 1937 el “Radio Nurse” diseñado por Isamu Noguchi y hecho por Zenith Radio Corporation, el dispositivo transmitía sonidos provenientes de la habitación del bebé para saber si ya se despertó o hay algún agente externo que interrumpa su descanso. Este dispositivo electrónico reposa en el Museo de Arte de Filadelfia. (Art, 2023)

## **Figura 2**

### *Monitor de bebés*



*Nota.* Radio Nurse primer monitor de bebés que salió a la venta en 1938. Fuente: (Art, 2023)

### *Estado del arte*

En el análisis del estado del arte que aquí se agrupan se los genero de dos maneras: la primera es sobre los estudios de riesgos de caídas que puede tener un paciente adulto mayor dependiente en situaciones de movilidad y perímetro seguro y la segunda es sobre los estudios de sistemas de detección de caídas para el paciente adulto mayor dependiente en situaciones de movilidad y perímetro seguro.

### *Riesgos de caídas en pacientes hospitalizados*

A nivel internacional, uno de los artículos más importantes es el de Dr. Varela Silva Francis Enrique en su informe final de tesis “Riesgo de caídas en los pacientes hospitalizados

del servicio de cardiología de adultos, del Instituto Nacional cardiopulmonar de Tegucigalpa, Honduras, en los meses de diciembre del 2017 y enero del 2018.” (Varela Silva, 2018)

El objetivo del trabajo de (Varela Silva, 2018) nos dice que quiere determinar en el Instituto Nacional Cardiopulmonar de Tegucigalpa el riesgo que existe de caídas en sus pacientes en un rango de 2 meses. La muestra estuvo representada por 83 pacientes, siendo el género femenino quien reporto más frecuencia de sufrir caídas, las personas estudiadas son los mayores de 65 años, los factores se encuentran relacionados al debilitamiento muscular, degradación articular y falta de reflejos.

(Varela Silva, 2018) a su vez señala que las caídas son un acontecimiento involuntario que ocasiona que el paciente quede sin equilibrio y dar que el cuerpo golpee contra la tierra o alguna extensión de terreno firme que lo detenga, o a su vez es una consecuencia de que el individuo se precipite contra el piso sin su propia voluntad, pudiendo ser este acontecimiento de manera repentina, involuntaria e insospechada. Indica también que a nivel mundial las caídas son la segunda causa de muerte a nivel ya sean accidentales y no accidentales.

Entre los factores asociados al riesgo de caídas que se incluyeron en el estudio fueron: edad, genero, consumo de drogas y alcohol, factores socioeconómicos, factores fisiológicos, enfermedades de patología cardiovascular, enfermedades de patología neurológica/psiquiátrica, enfermedades de patología del aparato locomotor, enfermedades de patología sensorial, enfermedades de patología sistemática, grupos de fármacos antidepresivos, antibióticos, toxico cerebelosos, factores extrínsecos.

Entre los principales resultados se halló que de los 83 participantes el 63.9% eran mayores de 65 años, 9,6 entre 60-65 años, el 16,9 entre 50-60 años y el resto eran inferiores a 50 años. La distribución de género de los participantes fue 42,17% con género femenino y del

57,83% como género masculino, de la misma manera indican que el 33,73% son de ocupación ama de casa, el 22,89% no tienen ocupación, el 19,28% se dedican a diversas actividades, el 13,25% se dedican a la agricultura, el 10,84% se dedican a una actividad comercial. Así mismo se muestra que 32,53% ya posee antecedentes de caídas de los cuales el 42,84% de 35 fueron femeninas y el 25,0% de 48 masculinos.

La mayoría de caídas se dio en su domicilio con el 92,6% y mientras que solo el 7,4% en un hospital. Según el estudio realizado se encuentra el uso de medicamentos donde el 61,45% fueron diuréticos, el 30,12% fueron hipotensores no diuréticos, el 3,61% fueron tranquilizantes y sedantes, mientras que el resto se encontraban con otros medicamentos.

Del estudio mostrado de las 27 personas que sufrieron las caídas se tiene que el 30,12% tuvo alguna alteración visual, el 16,87% tuvo una alteración auditiva y el 53,01% no tuvo ninguna alteración. De estos el estado mental del 15,66% era normal, el 50,04% se encontraban orientados, y el 25,03% se encontraban confusos. También pudo determinar que el 46,99% tuvo atrofia muscular, el 8,43% degeneración en las estructuras articulares, el 4,84% tuvo enlentecimiento de reflejos, mientras que el 1,20% tuvo disminución en la capacidad propioceptiva y alteraciones nerviosas.

A manera de conclusión (Varela Silva, 2018), señala que con más frecuencia ocurren las caídas en las mujeres que son adultos mayores de las cuales casi en su totalidad eran amas de casa y las caídas se dieron en su domicilio. Como consecuencia de las caídas son el desgaste de sus músculos y partes blandas, también la degradación de articulaciones y la disminución los reflejos.



### *Caídas en el adulto mayor*

A nivel regional, uno de los artículos más importantes es el de Valencia del Águila Lida Carolina en su informe de tesis “Características de las caídas en el adulto mayor que ingresa por emergencia del hospital San José Callao - 2018” (Valencia del Aguila, 2019).

Como objetivo principal (Valencia del Aguila, 2019), nos indica que en el Hospital San José Callao quiere determinar el tipo de caídas de los adultos mayores de 60 años que se encuentran en emergencia. La muestra tomada en los pacientes es de 393 que sufrieron caídas e ingresaron al servicio de traumatología y cirugía, igual se encuentra que la mayoría de caídas se da en personas de género femenino.

Las personas adultas mayores son las que sufren más caídas mortales, de la misma manera (Valencia del Aguila, 2019), indica que las caídas son producto de un evento en el cual el paciente se impacte con el suelo de manera involuntaria de las cuales 6464 personas fallecen al año y cerca del 80% se presentan en países de tercer mundo.

Según (Valencia del Aguila, 2019), los factores asociados al riesgo de caídas según la autora son: factores intrínsecos (relacionados con el envejecimiento y patologías) y factores extrínsecos (factores medioambientales).

Entre los principales resultados que detalla la autora se tiene que: la frecuencia que se producen las caídas en el adulto mayor tuvo una cifra más alta en noviembre con un 13% después octubre con un 11,2% y el mes de febrero con un 10,2%, así mismo el mes más bajo es el mes de marzo que se presenta con un 3,3%. (Valencia del Aguila, 2019), a su vez detalla que el 62,6% de adultos mayores son mujeres, mientras que el 37,4% son hombres, de estos el 62,1% son mayores de entre 60-74 años, que el 32,6% están entre 75-90 años y el 5,3% son

mayores a 91 años. Se observa a su vez que 67,4% viven acompañados ya sea con algún familiar o amigo cercano, y el resto viven completamente solos; en cuanto enfermedades del adulto mayor el 57,3% no presentó ninguna enfermedad, 15,8% con antecedentes de presión arterial alta o baja, el 10,2% con diabetes, el 5,3% tenía enfermedades de tipo neurológico y solo un 2,5% presentaba padecimientos psiquiátricos y/o reumatológicos, con un 6,4% con otras enfermedades. Del total de pacientes encontró que 58,8% no recibía medicación, el 15% tomaba antidepresivos, el 10,2% tomaba antidiabéticos, el 1,3% benzodiacepinas y el 14,7% con otra medicación. De la misma manera las caídas se efectuaban en su domicilio con el 68,4%, en otras casas con 3% y en la calle con el 31,3%; el tipo de caídas que más surgieron en los pacientes fueron las accidentales con el 58%, luego las fisiológicas no anticipadas con el 24,7% y las caídas fisiológicas anticipadas con un 17,3%, las áreas de los pacientes con mayor afectación son la cabeza con el 17,8% y sus brazos con el 5,6%.

(Valencia del Aguila, 2019), concluyo que las caídas en las personas mayores de 60 años predominan en las mujeres siendo estos en la mañana en su domicilio, teniendo como lesiones más frecuentes los golpes, heridas y fracturas con una zona de mayor afectación en la cabeza y miembros superiores.

#### Riesgo de caídas en los pacientes hospitalizados

A nivel nacional y/o local uno de los artículos más importantes es el de: “Evaluación del riesgo de caída en los pacientes hospitalizados en el área de medicina interna de un Hospital de Tercer nivel de la Ciudad de Guayaquil”. (Pinela Requena & Vera Tabares, 2019)

(Pinela Requena & Vera Tabares, 2019), definen como objetivo principal el de evaluar el riesgo de caída de los pacientes hospitalizados, la muestra que autoras toman en esta solución es de 135 pacientes que se encuentra en medicina interna.

Las autoras toman como un concepto base de las caídas a la definición dada por la OMS, el cual dice que las caídas son la consecuencia de cualquier acción o acontecimiento que desencadena que una persona caiga al suelo contra su voluntad.

(Pinela Requena & Vera Tabares, 2019), nos indican que entre los factores para las caídas son el sexo, edad, estado de salud, actividad laboral, consumo de bebidas alcohólicas y drogas, factores socioeconómicos, trastornos médicos, efectos dados del consumo de medicamentos, problemas en su cabeza, problemas visuales, falta de seguridad del entorno.

Entre los principales resultados (Pinela Requena & Vera Tabares, 2019), nos dicen que los adultos mayores tienen un alto riesgo de caída con el 100%, luego personas de mediana edad con el 85%. De la misma manera las mujeres son propensas a sufrir más caídas con el 68%, mientras que los hombres representan el 60% dentro de la estadía hospitalaria, los pacientes con patología renal tienen un riesgo de caída de 89%, en cambio los de patologías digestiva poseen un riesgo de 79% y patologías cardíacas con 75%, de todos los pacientes el 15% sufrió una caída reciente mientras que el restante 85% no había sufrido caídas, en algunos pacientes hubieron los que necesitaban de algún dispositivo para poder caminar estos eran el 78%, mientras que el 22% caminaban de manera normal, de todos los pacientes el 77% poseían un nivel de conciencia mientras que el 23% no estuvieron consientes.

De esta manera (Pinela Requena & Vera Tabares, 2019), concluyeron que las personas hospitalizadas tienen algún riesgo de sufrir caídas. De igual manera indican que el ser más longevo es un principal factor para sufrir caídas, por tal motivo los adultos mayores son quienes pueden tener mayor riesgo de muerte o lesiones graves a causa de las caídas.

La tecnología en electrónica, computación y sistemas no tienen que ser solo un beneficio de las nuevas generaciones, en la actualidad son cada vez más los beneficiados en variedad de

campos y sus respectivas aplicaciones. Para el adulto mayor se utilizan entre otros, los dispositivos PERS (Sistema Personal de Respuesta a Emergencias), que son dispositivos portátiles que hacen uso de las características del GPS enlazados mediante WIFI a un router con salida a internet. (Betten, 2023).

“El estigma de los dispositivos” también está desapareciendo. Un niño podría tener un reloj de pulsera con GPS que lo mantenga vigilado en el centro comercial, los adultos con muñequeras para el control de actividades, con las que hacen el seguimiento de sus ejercicios y de su régimen alimentario. Entonces, el adulto mayor puede utilizar un reloj o un colgante con GPS si es propenso a deambular o a caerse.

Según la AARP (American Association of Retired Persons) en su artículo: 8 tecnologías para monitorear a la distancia, menciona algunas plataformas para el caso de caídas y otras urgencias. 5Star Urgent Response, de GreatCall, usa GPS para ubicar al paciente que haya comunicado por un sistema móvil para el caso de emergencias. MobileHelp, tiene un dispositivo PERS con GPS y un botón de ayuda que contacta a un familiar por teléfono y correo electrónico, desde enero del 2021 incluye un sensor de caídas para el caso de que el paciente no pueda aplastar el botón. Life Alert tiene un colgante o pulsera con un botón de ayuda que interactúa con un teléfono celular que se comunica con el centro de monitoreo mediante una aplicación para teléfonos inteligentes.

Así como en EEUU, en España la plataforma Depencare de cuidado de personas mayores hace referencia a varios aparatos de vigilancia para personas mayores entre ellos: Pulsera y relojes con detector de caídas y GPS, celulares con botón de ayuda, cámaras de vigilancia fijas y motorizadas de tamaño pequeño para que no intimiden al adulto mayor

monitorizado, sistema de alarma con botón de SOS y varios sensores para tomar acción en caso de inactividad y caídas.

En varios estudios realizados se hace especial relevancia a los sensores como en la “MASTER THESIS” de autoría de la francesa Lucia Gallego Olivares con el tema de “STUDY AND IMPLEMENTATION OF A FALL DETECTION SYSTEM BY MEANS OF AN ACCELEROMETER”, cuyo objetivo es el estudio e implementación de un sistema de detección de caídas mediante acelerómetro para lo cual se hizo un muestreo de 35 veces de 3,9 segundos establecidos para la adquisición de 15 paquetes en tres test, test 1: pruebas de marcha a baja velocidad, test 2: pruebas de marcha a velocidad normal y test 3: pruebas de marcha a velocidad rápida, para el efecto se utilizó como sensor el acelerómetro ADXL355 y al actuador es el microcontrolador Arduino MKR WIFI 1010, sistema que fue adaptado en un cinturón colocado en el adulto mayor. Con los resultados obtenidos tras las pruebas realizadas por dos algoritmos, uno que proporciona una mayor probabilidad de encontrar todos los pasos realizados durante la prueba con una zona de picos de búsqueda grande que, hace que sea menos preciso, otro algoritmo con el límite de búsqueda bien fijado con la precisión muy alta con lo que se logra concluir que es posible realizar una adquisición y análisis de datos confiables utilizando hardware y software de bajo costo y fácilmente disponible.

En otro ámbito en el trabajo de fin de grado titulado “Sistema de detección de caídas de personas mayores por medio de visión artificial” de Sergio González Díaz de la Universidad Carlos III de Madrid, tiene por objetivo crear un dispositivo basado en un sistema de visión artificial capaz de detectar de forma inmediata las caídas. La visión artificial ha desarrollado y mejorando numerosas técnicas matemáticas para capturar las figuras tridimensionales y apariencia de los objetos a partir de imágenes con métodos fiables que permiten generar objetos 3D a partir de imágenes bidimensionales y realizar seguimientos de personas o incluso

reconocimiento de personas. En la vivienda del cliente se instala un dispositivo creado con una placa Raspberry Pi que se enlaza a una cámara y a un programa creado para el efecto. Se ha tomado como muestra un total de 83 videos, siendo 31 de caídas y 52 de actividades cotidianas, donde el resultado ha sido 62 aciertos que representan el 75%, 12 falsos positivos que son el 14% y 9 falsos negativos con el 11%. En este trabajo se concluye que los resultados han sido buenos, pero no lo suficiente para ser llevados al ámbito comercial para lo que se sugiere realizar modificaciones futuras.

En la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid Departamento e Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control, se realizó la tesis doctoral bajo el título **DETECTORES DE CAÍDAS PARA TELÉFONOS INTELIGENTES BASADOS EN ALGORITMOS DE DETECCIÓN DE NOVEDAD** de Carlos Tomás Medrano Sánchez. El objetivo de este trabajo a largo plazo es desarrollar un detector de caídas usando teléfono inteligente que sea confiable y robusto. El estudio se hizo con una muestra de 10 personas, 7 hombres y 3 mujeres entre 20 y 42 años con un peso entre 54 y 98 kg y una altura de 1.61 a 1.84 m. Con las pruebas con sensores magnético y de aceleración permiten obtener la gravedad y la aceleración lineal para determinar la orientación global del dispositivo como la información de los sensores de movimiento y posición de Android. El giroscopio no se considera ya que un teléfono de gama media-baja no lo tiene. Las pruebas con el Samsung Galaxy Mini resultaron poco confiables con el sensor magnético ya que su calibración es muy delicada, pero, con el sensor de aceleración fueron fiables. En este trabajo se concluye que se ha hecho una contribución a la detección de caídas por medio de teléfonos móviles de gama limitada facilitando la adaptación a varias circunstancias.

En Ecuador en la provincia del Tungurahua con el título **“SISTEMA DOMÓTICO BASADO EN IOT PARA EL CENTRO INTEGRAL DEL ADULTO MAYOR DE LA**

CIUDAD DE AMBATO” como trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones en la “Universidad Técnica De Ambato” facultad de “Ingeniería en sistemas, Electrónica e Industrial” Carrera de “Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones” cuyo autor es Jonathan Eduardo Moreta Tigse, propone como objetivo “Implementar un sistema domótico basado en IoT en el Centro Integral del Adulto Mayor de la Ciudad de Ambato”. El muestreo se lo realiza en el interior de las instalaciones del “Centro Integral del Adulto Mayor” en una habitación adecuada para el desarrollo del proyecto. Como actuador se encuentra una Raspberry Pi 4 y los sensores de: Temperatura, de humedad DHT-22, de humo MQ-135, de movimiento y reconocimiento de voz. Como resultado todos los sensores funcionan bien, para el de movimiento se enciende una luz cuando se detecta presencia en la habitación. Se concluye que el uso de la domótica ayuda en el cuidado y asistencia al adulto mayor con la ayuda de los dispositivos IoT y su capacidad de comunicación y respuesta con un servidor en la nube.

## **PROBLEMA**

El adulto mayor dependiente requiere de un monitoreo constante de su estado de movilidad y ubicación segura dentro del perímetro de su lugar de residencia, situación que se deriva a una persona a su cargo, este monitoreo puede verse interrumpido por varias causas propias de las responsabilidades adicionales de la persona encargada y de los momentos de privacidad que el adulto mayor necesite, entre otras causas, tornándose en un problema el monitoreo constante las 24 horas del día además de conocer el estado de movilidad y ubicación en tiempo real.

Durante el proceso de envejecimiento, el adulto mayor experimenta diferentes cambios tanto físicos, psicológicos, afectivos, lesiones, mala nutrición, incontinencia y también deterioro

cognitivo entre otros, teniendo algunas consecuencias como las caídas y la pérdida de memoria o demencia, también hay que tener en cuenta que las caídas en el adulto mayor son consideradas como la segunda causa de muerte. (OMS, 2021).

En Ecuador, según (INEC, 2018), en el censo realizado en el año 2010, mostraron que 1.049.824 son personas mayores de 65 años existen en nuestro país, esto representa el 6,5% de la población total, donde se realizó un estudio para determinar la proyección en futuros años de los adultos mayores en nuestro país en donde se determinó que la población del adulto mayor aumentaría progresivamente, se estimaba que para el 2020 serían cerca del 7.4% y para el 2054 serán cerca del 18%. Con un promedio de vida mayor con 83,5 años en el género femenino y 77,6 años en género masculino, (Ministerio de Inclusión Económica y Social, s.f.). Como se puede observar habrá un aumento tanto de la población como de la esperanza de vida del adulto mayor en nuestro país, esto provocaría que exista un aumento significativo de personas con una necesidad de atención.

Estos datos representan la realidad de lo que nuestro país vive en la actualidad, y donde se evidencia que Ecuador necesita de más personal especializado en las enfermedades y sobre todo para cuidar de adultos mayores, de la misma manera la creación de más instituciones que se dediquen específicamente al monitoreo y cuidado constante de esta población en riesgo constante, también se podría generar políticas sociales y/o actividades que beneficien la salud de los adultos mayores, por tal motivo es de vital importancia crear una o varias herramientas de ayuda a estas instituciones y personal especializado que permitirán tener un mejor control y monitoreo del cuidado que se debe tener sobre este tipo de personas, para lo cual este proyecto está enfocado en solventar la problemática ¿En qué medida ayudaría el diseñar un prototipo de aplicación móvil de monitorización constante para adultos mayores dependientes en



situaciones de movilidad y perímetro seguro en el barrio Villa Solidaridad del sector Quitumbe?

### ***Marco hipotético y/o preguntas de investigación***

Al realizar la investigación sobre temas relacionados a este proyecto se ha logrado generar la siguiente pregunta principal: ¿En qué medida ayudaría el diseñar un prototipo de aplicación móvil de monitorización constante para adultos mayores dependientes en situaciones de movilidad y perímetro seguro en el barrio Villa Solidaridad sector Quitumbe?

De esta manera se generan las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los procesos y entornos de dispositivos disponibles en la detección de caídas?
- ¿Cómo realizar un correcto diseño de un aplicativo móvil con sensores y actuadores para la detección de movilidad y perímetro seguro en el adulto mayor dependiente?
- ¿Cómo se puede integrar el aplicativo móvil en el sistema operativo Android?

### **POBLACIÓN Y MUESTRA**

Esta investigación estuvo constituida por una persona mayor de 60 años dependiente que se encontraba en la residencia en situación de monitoreo constante.

Adicional a esto se conversó con una persona que trabaja en un centro geriátrico el cual manifestó que tiene dos personas adultas mayores con riesgo de movilidad y necesitan ser monitoreadas constantemente.

