

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO PARA SEGURO
VEHICULAR EN AUTOS PARTICULARES**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecatrónico

AUTOR:

Luis Alejandro Agapito Montero

ASESOR:

Diego Martin Arce Cigüeñas


Lima, Agosto, 2023

Informe de Similitud

Yo, Diego Martin Arce Cigüeñas, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO PARA SEGURO VEHICULAR EN AUTOS PARTICULARES, del autor(a) Luis Alejandro Agapito Montero, dejó constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 14%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el 23/05/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 11 de Agosto del 2023

| | |
|--|---|
| Apellidos y nombres del asesor: Arce Cigüeñas, Diego Martin | |
| DNI:46726472 | Firma  |
| ORCID: 0000-0002-7350-1709 | |

RESUMEN

Los seguros vehiculares se han convertido en un tema muy relevante en ciudades como Lima. Esto se debe a la gran cantidad de accidentes existentes (Perú 21, 2019), que se agudiza por la excesiva congestión de carros (El Comercio, 2019), que se presenta sobre todo en horas punta, por el mal estado vehicular y la conducción imprudente de los conductores en muchos casos. Sin embargo, según un estudio de Bankrate, el uso real del seguro vehicular por temas graves como choques, que es uno de los accidentes más comunes, es en promedio de solo 5.8 veces cada 100 años (Bankrate, 2022).

Por este motivo, esta tesis expone el diseño de un dispositivo que monitoree los factores de riesgo más comunes dentro de un modelo de seguro vehicular basado en su forma de manejo. Este se instalará en la parte interna delantera de los carros asegurados. Asimismo, registrará en tiempo cercano al real los cambios de velocidad excesivos y si este se desplaza en lugares y tiempos riesgosos, como en las horas punta, y el kilometraje del carro de manera mensual. Esto brindará un reporte que tanto el asegurado como la aseguradora podrán visualizar para monitorear su nivel de riesgo.

Este dispositivo beneficia 3 frentes principales. Primero, esto ayudaría a la sociedad buscando promover una conducción más responsable, ya que reducir entre un 12% y un 15% los siniestros vehiculares (Litman, 2022). Segundo, apoyaría al asegurado en reduciendo la prima de su seguro que pagaría. Tercero, contribuiría con la aseguradora en la reducción de sus costos con estos clientes, puesto que serían menos propensos a accidentes más graves y por lo cual causando un costo menor a la empresa.

INDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| RESUMEN..... | ii |
| INDICE DE TABLAS | v |
| INDICE DE FIGURAS..... | vii |
| LISTA DE SÍMBOLOS | xi |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| I. ANTECEDENTES AL DISEÑO | 4 |
| 1.1. Problemática..... | 4 |
| 1.2. Propuesta de solución..... | 6 |
| 1.3. Objetivos..... | 7 |
| 1.4. Alcance | 8 |
| 1.5. Metodología..... | 8 |
| II. ESTADO DEL ARTE | 10 |
| 2.1. Detección de ubicación..... | 10 |
| 2.2. Detección de aceleración | 12 |
| 2.3. Tecnologías para obtención de indicadores de riesgo | 13 |
| 2.4. Servidor en la nube | 16 |
| 2.5. Sujetador-Estabilizador..... | 17 |
| 2.6. Microcontroladores..... | 18 |
| III. DISEÑO CONCEPTUAL | 21 |
| 3.1. Lista de Requerimientos | 21 |
| 3.2. Estructura de Funciones..... | 22 |
| 3.3. Matriz morfológica | 28 |
| 3.4. Conceptos de solución | 29 |
| 3.5. Evaluación Técnica – Económica..... | 32 |
| 3.6. Concepto de Solución Óptima | 38 |
| IV. DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE MONITOREO..... | 40 |
| 4.1. Modelo 3D..... | 40 |
| 4.2. Selección de materiales mecánicos..... | 41 |
| 4.3. Cálculo de consumo de internet..... | 43 |
| 4.4. Selección de componentes electrónicos..... | 43 |

| | |
|---|-----|
| 4.5. Cálculos energéticos | 47 |
| 4.6. Cálculo de la fijación al carro | 48 |
| 4.7. Planos de ingeniería..... | 49 |
| 4.8. Diagrama de Operaciones..... | 53 |
| V. DISEÑO DEL SISTEMA DE LA NUBE DE SERVICIOS | 56 |
| 5.1. Elección de la nube de servicios..... | 56 |
| 5.2. Arquitectura de software..... | 58 |
| 5.3. Visualización | 65 |
| 5.4. Aprovisionamiento de recursos en la nube..... | 67 |
| 5.5. Diagrama de flujo | 70 |
| VI. VALIDACIONES | 73 |
| 6.1. Código de extracción de datos Raspberry Pi Pico W | 74 |
| 6.2. Código de procesamiento de datos en Azure Stream Analytics | 75 |
| 6.3. Identificación del riesgo por kilometraje..... | 76 |
| 6.4. Identificación de riesgo por aceleración..... | 77 |
| 6.5. Identificación de riesgo por ubicación..... | 77 |
| 6.6. Pruebas de eficiencia del sistema | 78 |
| 6.7. Portabilidad de la herramienta..... | 86 |
| VII. COSTOS DEL SISTEMA | 88 |
| CONCLUSIONES | 91 |
| RECOMENDACIONES | 92 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 93 |
| ANEXOS..... | 100 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 2.1. Cuadro comparativo entre los sensores de ubicación | 11 |
| Tabla 2.2. Cuadro comparativo entre los sensores de aceleración..... | 13 |
| Tabla 3.1. Tabla de matriz morfológica | 28 |
| Tabla 3.2: Evaluación de conceptos de solución mediante su valor técnico | 33 |
| Tabla 3.3: Evaluación de conceptos de solución mediante su valor económico | 36 |
| Tabla 4.1. Tabla de selección de amortiguadores | 42 |
| Tabla 4.2. Tabla de selección de material 3D | 43 |
| Tabla 4.3. Tabla de selección de microcontroladores | 45 |
| Tabla 4.4. Tabla de selección de GPS..... | 46 |
| Tabla 4.5. Tabla de selección de acelerómetro | 46 |
| Tabla 4.6. Tabla de planos de ensamble y subensambles | 50 |
| Tabla 4.7. Tablas de planos de fabricación | 50 |
| Tabla 5.1. Tabla de elección de la nube de servicios | 57 |
| Tabla 5.2. Capas de la arquitectura de software..... | 61 |
| Tabla 5.3. Funciones de la arquitectura de software | 61 |
| Tabla 5.4. Razones de la elección de Azure Datalake Gen2 (Microsoft, 2023) | 62 |
| Tabla 5.5. Razones de la elección de Power BI Dataset (Microsoft, 2023)..... | 63 |
| Tabla 5.6. Razones de la elección de Azure Monitoring (Microsoft, 2023)..... | 63 |
| Tabla 5.7. Razones de la elección de Azure Stream Analytics (Microsoft, 2023) | 64 |
| Tabla 5.8. Razones de la elección de Azure IoT Hub (Microsoft, 2023) | 64 |
| Table 6.1. Tabla de contraste entre distancias de Azure y cálculo manual..... | 83 |

| | |
|--|----|
| Tabla 7.1. Costos de los componentes mecánicos | 88 |
| Tabla 7.2. Costos de los componentes electrónicos..... | 89 |
| Tabla 7.3. Costos de los servicios de Azure..... | 89 |



INDICE DE FIGURAS

Pág.

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. GPS para medir velocidad (Mwave,2023)..... | 11 |
| Figura 2.2. ADXL335 Acelerómetro analógico de 3 ejes (Geek Factory, 2023) | 12 |
| Figura 2.3. Ejemplo de estimación de densidad del Kernel. Fuente:(Maneiro,2019) 14 | |
| Figura 2.4. Ejemplo de uso de Isolation Forest. Fuente: (Regaya, 2021) | 15 |
| Figura 2.5. Lytx DriveCam (Lytx, 2023)..... | 15 |
| Figura 2.6. Community Speedwatch (Alstonefield, n.d.) | 16 |
| Figura 2.7: Diagrama de bloques del Gimbal | 18 |
| Figure 2.8: Imagen del Gitzo Traveler Kit series 2..... | 18 |
| Figura 2.9: Diagrama de Raspberry Pi Pico W (Raspberry,2023)..... | 19 |
| Figure 2.10: Diagrama de Arduino Nano (Arduino, 2023)..... | 20 |
| Figura 3.1. Caja negra del sistema | 24 |
| Figura 3.2. Estructura de funciones del sistema de la nube de servicios/sistemas de la empresa..... | 24 |
| Figura 3.3. Sistema de comunicaciones | 25 |
| Figura 3.4. Estructura de funciones del Sistema de sensores..... | 26 |
| Figura 3.5. Estructura de funciones del Sistema de energía | 26 |
| Figura 3.6. Estructura de funciones del Sistema de mecánica | 27 |
| Figura 3.7. Estructura de funciones del Sistema de mecánica | 27 |
| Figura 3.8. (a) Bosquejo del concepto de solución 1 en el carro. (b) Vista interna del bosquejo del concepto de solución 1. | 30 |
| Figura 3.9. (a) Bosquejo del concepto de solución 2 en el carro. (b) Vista interna del bosquejo del concepto de solución 2. | 31 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.10. (a) Bosquejo del concepto de solución 3 en el carro. (b) Vista interna del bosquejo del concepto de solución 3. | 32 |
| Figura 3.11. Evaluación técnica-económica | 38 |
| Figura 3.12. (a) Bosquejo de la solución óptima en el carro. (b) Vista interna del bosquejo de la solución óptima. | 39 |
| Figura 4.1. (a) Vista isométrica del modelo 3D del dispositivo. (b) Vista trasera del modelo 3D del dispositivo. (c) Vista interna del modelo 3D del dispositivo con componentes. (d) Vista del dispositivo con cotas generales. | 41 |
| Figura 4.2. Soporte de goma para evitar vibración de PCB en vuelo (Amazon, 2023) | 41 |
| Figura 4.3. Diagrama de la arquitectura del hardware | 44 |
| Figura 4.4. Esquemático del sistema de monitoreo de la velocidad | 51 |
| Figura 4.5. Representación del módulo GY-GPS6MV2..... | 51 |
| Figura 4.6. Representación del módulo GPS Neo 6M | 52 |
| Figura 4.7. Representación de la Raspberry Pi Pico W | 52 |
| Figura 4.8. (a) Vista delantera del PCB. (b) Vista trasera del PCB. | 53 |
| Figura 4.9. Diagrama de operaciones..... | 55 |
| Figura 5.1 Cuadrante mágico sobre la industria global de las plataformas IoT (Gartner,2022) | 58 |
| Figura 5.2. Estructura de funciones del sistema de nube | 59 |
| Figura 5.3. Diagrama de casos de uso del sistema de comunicaciones en Azure..... | 60 |
| Figura 5.4. Arquitectura de software por capas y funciones..... | 60 |
| Figura 5.5. Bosquejo de conexión de servicios Azure y el sistema físico y de visualización. | 62 |
| Figura 5.6. Conexión de dataset con reporte en Power BI..... | 65 |
| Figura 5.7. Ejemplo del tablero de datos..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.8. Cálculo Azure IoT Hub | 67 |
| Figura 5.9. Cálculo de Azure Stream Analytics..... | 68 |
| Figura 5.10. Cálculo de Azure Storage Accounts (Datalake Gen 2) | 69 |
| Figura 5.11. Cálculo de Azure Monitor | 69 |
| Figura 5.12. Diagrama de Flujo principal | 71 |
| Figura 5.13. Diagrama de flujo de subproceso: Procesar datos en Azure..... | 72 |
| Figura 6.1. (a) Vista de perfil del dispositivo en el carro. (b) Vista interna del dispositivo abierto. (c) Vista cercana del dispositivo cerrado. | 74 |
| Figura 6.2. Salida de consola de Raspberry Pi Pico W | 74 |
| Figura 6.3. Resultado de pruebas en Azure Stream Analytics para las aceleraciones riesgosas..... | 75 |
| Figura 6.4. Resultado de pruebas en Azure Stream Analytics para las ubicaciones riesgosas..... | 75 |
| Figura 6.5. Presentación general del usuario del servicio | 76 |
| Figura 6.6. Identificación de riesgo por kilometraje | 76 |
| Figura 6.7. Identificación de riesgo por aceleración | 77 |
| Figura 6.8. Ubicaciones y tiempos riesgosos | 78 |
| Figura 6.9. Identificación de riesgo por ubicación..... | 78 |
| Figura 6.10. Ubicación actual de referencia..... | 79 |
| Figura 6.11. Ubicación capturada por el sensor | 79 |
| Figura 6.12. Gráfico de error de GPS | 80 |
| Figura 6.13. Archivo de riesgo para validar el riesgo por ubicación | 81 |
| Figura 6.14. Tabla en Power BI para validar riesgo por ubicación..... | 82 |
| Figura 6.15. Tabla para validar riesgo por ubicación fuera de riesgo..... | 83 |

| | |
|--|----|
| Figura 6.16. Aceleración en eje Y calibrado..... | 84 |
| Figura 6.17. Error de aceleración en eje Y calibrado..... | 84 |
| Figura 6.18. Prueba de eficiencia del algoritmo de aceleración | 86 |
| Figura 6.19. (a) Dashboard en Power BI desde el celular. (b) Dashboard en Power BI Cloud en una PC. (c) Aplicación móvil de este reporte en pantalla principal del celular | 87 |



LISTA DE SÍMBOLOS

- b : Bites [b]
- A : Corriente en Amperios [A]
- W : Peso de un componente [g]
- m : metros [m]
- s : segundos [s]
- g : gramos [g]



INTRODUCCIÓN

La presencia de vehículos en la vía es una de las principales causas de muerte (who.int, 2017). De hecho, muchos conductores se exponen a situaciones peligrosas en la carretera de diversos tipos como velocidad excesiva. Es más, un aumento en la velocidad o aceleración promedio tiene una relación directa con la probabilidad de un accidente de tránsito y sus consecuencias (who.int, 2018). Además, según la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), la mayoría de los accidentes ocurren durante las horas pico en áreas con alta densidad de tráfico (Casey, 2022). Asimismo, cuanto más se conduce el vehículo, mayor riesgo de un problema técnico o accidente automovilístico existe. Por estas razones, todo conductor debe contratar un seguro vehicular en caso de que algo suceda mientras conduce. Sin embargo, en la mayoría de los casos, esta cobertura mensual o anual está infrautilizada en los vehículos particulares. Numéricamente hablando, el uso de seguro para el tipo de siniestro más común, los choques, solo se usa en promedio de 5,8 veces cada 100 años de aseguramiento del vehículo, como lo menciona el estudio de Bankrate (Bankrate, 2022), lo que podría indicar años de pago de la póliza sin haber hecho uso significativo del seguro gracias a la conducción responsable. Cabe resaltar que el primer seguro vehicular comprado data del año 1897 (Allstate, 2023).

Por lo tanto, esta tesis propone el diseño de un sistema de monitoreo de los principales tipos de riesgos (kilometraje, aceleración y externos) relacionados con los vehículos para personalizar una póliza de seguro de automóvil en un modelo “pay as you drive” que se refiere a un pago basado en buenas prácticas de manejo mitigando el riesgo que esto pueda provocar. Primero, se medirá mensualmente la cantidad de kilómetros recorridos desde que se compró el seguro para verificar el estado general del vehículo. En segundo lugar, la aceleración se rastreará en tiempo real para encontrar aceleraciones o desaceleraciones

bruscas. En tercer lugar, se analizará si los vehículos se encuentran en zonas riesgosas (gran congestión vehicular o con alto nivel delincuencia) en momentos inadecuados en tiempo real. Estos datos serán procesados en la nube y serán analizados si existe algún riesgo en sus indicadores. Los resultados del sistema, que se pueden visualizar desde un dispositivo móvil o un ordenador, servirán tanto al asegurado como a la aseguradora. Por un lado, el asegurado podrá ver sus estadísticas desde su teléfono mientras conduce para poder ajustar su estilo de conducción de forma más inmediata y así conseguir una reducción en su póliza de seguro. Por otro lado, la aseguradora, al contar con conductores con un estilo de conducción más adecuado, podrá reducir el costo de mantenimiento del servicio.

El primer capítulo de este estudio desarrolla los antecedentes de diseño del proyecto. En esta sección se analiza el problema abordado resuelto por una solución propuesta. De igual manera, se enuncian los objetivos de la tesis y se define el alcance del proyecto. Se termina mencionando la metodología que se desarrolla a lo largo de esta tesis.

El segundo capítulo presenta una revisión bibliográfica relevante para el proyecto. Se identifican las tecnologías existentes para la solución y sus componentes que contribuyan al desarrollo de esta investigación.

El tercer capítulo se centra en el diseño conceptual del proyecto. Esta sección comienza con la creación de una lista de requisitos que debe cumplir el dispositivo para completar el proyecto. A continuación, se crea una estructura funcional para organizar las entradas y salidas del sistema, así como sus relaciones internas. Luego, se usa una matriz morfológica para derivar diferentes conceptos de solución a partir de las soluciones parciales para cada función en el sistema. En base a estos puntos, se crean tres conceptos de solución, que son evaluados técnica y económicamente. A partir de esta evaluación se obtiene la solución óptima del sistema en base a mejoras entre las opciones evaluadas.

El cuarto capítulo está dedicado al diseño del sistema de monitoreo. En este capítulo se seleccionan los materiales en base a cálculos mecánicos, eléctricos y energéticos, examinando diferentes opciones y eligiendo la opción más adecuada. Luego, se describen los planos mecánicos y electrónicos para su posterior producción. Se culmina el capítulo describiendo el diagrama de operaciones del sistema.

El quinto capítulo se centra en los servicios en la nube. En esta sección, se selecciona la nube de servicio adecuada en función de los requisitos necesarios. Asimismo, se describe la arquitectura de datos utilizada en la nube y se presenta una visualización de tablero de datos que será expuesta a los usuarios. Finalmente, se describen los diagramas de flujos del sistema necesarios para entender su funcionamiento.

El sexto capítulo trata sobre las validaciones del proyecto. Esta sección desarrolla las pruebas de funcionamiento y eficiencia de cada parte del sistema. Aquí se usan los servicios en la nube seleccionados y un prototipo físico real para las validaciones de que cada parte del proyecto se ajuste a lo diseñado en los capítulos anteriores.

El séptimo capítulo presenta el cálculo del presupuesto. Esta sección detalla los costos por cada componente mecánico, electrónico y de servicios en la nube necesarios en el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, se presentan las conclusiones en base a los objetivos propuestos, alcances y desarrollo elaborado en esta tesis.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES AL DISEÑO

Este capítulo comienza desarrollando la problemática, donde se indica la importancia de este documento. Asimismo, se expone una propuesta de solución para resolver la problemática descrita. Luego, se plantean los objetivos y alcance que se desarrollará en este proyecto. Se termina enunciando la metodología que se seguirá en el desarrollo de esta tesis.

1.1. Problemática

La conducción temeraria en la vía pública se ha convertido en una de las principales causas de muerte. De hecho, muchos automovilistas no conducen con seguridad, ya sea debido a sus diversas actividades o debido a que están apurados. Este comportamiento conduce a la pérdida de muchas vidas en todo el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha informado que un aumento de 1 km/h en la velocidad promedio del vehículo conduce a un aumento del 3% en el número de accidentes con heridos y un aumento del 4% al 5% en el número de accidentes fatales. Cada año, aproximadamente 1,3 millones de personas mueren en accidentes de tráfico en todo el mundo, mientras que entre 20 y 50 millones sufren lesiones no mortales. Por estos motivos, los accidentes de tráfico por exceso de velocidad son la principal causa de muerte entre las personas de 15 a 29 años (OMS, 2017).

En Perú, los vehículos se congestionan en hora pico, especialmente en Lima, que es considerada la tercera ciudad más congestionada del mundo (El Comercio, 2019). Esto aumenta el riesgo de accidentes de tráfico en algunas zonas durante las horas punta. Además, conducir en áreas con altas tasas de robo de automóviles puede tener consecuencias negativas para el vehículo. Las personas que van a trabajar tarde por la mañana o quieren llegar temprano a su casa por la tarde a menudo se sienten incómodas debido a los atascos de tráfico y pueden conducir de forma peligrosa. Varios factores contribuyen a que estas horas sean riesgosas, incluida la falta de espacio para maniobrar, los conductores que se apresuran a llegar a su destino, la distracción de las personas cerca de las paradas, la agresión en la carretera y la dificultad para ver debido a la luz del sol de la mañana y la tarde (Kearney, s.f.). Por otra parte, el kilometraje del vehículo es otro indicador importante de riesgo porque está directamente relacionado con el daño causado al vehículo en uso y la exposición al tráfico. De hecho, la Universidad de Quebec ha demostrado que el riesgo de accidente aumenta en aproximadamente $\frac{1}{15000}$ por cada kilómetro recorrido (Boucher, 2020). Estos riesgos pueden conducir a lesiones de tránsito que pueden oscilar entre el 1,5 % y el 2 % del PIB en países de ingresos bajos y medios (Diario Correo, 2018). Por todas estas razones, es necesario contar con un seguro de auto que, dependiendo de las coberturas, brinde protección económica contra los accidentes antes mencionados, así como asistencia médica y/o legal de inmediato. Además, también proporciona tranquilidad al asegurado al estar cubierto y protegido en caso de accidente vehicular. Sin embargo, en la mayoría de los casos, estos seguros frecuentemente no son requeridos por el usuario para que cubra el robo total o daño parcial de su vehículo. Estos serían de los usos más costosos para la aseguradora. Por esta razón, existen términos de seguros de automóviles como "pay as you drive", que varían según la forma en que se conduce el vehículo. A su vez, esto fomenta una conducción más responsable y, por otro lado, reduce el coste para la compañía de seguros por el mismo motivo. Esto suele considerar algún tipo de monitoreo de la conducción, lo cual ha demostrado ser efectivo en diferentes entornos de comportamientos inapropiados. Esto lo demostraron unos investigadores de la Universidad de Newcastle en el Reino Unido. Ellos descubrieron que el solo hecho de sentirse vigilados puede reducir la cantidad de bicicletas robadas en lugares donde esto es frecuente. Entonces, ellos colgaron una pancarta que dice "Ladrón de bicicletas: te estamos vigilando" en esa zona. Los resultados fueron que el robo se

redujo en un 62% en cada lugar que lo hicieron, lo cual confirma lo explicado anteriormente.

1.2. Propuesta de solución

Para abordar el problema presentado, se propone diseñar un sistema para monitorear los principales riesgos identificados para el seguro de auto “pay as you drive”. Estos riesgos incluyen el kilometraje del vehículo, el estilo de conducción (acelerar y frenar bruscamente) y la frecuencia de conducción durante las horas pico y áreas congestionadas. La implementación del sistema como se muestra en la Figura 1.1 incluirá la instalación de un dispositivo de monitoreo, que recopilará información sobre la posición y la aceleración del vehículo cada segundo. Este se ubicará en el interior delantero del vehículo por la menor resistencia del aire, poca probabilidad de choques de objetos externos al vehículo, mejor sujeción del dispositivo o componentes, y su cercanía al motor para obtener la aceleración de manera más exacta. Los datos se enviarán a la nube para su procesamiento. Una vez procesados, los datos se analizan para determinar si existe un aumento o disminución excesivos de la aceleración o si el vehículo se encuentra en un lugar inseguro en hora punta u horarios de congestión. Por otra parte, el kilometraje se ingresará manualmente cada mes a través de la lectura del odómetro del automóvil. Esto no necesita ser recopilado en tiempo real porque ese dato ya es captado instantáneamente en la pantalla del conductor. La recopilación de estos tres datos permitirá que un reporte esté disponible para su visualización a través de un dispositivo móvil o una computadora. Este informe será de gran utilidad tanto para el conductor, al permitirle evaluar su comportamiento al volante y reducir su póliza del seguro, como para la compañía aseguradora, al ayudarlo a reducir los costos del mantenimiento de su servicio por una conducción menos riesgosa de sus clientes. De esta manera, se promoverá una conducción más responsable en las pistas donde ambas partes (asegurado y aseguradora) puedan obtener beneficios.



Figura 1.1 Modelo conceptual de la propuesta de solución

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de monitoreo del comportamiento del conductor que se pueda usar como una herramienta adicional para personalizar las pólizas de seguro vehicular

1.3.2. Objetivos Específicos

- Revisar la bibliografía existente que ayude a definir los requerimientos mecánicos, electrónicos y de servicios en la nube
- Obtener los requerimientos del sistema con base en el estado del arte
- Crear una estructura de funciones principales del sistema
- Enunciar los principios de solución electrónicos y mecánicos que cumplan con la estructura de funciones
- Presentar una propuesta de solución óptima en base a los requerimientos encontrados y las limitaciones existentes
- Elaborar el diseño de ingeniería que incluyen los cálculos mecánicos y eléctricos, selección de componentes, modelamiento en software CAD y elaboración de planos

- Seleccionar los componentes mecánicos, electrónicos y de la nube con base en cálculos o requerimientos
- Diseñar la arquitectura de software del sistema
- Desarrollar los algoritmos para obtener los indicadores de riesgo analizados
- Realizar pruebas de eficiencia y funcionalidad para validar el sistema
- Estimar el costo del sistema de acorde a los componentes mecánicos, electrónicos y de la nube

1.4. Alcance

- Esta tesis se enfoca en el diseño de un sistema de monitoreo en los vehículos, su procesamiento en la nube y creación del reporte de monitoreo
- Se diseñará el sistema de monitoreo solo para vehículos particulares modernos cuyas medidas no sobrepasen los 2x4.5 metros.
- El diseño solo contempla condiciones ambientales buenas como la ausencia de lluvia, niebla, mucha humedad, etc.
- Se realizarán las validaciones del sistema de monitoreo con un prototipo de la solución
- Se asume que la aseguradora cuenta con una suscripción de Microsoft con acceso a Power BI gratuito y cuenta de Azure creadas

1.5. Metodología

En este trabajo de investigación se sigue una adaptación de las metodologías VDI 2221 y VDI 2206 para lo cual se realizarán las siguientes actividades:

- **Estado del arte:** Se investiga y presenta las tecnologías relevantes para la realización del proyecto.
- **Lista de exigencias:** Este describe los requisitos del cliente que se impondrán como exigencias o deseos para el desarrollo de este proyecto.
- **Estructura de funciones:** Se explica y grafica los subprocesos o funciones necesarias para el funcionamiento total del proyecto.
- **Matriz morfológica:** Se genera diferentes soluciones para cada función anteriormente definida con lo que se crean 3 alternativas de solución.

- **Conceptos de solución:** Se plantean las 3 soluciones conceptuales que cumplan con los puntos anteriores.
- **Concepto de solución óptimo:** A partir de estos se genera el concepto de solución óptimo, el cual surge de una evaluación técnica y económica de las soluciones planteadas.
- **Selección de componentes:** Con este concepto de solución se definen las partes, se seleccionan sus materiales y componentes mecánicos, electrónicos y de la nube, como también la realización de cálculos con la finalidad de dimensionar correctamente los elementos del dispositivo
- **Elaboración de planos:** Se procede a la elaboración de planos, programación, esquemas electrónicos y de control.
- **Arquitectura de software:** Se describe la arquitectura de software a usar para la obtención de los indicadores de riesgo
- **Validación:** Se validará mediante la realización de pruebas de funcionamiento y eficiencia del sistema
- **Presupuestos:** Se evalúan los costos para los componentes mecánicos, electrónicos y de la nube empleados en este proyecto
- **Conclusiones:** Se describen las conclusiones de esta tesis basados en los objetivos propuestos

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE

Se necesita investigar el estado del arte pertinente a los temas a tratar para poder realizar un proyecto de manera exitosa. Por este motivo, se revisarán diferentes tecnologías para cada parte relevante del proyecto como los algoritmos para obtener los indicadores de riesgo, así como los componentes mecánicos, electrónicos y de la nube que son usados para proyectos similares.

2.1. Detección de ubicación

Se presentan algunos tipos de sensores existentes para obtener la ubicación usados comúnmente.

A. GPS

El GPS o Sistema de Posicionamiento Global es un sistema que indica la posición de cualquier objeto que puede llegar a una precisión de unos pocos metros o a unos pocos centímetros con un GPS diferencial en cualquier parte del planeta. Por ejemplo, el gobierno estadounidense proporciona señales de GPS en el espacio con una tasa de error promedio dentro del rango del usuario menor o igual a 0,006 m/s por cada intervalo de 3 segundos con una probabilidad del 95%. La figura 2.1 muestra un sensor de velocidad GPS disponible actualmente en el mercado (U.S. government,2017).



Figura 2.1. GPS para medir velocidad (Mwave,2023)

B. Galileo

Galileo es un sistema de posicionamiento global desarrollado por la Unión Europea. Es una red de satélites que permite a los usuarios determinar de manera precisa y confiable su ubicación, velocidad y tiempo en cualquier parte del mundo. Galileo tiene una constelación de 30 satélites que orbitan a una altitud de aproximadamente 23.000 km sobre la Tierra y emiten señales de radio recibidas por los receptores de Galileo en la superficie. El receptor procesa estas señales para calcular la ubicación exacta del usuario en segundos. Galileo es un sistema de navegación de alta precisión y fiabilidad que se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, desde la navegación de vehículos hasta la navegación de dispositivos móviles y la gestión de flotas.