## **JUSTIFICACIÓN**

Cuando el adulto mayor se vuelve dependiente se hace necesario la ayuda más personalizada de quien se encuentre a cargo, esa persona puede necesitar a la vez cumplir con otras actividades y el adulto mayor queda sin monitorización del estado de su movilidad.

Para esto se puede hacer uso de la tecnología y alcances de elementos tecnológicos inteligentes para mediante un dispositivo de fácil manejo, portabilidad y comunicación la persona a cargo tenga una ayuda y soporte para monitorear los movimientos o la falta de estos, hacer un seguimiento de las áreas seguras o del perímetro permitido por parte del adulto mayor dependiente, ya que en muchas ocasiones el cuidado del mismo se deja con una sola persona que puede estar capacitada o no para el efecto.

Utilizar sensores, actuadores, sistemas embebidos y aplicativos móviles que interactúe con dispositivos inteligentes y alarmas sonoras o de iluminación, son de gran ayuda en el ámbito de la salud y en esta ocasión aplicable para el monitoreo del adulto mayor dependiente para los casos de movilidad que cubre vigilancia de tiempos y tipo de movilidad en la cama, en el trayecto a realizar sus actividades en los ámbitos que el adulto mayor los necesite y alrededor del perímetro seguro permitido según sea el caso y gravedad del estado cognitivo del adulto mayor dependiente.

Gracias a una aplicación móvil se puede recibir notificaciones, advertencias y alarmas en cualquier dispositivo portable que posea la persona a cargo del adulto mayor dependiente y pueda en tiempo real monitorear el estado de éste, gracias a esto la persona a cargo del monitoreo no necesita estar conectada a un equipo grande como una laptop, computadores de escritorio, que al ser dispositivos grandes no se pueden trasladar de un lugar a otro, tampoco

caben en los bolsillos de su vestimenta, carteras, canguros y demás implementos de almacenaje que utiliza el personal que monitorea al adulto mayor.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo general:***

Diseñar un prototipo de aplicación móvil de monitorización constante para adultos mayores dependientes en situaciones de movilidad y perímetro seguro utilizando dispositivos tecnológicos con tecnología Open Source.

### ***Objetivos específicos:***

- Identificar y recopilar procesos y entornos acerca de dispositivos disponibles para la detección de caídas en los adultos mayores.
- Diseñar un sistema para dispositivos móviles que va a interactuar con varios sensores y actuadores para la detección de caídas y perímetro seguro.
- Construir un sistema micro controlado para la detección de caídas en el adulto mayor dependiente, de igual manera desarrollar una aplicación móvil que permita la generación de alertas.
- Comprobar la integración de la aplicación móvil en el sistema operativo móvil Android, para tener un control sobre los datos obtenidos.

## **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La metodología en Ingeniería de software no es un proceso rígido, si no constructivo; adecuado a productos y servicios. En este escenario aparecen las Metodologías Ágiles, en

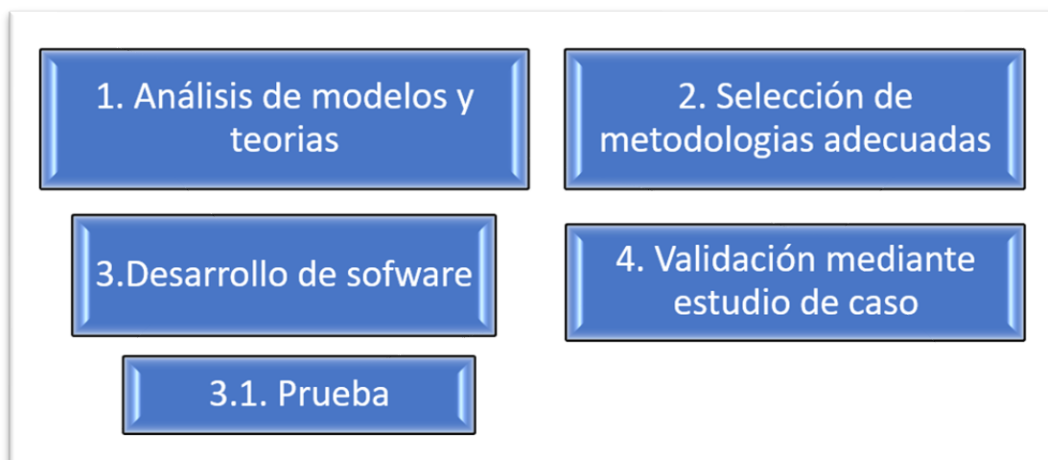
respuesta a la calidad y la rapidez de productos informáticos necesarios en la vida cotidiana de empresas, instituciones fundamentalmente.

La metodología ágil como tal no hace referencia a las indicaciones a seguir exactamente durante el desarrollo del software. Se trata de una forma de pensar y en ello está presente los flujos de trabajo, delimita un conjunto de valores que ordenan las decisiones.

En este trabajo se analizó desde la teoría existente; experiencias que demuestran que las metodologías utilizadas de desarrollo de software han cambiado fundamentalmente en ciertos aspectos, ya que los requerimientos de los consumidores son más veloces que la propia producción de software.

### Figura 3

*Etapas del desarrollo de la tesis.*



*Nota.* Estructura del análisis de argumentación de la tesis. Elaborado por: Los autores.

En este capítulo, se detalla la revisión sistemática de la literatura del tema, desarrollado y los resultados obtenidos.

### ***Análisis de modelos y experiencias***

En este apartado se analizó a partir de tres categorías de selección según la incidencia en el resultado esperado de la investigación que se presenta, la primera categoría IB- incidencia baja; IA- incidencia alta; IM- incidencia media.

### ***Selección de Metodologías adecuadas.***

Las metodologías analizadas determinaron la selección de la que se acerca al propósito del estudio, se trata de la Metodología XP. Se describe las fases de la metodología.

En la planificación (fase 1) se descomponen en mini-versiones. Cada 15 días aproximadamente de iterar, se debe conseguir un software útil, listo para probar y ejecutar. En el diseño que es la fase 2 se trabaja con un código sencillo, se obtiene el prototipo. En la etapa 3, nombrada codificación de todos, se conseguirá una programación organizada y planificada. Programando entre dos. Continúa con las fases 4 de prueba y la 5 de lanzamiento.

### ***Desarrollo de software***

El Capítulo II describe las etapas de construcción del aplicativo, con dos apartados; uno dedicado al hardware y el segundo al software.

### ***Prueba.***

Se trata del testeo automatizado y constante, el beneficiario puede hacer pruebas, proponer cambios y solicitar nuevas pruebas e ir validando las mini-versiones.

### ***Validación mediante estudio de caso.***

En este apartado se ha llegado a probar todas las sugerencias del usuario o mini-versiones que se ejecutaron con éxito, ajustándonos a lo solicitado por los clientes.

### ***Métodos y técnicas***

#### ***Análisis Documental***

El análisis documental, es un trabajo de proceso intelectual, se extraen las nociones fundamentales del documento en cuestión. Analizar, por tanto, es derivar de un documento el conjunto de palabras y símbolos que le sirvan de representación.

(Bardin, 2002) define el análisis documental como “operación, o conjunto de operaciones, tendentes a representar el contenido de un documento bajo una forma diferente de la suya original con el fin de facilitar su consulta o localización en un estudio ulterior”.

La información debidamente tratada puede representada de otra manera por algún proceso de transformación. De esto se puede decir que el análisis documental es una etapa previa en la constitución de un servicio de una base de datos, permitiendo generar un resumen o extracto de un documento primario a uno secundario. (Bardin, 2002).

El análisis documental sirvió para sustentar debidamente el marco teórico en esta investigación, y así poner como antecedentes las variables de la investigación.

#### ***El estudio de caso como método de validación***

Para validar la experiencia se utilizó el estudio de caso descriptivo. Considerado como Método (cuando constituye el procedimiento para la obtención de conocimiento válido)

(Alonso, 2023). Con el objetivo de analizar cómo acontece el uso de la aplicación construida. Esta forma metodológica describe en sí un fenómeno, proceso o evento.

Aquí el investigador trata el caso único como una unidad de análisis, la tipología como tal se usa en ciertos casos especiales cuando reúnen ciertas condiciones que se necesitan para aprobar, contrastar la teoría que se aplicable. El caso único es adecuado siempre y cuando el suceso presentado sea sustentado con información y datos consistentes o a su vez las conclusiones sean contundentes. El utilizar este diseño evita desviarse en el proceso de investigación ya que se busca un solo objetivo, que es ilustrarse de cierto caso en particular que posee los elementos necesarios detallar y especificar sobre el tema estudiado.

Se puede enfocar en describir, interpretar, explicar y narrar el tema, teniendo como objetivo el comprender en vez de medir, predecir o controlar de manera científica los temas estudiados con esto se busca tener una comprensión integral holística del tema estudiado.

### ***Observación***

Se manejó la observación participante estuvo basada en ciertos principios, el cual le permite integrarse de manera efectiva con el tema estudiado, pudiendo observar de primera mano sobre lo indicado en el tema estudiado lo cual le permite tener una mejor comprensión, ampliando aún más su conocimiento.

- Detalles observados.
- Registro detallado, preciso y completo de todo lo acontecido y acciones generadas.
- Descripción exhaustiva de las personas y de los contextos físicos.
- Las actividades realizadas por el observador.
- Las percepciones y destrezas del observador.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

Las caídas y la movilidad dentro de un perímetro seguro son de mucha importancia para las personas encargadas del cuidado del adulto mayor pudiendo ser estas personal especializado y familiares directos, por lo tanto, se debe tener un conocimiento adecuado, sobre la causalidad que puede ocasionar el que la persona mayor sufra una caída o presente problemas de movilidad.

### 1.1 EL ADULTO MAYOR

#### *1.1.1 Deterioro cognitivo*

El deterioro cognitivo varía de persona a persona, tanto que al principio pueden ser imperceptibles como al presentar síntomas de olvido que son provocados con la existencia de la depresión, ansiedad y envejecimiento cerebral. Cabe mencionar que los problemas neurológicos perjudican al 50% de los adultos mayores de 60 años, mientras que la demencia afecta al 10% de la población.

Al incrementarse la expectativa de vida en la población a nivel mundial está ocasionando que exista un aumento en las enfermedades que aparecen en edades avanzadas las cuales causan incapacidad física y a su vez se asocian con deterioro intelectual, lo que causa una afectación a la calidad de vida del paciente. (Reuter – Lorenz, 2002).

#### *1.1.2 Dependencia y fragilidad*

Con el pasar de los años el adulto mayor pierde masa muscular, tiene déficit de atención y pérdida de memoria. De igual manera decae su cuidado personal dejando ser autónomos



necesitando ayuda ya sea de algún familiar o persona que se encargue de su cuidado. En el mundo existen millones de personas que poseen cierta forma de discapacidad notable.

Los adultos mayores tienen un alto riesgo de sufrir algún tipo de discapacidad gracias al envejecimiento y enfermedades producidas propias por la edad. Existe un estudio el entramiento físico podría evitar el deterioro de movilidad y dependencia familiar.

A su vez la fragilidad puede ocasionar que la persona quede invalida, esto hace que la persona que cuida de la persona mayor lo haga de manera amable, debe ser paciente, y sobre acompañarlo en todas sus actividades, para evitar que esta sufra de golpes o caídas pudiendo ocasionar fracturas.

### ***1.1.3 Enfermería y cuidados***

En la actualidad la enfermería ha evolucionado a tal punto que sus practicantes presentan una mayor vocación y buena voluntad, lo que ocasiona que se genere un nivel alto de profesionalismo, humanismo y conocimiento científico que permite brindar una debida atención especializada. De ahí el interés de realizar una revisión acerca del debido cuidado, la naturaleza y la importancia del mismo, esto es de una gran importancia para los profesionales de enfermería. (B., 2011)

La enfermería tiene por esencia el CUIDADO, este puede ser definido como, las acciones que realiza el personal de enfermería y tienen como finalidad el resolver múltiples problemas que interfieren en la calidad de vida de las personas. El cuidado está dirigido a la persona (individuo, familia, grupo y comunidad), que, en continua interacción con su entorno, vive experiencias de salud. (Kérouac y otros, 2007).

## **1.2 DESARROLLO DE LA TECNOLOGÍA**

### ***1.2.1 Internet de las cosas (IoT)***

En 1999 Kevin Ashton logra eliminar la intervención humana en la comunicación entre dos cosas o dispositivos utilizando tecnología de ondas de radio frecuencia para en años posteriores con otros investigadores proponen un modelo donde se resalta tres características:

1. La producción de datos a gran volumen.
2. Almacenar, procesar y analizar la información.
3. Eliminar la intervención humana.

IoT es conectar módulos físicos entre sí y a una red que recopila y comparte información a través de internet.

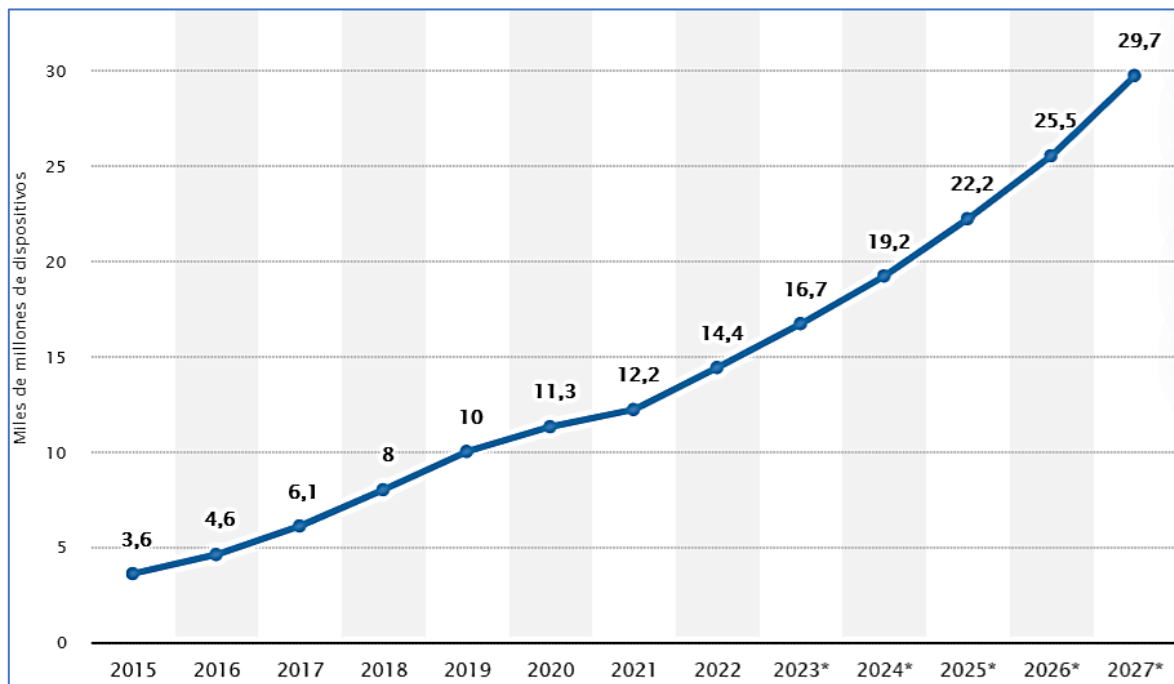
#### ***1.2.1.1 Evolución.***

En las figuras siguientes se puede hacer una relación de la evolución de la cantidad de módulos conectados con respecto a la población mundial. Se puede apreciar que 16 años después que Kevin Ashton proponga el concepto de IoT, en el año 2015, existía un dispositivo por cada 2 habitantes; 3 años después, para el año 2018 hay un dispositivo por persona; luego de 5 años, en este año 2023 el número de dispositivos IoT conectados son aproximadamente el doble de la población mundial y según las proyecciones, después de 4 años, para el 2027 existirán más de tres dispositivos por habitante.

Haciendo la relación en números desde el 2015, la población mundial aumentó aproximadamente mil millones de habitantes, mientras que los dispositivos conectados aumentaron en alrededor de 13 mil millones hasta el año 2023.

**Figura 4**

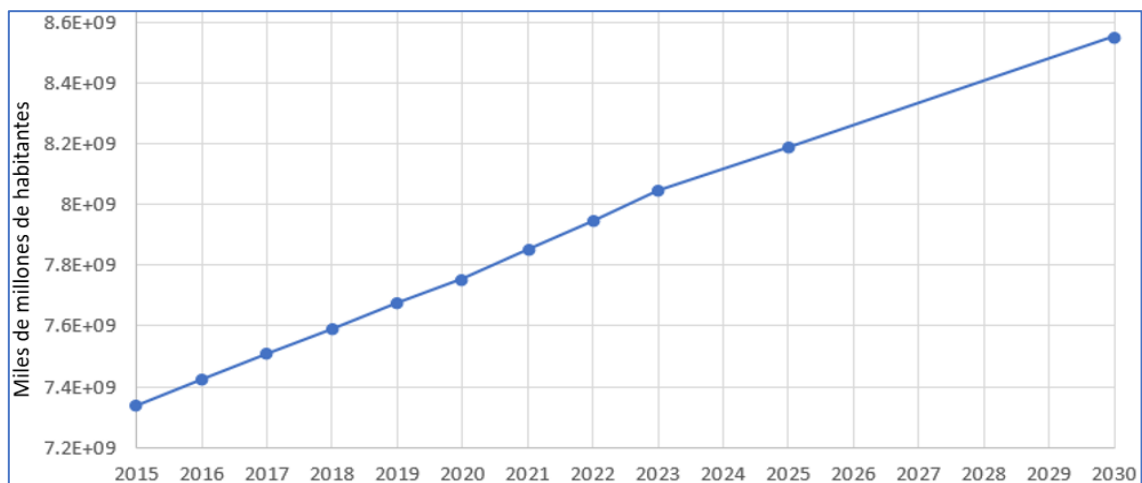
*IoT: dispositivos conectados vs año calendario.*



*Nota.* Dispositivos conectados a escala mundial 2015-2027. Fuente: (Statista, 2023)

**Figura 5**

*Fragmento de población Mundial.*



*Nota.* Población (2015-2030). Elaborado por: Los autores con datos recuperados de: (Worldometer, 2023)

La evolución en IoT no solo es en número de dispositivos, sino, en tecnología como en el software desarrollado para recopilar e interpretar la información y en las plataformas que se encargan de recopilar la información, presentarla en diferentes formas y formatos en los diferentes dispositivos ya sean móviles o de escritorio.

En la actualidad la información a gran escala ha dado paso al “big data” y al impulso de métodos y tecnologías para el procedimiento e interpretación de esos datos inspirados en los procesos del cerebro humano, tales como como las redes neuronales en la inteligencia artificial.

### ***1.2.2 Aplicaciones del IoT***

A continuación, ejemplos del aporte del IoT en algunos campos primordiales como:

- Hogares inteligentes. Es donde más se lo utiliza, por ejemplo, en regulación de iluminación y temperatura, control de puertas y ventanas, seguridad y otras actividades cotidianas.
- Ciudades inteligentes. El uso de dispositivos que con a la información recopilada optimizan procesos y servicios cotidianos de una ciudad como la movilidad en el transporte público.
- Salud. Optimizar el proceso de diagnóstico y monitoreo de los pacientes con la información procesada y la ayuda de plataformas conforme a la necesidad del centro hospitalario.
- Transporte. Un seguimiento en tiempo real del tráfico para generar advertencias de atascos u otros inconvenientes y generar sugerencias para una mejor movilidad.
- Agricultura. Evaluar variables como la radiación del sol, el clima, para automatizar procesos como el regadío, fertilización y otras actividades.

- Industria. Automatizar los procesos tecnológicos para un adelanto representativo en los métodos de fabricación y sus resultados.

Entre otros, a la capacidad de decidir y mejorar los procesos generalmente repetitivos desde cualquier lugar del mundo con o sin intervención del ser humano.

### ***1.2.3 M2M (Máquina a Máquina)***

La comunicación M2M es una característica de la tecnología IoT donde su mentor Kevin Ashton se refirió a la comunicación directa entre dos o más máquinas o dispositivos independiente de la red y sin la necesidad de intervención humana. M2M se utiliza para que los dispositivos compartan información y en base a esos datos automaticen procesos haciendo uso de varios protocolos y tecnologías en esencia inalámbricas para la transferencia de información, cuyas características serán especificadas más adelante.

En general, la comunicación M2M es un componente crítico de la tecnología IoT, que permite que los dispositivos trabajen juntos sin problemas y de manera autónoma para mejorar la eficiencia, mejorar la seguridad y fomentar la innovación en una variedad de campos. (Philippe Moura, 2018)

### ***1.2.4 Arquitectura IoT***

Varios autores han propuesto modelos de arquitectura de 3, 4, 5 y 7 capas siendo la más usada la de 3 capas; capa de percepción o física, capa de red y capa de aplicación, las mismas que se describen a continuación:

- Capa de percepción. Es la encargada de recopilar información de los dispositivos sensores, generada usualmente como valores de voltaje, luego interpretada por

dispositivos llamados actuadores a valores de: temperatura, posicionamiento, distancia y más. Los dispositivos de IoT son previamente seleccionados y definidos como parte de la función de esta capa para el proyecto de IoT que se esté aplicando como en el ejemplo de la figura 5.