Se muestra la Tabla 2.1 donde se comparan los sensores usados para la medición de la ubicación por su funcionamiento, desventajas y tipos.

Tabla 2.1. Cuadro comparativo entre los sensores de ubicación

| Tecnologías | GPS | Galileo |
|-----------------------|---|--|
| Funcionamiento | Usa satélites para triangular la posición del objeto | Usa satélites para triangular la posición del objeto |
| Desventajas | Suele existir imprecisión en el GPS en cada medición, por lo cual la ubicación puede variar considerablemente. | Es muy nuevo y ha tenido caídas eventuales. No se encuentran sensores comerciales fácilmente para proyectos de IoT |
| Tipos | <p>GPS normal: Obtiene la posición en toda la tierra con satélites.</p> <p>GPS diferencial: Necesita otra información desde un lugar cercano que permite reducir el error a centímetros</p> | <p>Receptores de navegación: Proveen posición precisa</p> <p>Receptores de tiempo: Proveen tiempo actual</p> |

2.2. Detección de aceleración

Se presentan diversos tipos de sensores para obtener la aceleración usados comúnmente.

A. GPS

El GPS, como ya se definió en la sección anterior, sirve para obtener la ubicación con cierto error subyacente. Sin embargo, este también puede ser empleado para obtener la velocidad o aceleración del vehículo. En este sentido es necesario obtener la aceleración usando el método de la derivada de la posición como se muestra en la ecuación 2.1, donde \ddot{x} es la segunda derivada de la posición y t es el tiempo. Es importante considerar que para esto se debe capturar la posición en tiempos regulares.

$$\text{Aceleración} = \frac{\ddot{x}}{t^2} \text{ (ec 2.1)}$$

C. Acelerómetro

Un acelerómetro es un dispositivo que mide la aceleración de un sistema. Esta detecta la fuerza de la gravedad y otras fuerzas actuantes en un cuerpo. Se puede obtener en g (fuerza de gravedad) o $\frac{m}{s^2}$ principalmente. La figura 2.2 muestra un acelerómetro comercial con sus pines.

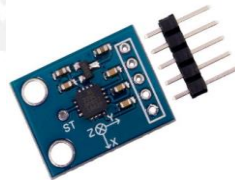


Figura 2.2. ADXL335 Acelerómetro analógico de 3 ejes (Geek Factory, 2023)

Se muestra la Tabla 2.2 donde se comparan los sensores usados para la medición de la aceleración por su funcionamiento, desventajas y tipos.

Tabla 2.2. Cuadro comparativo entre los sensores de aceleración

| Tecnologías | GPS | Acelerómetro |
|-----------------------|--|--|
| Funcionamiento | Usa satélites para triangular la posición del objeto e indirectamente se calcula la aceleración. | Asociado con el fenómeno de peso experimentado por una masa de prueba que ubicado dentro de su marco de referencia. |
| Desventajas | Suele existir imprecisión en el GPS en cada medición, por lo cual la aceleración puede variar mucho. | Se necesita asegurar que los ejes no giren para lecturas correctas |
| Tipos | <p>GPS normal: Sistema que permite la posición en toda la tierra con satélites.</p> <p>GPS diferencial: Recibe otra información desde un lugar cercano que permite reducir el error a centímetros.</p> | <p>Acelerómetro mecánico: Consta de una masa y un dinamómetro unidos con el mismo eje en la misma dirección de la aceleración a medir</p> <p>Acelerómetro piezoeléctrico: Comprimir un piezoeléctrico produce una carga eléctrica proporcional a la fuerza aplicada.</p> |

2.3. Tecnologías para obtención de indicadores de riesgo

Se presentan algunos tipos de algoritmos y tecnologías existentes para obtención de los indicadores de riesgo propuestos en esta tesis.

A. Algoritmo de estimación adaptativa de la densidad del kernel

El estimador de densidad del kernel es un método estadístico cuyo objetivo es estimar la función de densidad de probabilidad de una variable aleatoria. En el estimador de densidad kernel adaptativo, la banda nuclear se ajusta en función de la densidad de los puntos de datos en la región local. Esto permite que la forma del kernel cambie según los datos locales. Se utiliza en la detección de anomalías porque ayuda a estimar la densidad de probabilidad del conjunto de datos y luego identifica los puntos de datos con baja densidad de probabilidad. Estos puntos de datos se consideran valores atípicos porque no se ajustan al patrón esperado de la mayoría de los datos. En la detección de anomalías, se utiliza un estimador de densidad de kernel adaptativo para identificar datos anómalos o inesperados como se muestra en la Figura 2.3. En el contexto de esta tesis, si tenemos un

conjunto de datos de velocidad o aceleración medidos a lo largo del tiempo, podemos usar un estimador de densidad kernel adaptativo para estimar la densidad de probabilidad de la aceleración. Entonces se puede identificar las aceleraciones con una densidad de probabilidad baja, lo que podría indicar que se trata de anomalías, como un aumento o descenso repentino de la aceleración que no se predice en función de los datos anteriores.

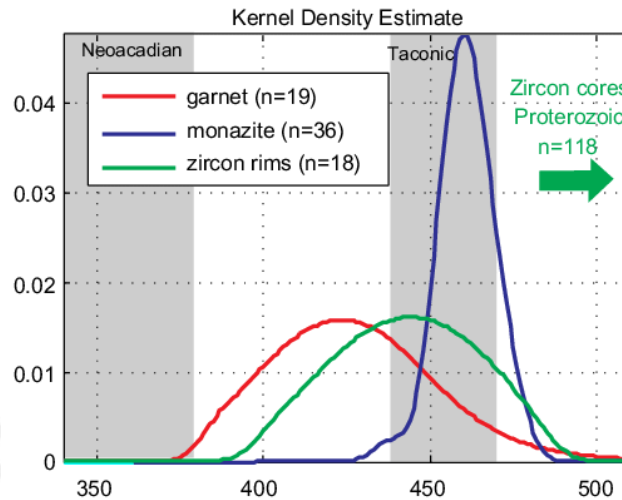


Figura 2.3. Ejemplo de estimación de densidad del Kernel. Fuente:(Maneiro,2019)

B. Isolation Forest

El algoritmo Isolation Forest es una técnica usada para detectar anomalías en los datos. Este algoritmo se basa en la idea de que las anomalías son puntos que están aislados de la mayor parte de los datos. El bosque aislado genera árboles de decisión aleatorios para aislar los valores atípicos. El algoritmo comienza dividiendo aleatoriamente el conjunto de datos en subconjuntos. Luego, cada subconjunto se divide en subconjuntos más pequeños al azar. Este proceso se repite hasta que se aíslan los valores atípicos en el conjunto de datos. Estos se encontrarían aislados en el menor número de divisiones. El algoritmo Isolation Forest es una técnica efectiva para detectar anomalías en grandes conjuntos de datos. Además, es fácil de implementar y no requiere un extenso procesamiento previo de datos como se muestra en la Figura 2.4.

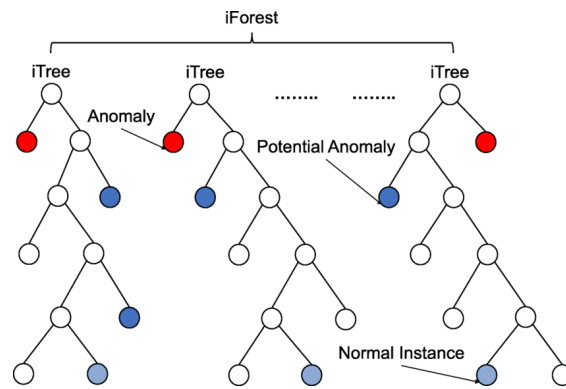


Figura 2.4. Ejemplo de uso de Isolation Forest. Fuente: (Regaya, 2021)

C. Lytx DriveCam

Lytx DriveCam es un sistema de seguridad para vehículos que utiliza cámaras de video y sensores para monitorear y registrar el comportamiento del conductor como se observa en la Figura 2.5. El sistema detecta eventos como frenadas y aceleraciones repentinas, giros bruscos y colisiones, y los registra para su posterior revisión. Además, el sistema también brinda retroalimentación y capacitación al conductor para ayudar a mejorar la seguridad vial y reducir los accidentes. Lytx DriveCam es una herramienta valiosa para las empresas de transporte que buscan mejorar la seguridad de los conductores y reducir los costos asociados con los accidentes de tránsito.



Figura 2.5. Lytx DriveCam (Lytx, 2023)

D. Community Speedwatch

Community Speedwatch es una iniciativa comunitaria para reducir la velocidad de los vehículos en áreas residenciales y peatonales. El programa consiste en reclutar voluntarios en la comunidad para operar un dispositivo de radar que mide la velocidad de

los vehículos en las carreteras locales. Los datos recopilados se utilizan para concientizar a los automovilistas y las autoridades locales sobre la necesidad de respetar los límites de velocidad indicados. Los velocímetros comunitarios son una solución efectiva y rentable para mejorar la seguridad vial en las comunidades locales como se muestra en la Figura 2.6.



Figura 2.6. Community Speedwatch (Alstonefield, n.d.)

2.4. Servidor en la nube

Se presentan las nubes más comunes para el desarrollo de proyectos similares.

A. Amazon Web Services

Amazon Web Services (AWS), cuyo icono se muestra en la Figura 2.7, es la nube pública con mayor penetración en el mercado actualmente. Este se usa en aplicaciones conocidas como Dropbox, Foursquare, Hootsuite, etc. AWS posee una gran variedad de servicios para satisfacer las necesidades específicas de cada aplicación. Los servidores de AWS se aprovisionan en diferentes regiones y zonas de disponibilidad alrededor del mundo. El acceso a datos en una región desde otra región incurre en cargos por tráfico de red. Por lo tanto, saber dónde están sus datos y qué aplicaciones necesita para ejecutarlos es crucial si desea reducir costos en esta nube (AWS, 2019).

B. Google Cloud

Esta es la plataforma que contiene todas las aplicaciones de desarrollo web que Google ofrece. La plataforma se utiliza para crear varios tipos de soluciones a través de tecnología alojada en la nube. Google Cloud, cuyo icono está en la Figura 2.8, es un espacio virtual a través del cual puede realizar una variedad de tareas que antes requerían hardware o

software, y ahora utiliza la nube de Google para acceder, almacenar y administrar datos. Las ventajas son que no necesita administrar servidores, pague solo cuando se ejecuta su código, escalado automático, ejecución de código en respuesta a eventos, servicios de conexión y extensiones, apertura y familiaridad, entre otros (Cloud Google, 2019).

C. Microsoft Azure

Microsoft Azure, cuyo icono está en la Figura 2.9, es una plataforma informática en la nube que proporciona una variedad de servicios y soluciones para ayudar a las empresas a desarrollar, implementar y administrar aplicaciones y servicios en la nube. La industria de Internet de las cosas (IoT) es una de las áreas en las que Azure sobresale. Azure proporciona una variedad de servicios y herramientas que permiten a los desarrolladores crear soluciones de IoT de forma rápida, sencilla, escalables y de baja latencia. Esto incluye servicios de IoT como Azure IoT Hub, que le permite conectar, monitorear y administrar dispositivos de IoT a escala, y Azure IoT Edge, para ejecutar aplicaciones de IA y análisis en tiempo real en dispositivos de IoT en la nube o en un periférico. Otra área en la que sobresale Azure es el procesamiento en tiempo real. Azure Stream Analytics es un servicio que te permite analizar y procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real de manera sencilla con SQL (Azure, 2023).

2.5. Sujetador-Estabilizador

Se presentan diversos tipos de sujetadores usados comúnmente para que el sistema este fijo con el carro.

A. Gimbal de tres ejes (Ebest,2019)

El sistema de estabilización de Gimbal garantiza imágenes estables al bloquear las vibraciones relacionadas con el movimiento antes de que se transfieran a los ejes de la lente de la cámara. Gracias al cardán de 3 ejes, se pueden obtener imágenes perfectas al minimizar la vibración al correr, subir o bajar escaleras, andar en bicicleta o usar cualquier tipo de vehículo. En resumen, se puede integrar un cardán de 3 ejes en cualquier lugar donde se requiera una imagen fija. La figura 2.7 muestra el diagrama de bloques del cardán en el que se representan sus motores.

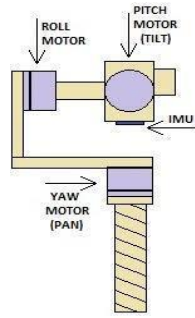


Figura 2.7: Diagrama de bloques del Gimbal

B. Gitzo traveler kit series 2 (Gitzo, 2019)

Gitzo fue pionero en el sistema en el que las patas se pliegan sobre la columna central para hacer que la mochila plegable sea muy pequeña y compacta, y este trípode utiliza una vez más esta innovación. La rótula incluida con el kit Gitzo Traveler es una rótula diseñada para soportar un peso máximo de 15,43 libras (7 kg). Las ventajas de este dispositivo son la estabilidad, patas robustas, buen límite de carga máxima y muy buen rendimiento. La Figura 2.8 muestra este artefacto después de haber sido ensamblado y estabilizado.



Figure 2.8: Imagen del Gitzo Traveler Kit series 2

2.6. Microcontroladores

Se presentan diversos tipos de microcontroladores usados comúnmente en el mercado.

A. Raspberry Pi Pico

Raspberry Pi Pico es una placa de desarrollo de bajo costo diseñada para crear proyectos de electrónica y programación. La placa se basa en el microcontrolador RP2040, que cuenta con un procesador ARM Cortex-M0+ de doble núcleo de 32 bits y 133 MHz, así como 264 KB de RAM y 2 MB de memoria flash. El Pico es muy pequeño, mide aproximadamente 5 cm x 2 cm y tiene varios pines de entrada/salida (GPIO) que permiten la conexión de sensores, actuadores y otros componentes electrónicos. Además, tiene conectividad USB y admite programación en varios lenguajes, incluido MicroPython. Además, la nueva versión Raspberry Pi Pico W se le añade conectividad a internet, lo cual es muy beneficioso para proyectos IoT de bajo costo. La figura 2.9 muestra el diagrama de bloques de este microcontrolador.

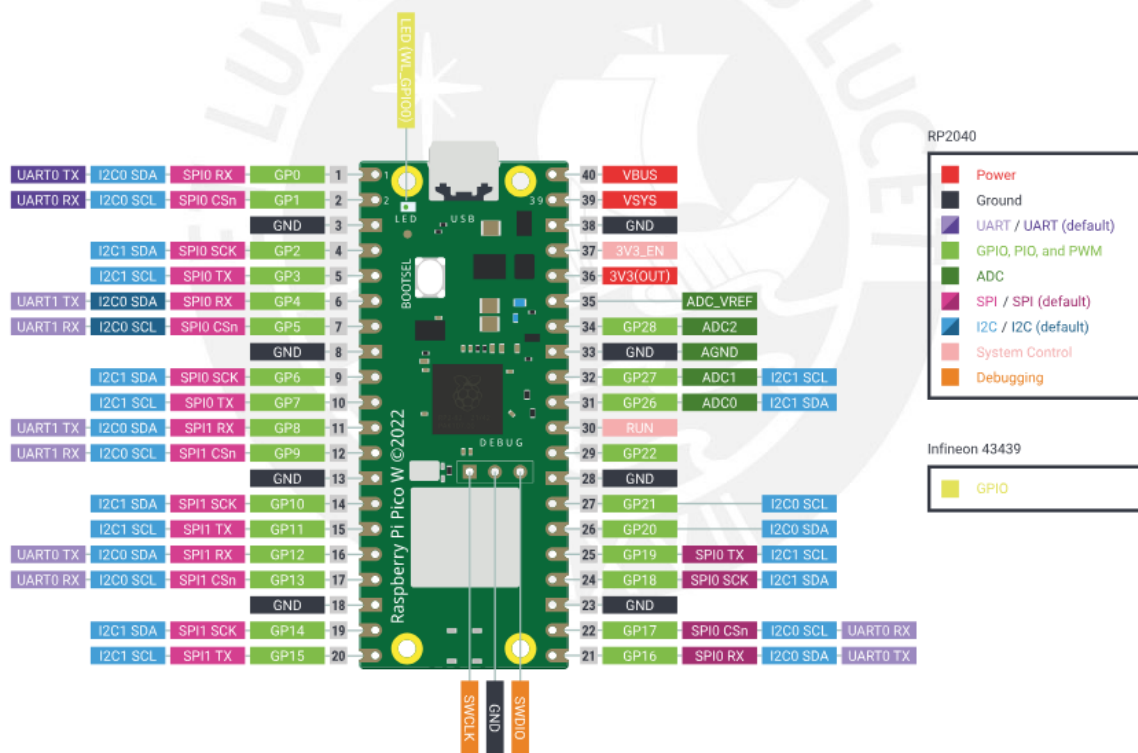


Figura 2.9: Diagrama de Raspberry Pi Pico W (Raspberry,2023)

B. Arduino Nano

El Arduino Nano, que se muestra en la Figura 2.10, es una placa de desarrollo electrónico compacta y versátil basada en el microcontrolador ATmega328P. Es similar a la placa

Arduino UNO, pero es mucho más pequeña y tiene un conjunto diferente de pines para conectar periféricos. La placa está diseñada para programar a través de USB, por lo que es muy fácil de usar para que los principiantes aprendan programación y electrónica. El Arduino Nano tiene muchos pines de entrada y salida analógicos y digitales, lo que lo hace compatible con una amplia gama de dispositivos y sensores. Asimismo, posee un regulador de voltaje incorporado que permite que la placa funcione con una amplia gama de voltajes de entrada. En resumen, Arduino Nano es una placa de desarrollo electrónico compacta y versátil que se puede programar para controlar periféricos y sensores, y es adecuada para proyectos que requieren un área pequeña o alta movilidad.

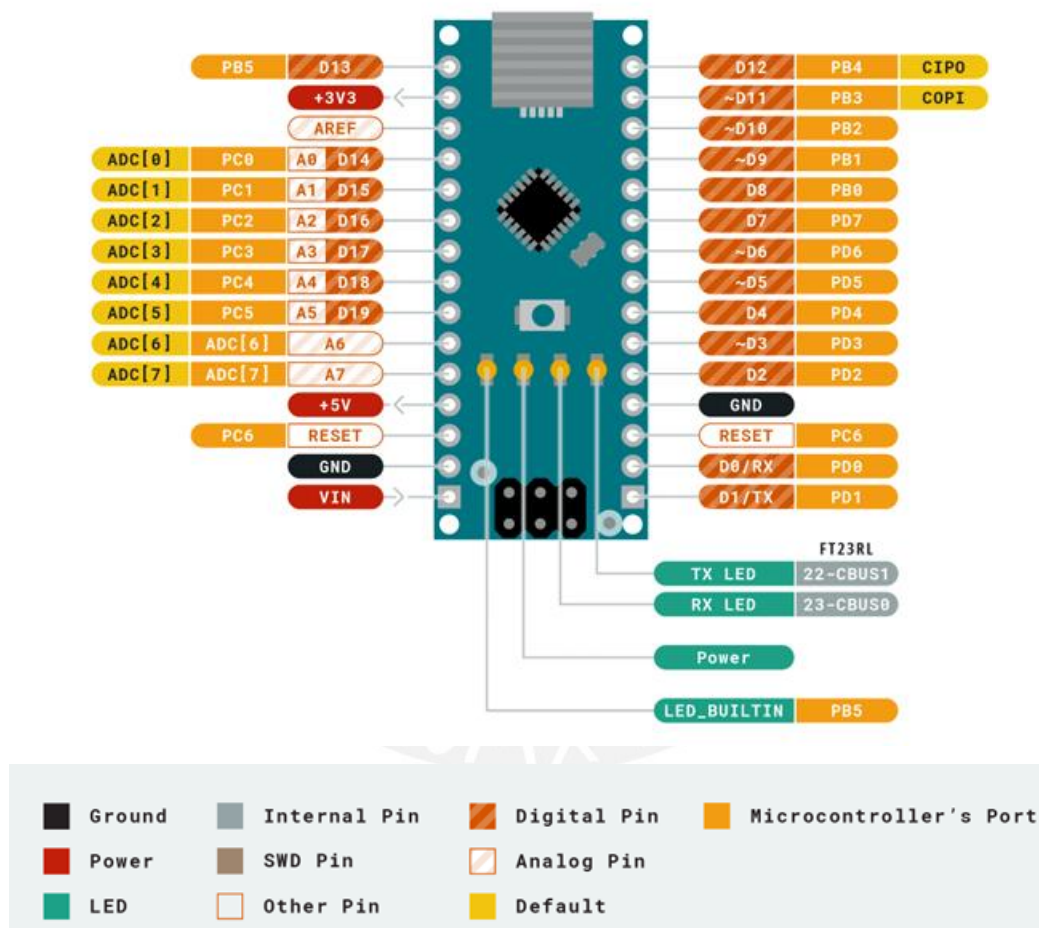


Figure 2.10: Diagrama de Arduino Nano (Arduino, 2023)

CAPÍTULO 3

DISEÑO CONCEPTUAL

Se comienza explicando la lista de requerimientos que se aplicaran como parámetros en este proyecto. Luego, se elabora la estructura y lista de funciones del proyecto que serán la base para la creación de los conceptos de solución. Se concluye evaluándolos para obtener el concepto de solución óptimo del sistema.

3.1. Lista de Requerimientos

La lista de requerimientos tiene como finalidad definir los lineamientos que debe cumplir el dispositivo para satisfacer las necesidades del cliente. Por lo cual, se elaboran las siguientes exigencias principales:

- **Función principal:** Monitorear los indicadores de riesgo de los vehículos privados para reducir la póliza del seguro de autos
- **Geometría:** El sistema no debe exceder los 100 mm x 100 mm x 300 mm, ya que no debe ocupar un lugar significativo en la parte delantera de un vehículo privado regular.
- **Electrónica:**
 - El error de la medición de la aceleración debe ser lo suficientemente pequeño para no afectar a los picos de aceleración bruscos que pudieran existir
 - El error de la medición de la ubicación debe ser lo suficientemente pequeño para no afectar el indicador de que el auto se encuentra cerca de un lugar riesgoso

- **Comunicaciones:**
 - Se comunican los componentes electrónicos por caminos impresos del PCB por el espacio reducido al interior del dispositivo.
 - Se conecta al servidor inalámbricamente para no incurrir en muchos gastos en infraestructura física que se podría dañar con su uso constante.
- **Energía:** El dispositivo es alimentado con energía eléctrica directa regulada de 5 V, pues es la que se dispone en vehículos privados normalmente.
- **Uso**
 - Se procesarán solo la ubicación cuando se tiene un buen clima o condiciones ambientales sin bloqueos entre el dispositivo y el cielo más que la luna del propio vehículo.
 - Las señales de aceleración mínimas consideradas riesgosas serán superiores a 0.5 g ($\sim \pm 20$ kmh en 1 segundo) porque antes de eso se puede considerar una conducción prudente en las autopistas.
 - Las ubicaciones de los carros menores a 100 metros del punto de riesgo analizado, que es aproximadamente 1 cuadra en el Perú (Ministerio de Educación del Perú, 2023), se considerarán como riesgo encontrado
 - Se considerará riesgoso si el vehículo ha recorrido 15 000 km anuales, lo cual se prorrateará mensualmente
- **Mantenimiento:** Revisión anual junto con la revisión técnica obligatoria de los vehículos para verificar que el dispositivo mantenga su funcionamiento normal
- **Fabricación:**
 - Se usará la impresión 3D para la fabricación de la estructura por su rápida automatización y bajos precios en gran cantidad.
 - Se cumplirá con la norma IPC 2221, la cual define los requisitos para el diseño de PCB, ensamble de tarjetas electrónicas, principios y recomendaciones.

En resumen, el proyecto deberá cumplir con la lista de exigencias, la cual es expuesta en su totalidad en el anexo A.

3.2. Estructura de Funciones

Para presentar la estructura de funciones se presentará una caja negra donde se visualizarán solo las entradas y salidas del sistema. Luego, se presentará la estructura de

funciones con el detalle de cada función descrita. Cabe resaltar que las líneas punteadas indican señales informáticas, las líneas completas delgadas, energía y las líneas gruesas, materia. La vista general de la estructura de funciones se puede revisar en el anexo B.

3.2.1. Caja negra

Esta caja negra presenta las entradas y salidas del dispositivo separadas por su tipo: energía, señal y materia.

Entradas

Se observaron tres tipos de entradas que son las de materia, energía y las señales informáticas.

- **Materia:**
 - *Vehículo:* Se encuentra el vehículo sin el dispositivo instalado en este.
- **Energía:**
 - *Energía eléctrica:* La alimentación provista por la batería es de 5 VDC.
- **Señales informáticas:**
 - *Wifi:* Datos de internet compartidos al sistema IoT para funcionar
 - *Ubicación del auto:* Información de la ubicación del vehículo
 - *Aceleración del auto:* Información de la aceleración del vehículo

Salidas

Se disponen de dos tipos de salidas que son las de materia e informáticas.

- **Materia:**
 - *Sensores, microcontrolador y electrónica instalada en el vehículo:* Todos los componentes deben estar correctamente posicionados y sujetos.
- **Señales informáticas:**
 - *Tablero de datos de riesgo de los vehículos:* Mostrará en un tablero de datos de riesgo del vehículo

La Figura 3.1 muestra la caja negra del sistema donde se muestran las entradas y salidas del sistema clasificadas por su clase (materia, energía o señal informática).

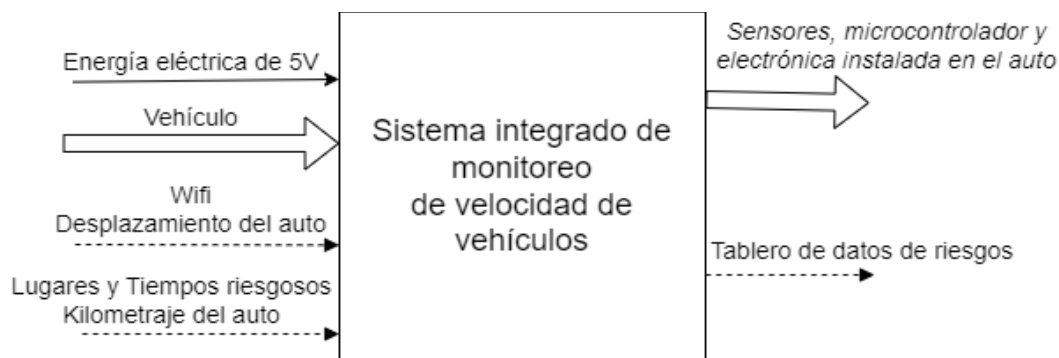


Figura 3.1. Caja negra del sistema

3.2.2. Lista de funciones

Se procede a describir la lista de funciones que consta de las relaciones internas del sistema, así como sus entradas y salidas. Se reconocen los siguientes subsistemas: nube de servicios, comunicaciones, sensores, energía, mecánica y procesamiento.

a) Nube de servicios/Sistemas de la empresa

Se presenta el sistema de la nube de servicios mediante la Figura 3.2 con sus respectivas funciones y sus tipos de conexiones.

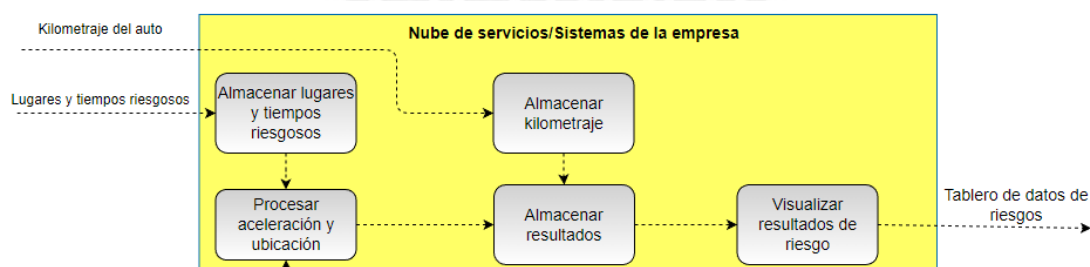


Figura 3.2. Estructura de funciones del sistema de la nube de servicios/sistemas de la empresa

- **Almacenar lugares y tiempos riesgosos:** Se capturarán los lugares de riesgo con su latitud y longitud, así como el horario de mayor riesgo en un archivo.
- **Procesar aceleración y ubicación:** Se procesarán las aceleraciones y ubicaciones que tienen un riesgo para el vehículo.

- **Almacenar kilometraje:** Se capturarán los datos de placa, fecha de toma de datos y kilometraje del vehículo en un archivo.
- **Almacenar resultados:** Se almacenarán los resultados de los procesamientos y datos capturados
- **Visualizar resultados de riesgo:** Se creará un reporte enfocado en mostrar los riesgos del vehículo.

b) Comunicaciones

Se muestra el sistema de comunicaciones en la Figura 3.3 con sus funciones y conexiones.