**Figura 6**

*Primera capa de arquitectura IoT de 3 capas.*



*Nota.* Ejemplo de capa de Percepción. Fuente: (Carlos Chuquimarca, 2022)

- Capa de Red. Globaliza las conexiones alámbricas e inalámbricas tanto de sensores, actuadores y el transporte de la información hacia afuera de la locación donde se encuentran los dispositivos IoT por medio del ruteador de proveedor del servidor de internet llegando la comunicación hasta y desde la nube haciendo el uso de protocolos y tecnologías según corresponda la etapa de transmisión como lo sugiere el ejemplo que de manera general se representa en la figura 6.

**Figura 7**

*Segunda capa de arquitectura IoT de 3 capas.*



*Nota.* Ejemplo de capa de Red. Fuente: (Carlos Chuquimarca, 2022)

- **Capa de Aplicación.** En esta capa es donde el internet de las cosas presenta su función con el almacenamiento, análisis e interpretación de datos como soporte para la toma de decisiones y para transformar los servicios en inteligentes mediante plataformas diseñadas para interactuar con el usuario automatizando rutinas, presentando mensajes de advertencia o informativos como resultado de un constante monitoreo en tiempo real con el soporte de la información en la nube. En la figura 7 se representa de manera general algunas de las aplicaciones que el internet de las cosas puede proveer al usuario final.

**Figura 8**

*Tercera capa de arquitectura IoT de 3 capas.*



*Nota.* Ejemplo de capa de Aplicación. Fuente: (Carlos Chuquimarca, 2022)

### **1.2.5 Comunicación e Interconexión**

La comunicación de la información necesaria para interactuar con el usuario final de un sistema IoT se realiza por los distintos tipos de redes existentes, las mismas que pueden ser por medios físicos guiados o alámbricos y por medios que no son físicos como las redes inalámbricas.

A continuación, se hace un breve paso descriptivo de los distintos tipos de red que forman parte de la infraestructura, partiendo de su concepto básico.

### 1.2.6 Red Informática

Red, “Del latín rete; cuerdas o alambres en forma de malla” (ESPAÑOLA, 2023), en inglés net, término que originalmente se utilizó para describir una malla de medios físicos o guiados como cable de cobre, par trenzado o cable coaxial, que en un principio permitieron la estructura de redes informáticas alámbricas para la conexión entre computadoras y otros dispositivos para de manera local transmitir, intercambiar o compartir información y recursos.

### 1.2.7 Redes Alámbricas

En la actualidad las redes informáticas alámbricas salieron de la frontera local con tecnología como la fibra óptica y los medios no guiados inalámbricos de largo alcance que optimiza su velocidad, área, tecnología y capacidad de transmisión. Las redes informáticas se pueden clasificar por su tamaño, topología y tecnología. En la Tabla 1 se hace referencia a la clasificación y características a los tipos de red por medios guiados con respecto a su distancia.

**Tabla 1**

*Descripción y aplicación de los tipos de redes por medios guiados*

<b>RED</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>APLICACIÓN</b>
LAN (Local Area Network)	Red de área relativamente pequeña de propiedad privada que van desde pocos metros hasta cientos de metros utilizando repetidores.	En el hogar, oficinas, instituciones educativas, instituciones de salud, fabricas, grandes bodegas y para comunicación entre edificios también conocida como Red de Campus.
MAN (Metropolitan Area Network)	Son redes públicas o privadas que necesitan unir varias LAN lejanas en una misma ciudad o en otra ciudad y su extensión va de cientos hasta miles de kilómetros.	Empresas y entidades gubernamentales que requieren comunicación en una extensión geográfica más extensa entre varias ciudades.
WAN (Wide Area Network)	Este tipo de red une las redes MAN llegando a cubrir distancias entre países y continentes.	Comunicación internacional dando paso la red de redes que es el Internet transformándose en uso público y privado a nivel mundial.

*Nota.* Redes Principales. Elaborado por: Los autores. Con datos recuperados de: (IBM, 2023)



### ***1.2.8 Redes Inalámbricas***

La transmisión inalámbrica como infrarrojo, laser, existe desde hace algunos años y las ondas electromagnéticas que ahora son las que interconectan a los equipos informáticos sin la necesidad de un medio guiado.

Las redes inalámbricas han ido evolucionando en su tecnología para cubrir las necesidades tanto en recepción, cantidad de información, velocidad, distancia y recepción. A continuación, se describen los tipos de red por medios inalámbricos con respecto a su área de cobertura.

#### ***1.2.8.1 WLAN (Wireless Local Área)***

Son el equivalente a las redes LAN es decir para el mismo uso como el hogar, oficinas, edificios; la tecnología utilizada se llama WiFi (802. 11b/g/n), con una cobertura de 10 a 100 metros con banda de frecuencia no licenciada.

#### ***1.2.8.2 WMAN (Wireless Metropolitan Área Network)***

Es el equivalente a las redes MAN es decir para su difusión en el área metropolitana o las ciudades con la tecnología más característica llamada WIMAX (802. 16) cuyo alcance va de 4 a decenas de kilómetros.

#### ***1.2.8.3 WWAN (Wireless Wide Área Network)***

Como la WAN su cobertura es más grande que abarca países y continentes haciendo uso de tecnologías como GSM, UMTS, GPRS, 3G y 4G de redes móviles.

En la Tabla 2 se hace una breve descripción de los estándares de las redes inalámbricas con especial énfasis en las redes WLAN que son las que utilizan los dispositivos IoT.

**Tabla 2**

*Características de velocidad y frecuencia de WLAN*

<b>ESTÁNDAR WIFI (AÑO DE PUBLICACIÓN)</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Frecuencia</b>
802.11 b (1999)	11 Mbps	2,4 GHz
802.11 b+ (1999)	22 Mbps	2,4 GHz
802.11g (2003)	54 Mbps	
802. 11a (1999)	54 Mbps	5Ghz
802.11n (2009)	540 Mbps	2,4Ghz

*Nota.* Estándares WIFI. Elaborado por: Los autores. Con datos recuperados de: (Pipa Huamán, 2022)

Las redes en IoT son una parte medular para la conexión entre dispositivos, la difusión de la información puede ser de manera alámbrica o inalámbrica, de manera local entre dispositivos o hacia y desde un servidor ubicado internamente en la cercanía del proyecto o externamente en una locación distante en cualquier lugar del planeta.

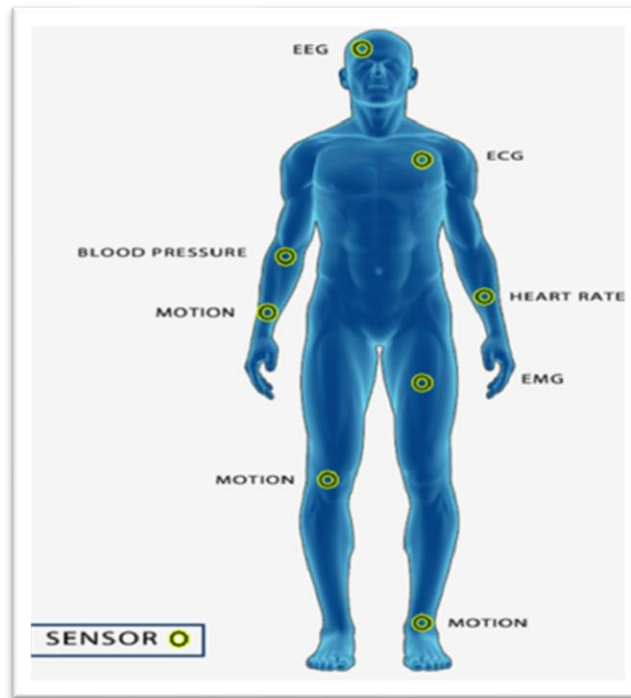
En la infraestructura de red para los dispositivos IoT intervienen tipos de redes de cobertura inalámbrica más cercana que pueden ir en el cuerpo de la persona o a pocos metros de distancia siendo estas las redes WBAN y WPAN.

#### ***1.2.8.4 WBAN Wireless Body Area Network***

Es una tecnología inalámbrica cuya aplicación principal es en el ámbito de la salud llamada salud inteligente con dispositivos IoT donde los sensores colocados en el cuerpo como dispositivos wearables, se encargan de recolectar información de sus signos vitales y otros parámetros del estado de salud.

## Figura 9

*Ejemplo de sensores en el cuerpo de una persona.*



*Nota.* Sensores WBAN. Fuente: (Alberto Domínguez, 2018)

### ***1.2.8.5 WPAN Wireless Personal Area Network***

Esta tecnología inalámbrica es de un alcance en el rango de los 10 metros y se utiliza para una comunicación más directa entre sensores y actuadores o algún periférico compatible incluyendo dispositivos móviles. Ejemplos de tecnologías PAN son Bluetooth y Zigbee los más utilizados en IoT los mismos que se describen a continuación:

### ***1.2.8.6 Bluetooth***

En el contexto de IoT la versión de Bluetooth utilizada se conoce como Bluetooth Low Energy (BLE) o Bluetooth de baja energía que se ha diseñado específicamente para dispositivos de bajo consumo de energía, como sensores, dispositivos de seguimiento y otros dispositivos

IoT. Esto permite que estos dispositivos funcionen durante largos períodos de tiempo sin necesidad de reemplazar las baterías, lo que es fundamental para muchos casos de uso de IoT.

#### ***1.2.8.7 Zigbee.***

Redes de baja potencia y largo alcance (LPWAN, por sus siglas en inglés): son redes diseñadas para conectar dispositivos de IoT que necesitan enviar pequeñas cantidades de datos a larga distancia, utilizando poca energía. Ejemplos de tecnologías LPWAN son LoRaWAN y Sigfox.

Además, en IoT se utilizan también tecnologías de red como MQTT, CoAP y REST, que son protocolos de comunicación diseñados específicamente para IoT y que permiten la transmisión eficiente de datos entre dispositivos y la nube.

En resumen, la selección de la red adecuada dependerá de las necesidades específicas de cada aplicación de IoT, incluyendo el alcance, la cantidad de datos que deben transferirse, la velocidad de transmisión, la latencia y la energía disponible.

#### ***1.2.9 Nube***

Tratándose de IoT, la "nube" se refiere a una red de super computadoras con capacidad de almacenar datos en línea, que pueden ser accedidos a través de Internet. En IoT, la nube se usa a menudo para guardar y procesar grandes cantidades de datos derivados de dispositivos IoT.

En términos de IoT, la nube es una parte importante de la infraestructura, ya que permite que la información resultante de módulos IoT sean procesados y analizados en tiempo real, lo

que puede ser utilizado para tomar decisiones empresariales importantes, optimizar procesos y mejorar la eficiencia en general.

Además, la nube también puede ser utilizada para alojar y ejecutar aplicaciones de IoT, lo que puede proporcionar una mayor flexibilidad y escalabilidad a las soluciones de IoT. La nube también podría contribuir a disminuir el coste en la infraestructura de las empresas, con esto la inversión en servidores disminuye y sistemas de almacenamiento costosos para tratar enormes cantidades de datos provenientes del módulo IoT.

#### ***1.2.10 Niebla***

Para IoT, la tecnología de niebla (fog en inglés) se refiere a un modelo de procesamiento de datos distribuido que permite procesar información en la periferia de una red, cerca de los dispositivos de IoT, en lugar de enviar todos los datos a la nube para su procesamiento.

La tecnología de niebla implica el uso de dispositivos de computación y almacenamiento cercanos a los dispositivos IoT, lo que permite procesar los datos de manera más rápida y eficiente, reduciendo la latencia y el ancho de banda requeridos para transmitir los datos a través de una red.

La tecnología de niebla también puede mejorar la seguridad al permitir que los datos se procesen y analicen localmente, en lugar de enviarlos a la nube, lo que puede ser especialmente importante en aplicaciones críticas para la seguridad.

En resumen, la tecnología de niebla en IoT es un modelo de procesamiento de datos distribuido que permite procesar información en la periferia de una red, cerca de los dispositivos de IoT, en lugar de enviar todos los datos a la nube para su procesamiento.

### ***1.2.11 Wearables***

Los wearables de IoT son dispositivos electrónicos que se llevan puestos como accesorios o ropa y están conectados a internet, lo que les permite recopilar y transmitir información. Estos dispositivos pueden ser relojes inteligentes, pulseras de actividad física, gafas inteligentes, auriculares, ropa inteligente, entre otros.

Los wearables de IoT tienen una amplia variedad de aplicaciones, desde monitoreo de la salud y el estado físico hasta la gestión de la productividad y el bienestar en el lugar de trabajo. Estos dispositivos también pueden ser utilizados para el seguimiento de la seguridad personal, el control de la temperatura y la calidad del aire en el hogar o en un entorno de trabajo, así como para la monitorización de la actividad física y el sueño.

El uso de los wearables de IoT está creciendo rápidamente, y se espera que el mercado de los wearables continúe creciendo en los próximos años. Sin embargo, el uso de estos dispositivos también plantea preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos, por lo que es importante utilizar dispositivos confiables y tomar medidas para proteger la información personal.

### ***1.2.12 Sensores***

Los sensores son componentes esenciales en la Internet de las cosas, ya que permiten la recopilación de datos y la monitorización de variables en tiempo real. Algunos de los sensores más comunes utilizados en la IoT son:

- Sensores de temperatura. Miden la temperatura ambiente o la temperatura de objetos y equipos. Se utilizan en aplicaciones como la monitorización de temperatura en cámaras frigoríficas, en equipos médicos o en el control de la climatización en edificios.

- Sensores de luz. Miden la intensidad lumínica. Se utilizan en aplicaciones como el control de la iluminación en edificios o en la monitorización de la radiación solar.
- Sensores de presión. Miden la presión de líquidos o gases. Se utilizan en aplicaciones como la monitorización de la presión arterial en pacientes o en el control de la presión en sistemas hidráulicos.
- Sensores de movimiento. Detectan el movimiento de objetos o personas. Se utilizan en aplicaciones como la monitorización del movimiento de maquinaria en fábricas o en la detección de intrusos en sistemas de seguridad.
- Sensores de sonido. Miden el nivel de sonido en el ambiente. Se utilizan en aplicaciones como la monitorización del ruido en zonas urbanas o en el control del ruido en espacios cerrados.
- Estos son solo algunos ejemplos de los sensores utilizados en la IoT. Existen muchos más tipos de sensores, y su elección dependerá de las necesidades específicas de cada aplicación.

#### ***1.2.12.1 Sensores Analógicos y Digitales***

Los sensores pueden ser analógicos o digitales en función de la forma en que miden y transmiten los datos.

Los sensores analógicos miden una magnitud física (como la temperatura, la presión, la luz, etc.) y la convierten en una señal eléctrica proporcional a dicha magnitud. La señal eléctrica analógica puede variar continuamente y tener cualquier valor en un rango determinado. Un ejemplo de sensor analógico es un termistor, que mide la temperatura y produce una señal analógica proporcional a ella.

Los sensores digitales, por otro lado, miden la misma magnitud física, pero en lugar de generar una señal eléctrica analógica, producen una señal digital que representa un valor numérico discreto. La señal digital solo puede tomar valores específicos dentro de un rango determinado. Un ejemplo de sensor digital es un sensor de proximidad, que puede detectar la presencia o ausencia de un objeto y producir una señal digital que indica si el objeto está presente o no.

En resumen, los sensores analógicos miden una magnitud física y producen una señal eléctrica analógica proporcional a ella, mientras que los sensores digitales miden la misma magnitud física y producen una señal digital que representa un valor numérico discreto.

### ***1.2.13 Transceptor***

Es una palabra compuesta por la unión de las palabras "transmisor" y "receptor", y se refiere a un dispositivo que combina ambas funciones en un solo módulo. Los transceptores son comúnmente utilizados en telecomunicaciones y redes informáticas para enviar y recibir datos a través de un medio de transmisión común, como un cable o una antena.

Los transceptores pueden ser analógicos o digitales, y su diseño y características específicas dependen del medio de transmisión y de las necesidades del sistema en el que se utilizarán.

Por ejemplo, un transceptor de radio puede incluir un amplificador de potencia para aumentar la señal de salida y un filtro para reducir la interferencia de otras señales, mientras que un transceptor de red Ethernet puede incluir un chipset de procesamiento de paquetes para gestionar el tráfico de datos.



### ***1.2.14 Actuadores***

Los actuadores son dispositivos electromecánicos que convierten señales eléctricas en movimientos físicos, como la rotación de un motor, el movimiento lineal de un pistón o la apertura y cierre de una válvula. Estos dispositivos son esenciales en la automatización de procesos y sistemas, ya que permiten controlar el movimiento y la posición de elementos mecánicos. Los actuadores pueden ser de diferentes tipos, como hidráulicos, neumáticos o eléctricos, y su elección dependerá del tipo de aplicación en el que se vayan a utilizar.

### ***1.2.15 Procesador***

Un procesador es parte fundamental de un computador, el mismo que ejecuta instrucciones de los programas y procesa los datos. También se conoce como Unidad Central de Procesamiento (CPU, por sus siglas en inglés).

El procesador está compuesto por una serie de circuitos integrados que trabajan en conjunto para realizar cálculos y operaciones lógicas en los datos que se le suministran. El procesador es capaz de leer los datos desde la memoria, procesarlos y luego enviar los resultados de vuelta a la memoria para su almacenamiento.

Los procesadores modernos tienen múltiples núcleos que les permiten realizar múltiples tareas al mismo tiempo. Además, utilizan técnicas como la caché y la predicción de ramas para agilizar el tiempo de procesamiento.

Los procesadores se catalogan por su velocidad de reloj, número de núcleos, capacidad de caché, entre otros factores. Los procesadores más populares en el mercado son los fabricados por Intel y AMD.

### ***1.2.16 Microcontrolador***

Es un circuito integrado programable que incluye una unidad central de procesamiento, memoria, puertos de entrada/salida y otros periféricos en un solo chip. Está diseñado para controlar dispositivos electrónicos y sistemas embebidos de baja complejidad, y se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, desde electrodomésticos hasta equipos médicos y automóviles.

Los microcontroladores son especialmente útiles para proyectos que requieren una alta precisión y control, ya que pueden ser programados para cumplir ciertas tareas rápidamente y de forma eficiente. Además, son más económicos y consumen menos energía que los microprocesadores convencionales, lo que los hace ideales para aplicaciones con recursos limitados.

Los microcontroladores se programan en lenguajes de programación de bajo nivel como lenguaje ensamblador o lenguajes de programación de alto nivel como C o Python, y el software de programación se carga en la memoria del microcontrolador a través de un programador o un puerto de comunicación.

### ***1.2.17 Sistemas embebidos SoC***

Esto se logra mediante la incorporación de sensores, actuadores y tecnología de red en los dispositivos, lo que les permite interactuar con el entorno físico y transmitir datos a través de la infraestructura de Internet.

Los sistemas embebidos System-on-Chip (SoC) son sistemas informáticos completos integrados en un solo chip. Un SoC típico incluye una o varias unidades centrales de

procesamiento (CPU), memoria, controladores de entrada/salida (I/O), dispositivos de comunicación y otros componentes.

Los sistemas embebidos SoC se utilizan comúnmente en dispositivos electrónicos como teléfonos inteligentes, tabletas, sistemas de navegación GPS, cámaras digitales, televisores inteligentes y otros dispositivos IoT (Internet de las cosas).

Los SoC pueden ser diseñados para ser de bajo consumo de energía y reducido tamaño, lo que los hace ideales para dispositivos móviles. También pueden ser diseñados para satisfacer requisitos específicos de aplicaciones, como un alto rendimiento, capacidad de procesamiento de gráficos o conectividad inalámbrica.

En general, los sistemas embebidos SoC son soluciones integradas que reducen el tamaño y el costo del hardware, aumentan la eficiencia energética y permiten un mayor nivel de funcionalidad y conectividad en los dispositivos electrónicos.

### ***1.2.18 Microcontroladores y microprocesadores***

Los microcontroladores y los microprocesadores son componentes electrónicos que se utilizan en la mayoría de los dispositivos electrónicos de hoy en día, como teléfonos móviles, electrodomésticos, vehículos y sistemas de control industrial.

Los microprocesadores son chips de silicio que realizan operaciones aritméticas y lógicas en datos digitales. Son el "cerebro" de una computadora, ya que ejecutan las instrucciones que se encuentran en el software del sistema. Los microprocesadores no tienen memoria integrada ni periféricos, por lo que necesitan estar conectados a otros componentes electrónicos para funcionar adecuadamente.