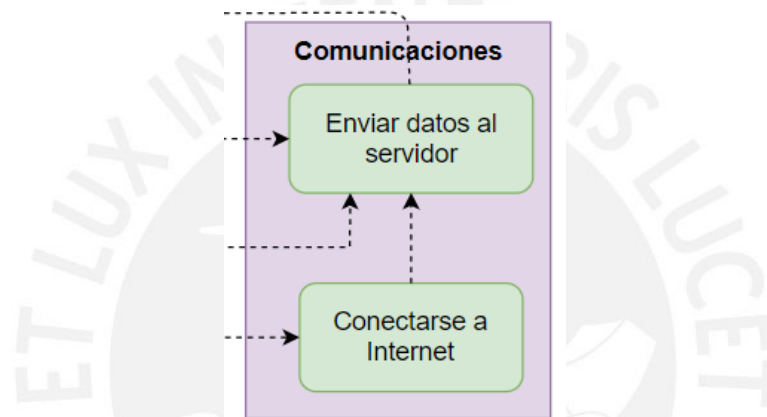


Figura 3.3. Sistema de comunicaciones

- **Conectarse a internet:** El microcontrolador debe conectarse a internet usando el wifi proveniente de un celular
- **Enviar datos al servidor:** Se envían los datos al servidor vía internet

c) Sensores

Se presenta el sistema de sensores mediante la Figura 3.4 con sus respectivas funciones y sus tipos de conexiones.

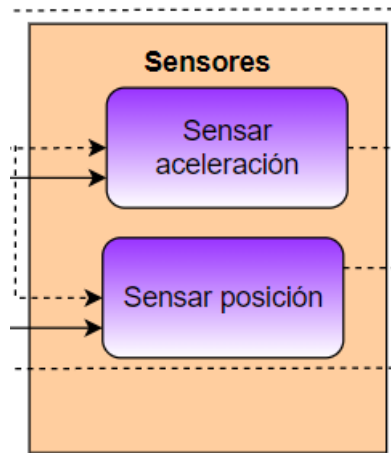


Figura 3.4. Estructura de funciones del Sistema de sensores

- **Sensar posición:** Se debe sensar la posición del vehículo en el tiempo
- **Sensar aceleración:** Se debe sensar la aceleración a la que se está desplazando el vehículo

f) Energía

Se presenta el sistema de energía mediante la Figura 3.5 con sus respectivas funciones y sus tipos de conexiones.

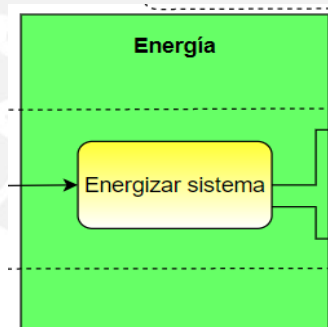


Figura 3.5. Estructura de funciones del Sistema de energía

- **Energizar Sistema:** Se energiza el sistema con los 5V del vehículo. De tal manera que este sistema pueda solventar las necesidades energéticas del dispositivo.

g) Mecánica

Se presenta el sistema de mecánica mediante la Figura 3.6 con sus respectivas funciones y sus tipos de conexiones.

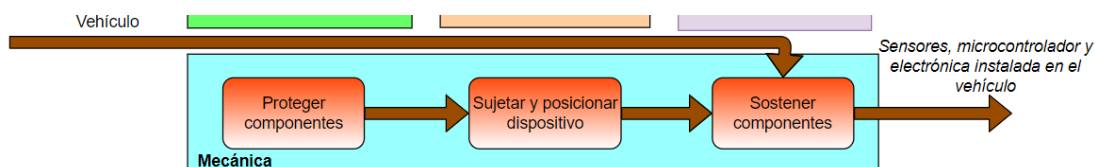


Figura 3.6. Estructura de funciones del Sistema de mecánica

- **Proteger componentes:** El dispositivo debe estar protegido por una estructura que no sea dañado fácilmente por el entorno como calor, líquidos, vibraciones, la energía cinética, viento, etc.
- **Sujetar y posicionar dispositivo de visión:** La estructura debe mantener fijo el dispositivo para un buen procesamiento de la aceleración y ubicación del vehículo.
- **Sostener componentes:** Todos los componentes electrónicos deben estar en su lugar a pesar del movimiento del carro.

g) Procesamiento

Se presenta el sistema de procesamiento mediante la Figura 3.7 con su respectiva función y su tipo de conexión.

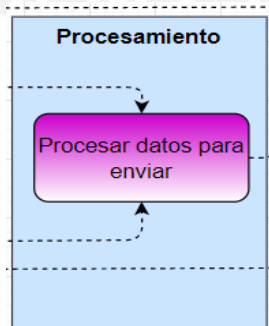


Figura 3.7. Estructura de funciones del Sistema de mecánica

- **Procesar datos para enviar:** Se procesa la placa, longitud, latitud, tiempo de captura de datos y la aceleración actual del carro que se enviarán al servidor vía internet

3.3. Matriz morfológica

Se procede a crear la matriz morfológica que se puede revisar en el anexo C. Asimismo, para este proyecto se proponen 3 alternativas de solución. Por lo tanto, la tabla 3.1 muestra la matriz morfológica, la cual genera 3 posibles soluciones, una por columna, divididas por cada uno de los principios de funcionamiento indicadas en la estructura de funciones anterior.

Tabla 3.1. Tabla de matriz morfológica

| Subsistema | FUNCIONES PARCIALES | ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN | | |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|
| | | Solución 1 | Solución 2 | Solución 3 |
| Energía | Energizar Sistema | Power Bank | Puerto USB | Batería Recargable |
| Sensores | Sensar posición | GPS | GPS | GPS |
| | Sensar aceleración | GPS | Acelerómetro | Acelerómetro |
| Mecánico | Proteger componentes | Sprays Aislantes | Material Aislante | Material Aislante |
| | Sujetar y posicionar dispositivo | Metal | Impresión 3D | Plástico |
| | Sostener componentes | Magnetismo | Base De Silicona | Por Forma |
| Procesamiento | Procesar datos para enviar | FPGA | Microcontrolador | Microprocesador |
| Comunicaciones HARDWARE | Enviar datos al servidor | FPGA | Microcontrolador | Microprocesador |
| | Conectarse a Internet | Módem Móvil De Internet USB | Modulo Wifi Integrado | Modulo Wifi Externo |
| Comunicaciones SOFTWARE | Enviar datos al servidor | HTTP | MQTT | MQTT |
| | Enviar datos al servidor | AWS | Microsoft Azure | Google Cloud |

| | | | | |
|--------------------------|--|---------------|----------------------|---------------|
| Nube de servicios | Almacenar kilometraje | Google Sheets | Microsoft SharePoint | Google Sheets |
| | Almacenar lugares y tiempos riesgosos | AWS | Microsoft Azure | Google Cloud |
| | Procesar ubicación y ubicación | | | |
| | Almacenar resultados | Redshift | POWER BI | BigQuery |
| | Visualizar resultados de riesgo | QlikView | Power BI | Tableau |

3.4. Conceptos de solución

A continuación, se presentan las 3 alternativas de solución. Cada sección incluye una explicación detallada y un bosquejo de cada concepto de solución. Se analizará el riesgo de uso del vehículo particular y los resultados serán objeto de un informe para el asegurado y la aseguradora. Esto permitirá reducir la póliza de seguro y mejorar la responsabilidad del conductor en la pista. Se considerará suficiente conexión a internet y excelentes condiciones naturales.

3.4.1. Concepto de solución 1

La estructura del sistema será de material metálico recubierta con una pintura especial en spray. Para alimentar el sistema, se utilizará un banco de energía. Se utilizará un dispositivo GPS para medir tanto la aceleración como la posición del sistema. Estos datos se procesarán previamente en la FPGA antes de transmitirse a AWS. Además, se utilizará un módem de Internet USB móvil para enviar datos a la nube mediante el protocolo HTTP. Los datos de velocidad y ubicación serán procesados en tiempo real con información almacenada en la nube sobre los lugares y horarios de mayor riesgo, para analizar si el sistema está en riesgo por estas dos variables. Además, los kilómetros recorridos se registrarán mensualmente en Google Sheets. Estos tres tipos de datos se almacenarán en AWS Redshift, desde donde se podrá utilizar la herramienta QlikView para generar los informes de riesgo. La figura 3.8 muestra un boceto conceptual de esta solución en la vista interior del auto.

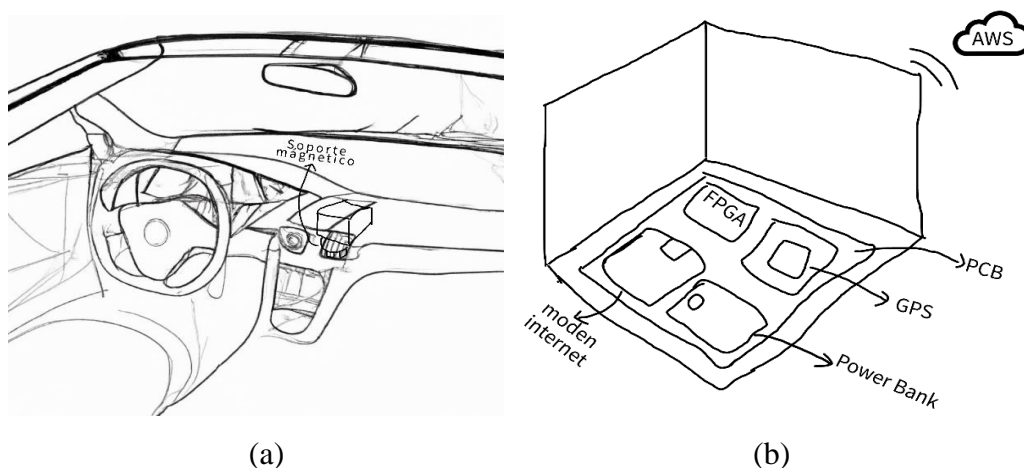


Figura 3.8. (a) Bosquejo del concepto de solución 1 en el carro. (b) Vista interna del bosquejo del concepto de solución 1.

3.4.2. Concepto de solución 2

La estructura del sistema estará hecha de materiales de aislamiento impresos en 3D. Para alimentar el sistema, se utilizará la alimentación del puerto de 5 V del vehículo. Se utilizará un dispositivo GPS para medir la posición y un acelerómetro para medir la aceleración del vehículo. Estos datos serán preprocesados en el microcontrolador antes de ser transmitidos a MS Azure. Además, el módulo WIFI integrado en este microcontrolador se utilizará para conectarse a Internet mediante el protocolo MQTT. Los datos de velocidad y ubicación serán procesados en tiempo real con información almacenada en la nube sobre los lugares y horarios de mayor riesgo, para analizar si el sistema está en riesgo por estas dos variables. Además, la cantidad de kilómetros recorridos se registrará mensualmente en MS SharePoint. Los tres tipos de datos se almacenarán en Power BI, desde donde se pueden usar para generar informes de riesgo. La figura 3.9 muestra un esquema de este concepto de solución en la vista interior del carro.

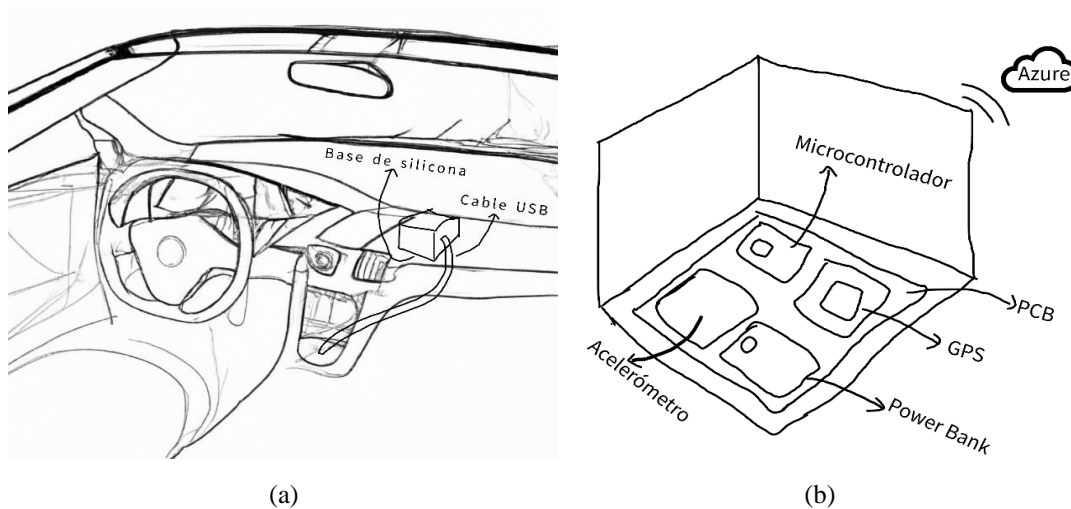


Figura 3.9. (a) Bosquejo del concepto de solución 2 en el carro. (b) Vista interna del bosquejo del concepto de solución 2.

3.4.3. Concepto de Solución 3

La estructura del sistema será de material plástico recubierta de material aislante. Para alimentar el sistema, se utilizará la energía de la batería recargable. Se utilizará un dispositivo GPS para medir la posición y un acelerómetro para medir la aceleración del vehículo. Estos datos serán preprocesados en el microprocesador antes de ser transmitidos a Google Cloud. Además, este módulo WIFI externo del microcontrolador se utilizará para conectarse a Internet a través del protocolo MQTT. Los datos de aceleración y ubicación serán procesados en tiempo real con información almacenada en la nube sobre los lugares y horarios de mayor riesgo, para analizar si el sistema está en riesgo por estas dos variables. Además, los kilómetros recorridos se registrarán mensualmente en Google Cloud. Los tres tipos de datos se almacenarán en Tableau, desde donde se pueden usar para generar informes de riesgo. La Figura 3.10 muestra un esquema de este concepto de solución en la vista interior del automóvil.