Por otro lado, los microcontroladores son similares a los microprocesadores, pero tienen memoria, entradas y salidas integradas en el chip. Esto significa que los microcontroladores pueden funcionar como sistemas embebidos completos, lo que los hace ideales para su uso en sistemas electrónicos integrados. Los microcontroladores se utilizan comúnmente en sistemas que requieren un control preciso y repetitivo, como sistemas de control de motores, controladores de temperatura, sistemas de seguridad y muchos otros dispositivos.

En resumen, los microprocesadores son la unidad central de procesamiento de una computadora, mientras que los microcontroladores son sistemas embebidos completos que incluyen memoria y periféricos integrados. Ambos son componentes importantes en la electrónica moderna y se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones.

#### ***1.2.18.1 Nodemcu***

NODEMCU es una plataforma de desarrollo de Internet de las cosas (IoT) basada en el chip ESP8266 de Espressif Systems. Es una placa de desarrollo muy popular y versátil que utiliza el lenguaje de programación Lua para programarla.

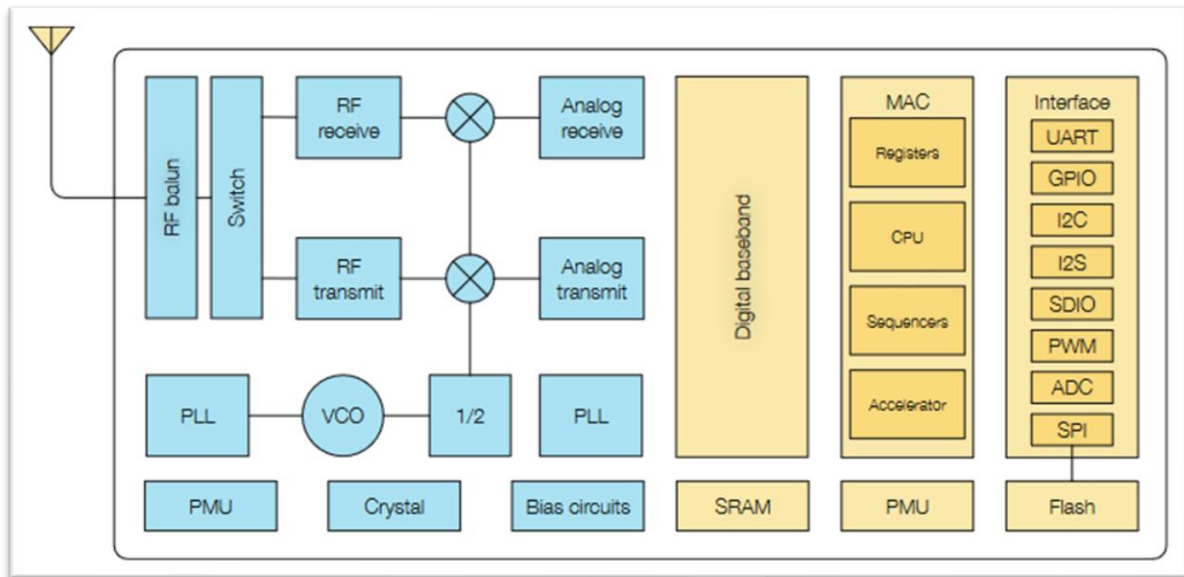
NODEMCU viene con un módulo Wi-Fi integrado, lo que la hace ideal para la creación de dispositivos conectados a la red. La placa también cuenta con una gran cantidad de pines de entrada/salida (I/O) que permiten a los desarrolladores conectar una amplia variedad de sensores, actuadores y otros dispositivos electrónicos.

Además de Lua, es posible programar la placa NODEMCU utilizando el IDE de Arduino, lo que la hace aún más accesible para una gran cantidad de desarrolladores.

La placa NODEMCU se utiliza en muchos proyectos de IoT, como sistemas de monitoreo ambiental, dispositivos de automatización del hogar y robots controlados por Wi-Fi.

**Figura 10**

*Módulo ESP8266EX*



*Nota.* Diagrama funcional del módulo ESP8266EX. Fuente: (Espressif, 2023)

### ***1.2.18.2 Evolución del ESP8266 a ESP32***

El ESP8266 y el ESP32 son dos módulos de desarrollo de Internet de las cosas (IoT) muy populares fabricados por la empresa china Espressif Systems. Ambos módulos son compatibles con el popular lenguaje de programación Arduino y se utilizan comúnmente para prototipos y proyectos de IoT.

El ESP32 es la evolución del ESP8266 y se lanzó al mercado en 2016. El ESP32 tiene muchas mejoras en comparación con el ESP8266. Aquí hay algunas de las diferencias clave entre los dos módulos:

Potencia de procesamiento: El ESP32 tiene un procesador de doble núcleo a 240 MHz, mientras que el ESP8266 tiene un procesador de un solo núcleo a 80 MHz. Esto significa que el ESP32 es mucho más potente que el ESP8266 y puede manejar tareas más complejas.

Wi-Fi y Bluetooth: El ESP32 tiene soporte nativo para Wi-Fi y Bluetooth, mientras que el ESP8266 solo tiene soporte para Wi-Fi. Esto hace que el ESP32 sea más versátil y adecuado para una gama más amplia de proyectos.

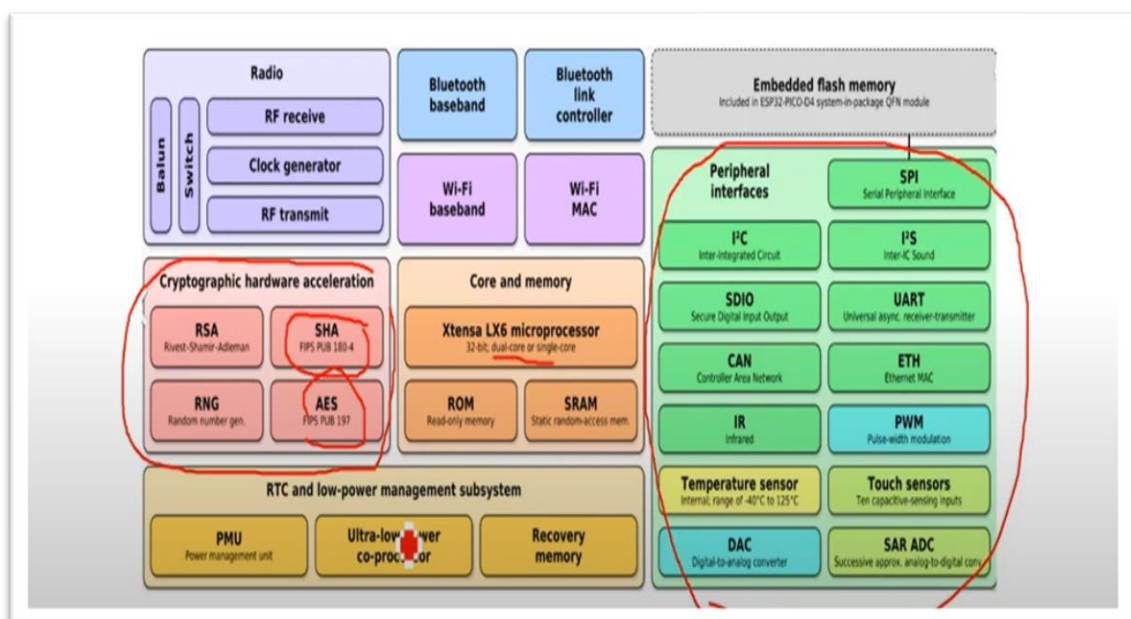
Pines y puertos: El ESP32 tiene más pines y puertos que el ESP8266, lo que lo hace más adecuado para proyectos más complejos que requieren más dispositivos conectados.

Consumo de energía: El ESP32 tiene un modo de bajo consumo que permite que el dispositivo funcione con una batería durante un período de tiempo más prolongado en comparación con el ESP8266.

En resumen, el ESP32 es una mejora significativa en comparación con el ESP8266 y es más adecuado para proyectos de IoT más complejos que requieren más potencia de procesamiento, conectividad y funcionalidad.

## Figura 11

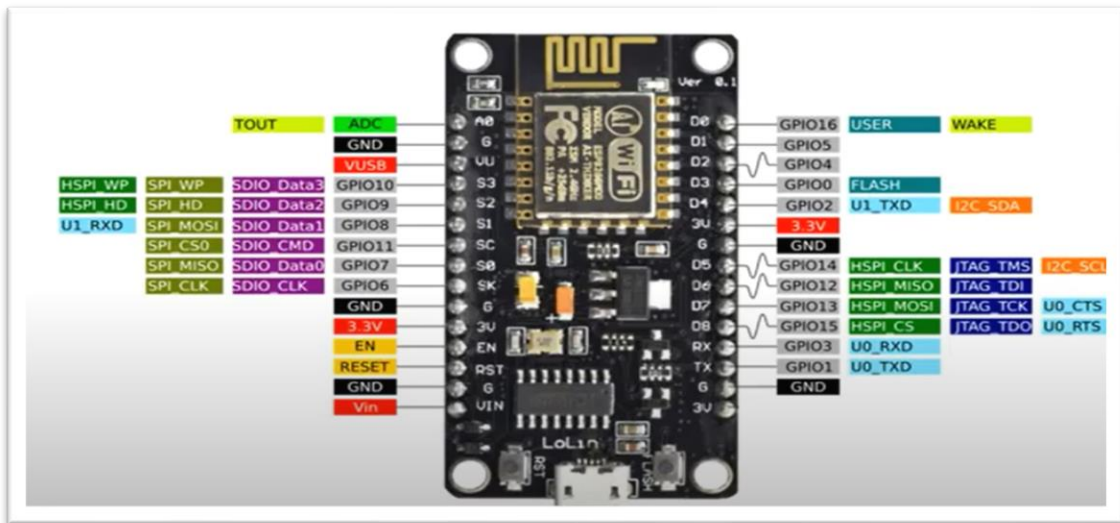
*ESP32 representado por un SOC (System on Chip)*



*Nota.* Diagrama de bloques de un ESP32. Fuente: (Systems, ESP32-DevKitM-1, 2023)

**Figura 12**

*Diagrama de Pines del ESP32*



*Nota.* Diagrama funcional del ESP32. Fuente: (Systems, ESP32-DevKitM-1, 2023)

### **1.2.19 Arduino**

Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto que consta de componentes tanto de hardware como de software. El hardware es una placa de microcontrolador que se programa para controlar varios dispositivos electrónicos, mientras que el software es un entorno de desarrollo integrado (IDE) utilizado para escribir, cargar y depurar el código. La placa Arduino está diseñada para ser fácilmente programable y personalizable para una amplia variedad de proyectos de electrónica, desde simples proyectos para principiantes hasta proyectos más avanzados. El lenguaje de programación utilizado por Arduino es una variante simplificada de C++, lo que lo hace fácil de aprender incluso para aquellos con poca experiencia en programación.

### **1.2.20 Ciclo del proceso de desarrollo de sistemas embebidos**

El ciclo del proceso de desarrollo de sistemas embebidos es similar al ciclo de desarrollo de software en general, pero con algunas particularidades debido a la naturaleza específica de

los sistemas embebidos. El ciclo típico de desarrollo de sistemas embebidos consta de los siguientes pasos:

- **Análisis de requerimientos:** El primer paso en el desarrollo de cualquier sistema embebido es entender los requerimientos del cliente o usuario final. Esto implica definir las funciones que el sistema debe realizar, los límites de tiempo y de recursos, y las restricciones de diseño.
- **Diseño de la arquitectura:** En este paso, se diseña la arquitectura del sistema embebido, lo que incluye definir los componentes del hardware, los periféricos, los protocolos de comunicación, el sistema operativo y los drivers necesarios. También se define la estructura del software y su organización en módulos.
- **Implementación:** En este paso, se escribe el código y se crea el software que permitirá que el sistema embebido funcione. Esta etapa incluye la programación de los microcontroladores, la integración del software con el hardware, la realización de pruebas unitarias y la depuración del sistema.
- **Pruebas y verificación:** Una vez implementado el sistema, se realizan pruebas y verificaciones para asegurarse de que el sistema cumple con los requerimientos y que el hardware y el software funcionan correctamente. Esto incluye la realización de pruebas de integración, pruebas de aceptación del usuario y pruebas de estrés.
- **Validación y verificación:** En este paso se verifica que el sistema embebido cumple con los requerimientos del cliente o usuario final. Esto implica validar que el sistema cumpla con las normas y estándares aplicables y que se ajuste a los criterios de calidad necesarios.
- **Mantenimiento:** Una vez entregado el sistema, es necesario realizar mantenimiento para corregir errores y agregar nuevas funciones. Esto implica mantener actualizado el



software, solucionar problemas de hardware y mejorar el sistema para cumplir con las necesidades cambiantes del cliente o usuario final.

Cada uno de estos pasos es importante en el desarrollo de sistemas embebidos, y deben ser realizados de manera cuidadosa y rigurosa para asegurar la calidad y la eficiencia del sistema en su funcionamiento final.

### ***1.2.21 Inventor de aplicaciones MIT.***

“Es un entorno de programación visual intuitivo que permite a todos – incluso a los niños – crear aplicaciones completamente funcionales para teléfonos Android, iPhones y tabletas Android / iOS. Aquellos nuevos en MIT App Inventor pueden tener una primera aplicación simple en funcionamiento en menos de 30 minutos.

Y, lo que, es más, nuestra herramienta basada en bloques facilita la creación de aplicaciones complejas y de alto impacto en mucho menos tiempo que los entornos de programación tradicionales. El proyecto MIT App Inventor busca democratizar el desarrollo de software al empoderar a todas las personas, especialmente a los jóvenes, para pasar del consumo de tecnología a la creación de tecnología”. (Inventor, s.f.)

### ***1.2.22 Php***

Es un software de código abierto, con código fuente para que pueda ser inspeccionado, modificado y mejorado. El código es la parte del software que ningún usuario ve; es un código que los programadores manipulan para cambiar o actualizar un software. Estos programadores pueden mejorar o incluso darle más funciones, así como también mejorar parte del código que no siempre funcionen correctamente. (RedHat, 2023)

## **CAPÍTULO II**

### **DESARROLLO DEL HARDWARE**

Para el desarrollo de hardware para IoT, es necesario tener en cuenta varios aspectos.

#### **2.1 PARÁMETROS**

##### ***2.1.1 Selección de componentes***

Es importante seleccionar componentes de calidad que sean compatibles con las especificaciones de IoT. Se deben tener en cuenta factores como la durabilidad, el consumo de energía, la conectividad y la capacidad de procesamiento.

##### ***2.1.2 Diseño de circuitos***

El diseño de los circuitos debe ser cuidadosamente planificado y optimizado para el tipo de dispositivo IoT que se desea crear. Es importante considerar la eficiencia energética, la estabilidad y la capacidad de comunicación del dispositivo.

##### ***2.1.3 Conectividad***

Los dispositivos IoT deben estar conectados a una red, ya sea mediante Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee u otros protocolos. Es importante asegurarse de que el dispositivo tenga la capacidad de conectarse a una red estable y segura.

##### ***2.1.4 Sensores***

Los sensores son componentes clave en los dispositivos IoT. Deben ser seleccionados cuidadosamente para que sean adecuados para el uso previsto y proporcionan mediciones precisas.

### ***2.1.5 Fuente de energía***

Es importante considerar la fuente de energía del dispositivo IoT. Si el dispositivo está diseñado para funcionar durante largos períodos sin intervención, puede ser necesario utilizar una batería de larga duración.

### ***2.1.6 Seguridad***

Los dispositivos IoT pueden ser vulnerables a ataques cibernéticos y otros problemas de seguridad. Es importante diseñar dispositivos que tengan medidas de seguridad integradas, como autenticación y encriptación de datos.

### ***2.1.7 Arquitectura***

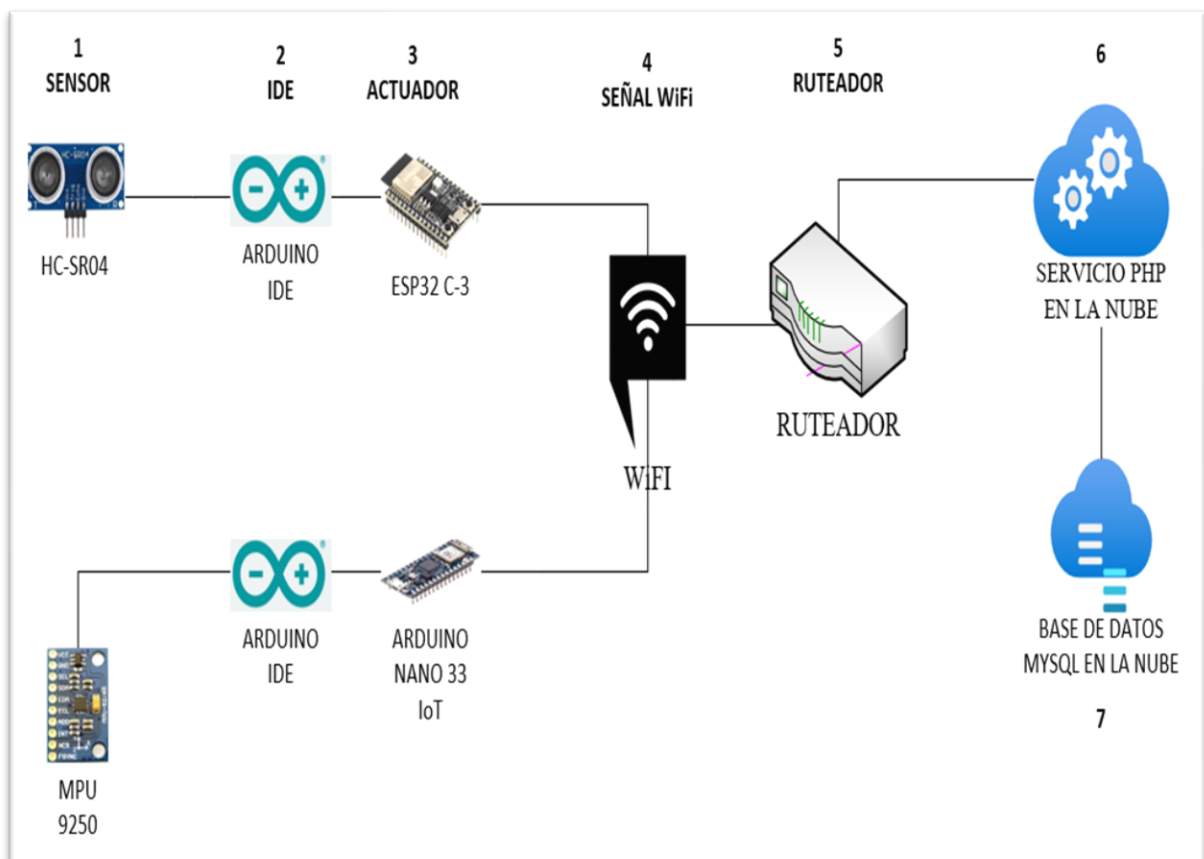
El proceso completo desde los sensores hasta la base de datos en el servidor en la nube donde se guarda la información que será manipulada por una aplicación móvil, está dado por los procesos que se pueden apreciar en la figura 14 y que se explican a continuación.

1. Sensores, son dispositivos que se encargan de detectar la variable para la cual fueron contruidos y la transforman en un valor de voltaje proporcional a la medida que está detectando.
2. IDE, es el entorno de desarrollo en este caso ARDUINO que procesa la información e interpreta el código para que realice una determinada acción.
3. Actuadores, son microcontroladores que debidamente programados exteriorizan la información.
4. Wifi, es el medio no guiado que en este caso es el que está canalizando la información del actuador hacia el ruteador.

5. Ruteador, es el dispositivo de red que recibe una señal de un medio guiado o no guiado y lo envía hacia la Web.
6. PHP en la Nube, es un programa en lenguaje PHP con las instrucciones para recibir parámetros que se utilizan para conectarse a la base de datos MySQL en nuestro caso.
7. Almacenamiento en la Nube, es la base de datos que guarda la información que queda a disponibilidad del entorno de desarrollo escogido para desarrollar la ampliación móvil.

**Figura 13**

*Diagrama de Arquitectura IoT.*



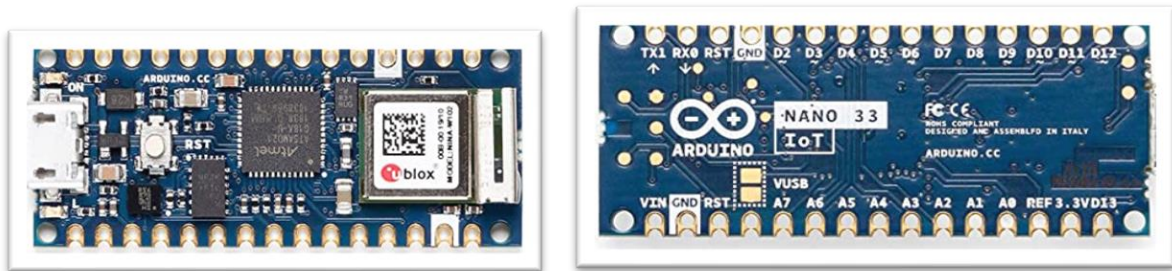
*Nota.* Proceso IoT desde los sensores hasta la base de datos en la nube. Elaborado por: Los autores.

Para el desarrollo del proyecto se utilizan los siguientes componentes:

## 2.2 ARDUINO NANO 33 IOT CON CABECERAS [ABX00032]

### Figura 14

*Arduino nano 33 IOT ABX00032*



*Nota.* Diagrama funcional del módulo. Fuente: (CC, s.f.)

### 2.2.1 Características:

El Arduino nano 33 IoT es una placa físicamente pequeña de 4.5cm por 1.8cm con el hardware básico para las aplicaciones de IoT.

Cuenta con un procesador SAMD21 Arm Cortex-M0 de 32 bits, con conectividad Wi-Fi NINA-W102 de 2.4 GHz compatible con Arduino IoT Cloud y Bluetooth BLE de baja energía, un chip criptográfico Microchip ECC608 que garantiza una comunicación segura WiFi y Bluetooth, adicional viene equipado con una IMU LSM6DS3, con acelerómetro y giroscopio para obtener información relativa de movimiento.

Por sus dimensiones reducidas, facilita la optimización de espacio al diseñar un proyecto, sin subestimar sus características exclusivas para IoT como su bajo consumo de energía que funciona con el estándar de 3.3V para ICs electrónicos que deben ser suministrados por una fuente de energía externa USB o batería de iones de litio, de plomo o multi células,

aunque también soporta 5V para proyectos anteriores, pero para eso se debe realizar un puente y alimentar por USB. (ARDUINO.CC, s.f.)

### 2.2.2 Especificaciones Técnicas:

Las especificaciones técnicas principales se encuentran descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 3**

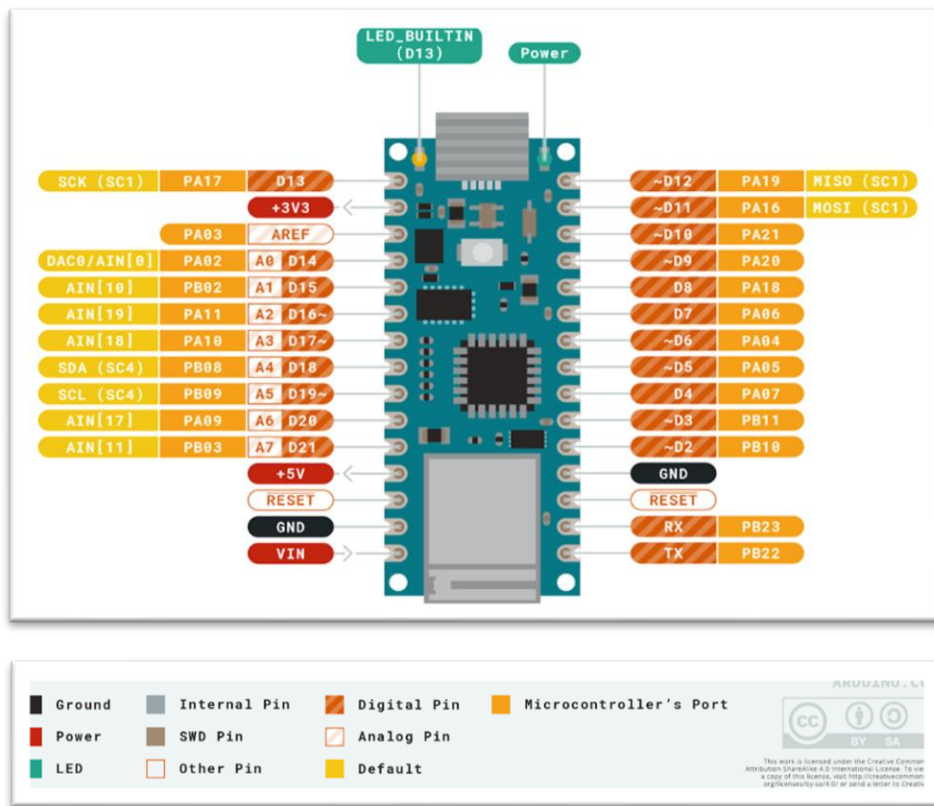
*Arduino nano 33 IOT ABX00032*

PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
	Nombre	Arduino Nano 33 IoT
	SKU	ABX00027
Microcontrolador	SAMD21 Cortex-M0o 32bit de baja potencia ARM MCU	
Conector USB	Micro USB	
Pins	Pin LED incorporado	13
	I/O Pins digitales	22
	Entradas analógicas	8
	PWM pines	5
	Interrupciones externas	Todos los pines digitales
Conectividad	Wi-Fi	Módulo Nina W102 uBlox
	Bluetooth	Módulo Nina W102 uBlox
Sensores	IMU	LSM6DS3
Comunicación	UART	RX/TX
	I2C	A4 (SDA), A5 (SCL)
	IPC	D11 (COPI), D12 (CIPO), D13 (SCK). Utilícele cualquier GPIO para Chip Select (CS)
Potencia	I/O Voltaje	3.3V
	Tensión de entrada (nominal)	5-18V
	DC Current per I/O Pin	7mA
Velocidad de reloj	Procesador	SAMD21G18A 48MHz
Memoria	SAMD21G18A	256 KB SRAM, flash de 1MB
	Módulo Nina W102 uBlox	448 KB ROM, 520KB SRAM, 2MB Flash
Dimensiones	Peso	5gr
	Ancho	18 mm
	Largo	45 mm

*Nota.* Especificaciones técnicas para el Arduino Nano 33 IoT. Fuente: (ARDUINO.CC, s.f.)

**Figura 15**

*Pines Arduino nano 33 IOT*



*Nota.* Diagrama de conectores Pinouts Nano 33 IoT. Fuente: (pins, 2023)

## 2.3 PLACA DE DESARROLLO ESP32-C3-DEVKITC-02U

El ESP32-C3 es un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía consume menos de 5  $\mu$ A ideal para aplicaciones de batería y energía solar, está diseñado específicamente para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT).

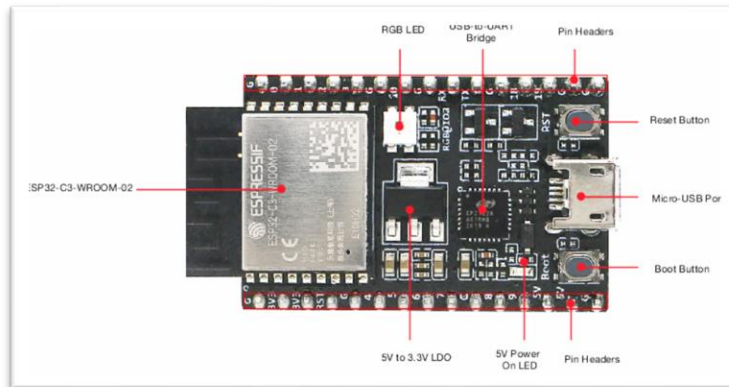
### 2.3.1 Características:

Cuenta con un módulo Wi-Fi integrado IEEE 802.11 b/g/n, bluetooth de baja energía, para una comunicación inalámbrica de bajo consumo. Procesador de alto rendimiento RISC-V de 32 bits de un solo núcleo con una velocidad de reloj hasta 160 MHz. Memoria RAM

integrada de 400 KB y 384 KB de memoria flash para almacenar programas y datos. Características de seguridad como aceleración de hardware de cifrado AES, soporte de RSA, SHA-256 y SSL/TLS.

**Figura 16**

*ESP32 C-3*



*Nota.* Diagrama funcional del módulo. Fuente: (Systems, ESP32-C3-DevKitC-02, 2023)

### 2.3.2 Especificaciones:

Las especificaciones técnicas principales se encuentran descritas en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*ESP32-C3-DEVKITC-02U*

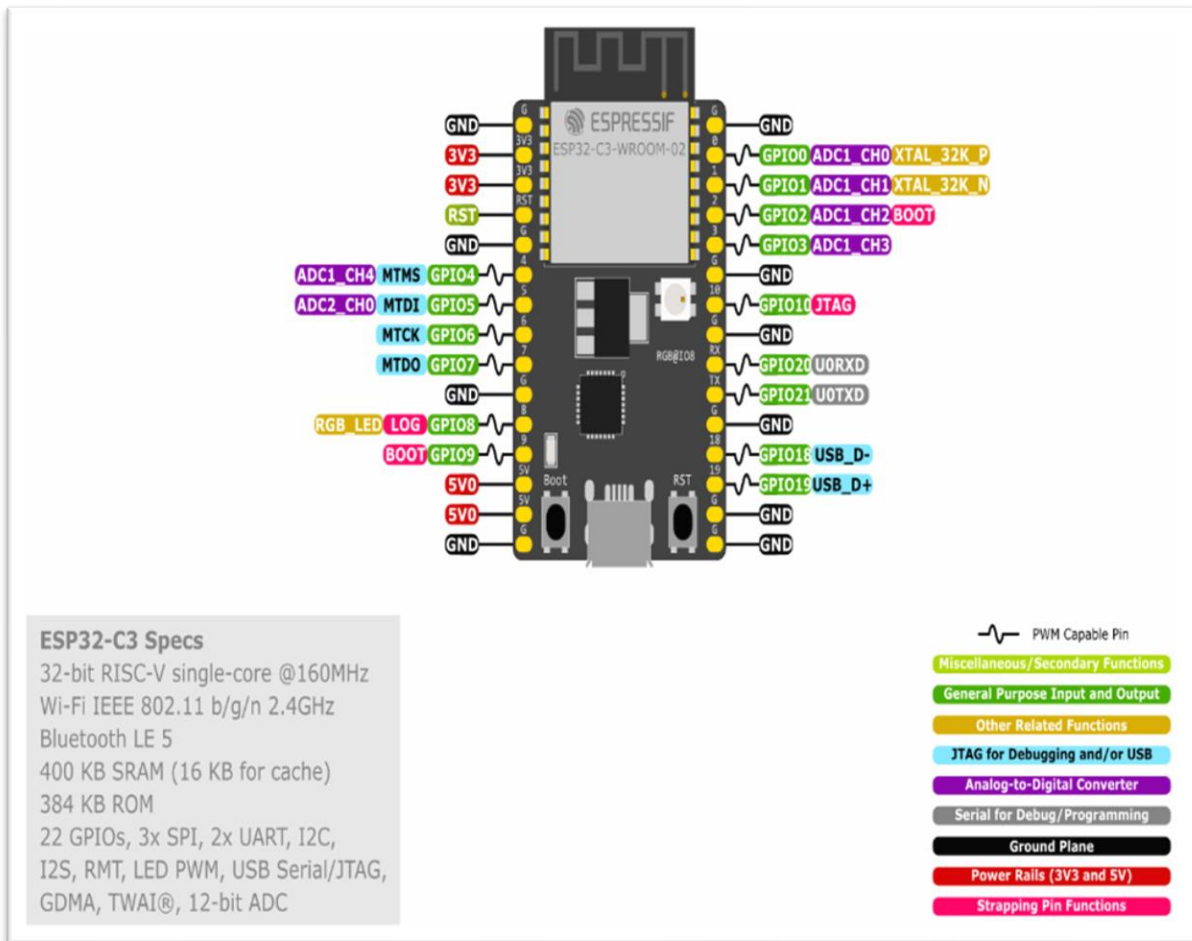
PARAMETRO	ESPECIFICACIÓN
General	ESP32-C3-WROOM-02 es un módulo potente con Wi-Fi y Bluetooth de baja energía con antena PCB y flash SPI de 4 MB.
5 V to 3.3 V LDO	Regulador de potencia de 5 V de entrada a una salida de 3,3 V.
5 V Power On LED	Se enciende con alimentación USB conectada.
Pin Headers	Todos los pines GPIO disponibles (excepto el bus SPI para flash)
Botón de Arranque	Al mantener presionado <b>Boot</b> y luego presionar <b>Reset</b> se inicia el modo de descarga de firmware a través del puerto serie.
Puerto Micro-USB	Interfaz USB de alimentación para la placa, así como interfaz de comunicación entre una computadora y el chip ESP32-C3.
Botón de Reset	Presionar este botón para reiniciar el sistema.
Puente USB-to-UART	Proporciona velocidades de transferencia de hasta 3 Mbps.
LED RGB	LED RGB direccionable, impulsado por GPIO8.

*Nota.* Especificaciones técnicas. Fuente: (Systems, ESP32-C3-DevKitC-02, 2023)



**Figura 17**

*Pinout del ESP32-C3-DEVKITC-02U*



*Nota.* Diagrama funcional del módulo. Fuente: (Systems, ESP32-C3-DevKitC-02, 2023).

## 2.4 MÓDULO US-016

Es un módulo de rango ultrasónico de alta precisión cuyo voltaje analógico de salida es directamente proporcional al valor de la distancia medida, es de bajo costo con bajo consumo de energía y fácil de implementar. Fuente: (Candela, 2023).

## Figura 18

### *Sensor medidor de distancia*



*Nota.* Diagrama funcional del módulo. Fuente: (Candela, 2023)

### ***Características:***

- Voltaje de operación: 5V–DC
- Salida análoga: 0–5Vcc
- Corriente de trabajo: 3.8 mA
- Rango de distancia de medición: 2 cm a 300 cm
- Precisión: 0.3 cm + 1%
- Frecuencia de ultrasonido: 40 KHz
- Ángulo de apertura: 15°
- Temperatura de operación: 0–70°C
- Dimensiones: 4.5 cm x 2.5 cm x 1.9 cm
- Resolución: 1 mm

### ***Pines de Conexión***

1. Vcc (5V DC)
2. RANGE = rango de 3m
3. Out (Salida análoga)
4. GND (Tierra 0V)

## **2.5 DESARROLLO DEL SOFTWARE**

Para IoT implica la creación de programas y/o aplicaciones que permiten a los dispositivos IoT recopilar y transmitir datos, así como interactuar con otros dispositivos y sistemas en la nube.

Aquí hay algunos pasos generales que podrían seguirse para el desarrollo de software IoT: Identificar los requisitos del sistema y comprender las necesidades del negocio ya que los requisitos de los usuarios finales para el sistema IoT es esencial. Esto ayudará a determinar qué datos se deben recopilar, cómo se deben procesar y qué dispositivos y tecnologías se deben utilizar.

### ***2.5.1 Selección de dispositivos y plataformas***

Hay una variedad de dispositivos y plataformas disponibles para IoT, desde microcontroladores y sensores hasta dispositivos móviles y servidores en la nube. Es importante seleccionar el hardware y software adecuados para el proyecto.

### ***2.5.2 Medidor de distancia HC-SR04.***

Se hace uso del sensor de ultrasonido HC-SR04 junto con Arduino IDE para medir las distancias necesarias para enviar los parámetros a la aplicación que se encarga de evaluar si hay una alarma de posible caída de una persona en su área de cobertura.

Para utilizar el HC-SR04 con Arduino se necesita los siguientes componentes:

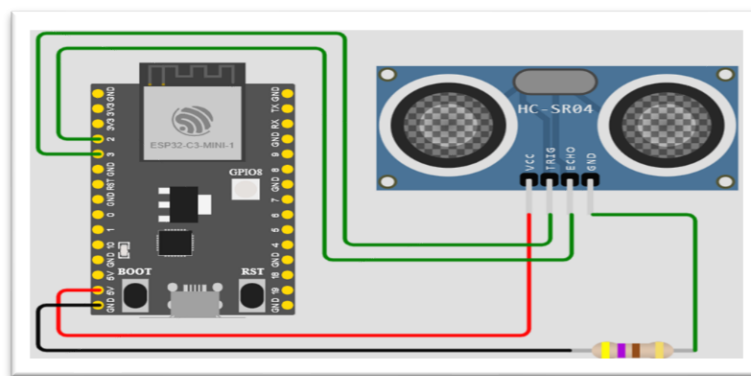
- ESP32 C-3 en nuestro caso.
- Módulo HC-SR04 breakout board.
- Cables de conexión.

Pasos para utilizar el sensor HC-SR04 con Arduino IDE realizar las siguientes conexiones:

- VCC del HC-SR04 a 5V de Arduino.
- GND del HC-SR04 a GND de Arduino.
- Trig del HC-SR04 al pin digital de salida de Arduino.
- Echo del HC-SR04 al pin digital de entrada de Arduino.

### Figura 19

*Módulo para medir distancia.*



*Nota.* Conexión del sensor HC-SR04 con el actuador ESP32-C3. Elaborado por: Los autores.

Cargar el código del computador a la placa ESP32 C-3:

- Conectar la placa Arduino al ordenador mediante un cable USB.
- Seleccionar el tipo de placa y el puerto adecuados en el Arduino IDE.
- Hacer clic en el botón "Subir" para cargar el código en la placa Arduino.

Monitoreo de datos:

- Abrir el monitor serial en el Arduino IDE.
- Asegurarse de que la velocidad de baudios del monitor serial coincida con la configuración del código (9600 baudios).

- Una vez cargado el código, el monitor serial mostrará las mediciones de distancia en centímetros, que se actualizan cada segundo.

### 2.5.3 Giroscopio de aceleración MPU-9250.

Componentes de hardware:

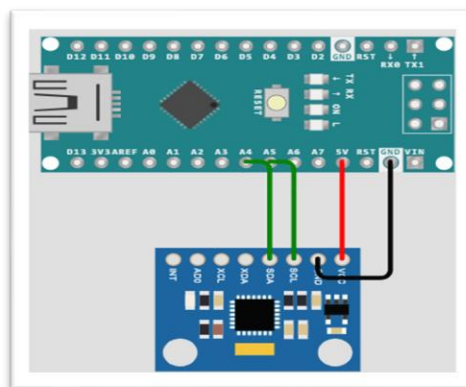
- Arduino board, en nuestro caso Arduino Nano33 IoT.
- Módulo MPU9250 breakout board.
- Cables de conexión.

Conexión física del MPU9250 con Arduino:

- Conectar el pin VCC del MPU9250 al pin 3.3V del Arduino.
- Conectar el pin GND del MPU9250 al pin GND del Arduino.
- Conectar el pin SDA del MPU9250 al pin A4 (SDA) del Arduino.
- Conectar el pin SCL del MPU9250 al pin A5 (SCL) del Arduino.

### Figura 20

*Módulo con giroscopio.*



*Nota.* Conexión del Arduino Nano 33 IoT con giroscopio. Elaborado por: Los autores.

Software:

- Instalar la biblioteca "Wire" en tu Arduino IDE:
- Ir a "Sketch" -> "Incluir biblioteca" -> "Gestionar bibliotecas".
- Buscar "Wire" y haz clic en "Instalar".

#### ***2.5.4 Diseño de la arquitectura***

El siguiente paso es diseñar la arquitectura del sistema IoT. Esto incluye la selección de protocolos de comunicación, el diseño de la estructura de datos y la definición de los servicios que proporcionará el sistema.

#### ***2.5.5 Desarrollo de la aplicación***

El desarrollo de la aplicación implica la programación de la interfaz de usuario, la integración de los dispositivos y tecnologías seleccionados, y la implementación de la lógica del negocio.

#### ***2.5.6 Pruebas y validación***

Es importante realizar pruebas exhaustivas de la aplicación para garantizar que funcione según lo previsto. Esto incluye pruebas de rendimiento, seguridad y compatibilidad con dispositivos y plataformas.

#### ***2.5.7 Despliegue y mantenimiento***

Una vez que la aplicación ha sido probada y validada, se puede implementar en producción. Es importante realizar un seguimiento continuo del sistema y aplicar actualizaciones y correcciones de errores según sea necesario.

En resumen, el desarrollo de software para IoT es un proceso complejo que involucra la selección cuidadosa de dispositivos y tecnologías, el diseño de la arquitectura del sistema y la programación de la aplicación en sí. Es importante realizar pruebas exhaustivas y realizar un seguimiento continuo del sistema para garantizar su éxito a largo plazo.