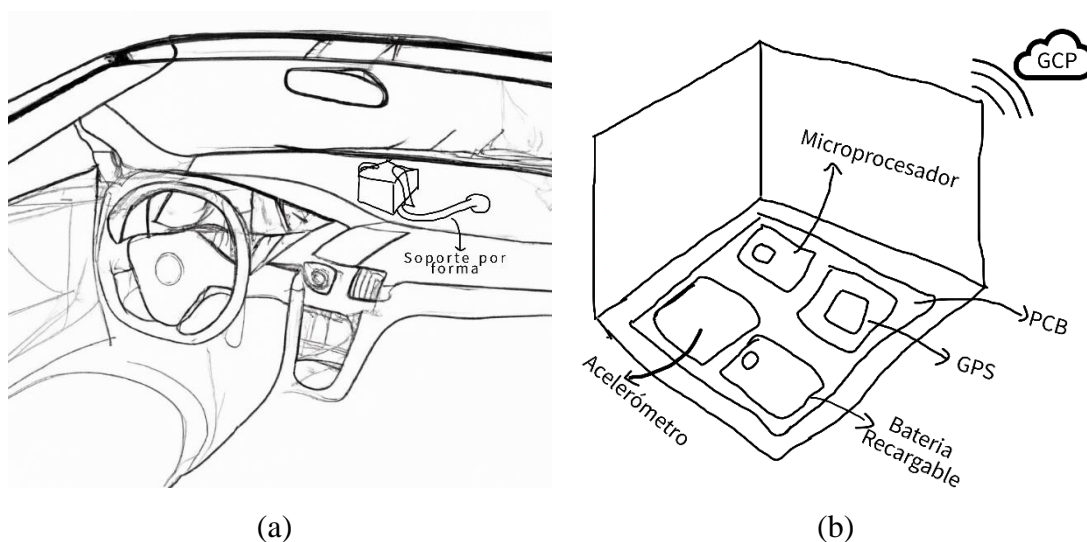


Figura 3.10. (a) Bosquejo del concepto de solución 3 en el carro. (b) Vista interna del bosquejo del concepto de solución 3.

3.5. Evaluación Técnica – Económica

Con las tres soluciones obtenidas, se procede a realizar dos evaluaciones: una técnica y una económica.

3.5.1. Criterios técnicos

Se aplican cinco criterios técnicos para evaluar cada concepto de solución creado.

- **Seguridad de estructura:** La capacidad del dispositivo de mantener el bienestar y la salud del conductor y los bienes materiales que lo rodean. Esto es vital, pues estará en contacto con los usuarios de los vehículos, por lo que se le asigna un peso 4.
- **Rapidez de procesamiento:** La velocidad con la cual el sistema es capaz de procesar los datos y devolver una respuesta. Esto es importante, pues la aceleración y ubicación debe ser mostrados en tiempo cercano al real, por lo que obtiene un peso de 3.
- **Portabilidad de la estructura:** La cualidad del dispositivo para poder ser transportado sin mucho esfuerzo. Se piensa poner en masa, así que debe ser de fácil transporte a cada uno de los vehículos. Esto será bastante útil, por lo que se le brindará un peso de 3.

- **Complejidad de cada componente:** La característica del dispositivo que involucra la facilidad de trabajar con cada componente. Esto impactara en el precio y la manufactura, por lo cual es importante y se le otorga un 3.
- **Validación de implementación de algoritmos para calcular el riesgo:** La capacidad del sistema para procesar el riesgo en cada uno de los puntos evaluados y obtener los resultados dentro de un rango de confianza considerable. Esto es importante para poder calcular el riesgo real por lo que se le asigna un 4.

Mientras mejor se adapte la solución a los criterios técnicos mencionados, mayor puntaje recibe. La Tabla 3.2 es la evaluación de los conceptos de solución de acuerdo con su valor técnico. Los puntajes asignados a cada concepto solución se brindarán de acuerdo con los criterios de evaluación descritos con un peso asignado a cada uno de estos.

Tabla 3.2: Evaluación de conceptos de solución mediante su valor técnico

| Evaluación de conceptos de solución | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|--------|-----|-----|--------|------|--------|----|------------|--|
| Valor técnico (xi) | | | | | | | | | | | |
| Proyecto: Sistema de monitoreo de riesgo en los vehículos particulares | | | | | | | | | | | |
| Variantes de proyectos/conceptos | | | Sol. 1 | | | Sol. 2 | | Sol. 3 | | Sol. ideal | |
| N.º | Criterios de evaluación | g | g | gp | g | gp | g | gp | g | gp | |
| 1 | Seguridad de estructura | 4 | 3 | 12 | 2 | 8 | 3 | 12 | 4 | 16 | |
| 2 | Rapidez de procesamiento | 3 | 2 | 6 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 12 | |
| 3 | Portabilidad de la estructura | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 2 | 6 | 4 | 12 | |
| 4 | Complejidad de cada componente | 3 | 2 | 6 | 3 | 9 | 2 | 6 | 4 | 12 | |
| 5 | Validación de implementación de algoritmos | 4 | 2 | 8 | 3 | 12 | 3 | 12 | 4 | 16 | |
| Puntaje máximo / TOTAL | | - | 12 | 41 | 14 | 47 | 13 | 45 | 20 | 68 | |
| Valor técnico xi | | - | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.69 | 0.65 | 0.66 | 1 | 1 | |
| Orden | | - | 3 | | | 1 | | 2 | | | |

Se procede a describir las razones de estos puntajes para cada criterio en cada uno de los conceptos de solución.

Seguridad de estructura:

- ✓ La primera opción obtuvo 3 puntos porque su ajuste por magnetismo le da una seguridad ante movimientos en todas direcciones.
- ✓ La segunda opción considera una seguridad moderada de 2, pues a pesar de que la sujeción por fricción ya esté siendo usada, no es tan seguro como las otras alternativas.
- ✓ La tercera opción obtuvo un 3, pues su ajuste por forma brinda una seguridad ante movimientos bruscos.

Rapidez de procesamiento:

- ✓ La primera opción obtuvo 2, pues el procesamiento en el FPGA no suele ser tan potente como las otras alternativas.
- ✓ La segunda opción considera un 3 debido a que el microcontrolador puede manejar todos los sistemas con librerías ya creadas.
- ✓ La tercera opción tiene un 3 debido a que su rapidez de procesamiento con un microprocesador es bastante alta por tener más de un núcleo para trabajos en paralelo.

Portabilidad de la estructura:

- ✓ La primera opción obtuvo un 3 debido a que es un dispositivo pequeño, ligero y desarmable
- ✓ Su segunda opción otorga un 3, pues se ha diseñado para que sea pequeño y desarmable.
- ✓ Su tercera opción obtiene un 2, pues un microprocesador suele ser más grande que los demás.

Complejidad de cada componente:

- ✓ La primera opción se le otorgo 2 puntos en simplicidad porque el trabajar con FPGA suele ser más complicado de operar.
- ✓ La segunda opción se le asignó 3 debido a que los componentes utilizados en este sistema son bastante comerciales.
- ✓ La tercera opción es de 2 porque utiliza un wifi externo que necesita más programación.

Validación de implementación de algoritmos:

- ✓ La primera opción le otorga 2 puntos porque el trabajar con FPGA no es tan común a nivel industrial, por lo cual se le asigna un 2.
- ✓ La segunda opción es de 3 debido a que los componentes utilizados en este sistema han sido altamente usados para diferentes casos de uso similares.
- ✓ La tercera opción obtiene una confiabilidad de 3, pues los componentes son conocidos y de funcionalidad comprobada.

3.5.2. Criterios económicos

Se enuncian los criterios de evaluación económicos para evaluar cada uno de los conceptos de solución.

- **Adquisición de materiales:** Esto describe la accesibilidad a materiales en mercados locales o distribuidores en línea. Esto es importante para la obtención de la materia prima, por lo que obtiene un peso de 3.
- **Implementación de tecnología:** Esto involucra el costo de adquirir las técnicas y conocimientos para la implementación tecnológica del dispositivo. El conocimiento debe ser accesible para un trabajo fluido, por lo cual se asigna un 3.
- **Montaje de componentes:** La facultad del dispositivo para poder ser ensamblado sin mucho esfuerzo. Se realizará repetidamente por la cantidad de usuarios de este servicio, por lo que se le asigna un 3.
- **Mantenimiento:** La característica del dispositivo que permite al usuario realizar operaciones y cuidados preventivos para garantizar su buen funcionamiento sin dificultades. No se debería interrumpir el flujo normal de los conductores, por lo cual se le dará un 3.
- **Costo:** Esta referido al capital necesario para adquirir las piezas y ensamblarlas. Esto permitirá que se consiga el dispositivo con menor capital y se haga en mayor cantidad, por lo que es vital y se le asigna un 4.

La Tabla 3.3 describe la evaluación de los conceptos de solución de acuerdo con su valor económico. Mientras mejor se adapte la solución al criterio económico mencionado,

mayor puntaje recibe. Los puntajes asignados a cada concepto de solución se brindarán de acuerdo con los criterios de evaluación descritos con un peso asignado a cada uno de estos.

Tabla 3.3: Evaluación de conceptos de solución mediante su valor económico

| Evaluación de conceptos de solución | | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--------|------|------|--------|-----|--------|------|------------|----|
| Valor económico (yi) | | | | | | | | | | |
| Proyecto: Sistema de monitoreo de riesgo en los vehículos particulares | | | | | | | | | | |
| Variantes de proyectos/conceptos | | Sol. 1 | | | Sol. 2 | | Sol. 3 | | Sol. ideal | |
| N.º | Criterios de evaluación | g | g | gp | g | gp | g | gp | g | gp |
| 1 | Adquisición de materiales | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 9 | 4 | 12 |
| 2 | Implementación de tecnología | 3 | 2 | 6 | 3 | 9 | 2 | 6 | 4 | 12 |
| 3 | Montaje | 3 | 3 | 9 | 3 | 9 | 2 | 6 | 4 | 12 |
| 4 | Mantenimiento | 3 | 3 | 9 | 2 | 6 | 2 | 6 | 4 | 12 |
| 5 | Costos | 4 | 2 | 8 | 3 | 12 | 1 | 4 | 4 | 16 |
| Puntaje máximo / TOTAL | | - | 13 | 41 | 14 | 45 | 10 | 37 | 20 | 64 |
| Valor económico yi | | - | 0.65 | 0.68 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.58 | 1 | 1 |
| Orden | | - | 2 | | 1 | | 3 | | | |

Se procede a sustentar la razón de los puntajes por cada criterio en cada concepto de solución.

Adquisición de materiales:

- ✓ La primera solución da un valor de 3, pues los componentes son comunes
- ✓ La segunda opción asigna un valor de 3, pues los componentes son comerciales
- ✓ La tercera opción otorga un 3 porque usa componentes fáciles de encontrar en el mercado

Implementación de tecnología:

- ✓ La primera opción da un 2 debido a que el conocimiento e implementación de FPGA y transformadores de voltajes industriales requieren en algunos casos de componentes extras para su funcionamiento.
- ✓ La segunda opción otorga un puntaje de 3 porque posee menos componentes y la mayoría son conocidos.
- ✓ La tercera opción tiene un 2 porque tiene un wifi externo al microprocesador

Montaje:

- ✓ La primera solución se le otorga 2, pues se necesita más componentes que su competidor.
- ✓ La segunda solución presenta un valor de 3, pues es directo y se usan instrumentos comunes.
- ✓ La tercera opción posee más componentes que montar que la opción 2, por lo que se le asigna 2.

Mantenimiento:

- ✓ La primera opción se le asigna un 2, pues la mayoría de los componentes no necesitan un mantenimiento especial, pero tiene más componentes que mantener.
- ✓ La segunda opción se le asigna 2 debido a que podría requerir un mayor mantenimiento por la poca estabilidad del dispositivo.
- ✓ La tercera opción posee más componentes lo que lo haría dificultoso, por lo que se le asigna 2.

Costos:

- ✓ La primera opción le otorga un 2 porque el modem de internet y power bank incrementarían el precio
- ✓ La segunda opción se le asigna un valor de 3 a este dispositivo, pues demanda una menor cantidad de componentes con menor costo.
- ✓ La tercera opción posee componentes más caros como el microprocesador, la batería recargable y wifi externo por lo que se le da un valor de 1.

3.5.3. Resultado de las evaluaciones

Se procede a posicionar los resultados de las evaluaciones técnicas (eje horizontal) vs económicas (eje vertical) en una gráfica para cada concepto de solución en la Figura 3.11.

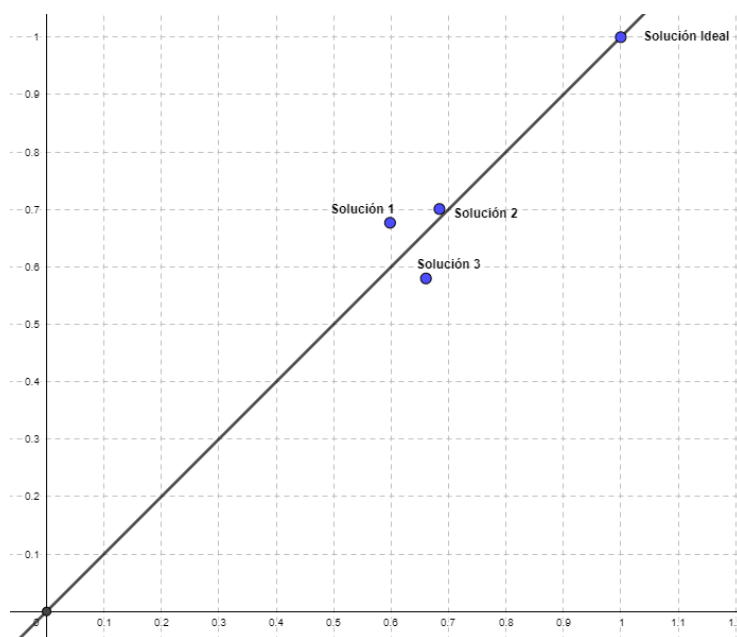


Figura 3.11. Evaluación técnica-económica

Al evaluar la gráfica se verifica que la solución 1 y 2 sobrepasan los 0.6 en ambas evaluaciones. Sin embargo, se escoge la solución 2 porque es la más cercana a la ideal en ambas evaluaciones.

3.6. Concepto de Solución Óptima

En base al análisis técnico y económico se puede observar que la solución 2 es la solución elegida. Cabe resaltar que mayor explicación de la elección de la nube de Azure se realizará en el capítulo 5. Sin embargo, se puede mejorar las debilidades y seguridad de la solución escogida. De hecho, la base de esta solución se mantiene sólo por fricción. Entonces, para mejorarlo, se agregó una fijación por forma como en la solución conceptual 3. Asimismo, se añadió un amortiguador entre la impresión 3D y el PCB para estabilizar el sensor (acelerómetro y GPS). La Figura 3.12 muestra el esquema de la solución óptima después de mejorar su debilidad encontrada.