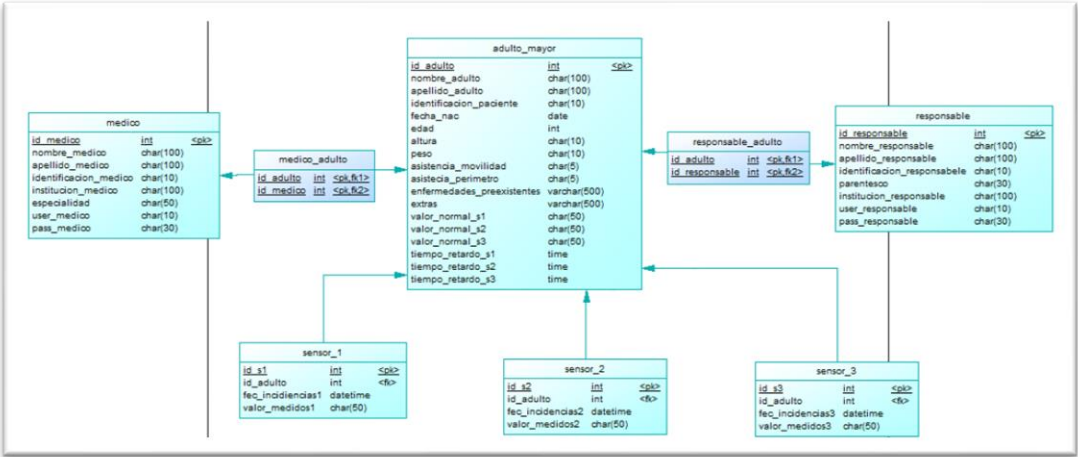
**2.5.8 Base de datos**

En la creación del sistema y/o aplicativo se contemple el uso de la base de datos MySQL, ya que al ser una base de datos relacional permite la conexión de la base de datos hacia los módulos sensores o actuadores, así como también la conexión con el aplicativo móvil.

Del mismo modo se sabe que MySQL, presenta doble tipo de licenciamiento, uno de código abierto, y el otro de tipo comercial, y como se indicaban en los objetivos se pretende para el desarrollo del aplicativo utilizar tecnología OpenSource.

**Figura 21**

*Modelo entidad Relación.*



*Nota.* El modelo entidad relación de la base de datos utilizado para almacenar información insertada los sensores y/o actuadores más la información generada por el aplicativo móvil en sí. Elaborado por: Los autores.

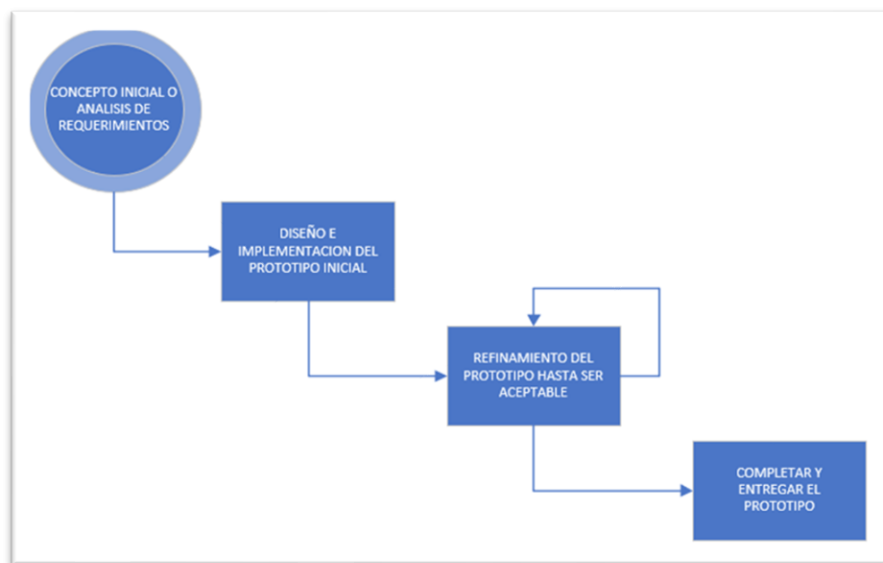
### 2.5.9 Modelo utilizado para el desarrollo del aplicativo móvil.

Este modelo permite fraccionar la solución en varios ciclos que pueden repetirse de forma espiral, lo que permite tener una mejor gestión de riesgos entre cada ciclo y el siguiente, asemejándose a un modelo de cascada en cada ciclo.

De la misma manera se basa en la utilización del Prototipado Evolutivo, es decir que se construyen varios prototipos, que van a ser modificados hasta cumplir con los requerimientos iniciales.

#### Figura 22

*Modelo de desarrollo del aplicativo móvil*



*Nota.* Modelo espiral de varios ciclos. Elaborado por: Los autores.

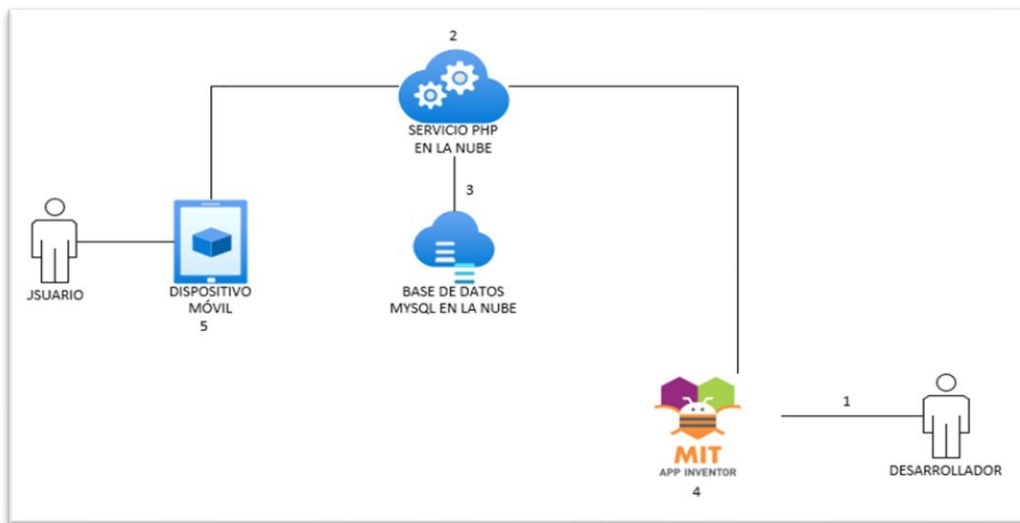
### 2.5.10 Diagrama utilizado para el desarrollo del aplicativo móvil.

Este diagrama de aplicación móvil se compila en MIT APP INVENTOR, esta a su vez usa un servicio PHP que se encuentra alojado en la nube tanto para la conexión con la base de datos que de igual manera está en la nube, así como también para el envío y consultas de datos desde el aplicativo móvil.



**Figura 23**

*Diagrama de aplicación móvil.*



*Nota.* Aplicación móvil de consumidor basada en tareas. Elaborado por: Los autores.

### **2.6.10.1 Casos de Uso**

Los médicos y/o familiares del adulto mayor dependiente usan esta solución para tener un mejor control del paciente como tal.

### ***Flujo de Datos***

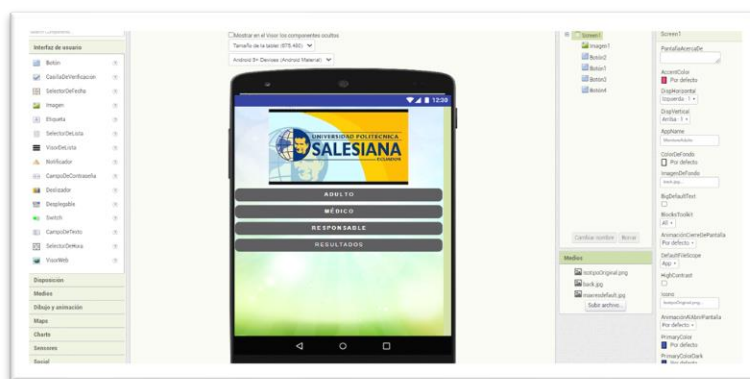
1. Crear la aplicación móvil con MIT APP INVENTOR.
2. Crear y configurar el servicio PHP, para la comunicación entre el aplicativo con la base de datos.
3. Crear una estructura de datos controlada por el api de la aplicación
4. Almacenar el el código fuente de la solución en el MIT APP INVENTOR, para luego compilarla.
5. Probar la aplicación generada, en el dispositivo móvil validando así su correcto funcionamiento.

### 2.5.11 Ide desarrollo móvil

De la misma manera para el desarrollo del aplicativo móvil se usa tecnología OpenSource, para lo cual se utiliza una herramienta de uso educativo a intuitiva, como lo es Inventor de aplicaciones MIT.

**Figura 24**

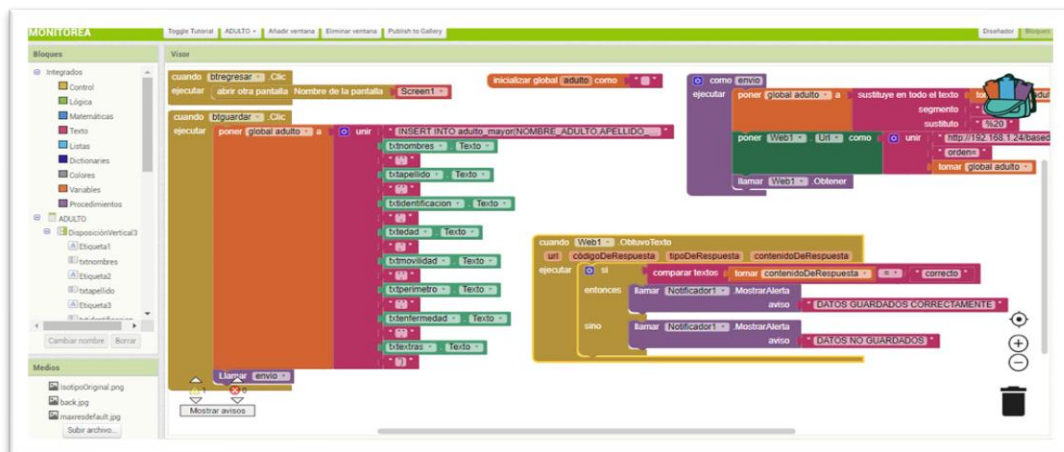
*App Inventor MIT*



*Nota.* Pantalla de creación y uso de la herramienta MIT Fuente: (Inventor, s.f.)

**Figura 25**

*Desarrollo aplicación por bloques*



*Nota.* Pantalla que muestra el desarrollo de la aplicación a través de los bloques, tanto para la navegación en el aplicativo móvil, así como la comunicación con la base de datos. Fuente: (Inventor, s.f.)

Cabe destacar que la herramienta de desarrollo MIT permite el uso de bloques para la navegación en el aplicativo, así como también los bloques permiten un enlace con una librería PHP hacia la base de datos, PHP a su vez utiliza un lenguaje de programación OpenSource, el cual a través de un servidor apache está en constante escucha de las peticiones enviadas por el dispositivo móvil cuando se está ejecutando la aplicación desarrollada.

## CAPITULO III

### PRUEBAS Y RESULTADOS

Con el prototipo generado se realizaron pruebas que se detallan en el transcurso de este capítulo, así como también con los datos resultantes se realiza un análisis.

Luego de terminado el prototipo se procedió a realizar ciertas pruebas en dos personas adultas mayores en situaciones de dependencia, las cuales manifestaron que no sentían molestia, es más ni si quiera recordaban que tenían el dispositivo en su cuerpo. De la misma manera los familiares de estos pacientes manifestaron que este prototipo les había ayudado a tener un mejor control sobre su familiar, al tener acceso a los datos sabían lo que estaba pasando en ese momento. Se realizó una encuesta tanto a los pacientes como a sus familiares.

#### 3.1 PREGUNTAS

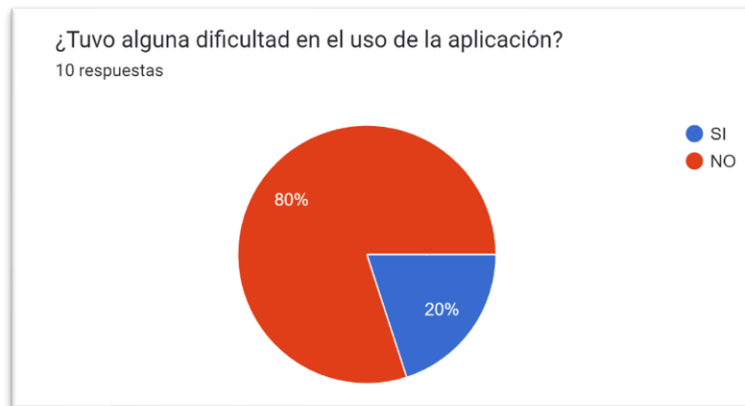
Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

- I. ¿Tuvo alguna dificultad en el uso de la aplicación?
- II. ¿Cree usted que es incómodo el uso del dispositivo en el paciente?
- III. ¿Considera usted que fue de ayuda este tipo de aplicación?
- IV. ¿Estaría dispuesto a seguir utilizando esta herramienta?
- V. ¿Recomendaría usted el uso de este dispositivo y aplicación?
- VI. ¿Le resulto molesto utilizar este dispositivo?
- VII. ¿Le resulto invasivo el ser monitoreado por esta herramienta?

Las preguntas fueron realizadas a un conjunto de 10 personas entre familiares, adultos mayores, así como también personal que se encarga del cuidado del adulto mayor, de los cuales se pudieron obtener los siguientes datos:

## Figura 26

*Datos obtenidos de la primera pregunta*



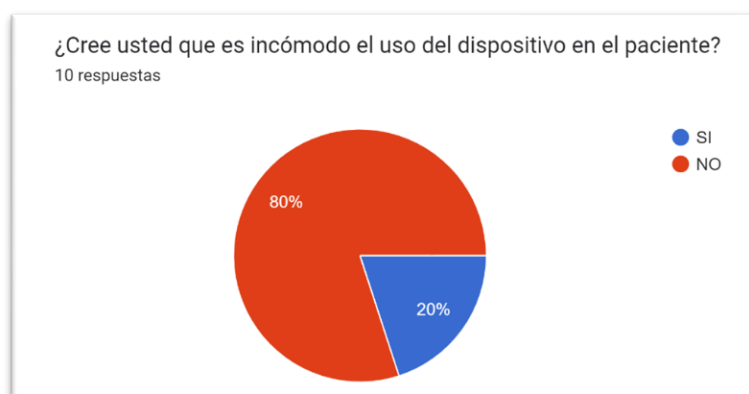
*Nota.* Gráfica que muestra el porcentaje sobre el uso de la aplicación. Fuente: Propia de los autores.

### ***Resultado en la pregunta 1: ¿Tuvo alguna dificultad en el uso de la aplicación?***

Al observar la gráfica se puede determinar que no es difícil el uso del aplicativo para la mayoría de personas, cabe mencionar que el 20% que respondió como si fue difícil el uso de la aplicación son las personas mayores que no podían manipular y utilizar el dispositivo móvil.

## Figura 27

*Datos obtenidos de la segunda pregunta.*



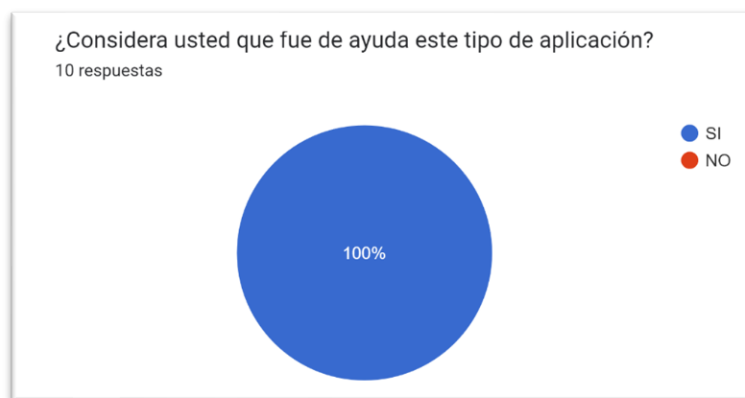
*Nota.* Gráfica que muestra el porcentaje sobre la visualización del uso del dispositivo en el paciente. Fuente: Propia de los autores.

***Resultado en la pregunta 2: ¿Cree usted que es incómodo el uso del dispositivo en el paciente?***

Al observar la gráfica se puede determinar que la mayoría de las personas al visualizar al paciente creían que el dispositivo no molestaba o no era incómodo para el adulto mayor, salvo 2 personas una de ella la persona encargada del cuidado y la otra el nieto de uno de los adultos mayores supieron manifestar que el dispositivo es un poco grande y se le ve pesado para el paciente, además los adultos mayores vieron por espejos el dispositivo y les gusto como se veía en sus prendas, incluso uno manifestó que le hacía ver más joven e intelectual.

**Figura 28**

*Datos obtenidos de la tercera pregunta.*



*Nota.* Gráfica que muestra el porcentaje de ayuda que genera la aplicación. Fuente: Propia de los autores.

***Resultado en la pregunta 3: ¿Considera usted que fue de ayuda este tipo de aplicación?***

Al observar la gráfica se puede determinar que la totalidad de las personas estaban contentas al revisar la aplicación, considerando que les ayudaba a tener un mejor control y saber lo que el adulto mayor estaba haciendo.

## Figura 29

*Datos obtenidos de la cuarto pregunta.*



*Nota.* Gráfica que muestra el porcentaje de seguir utilizando la aplicación. Fuente: Propia de los autores.

### **Resultado en la pregunta 4: ¿Estaría dispuesto a seguir utilizando esta herramienta?**

Al observar la gráfica se puede determinar que casi la totalidad de las personas querían seguir utilizando el dispositivo en conjunto con la aplicación, porque les parece muy útil y de ayuda en su control de monitoreo al adulto mayor, la única persona que dijo que no estaría dispuesta a seguir utilizando fue la persona que se encarga del cuidado del adulto mayor, ya que supo manifestar que se vería afectada en su trabajo, porque los familiares del paciente estaban más atentos a la aplicación que el conversar con esta persona.

## Figura 30

*Información de la quinta pregunta.*



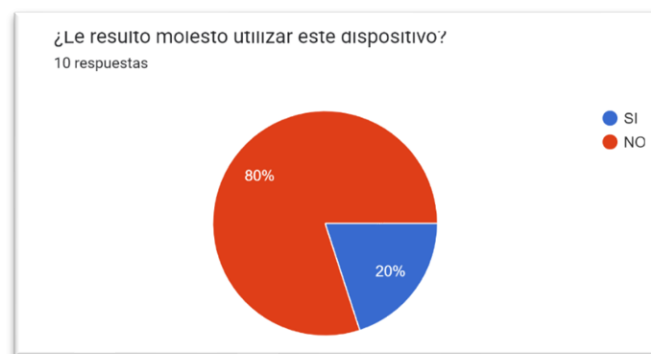
*Nota.* Gráfica que muestra el porcentaje de recomendación del uso del dispositivo y aplicación. Fuente: Propia de los autores.

**Resultado en la pregunta 5: ¿Recomendaría usted el uso de este dispositivo y aplicación?**

Al observar la gráfica se puede determinar que casi la totalidad de las personas estarías dispuestas a recomendar el uso del dispositivo en conjunto con la aplicación, porque les parece muy útil y de ayuda en su control de monitoreo al adulto mayor, de igual manera que en la pregunta anterior la única persona que dijo que no estaría dispuesta recomendar fue la persona que se encarga del cuidado del adulto mayor, ya que supo manifestar que se vería afectada en su trabajo, y tiene familiares y amigos que trabajan en lo mismo y tiene miedo que se vean afectados por utilizar este dispositivo.

**Figura 31**

*Datos de la sexta pregunta*



*Nota.* Gráfica que muestra el porcentaje de incomodidad del uso del dispositivo. Fuente: Propia de los autores.

**Resultado en la pregunta 6: ¿Le resulta molesto utilizar este dispositivo?**

Aunque la pregunta en si estaba desarrollado para los adultos mayores que utilizaron el dispositivo sus familiares también respondieron a la misma indicando que por curiosidad ellos también se colocaron el dispositivo en sus prendas, de los cuales los adultos mayores respondieron que nunca sintieron el dispositivo, es más se habían olvidado que lo llevaban



puesto, al igual que el resto de personas no les incomodo el usar el dispositivo, las dos personas que pusieron que les resulto molesto a pesar de no haberlo utilizado fueron la persona encargada del cuidado y un nieto del adulto del mayor, y fue porque pensaron que era pesado y grande para llevarlo en sus prendas.

**Figura 32** Información proveniente de la séptima pregunta



*Nota.* Gráfica que muestra el porcentaje de sentirse invadido en su privacidad con el uso del dispositivo. Fuente: Propia de los autores.

**Resultado en la pregunta 7: ¿Le resulta invasivo el ser monitoreado por esta herramienta?**

De la misma manera que la pregunta anterior a pesar de ser una pregunta pensada para los adultos mayores que utilizaron el dispositivo también sus familiares respondieron de los cuales, aquí un adulto mayor indico que si le parecía algo molesto el que le tengan controlado todo el tiempo al igual que uno de sus hijos y la persona que lo cuidaba indicaron lo mismo.

### 3.2 MOVIMIENTO

Se ha tabulado la información del giroscopio durante 581 segundos en los cuales se ha realizado giros de 45°, 90° y 180° indistintamente a un paciente de prueba recostado en una cama y se ha realizado un gráfico de líneas para diferenciar los movimientos en los ejes X, Y y Z. El resultado se ha plasmado en el siguiente gráfico.

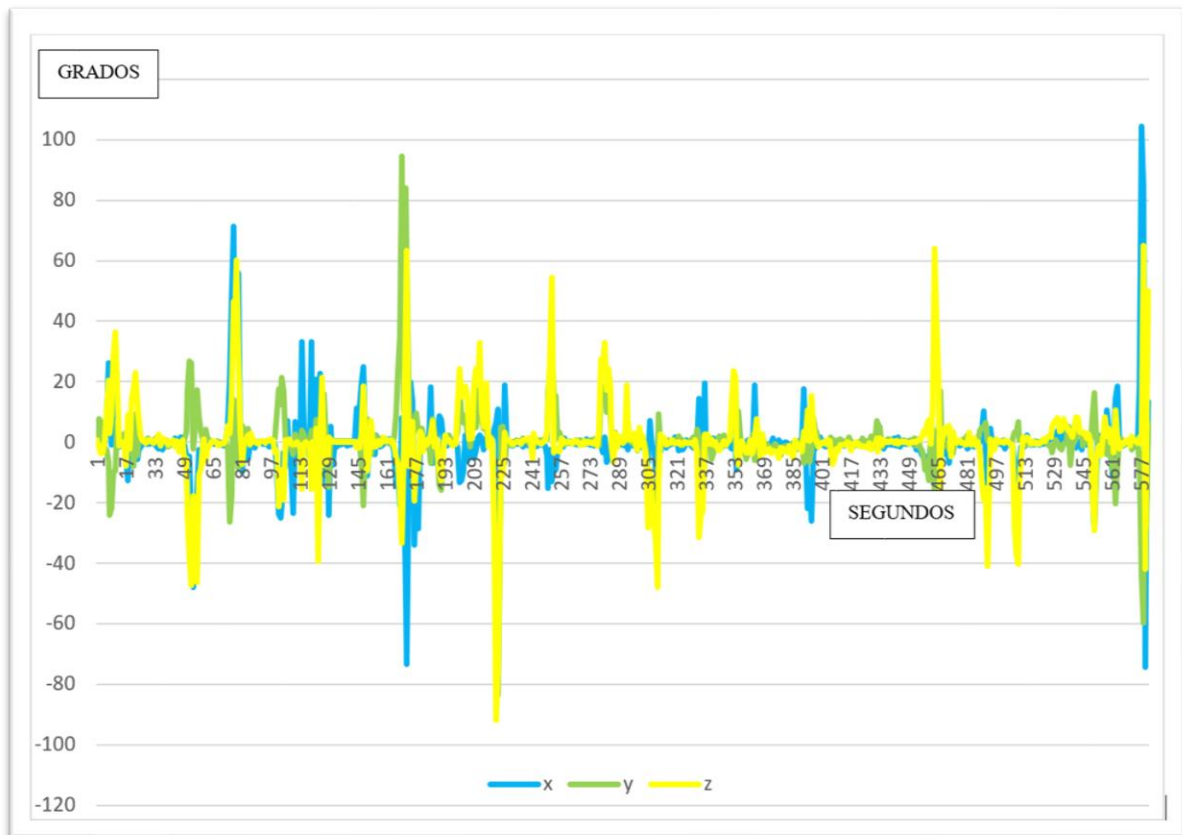
**Tabla 5**Fragmento de *tabulación de datos del Giroscopio*

<b>t</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>
1	-0.12	-0.06	0.79
2	2.08	7.75	-1.77
3	-0.12	6.77	-3.85
4	-1.95	1.65	-3.48
5	0.06	-1.77	0.92
6	6.04	-2.44	10.68
7	26.06	-6.53	20.32
8	20.87	-24.05	3.05
9	-0.98	-21.97	8.42
10	14.34	-9.7	28.69
11	30.58	-9.34	36.44
12	9.58	6.77	18.92
13	-1.65	-0.73	-1.16
14	-0.18	2.5	-0.18
15	-1.28	0.24	-0.12
16	0.43	0.49	0.12
17	-4.82	3.3	-8
18	-12.57	-2.14	9.09
19	-1.89	-1.65	-2.08
20	4.39	2.62	14.34
21	8.97	-7.87	17.76
22	-4.27	9.16	23.13
23	-5.62	-4.27	12.45
24	-1.16	5.55	5.92
25	-1.77	1.34	2.62
26	-0.67	0.67	0.61
27	0.18	-0.06	0.18
28	-0.49	-0.24	-0.31
29	-0.55	1.4	0.79
30	-0.67	0.67	0.61
31	0.18	-0.06	0.18
32	-0.49	-0.24	-0.31
33	-0.55	1.4	0.79
34	-1.4	0.98	0.79
35	-2.26	0.24	2.62
36	1.46	-0.92	-1.1
37	-2.5	0.92	1.22
38	-1.04	0.73	1.16
39	-0.37	0.67	0.31
40	-0.06	-1.65	-0.73
41	-0.73	0	0.18
42	-0.49	0.12	-0.37
43	-0.37	0.37	0.85
44	1.22	-0.85	-1.46
45	0.06	0.06	0.37
46	-0.37	0.18	-2.99
47	1.59	-2.14	-2.2
48	0.61	-0.85	0.85
49	-1.1	1.1	-7.63

*Nota.* Valores en X, Y y Z en grados. Elaborado por: Los autores.

**Figura 33**

*Gráfica de movimiento del adulto mayor*



*Nota.* Gráfica de movimientos en los ejes de X, Y y Z en un rango de 10 minutos. Elaborado por: Los autores.

En el gráfico se puede apreciar que cuando no hay movimiento o los movimientos no son significativos la variación es de menos de  $10^\circ$ , un movimiento leve se encuentra en un rango de  $30^\circ$  y los movimientos más relevantes van desde los  $40^\circ$  llegando a un límite de  $100^\circ$  en el caso de movimientos significativos que son los que están dando el parámetro que el paciente ha cambiado de posición entre colocarle de un lado a acostarle y viceversa o de colocarle de un lado a otro lado pasando por haberle recostado.

### 3.3 CAÍDAS

**Tabla 6**

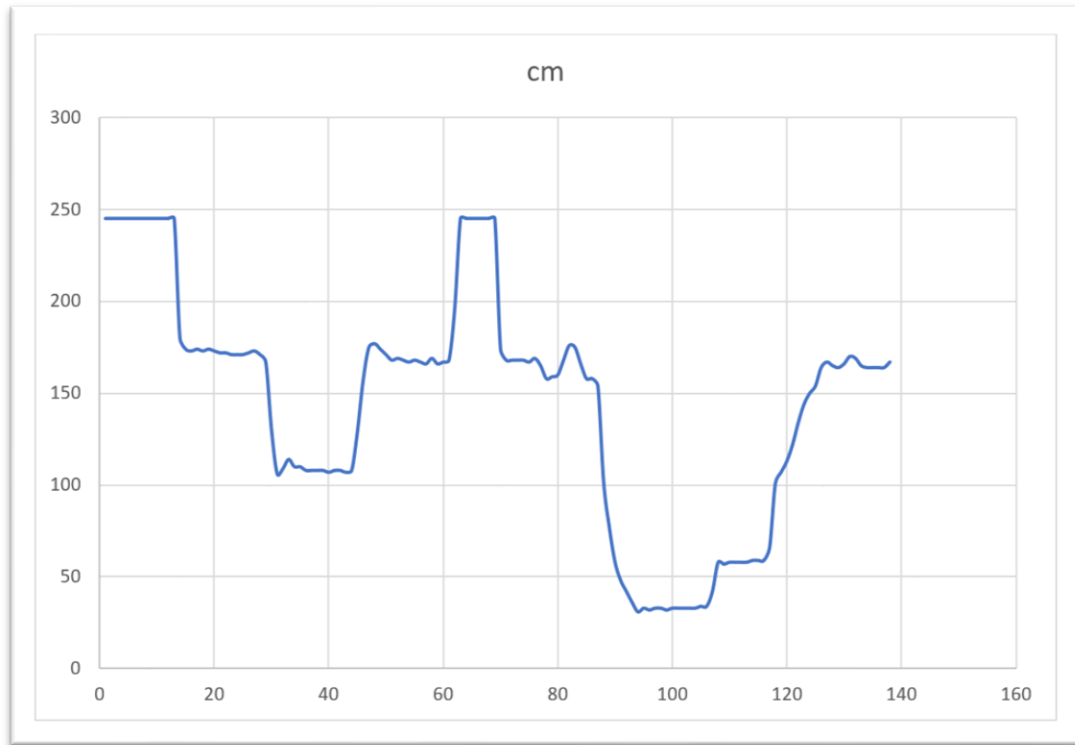
*Fragmento de tabulación de altura de una persona al caer y levantarse*

TIEMPO	DISTANCIA	ALTURA
1	245	245
2	245	245
3	71	174
4	77	168
5	77	168
6	77	168
7	77	168
8	78	167
9	76	169
10	80	165
11	87	158
12	86	159
13	85	160
14	77	168
15	69	176
16	70	175
17	79	166
18	87	158
19	87	158
20	91	154
21	143	102
22	168	77
23	187	58
24	197	48
25	203	42
26	209	36
27	214	31
28	212	33
29	213	32
30	212	33
31	212	33
32	211	34
33	211	34
34	203	42
35	187	58
36	188	57
37	187	58
38	187	58
39	187	58
40	187	58
41	186	59
42	186	59
43	186	59
44	179	66
45	144	101
46	138	107
47	132	113
48	123	122
49	111	134
50	101	144
51	95	150
52	91	154

*Nota.* Altura con respecto al tiempo. Elaborado por: Los autores.

**Figura 34**

*Variación de la altura de una persona al caer y levantarse*



*Nota.* Gráfica de altura en relación a la ubicación del paciente. Fuente: propia de los autores.

En el gráfico se aprecia que en el segundo 14 ingresa una persona que al segundo 30 se agacha por alguna razón. Al segundo 46 se reincorpora y al segundo 62 sale para regresar enseguida al segundo 70 con movimientos inestables hasta caer al segundo 89 donde ya se genera una alarma de caída en el software. La persona queda en el suelo hasta el segundo 106 donde comienza a reincorporarse de manera inestable hasta el segundo 125 donde se reincorpora totalmente, aunque todavía de manera inestable a la que acude a su ayuda la persona a la que le llegó la alarma de persona caída y si hizo presente con el adulto mayor de pendiente a su cargo.

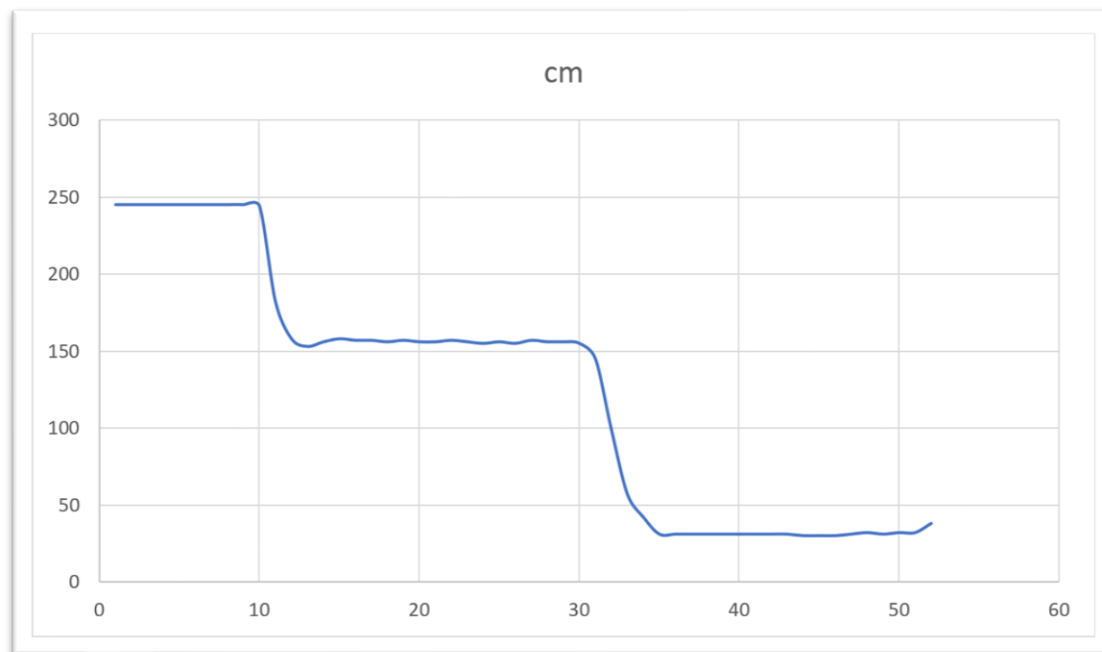
**Tabla 7***Fragmento de tabulación de altura de una persona al caer y no levantarse*

<b>TIEMPO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>ALTURA</b>
1	245	245
2	245	245
3	245	245
4	245	245
5	245	245
6	245	245
7	245	245
8	245	245
9	245	245
10	244	244
11	63	182
12	87	158
13	92	153
14	89	156
15	87	158
16	88	157
17	88	157
18	89	156
19	88	157
20	89	156
21	89	156
22	88	157
23	89	156
24	90	155
25	89	156
26	90	155
27	88	157
28	89	156
29	89	156
30	90	155
31	100	145
32	146	99
33	188	57
34	203	42
35	214	31
36	214	31
37	214	31
38	214	31
39	214	31
40	214	31
41	214	31
42	214	31
43	214	31
44	215	30
45	215	30
46	215	30
47	214	31
48	213	32
49	214	31
50	213	32

*Nota.* Altura con respecto al tiempo. Elaborado por: Los autores.

**Figura 35**

*Variación en la altura de una persona al caer y no levantarse*



*Nota.* Gráfica de altura en relación a la ubicación del paciente. Elaborado por: Los autores.

En el gráfico se puede apreciar que en el segundo 11 ingresa una persona que al segundo 32 se comienza a caer de tal manera que al segundo 35 está totalmente en el suelo, momento en el cual se genera una alarma en el dispositivo móvil de la persona a cargo y del familiar que se encuentra involucrado en el proceso de monitorización del adulto mayor dependiente.

En la gráfica se está representando hasta el segundo 52 donde se puede apreciar un leve movimiento del paciente mientras la persona responsable del cuidado del adulto mayor ya se encuentra en camino a darle asistencia desde donde quiera que haya estado en otras ocupaciones debido a que es la única persona responsable del adulto mayor, pero, que en su móvil ya se generó la alarma de una caída inminente de la persona a su cargo.

**Tabla 8**

Fragmento de *tabulación de la altura en el cuarto de baño en el inodoro*

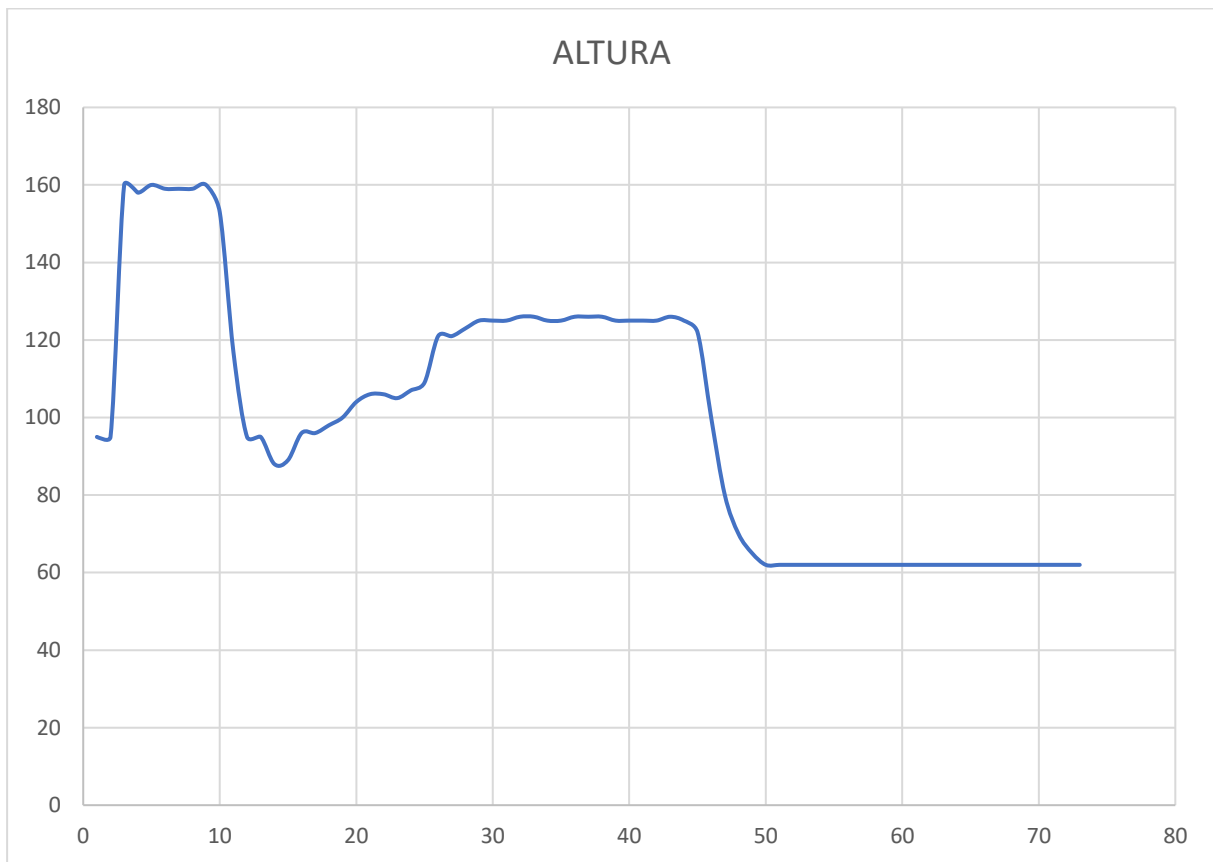
<b>TIEMPO</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>ALTURA</b>
1	150	95
2	150	95
3	85	160
4	87	158
5	85	160
6	86	159
7	86	159
8	86	159
9	85	160
10	92	153
11	128	117
12	150	95
13	150	95
14	157	88
15	156	89
16	149	96
17	149	96
18	147	98
19	145	100
20	141	104
21	139	106
22	139	106
23	140	105
24	138	107
25	136	109
26	124	121
27	124	121
28	122	123
29	120	125
30	120	125
31	120	125
32	119	126
33	119	126
34	120	125
35	120	125
36	119	126
37	119	126
38	119	126
39	120	125
40	120	125
41	120	125
42	120	125
43	119	126
44	120	125
45	123	122
46	145	100
47	165	80
48	175	70
49	180	65
50	183	62
51	183	62
52	183	62
53	183	62
54	183	62

*Nota.* Altura con respecto al tiempo. Elaborado por: Los autores.



**Figura 36**

*Variación de la altura de presencia sobre el inodoro*



*Nota.* Gráfica de altura en relación a la ubicación del paciente. Elaborado por: Los autores.