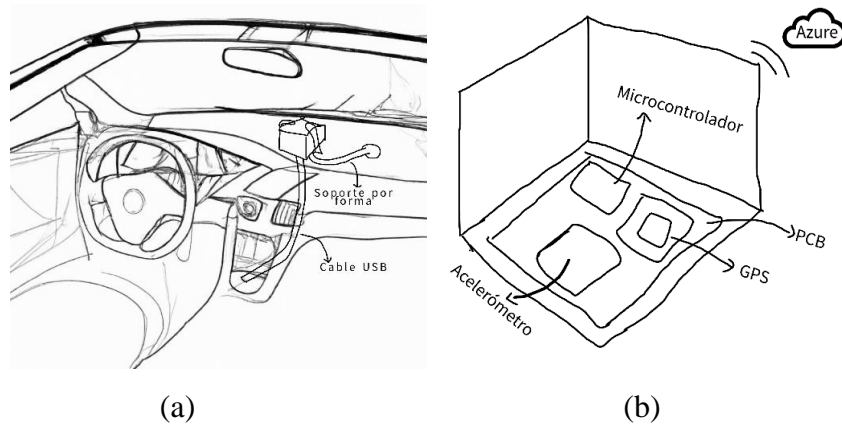


Figura 3.12. (a) Bosquejo de la solución óptima en el carro. (b) Vista interna del bosquejo de la solución óptima.



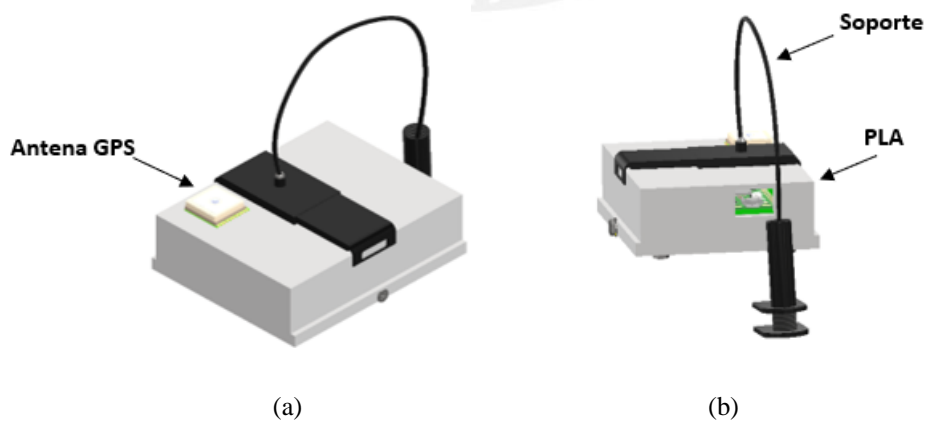
CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE MONITOREO

Se presenta un diseño en ingeniería del concepto óptimo seleccionado. Primero, se construye el modelo CAD indicando sus principales partes. Luego, se realizan los cálculos y selección de materiales. A continuación, se crean los planos mecánicos y electrónicos. Se concluye con el diagrama de operaciones del sistema.

4.1. Modelo 3D

Se presenta el modelo 3D de la parte física del dispositivo de monitoreo con algunas cotas generales en la Figura 4.1 para la mejor visualización de la solución óptima.



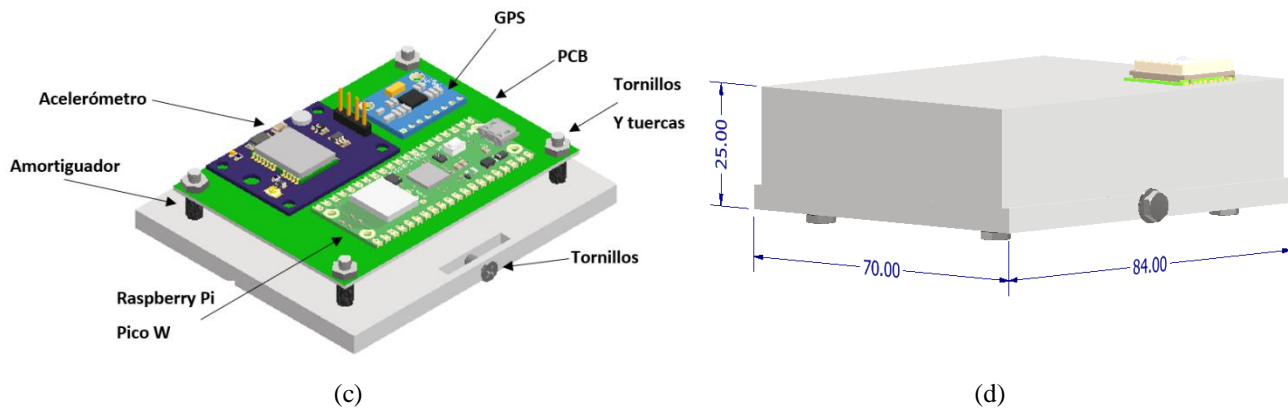


Figura 4.1. (a) Vista isométrica del modelo 3D del dispositivo. (b) Vista trasera del modelo 3D del dispositivo. (c) Vista interna del modelo 3D del dispositivo con componentes. (d) Vista del dispositivo con cotas generales.

4.2. Selección de materiales mecánicos

Se realiza la selección de los amortiguadores y del tipo de filamento en el material 3D.

4.2.1. Selección de amortiguadores

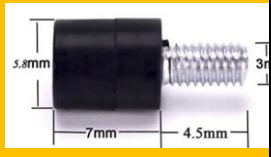
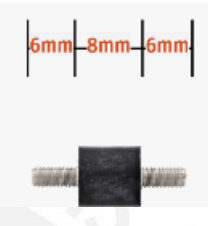

Los amortiguadores de los sistemas electrónicos para este tipo de proyectos se basan en uno ya comercial en los cuadricópteros como se muestra en la Figura 4.2.



Figura 4.2. Soporte de goma para evitar vibración de PCB en vuelo (Amazon, 2023)

El amortiguador debe reducir las vibraciones causadas por el movimiento del carro para obtener una lectura más cercana a la realidad sobretodo en la aceleración que necesita un error no muy grande, ya que para este proyecto la señal del GPS no necesita ser muy exacta. Además, este debería ser liviano para evitar sobrecargar la fuerza de retención del dispositivo de sujeción. La Tabla 4.1 compara 3 opciones de amortiguadores comerciales.

Tabla 4.1. Tabla de selección de amortiguadores




| | Requerimientos | Montura macho y hembra  | Montura macho y macho  | Montura hembra  |
|--------------------------|-----------------|---|---|---|
| Material | Anti vibratorio | Goma | Goma | Goma |
| Transmisión de vibración | Baja | Baja | Baja | Baja |
| Dimensiones | Menor posible | M3, 5.8 X 7 mm | M3, 8X8 mm | M3, 8x8 mm |
| Permite ajustar el PCB | Sí | Sí | Sí | No |
| Precio por unidad | Bajo | 1.71 soles | 25.94 soles | 42.86 soles |

Se escoge las montura macho y hembra por ser baratas, contrarrestar la vibración con un material de goma, poseer el menor volumen y ajustarse al PCB. Además, como se mostró en la Figura 4.2 ya se ha usado para evitar vibraciones de cámaras con objetos en movimiento.

4.2.2. Selección de filamentos para material 3D

El filamento del material 3D debe ser liviano, medio resistente (no sufrirá impactos directos) y de bajo precio. Además, se prefiere uno de fácil adquisición para su consumo continuo al replicar este proyecto. La Tabla 4.2 muestra las 3 opciones de tipos de filamentos comparadas por densidad, durabilidad, precio y qué tan comercial es cada uno.

Tabla 4.2. Tabla de selección de material 3D

| | Requerimientos | ABS  | PLA  | Flexible – TPU  |
|-------------|----------------|--|---|---|
| Densidad | - | $1.04 \frac{g}{cm^3}$ | $1.241 \frac{g}{cm^3}$ | $1,22 \frac{g}{cm^3}$ |
| Adquisición | Fácil | Fácil | Fácil | Media |
| Durabilidad | Alta | Alta | Media | Alta |
| Precio x kg | - | 59.96 soles | 48.13 soles | 76.60 soles |

Se escoge el material PLA, cuyo cálculo se presenta en la sección 4.2, porque posee una durabilidad considerable y de fácil adquisición a bajo precio para el proyecto.

4.3. Cálculo de consumo de internet

Se calcula que se enviará 1 kb por segundo en un promedio de 3 horas todos los días del mes. Se calculará el gasto mensual del sistema en internet para su correcta selección del plan de internet móvil en la ecuación 4.1.

$$Internet = consumo\ mensual \times costo\ de\ internet\ por\ streaming \quad (ec. 4.1)$$

$$Internet = 54\ Mb\ mensual$$

En la empresa Claro, el plan más bajo prepago es de 3 soles y dan 600 MB (Claro, 2023). Por lo cual, realmente, el internet que consumiría al asegurado no sería significativo.

4.4. Selección de componentes electrónicos

Se comienza presentando la arquitectura de hardware para un mejor conocimiento del sistema. Con eso se procede a la selección de controlador y sensores de ubicación y aceleración del sistema.

4.4.1. Arquitectura de hardware

Se presenta la arquitectura del hardware para entender mejor las conexiones a realizar. El microcontrolador se energizará con los 5 V de voltaje de los vehículos particulares, ya que estos a menudo tienen reguladores de voltaje incorporados. Esto a su vez alimentará los 2 sensores (GPS y acelerómetro). Además, el microcontrolador ya tiene un módulo wifi incorporado, por lo que no será necesario un módulo externo. Asimismo, recibirá información del módulo GPS, por lo que estarán conectados para conocer la ubicación aproximada del vehículo. Por otro lado, el acelerómetro envía la información de aceleración del vehículo al microcontrolador. Ambos datos serán enviados y procesados en el controlador cada 1 segundo. Todas las entradas y salidas lógicas son de 3,3V o 0V. La Figura 4.3 muestra un esquema de la arquitectura del hardware con el tipo de conexión especificado en la leyenda adjunta.

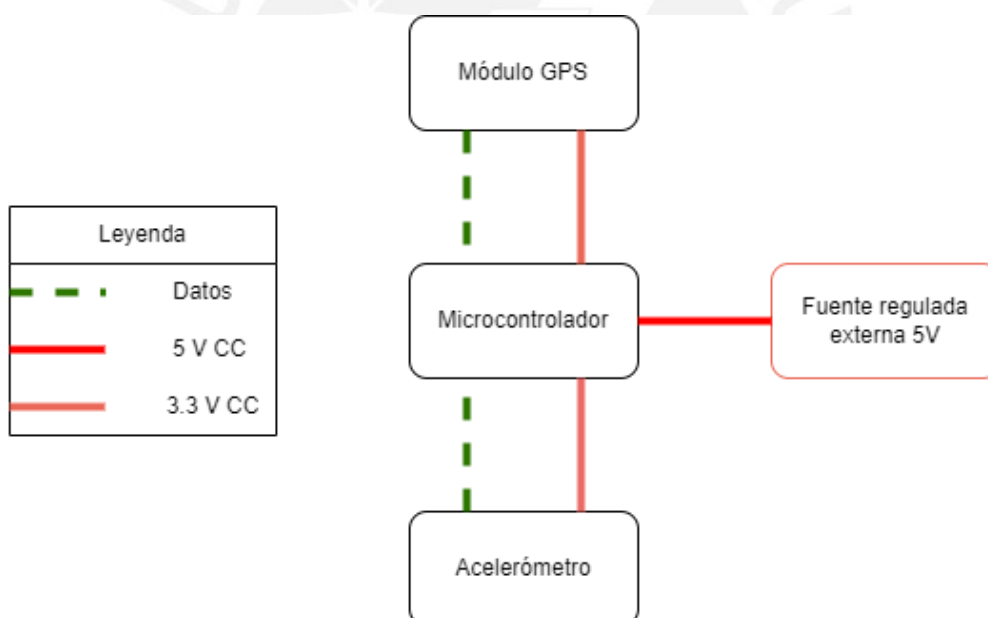





Figura 4.3. Diagrama de la arquitectura del hardware

4.4.2. Selección del microcontrolador

Este necesita poder realizar diversas funciones como el procesamiento de ubicación y aceleración, así como conectarse y enviar los datos a internet. Se debe poner energizar con la salida del vehículo de 5V con una corriente de 0.5 A por puerto, que suele ser lo máximo comercial. Asimismo, debe ser pequeño para no comprometer la vista del

conductor. Es importante que tenga conexión a internet para el envío de la información. La tabla 4.3 compara microcontroladores comunes para este tipo de tareas.

Tabla 4.3. Tabla de selección de microcontroladores




| | Requerimientos | Raspberry Pi Pico W  | Arduino Uno  | Raspberry Pi Zero  |
|------------------|---------------------|--|---|--|
| Puerto micro USB | ≥ 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tamaño (mm) | $< 75 \times 55$ mm | 51 x 21 | 45 x 18 | 65 x 30 mm |
| Energización | 5 V | 5 V | 5V | 5 V |
| Puertos GPIO | > 4 | 26 | 14 | 40 |
| Modulo Wifi | Sí | Sí | No | Sí |
| Precio | | 24 soles | 38 soles | 66.73 soles |

Se escoge el Raspberry Pi Pico W, pues cumple con los requerimientos de tamaño, energía, cantidad de puertos y conexión a internet al menor precio. Este se ajusta mejor que las demás opciones y permite un mayor desempeño que los demás en términos de rendimiento.

4.4.2. Selección de GPS

Se busca un voltaje de 3,3 VCD, pues esta es la salida regulada del Raspberry Pi Pico W. Luego, debe consumir una corriente inferior o igual a las del microprocesador que es 50 mA. Finalmente, las dimensiones deben ser inferiores al de la caja que contendrán el dispositivo. La Tabla 4.4 presenta 3 opciones de GPS divididos por los requerimientos previamente explicados.

Tabla 4.4. Tabla de selección de GPS




| | Requerimientos | Adafruit Ultimate GPS  | ITEAD RoyalTek REB-4216 GPS  | GY-GPS6MV2  |
|------------------|----------------|--|---|---|
| Energía | 3.3 VDC | 3.3-5VDC | 3.3-5 VDC | 3.3-5 VDC |
| Corriente | < 50 Ma | 20 mA | 35 mA | 10 mA |
| Peso | Menor posible | 8.5 g | 45 g | 16 g |
| Dimensiones (mm) | < 100x100x70 | 25.5x 35 x 6.5 | 56x54X1.6 | 16 x 12.2 x 2.4 |
| Precio | | 124.79 soles | 83.33 soles | 70 soles |

Se escoge el GY-GPS6MV2, basado en el dispositivo Neo-6M, por ser el más equilibrado en términos de corriente y precio. Además, su costo es el menor y es el más pequeño entre las alternativas haciendo factible su uso.

4.4.3. Selección de acelerómetro

Se necesita un acelerómetro que pueda ser alimentado con la salida del microcontrolador en términos de voltaje y corriente. De la misma forma debe ser pequeño para no perturbar la vista del conductor. La tabla 4.5 muestra una comparación de acelerómetros comerciales.