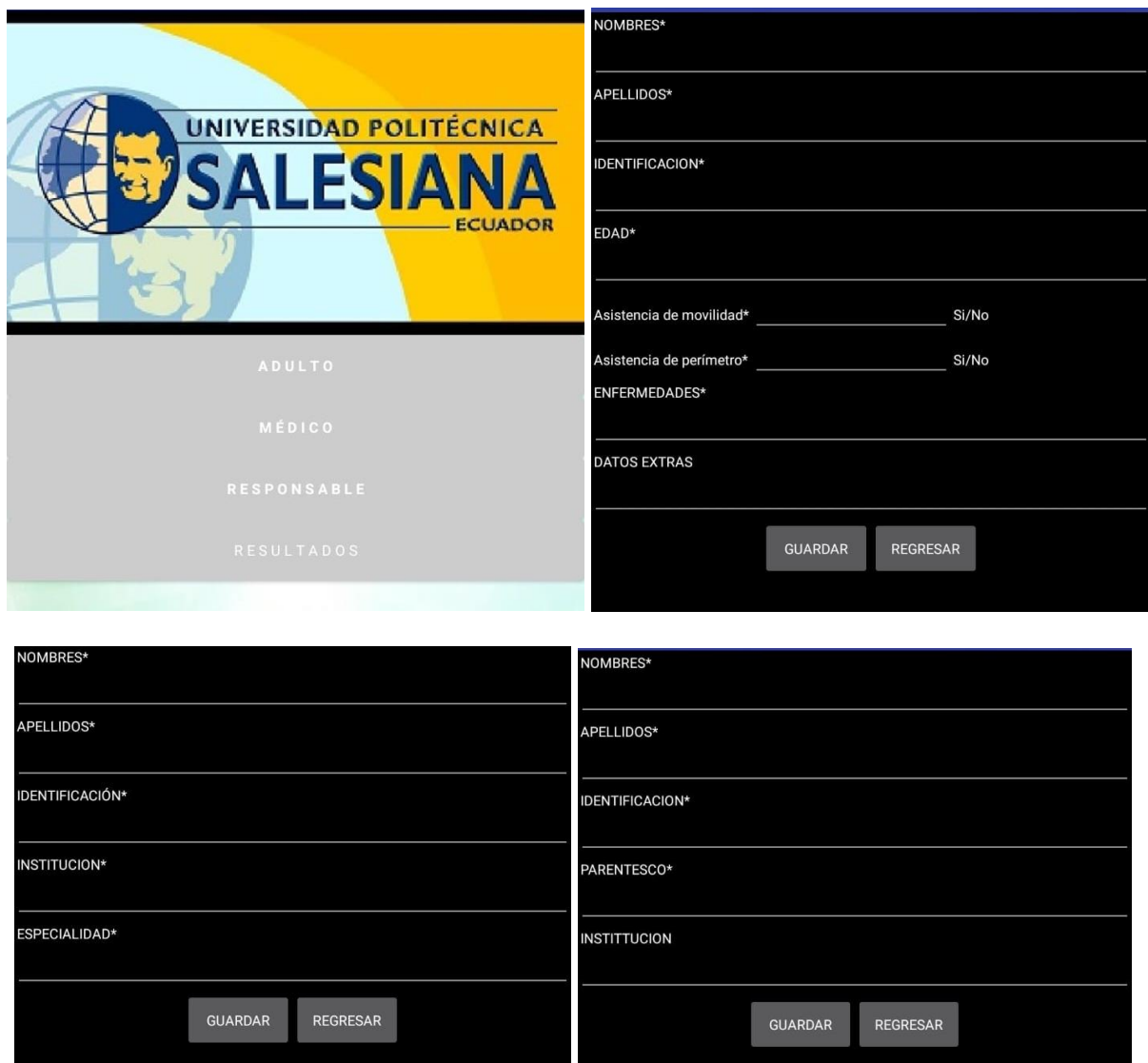
En el gráfico se puede apreciar que en el segundo 11 ingresa una persona que al segundo 20 comienza un proceso inestable para sentarse en el inodoro hasta llegar a una posición semi estable en el segundo 36. En el segundo 54 se puede apreciar que comienza un proceso de descenso hasta que en el segundo 58 solo se detecta la altura del inodoro. La persona que ingresó se cayó y no ha vuelto a levantarse y no se vuelve a registrar la altura normal, de tal manera que el software genera la alarma respectiva de caída en el dispositivo móvil de las personas vinculadas en el proceso y se toma la acción correspondiente.

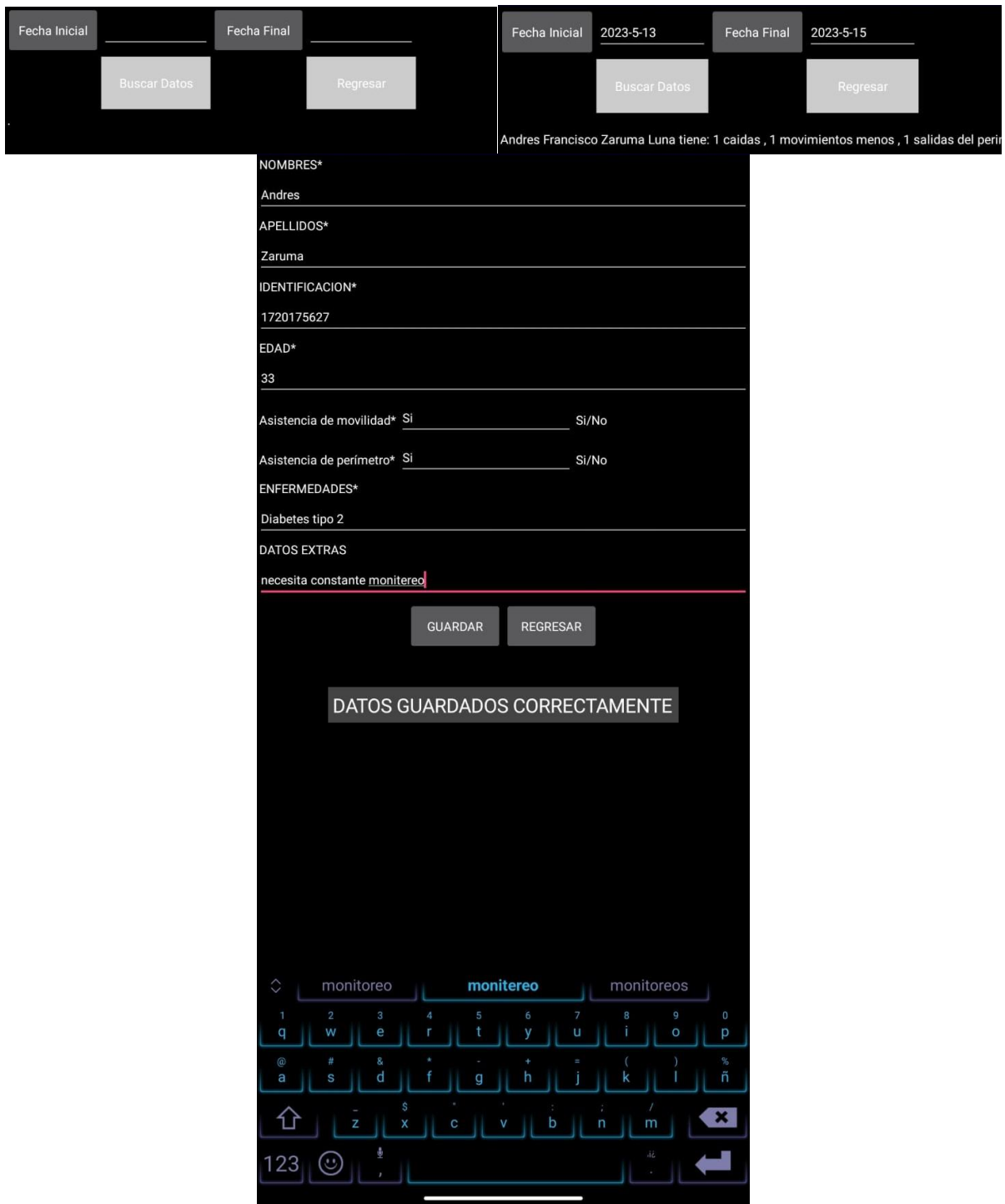
### 3.4 PRUEBAS DE EJECUCIÓN

El aplicativo móvil fue testado en un dispositivo Android de la marca Xiaomi Redmi Note 11, que cuenta con una versión de Android 12, donde se procedió a validar el funcionamiento del mismo, así como la navegación y conexión con la base de datos, el cual fue totalmente exitoso, para lo cual se adjunta imágenes como prueba del funcionamiento.

**Figura 37**

*Pantallas funcionamiento aplicación*





*Nota.* Pantallas en orden de navegación del aplicativo, así como las respectivas conexiones a la base tanto para insertar datos como para consultar. Elaborado por: Los autores.

## CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del trabajo práctico se identificaron dos tipos de sensores y actuadores disponibles: Módulo sensor US-016 con generador de ultrasonido que cuesta \$8 de 0.019 Vatios de potencia; Placa Arduino Nano 33 IoT sensor y actuador que tiene acelerómetro y giroscopio de 6 ejes de precio \$23 con una potencia de 0.035 Vatios, y el actuador ESP32-C3 cuyo valor es \$9.80 con 0.1Vatios. Los cuales permiten medir distancias con precisión e identificar movimiento en tres dimensiones. La información de estos dispositivos es tecnológicamente confiable, costo no muy elevado, buen rendimiento, consumo de energético muy bajo y fácil acceso; los mismos que facilitan la manipulación de la información en varios entornos de desarrollo y facilitan el monitoreo en tiempo real.

El sistema de sensores y actuadores identificados, una vez programados e instalados, facilitan que la información sea transferida en tiempo real a una base de datos, información que es depurada con criterios que permiten obtener parámetros para desarrollar la aplicación móvil a ser utilizada por la persona a cargo del adulto mayor. Este sistema da cuenta de que el desarrollo informático realizado, viabiliza un prototipo de aplicación móvil de monitorización constante, en tiempo real.

A través de programación en Arduino, la información generada por los sensores proporciona los parámetros y criterios de alerta, los cuales son enviados y clasificados en la base de datos. Mediante la programación en App Inventor MIT, la información obtenida de la base de datos se filtra a través de dos módulos: Detección de caídas, posicionamiento y detección de movimiento; que realizan lecturas de los parámetros de alertas que se envían al aplicativo móvil. En el trabajo realizado, fue factible el desarrollo de un sistema informático que asocia sensores y actuadores con un aplicativo móvil que facilita la generación de alertas

en tiempo real como apoyo a las personas responsables del cuidado del adulto mayor dependiente.

Una vez instalado el hardware para detección de distancia y el hardware de detección de movimiento, se comprobó que generan y guardan la información de manera correcta en la base de datos del servidor; adicionalmente se evidenció que la información es absorbida, presentada e interpretada por la aplicación móvil, la cual genera alertas en un dispositivo móvil con sistema operativo Android. Esta integración de la aplicación móvil con el sistema operativo Android es de fácil manejo y amigable para el responsable del cuidado del adulto mayor dependiente.

El diseño de un prototipo de aplicación móvil de monitorización constante para adultos mayores dependientes en situaciones de movilidad y perímetro seguro, tiene las siguientes potencialidades: Permitiría detectar en tiempo real posibles caídas y estado de movilidad; evitaría complicaciones en la salud del adulto mayor por la tardanza en detectar caídas y estado de movilidad en riesgo.

En el caso del personal a cargo de las personas adultas mayores dependientes se prevé los siguientes apoyos: Contaría con un monitoreo en tiempo real de movilidad y perímetro seguro del adulto mayor dependiente a través de la aplicación móvil de fácil manejo, desarrollada para dispositivos Android; permitiría un alejamiento del paciente con un mayor grado de seguridad, en función de contar con un monitoreo confiable.

A nivel familiar se obtendrían las siguientes ventajas: La posibilidad de tener fácil acceso a una aplicación confiable, escalable y de bajo costo; daría un mayor grado de confianza de que el cuidado del familiar adulto mayor posea herramientas tecnológicas en la prevención de riesgos para la cual fue desarrollado el prototipo de la aplicación.

## RECOMENDACIONES

En la selección de sensores y actuadores se sugiere que no se busque lo más económico o comprar en lugares no calificados para no obtener dispositivos menos confiables; tampoco el otro extremo y ver lo más caro, si bien su costo no es muy elevado, pero si se requiere comprar en gran número puede incidir en elevar el presupuesto del proyecto, un término medio debidamente probado estaría bien de preferencia compra directa al fabricante si es el caso. Un error puede ser buscar lo último en tecnología porque no hay mucho soporte sobre todo en software. Si se llega a comprar sensores o actuadores como respaldo para tener en stock se debería probar inmediatamente se les adquiera porque no tienen mucho tiempo de garantía, no porque no sean confiables, sino, por políticas del vendedor y, un reclamo a destiempo no aplica.

Al buscar un servidor web se debe primero hacer pruebas de calidad ya que el intercambio de información no debe ser interrumpido debido al riesgo que puede representar que un mensaje de alerta ignorado, el tiempo de respuesta debe ser rápido ya que la evaluación de cada segundo depende del estado de las milésimas o centésimas de segundo anterior y, las características de robustez puesto que la información generada es muy pequeña pero grande en número de parámetros y si la implementación es para varias personas, en un día puede haber miles de registros alojados en la base de datos.

La plataforma de desarrollo Arduino que relaciona la información de los sensores con los actuadores debe actualizarse con frecuencia durante la etapa de desarrollo para que las librerías con que se interactúa sean las últimas hasta finalizar el proyecto y luego programar una actualización del hardware, cuando amerite aplicar una nueva función en las librerías de Arduino para los sensores y actuadores utilizados. Las actualizaciones del aplicativo móvil

deben ser considerados cuando las versiones de Android cambien en el dispositivo móvil donde se está utilizando la aplicación o cuando el App Inventor MIT lance una nueva actualización y sobre todo cuando el aplicativo presente algún comportamiento anómalo.

A pesar del nivel básico del aplicativo, debe haber una capacitación sobre su uso y del sistema operativo para que la persona a cargo del adulto mayor tenga facilidad en el manejo de la aplicación y de la estructura básica del sistema operativo Android así, de esta manera sepa detectar los mensajes de alerta, interpretarles y brindar una respuesta ágil y adecuada, garantizando una intervención a tiempo y la ayuda necesaria al adulto mayor dependiente.

Incentivar el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas, ya que implica adquirir aprendizajes de varias técnicas y lenguajes de programación, así el conocimiento y experiencia adquiridos incide en el fortalecimiento de las habilidades del técnico investigador, lo cual incidirá en tener mejores oportunidades laborales.

El uso de diferentes dispositivos o actuadores que se utilizan para la detección de varios elementos es de mucha utilidad, ya que hoy en día la tecnología evoluciona a pasos gigantescos lo que ayudaría a mejorar el nivel de vida de todos, teniendo un estricto control con la ayuda de la tecnología.

Enlazar con un módulo de Bigdata y Machine Learning para monitorizar comportamientos y trabajar con predicciones.

Este prototipo, como su nombre lo indica debe ser tomado como referencia para futuras actualizaciones y mejoras del mismo, también puede ser ampliado en sus funciones para un mejor control y manejo de los resultados obtenidos.

Las seguridades deben ser tomadas en cuenta dentro de la infraestructura de la localidad donde se está utilizando el software, se recomienda al usuario final poner una contraseña segura y no compartirla.

Para la infraestructura se recomienda el uso de un buen dispositivo de propagación de la señal y que brinde opciones de seguridad en la Wi-Fi ya que los sensores comparten los datos generados por ese medio inalámbrico hacia el actuador y de allí su proceso para interactuar con el usuario final con la información en dos vías con la nube.

La universidad podría dar continuidad a este tipo de iniciativas, a través de la búsqueda de coyunturas que permita a los estudiantes desarrollar un proyecto macro y gestionar financiamientos internacionales para la investigación y calidad de la formación en ingeniería de software. Ya que se usen procesos como la vinculación a servicios innovadores, dotando a los estudiantes de experiencias reales y productos necesarios para el país.



## REFERENCIAS

- Alberto Domínguez, M. V. (2018). El estado del arte: Salud inteligente y el internet de las cosas. *Revista de ID Tecnológico*, 1-4.
- Alonso, M. M. (2023). *El Estudio de Casos como método de investigación cualitativa: Aproximación a su estructura, principios y especificidades*.  
<https://diversidadacademica.uaemex.mx/article/view/20623>
- ARDUINO.CC. (s.f.). *Nano 33 IoT*. <https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-iot?queryID=b61ee6133d06a56fae9b7eed6f5dfbbc>
- Armando Román Gallardo, J. R. (2023). *Internet de las cosas. Teoría y Práctica*. Sara Sandoval Carrillo, María Andrade Aréchiga, Erika Margarita Ramos Michel, . Colima, México: Universida de Colima.
- Art, P. M. (2023). *Philadelphia Museum of Art*.  
<https://philamuseum.org/collection/object/332096>
- B., S. d. (16 de Marzo de 2011). *Homenaje a Inés Durana Samper*.  
<http://www.encolombia.com/medicina/academedicina/academ26266homenaje.htm>
- Bardin, L. (2002). *Análisis de Contenido*, . Mexico: Akal.
- Betten. (29 de 09 de 2023). *Betten*. Tecnologías para monitorear y cuidar personas mayores a distancia. <https://info.betten.cl/tecnolog%C3%ADas-para-monitorear-y-cuidar-personas-mayores-a-distancia>

Candela, G. (2023). *INSTRUMENTACIÓN Y SENSORES*. QUITO: UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS.

Carlos Chuquimarca, S. S. (2022). Análisis comparativo entre arquitecturas de sistemas IoT. *RITI Journal*, 55.

CC, A. (s.f.). *ARDUINO CC*. Arduino Nano 33 IoT. <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-nano-33-iot?selectedStore=us>

Conectada, A. (07 de 2021). *Internet de las cosas e internet de todo*. Estado del arte IoT. <https://coitaoc.org/wp-content/uploads/2021/06/Estado-del-Arte-IoT.pdf>

Echeverría, A., Astorga, C., Fernández, C., Salgado, M., & Villalobos Dintrans, P. (2022). Funcionalidad y personas mayores: ¿dónde estamos y hacia dónde ir? *PAN AMERICAN JOURNAL OF PUBLIC HEALTH* 46, 6. <https://doi.org/https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.34>

ESPAÑOLA, R. A. (2023). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/red>

Espressif. (2023). *ESP8266*. ESPRESSIF. [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf)

IBM. (2023). *¿Qué es trabajar en red?* <https://www.ibm.com/es-es/topics/networking>

INEC. (2018). *Consejo Nacional para la igualdad Intergeneracional*. Gobierno del Ecuador. <https://www.igualdad.gob.ec/estado-de-situacion-de-las-personas-adultas-mayores/>

Inventor, M. A. (s.f.). *MIT App Inventor*. <https://appinventor.mit.edu/about-us>

K rouac, S., Pepin, J., Ducharme, F., Duquette , A., & Major, F. (2007). *El pensamiento enfermero*. Barcelona: Etudes Vivantes.

Mejía-Arango, S., Miguel-Jaimes, A., Villa, A., Ruiz-Arregui, L., & Gutiérrez-Robledo, L. M. (2007). Deterioro cognoscitivo y factores asociados.

Ministerio de Inclusión Económica y Social. (s.f.). *Dirección Población Adulta Mayor*.  
<https://www.inclusion.gob.ec/direccion-poblacion-adulta-mayor/>

OMS. (26 de Abril de 2021). *Caídas: Organización Mundial de la Salud*. Caídas: Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/falls>

OpenWebinars. (24 de Septiembre de 2019). *Qué es MySQL: Características y ventajas*.  
<https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>

Philippe Moura, S. N. (2018). *Ciudades inteligentes e Internet de las Cosas: cómo fomentar su desarrollo en América Latina*. GSMA.

Pinela Requena, E. E., & Vera Tabares, M. E. (2019). Evaluación del riesgo de caída en los pacientes hospitalizados en el área de medicina interna de un Hospital de Tercer nivel de la Ciudad de Guayaquil . En E. E. Pinela Requena, & M. E. Vera Tabares. Guayaquil.

pins, N. S. (2023). *Product Reference Manual*. Arduino.

Pipa Huamán, J. (2022). *REDES INALÁMBRICAS*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN.

<https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14039/5004/Redes%20inal%C3%A1mbricas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quintero Osorio, M. A., Barrera Paz, L., Rubio Herrera , R., Rubio Rubio, L., Falque Madrid, L., Zambrano González, R., Balzán Ballesteros, J. L., Barrios de Montiel, M. Á., Luna Torres, L., Maestre, G., Pino Ramirez, G., Flores, H., Castillo Flores, S., Segá Nieto , O., Horta , E., Rujano Roque, R., & Palmar, M. R. (2011). *La salud de los adultos mayores una visión compartida*. Washington D.C.: Organización Panamericana de la Salud.

RedHat. (2023). *OpenSource: Supported by RedHat*. <https://opensource.com/resources/what-open-source>

Reuter – Lorenz, P. A. (2002). *Neuropsicología cognitiva del cerebro envejecido*, En Park, D. y Schwarz N. *Envejecimiento Cognitivo*. España: Editorial medica Panamericana.

Rodríguez, M. A., & Mendoza Núñez, V. M. (2003). *Envejecimiento, enfermedades crónicas y antioxidantes*. México D.F.: UNAM, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Sinnaps. (2020). *METODOLOGÍA XP O PROGRAMACIÓN EXTREMA*. <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/metodologia-xp>

Statista. (2023). *Dispositivos conectados (Internet de las cosas) a nivel mundial de 2015 a 2027*. <https://es.statista.com/estadisticas/517654/prevision-de-la-evolucion-de-los-dispositivos-conectados-para-el-internet-de-las-cosas-en-el-mundo/>

Systems, E. (2023). *ESP32-C3-DevKitC-02*. <https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32c3/hw-reference/esp32c3/user-guide-devkitc-02.html>

Systems, E. (2023). *ESP32-DevKitM-1*. <https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/user-guide-devkitm-1.html>

Valencia del Aguila, L. C. (2019). *Características de las caídas en el adulto mayor que ingresa por emergencia del Hospital San José Callao - 2018.*  
<https://hdl.handle.net/20.500.12727/5223>

Varela Silva, F. E. (2018). *Riesgo a caídas en los pacientes hospitalizados de cardiología de adultos en el Instituto Nacional Cardiopulmonar de Tegucigalpa Honduras, en los meses de diciembre del 2017 y enero del 2018.*  
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1008020>

Worldometer. (28 de 11 de 2023). *Población mundial.*  
<https://www.worldometers.info/es/poblacion-mundial/>