Tabla 4.5. Tabla de selección de acelerómetro

| | Requerimientos | WT901  | MPU-9250  | MPU6050  |
|------------------|----------------|--|--|--|
| Energía | 3.3 VDC | 3.3-5VDC | 3-5 VDC | 3.3-5 VDC |
| Corriente | < 50 Ma | < 50 Ma | < 50 Ma | < 50 Ma |
| Peso | Menor posible | 18 g | 80 g | 5 g |
| Dimensiones (mm) | < 100x100x70 | 7.5x 7.4 x 2.1 | 25.5 x 15.4 x 1.6 | 2 x 16 x 0.3 |
| Precio | | 135.28 soles | 83.33 soles | 14 soles |

Se escoge el acelerómetro MPU6050 por cumplir con todos los requerimientos al menor precio para este proyecto.

4.5. Cálculos energéticos

Se comienzan realizando sus cálculos de corriente necesarios para el funcionamiento del dispositivo. A partir de esto se selecciona la forma de energizar el sistema.

4.5.1. Cálculo de corriente

El vehículo usualmente trabaja con una salida de 12 VDC en su batería. Sin embargo, en la mayoría de los vehículos modernos ya existe una salida de 5VDC, la cual se considera en esta tesis. La cantidad de corriente debe ser mayor que la necesitada por todo el sistema. Se considerarán valores altos en cada dispositivo por un factor de seguridad. Si se supone que toda la energía será provista por el vehículo se realiza el cálculo de corrientes en la ecuación 4.2.

$$I_{suministrada} > I_{rasp} + I_{GPS} + I_{acelerometro} \quad (\text{ec. 4.2})$$

$$I_{suministrada} > 0.477 \text{ A}$$

, donde I es la corriente en cada componente.

Por lo cual, en el peor de los casos no llegaría a los 0.5 A que la mayoría de los carros proveen como mínimo (Schemansky, 2014). Cabe resaltar que ya hay varios modelos de carros que ofrecen más que esto. Con esto se concluye que el sistema podría realizar sus funciones sin problemas obteniendo la energía directamente del auto.

4.5.2. Selección de componentes de energía

Por los cálculos anteriores no se va a necesitar un adaptador de energía, sino que puede conectarse directamente al puerto USB de 5 Voltios de los carros particulares. Lo único que se necesitaría es el cable USB – micro USB para la conexión entre el vehículo y el Raspberry Pi Pico W, el cual a su vez energiza a las demás partes del sistema.

4.6. Cálculo de la fijación al carro

La forma de sujeción planteada es por forma similar a un dispositivo que se puede encontrar comúnmente para sujetar un celular en el carro. Estos celulares suelen pesar entre 140 y 170 gramos (Cohen, 2022), pero los sujetadores comúnmente están hechos para soportar un peso de 200 a 300 gramos (Horrocks, 2019). Entonces, se calculará si la suma de pesos de todo nuestro sistema físico elegidos anteriormente está en esas magnitudes según la ecuación 4.3.

$$W = \sum_{i=0}^n W_{componentes} \text{ (ec. 4.3)}$$

Se comienza con el cálculo del peso del material PLA, el cual tiene una densidad de $1.24 \frac{g}{cm^3}$, lo cual se usa para obtener la ecuación 4.4 de la impresión 3D.

$$W_{pla} = W_{base} + W_{tapa} \text{ (ec.4.4)}$$

$$W_{pla} = 93.19 \text{ g}$$

Se calcula el peso del PCB de una sola cara para las dimensiones registradas de 75 x 55 mm, el cual posee un peso aproximado de $0.20 \frac{g}{cm^2}$. Esto se evalúa en la ecuación 4.5.

$$W_{pcb} = Area * W \frac{g}{cm^2} \text{ (ec. 4.5)}$$

$$W_{pcb} = 8.25 \text{ g}$$

La electrónica considera los materiales elegidos: Raspberry Pi Pico W, sensor GY-GPS6MV2 con su antena y el acelerómetro MPU6050. Lo cual se calcula en la ecuación 4.6.

$$W_{electrónica} = W_{rpi} + W_{gps} + W_{acce} \text{ (ec. 4.6)}$$

$$W_{electrónica} = 26.1 \text{ g}$$

Se emplean 4 amortiguadores en las bases del PCB para amortiguar las vibraciones, lo cual se analiza en la ecuación 4.7.

$$W_{amortiguador} = W_{uni} * cantidad \text{ (ec. 4.7)}$$

$$W_{amort} = 36 \text{ g}$$

Se tienen 6 tornillos M3, los cuales permiten la fijación entre las partes. Esto se evaluará en la ecuación 4.8.

$$W_{\text{mecánica}} = W_{\text{tornillos}} * \text{cantidad} \text{ (ec. 4.8)}$$

$$W_{\text{mecánica}} = 3.84 \text{ g}$$

Se suman las partes anteriores para poder conseguir el peso total de la estructura como se muestra en la ecuación 4.9.

$$W_{\text{total}} \approx 93.19 + 8.25 + 26.1 + 36 + 3.84 \text{ (ec. 4.9)}$$

$$W_{\text{total}} \approx 167.38 \text{ g}$$

La mayoría de los sujetadores de celular soportan más de 200 gramos, por lo cual no habrá problema al poder sujetar todo el sistema.

4.6.1 Selección de fijación al carro

En base al cálculo anterior, solo se necesita considerar un soporte de celular que sea mediante forma que soporte más de 167.38 gramos (peso de todo el sistema). Este servirá para estabilizar al dispositivo para sus procesamientos necesarios, así como para mantenerlo fijo al carro.

4.7. Planos de ingeniería

La presente sección muestra los planos mecánicos y electrónicos que se encuentran en el anexo D. Los planos mecánicos están compuestos de los planos de ensamble y despiece del dispositivo debidamente detallados. Por otra parte, se incluyen el plano electrónico donde se muestran las conexiones y dispositivos de esta área y su respectivo PCB a fabricar. Todo esto con el fin de que se pueda implementar este sistema de la manera más detallada posible.

4.7.1. Planos de ensamble

Se presenta el plano de ensamble para poder tener una visión general de las piezas que componen cada parte de la máquina, así como las relaciones y concordancias que existen

entre estas, con el objetivo principal de realizar el montaje. Estos planos incluyen detalles, secciones y una lista de piezas siguiendo el formato DIN para la mayor comprensión de cada componente. A continuación, se muestra la tabla 4.6 que enuncia el plano de este rubro.

Tabla 4.6. Tabla de planos de ensamble y subensambles

| Tamaño - Nro. de Lámina | Título del plano |
|-------------------------|-----------------------------------|
| ES-A3-01 | Ensamble del sistema de monitoreo |

4.7.2. Planos de despiece

Los planos de despiece nos permiten obtener las características técnicas de cada pieza para poder realizar la posterior fabricación individual de estas. Así mismo, estos planos indican la información necesaria para poder asegurar el montaje y un correcto funcionamiento al ser insertadas. A continuación, se muestran los planos pertinentes en la tabla 4.7.

Tabla 4.7. Tablas de planos de fabricación

| Tamaño - Nro. de Lamina | Título del plano |
|-------------------------|---------------------|
| DE-A4-01 | Despiece de la base |
| DE-A4-02 | Despiece de la tapa |

4.7.3. Plano electrónico o esquemáticos

Se presenta el esquemático para obtener una visión general del área electrónica del sistema en la Figura 4.4. Ver el plano B del anexo D para mayor detalle.

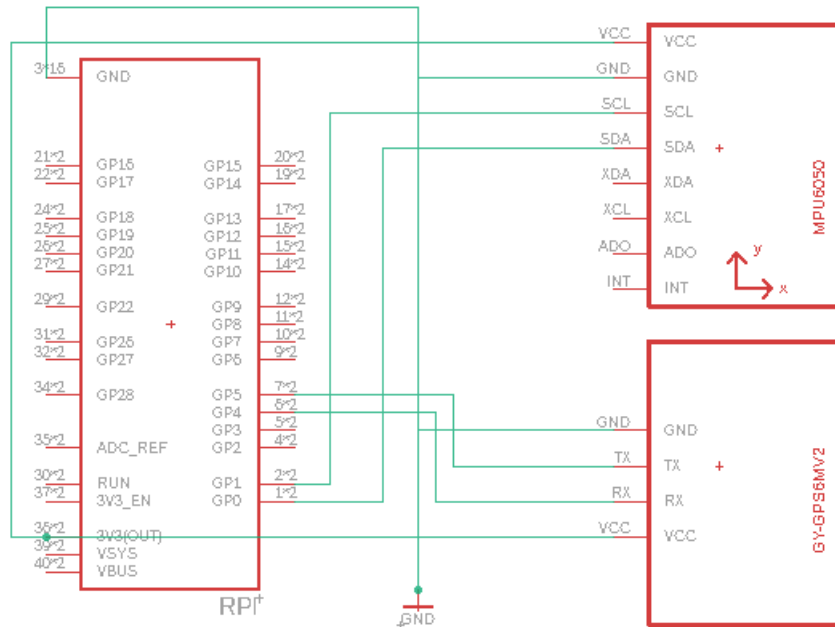


Figura 4.4. Esquemático del sistema de monitoreo de la velocidad

Se procede a detallar cada uno de los periféricos necesitados para el correcto funcionamiento del dispositivo de este esquemático general.

a) Módulo GPS

El módulo GPS GY-GPS6MV2 sirve para la obtención de la ubicación del vehículo. Esta es energizada con 3,3 V entre el GND y el VCC de este dispositivo. Además, para la transmisión serial de datos se utiliza el TX para el envío de datos y el RX para la recepción de datos. Este dispositivo con sus conexiones utilizadas se muestra en la Figura 4.5.

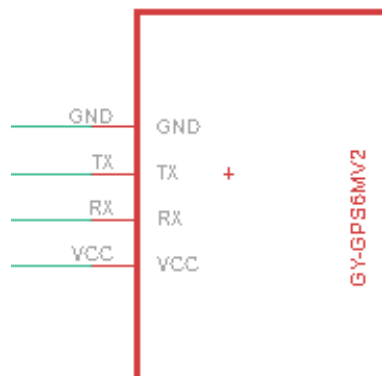


Figura 4.5. Representación del módulo GY-GPS6MV2

b) Acelerómetro

El acelerómetro MPU6050 se usa para obtener la aceleración del vehículo. Este es energizado con 3,3 V entre GND y VCC de este dispositivo. Además, para la transmisión serial de datos se utiliza SCL como el pulso de reloj en la comunicación I2C y el SDA para transferir los datos al microcontrolador. Este dispositivo con sus conexiones utilizadas se muestra en la Figura 4.6.

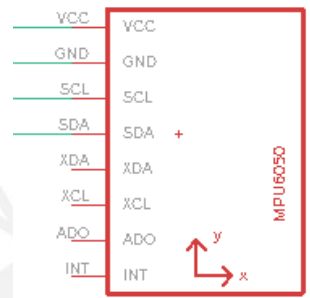


Figura 4.6. Representación del módulo GPS Neo 6M

c) Raspberry Pi Pico W

La Raspberry Pi Pico W realiza el control del monitoreo en el sistema. El sensor GPS y el acelerómetro se conectan a este controlador. Estas conexiones con el microcontrolador se muestran en la Figura 4.7.

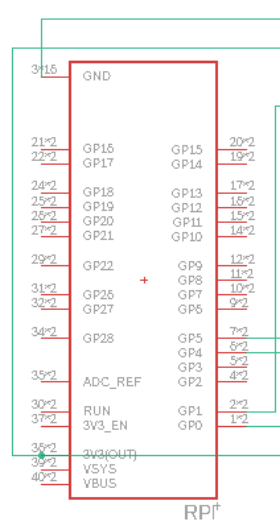


Figura 4.7. Representación de la Raspberry Pi Pico W

4.7.4. PCB

El PCB incluye la conexión del Raspberry Pi Pico W, el módulo GPS GY-GPS6MV2 y el acelerómetro MPU6050. Se respeta los estándares de diseño para las pistas de esta placa. Este PCB cuenta con cada uno de los espacios estandarizados para el posicionamiento de cada dispositivo. Además, cuenta con los orificios circulares para el montaje del PCB. Este tiene una sola capa y posee una dimensión de 75 x 55 mm como se muestra en la Figura 4.8 o en el plano A del Anexo D.

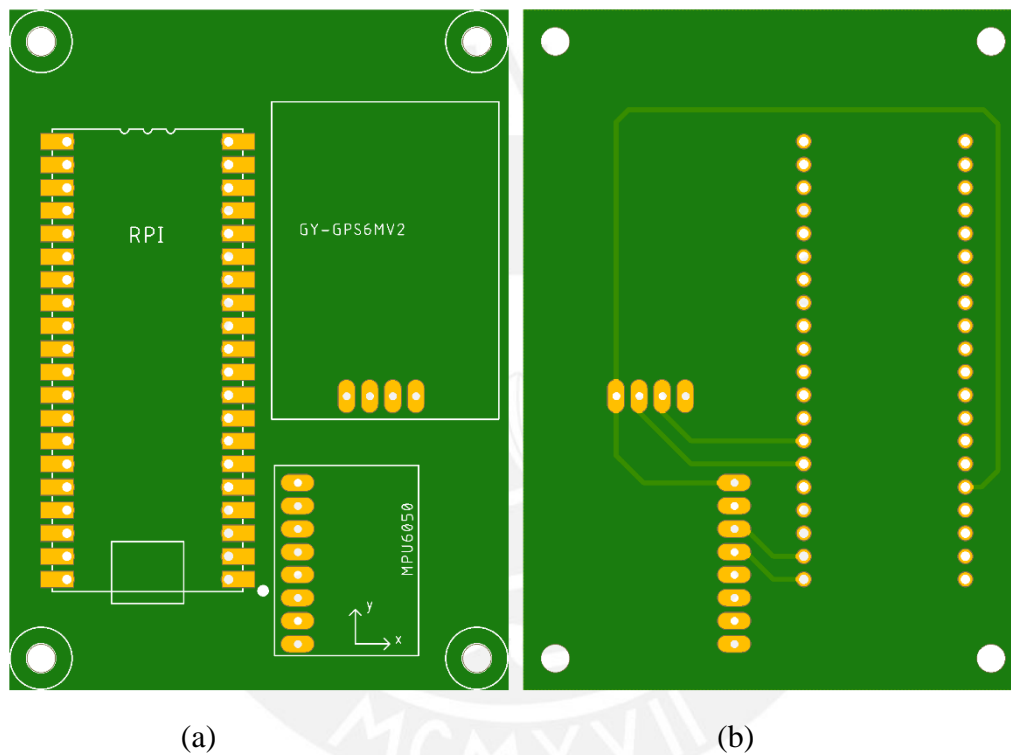


Figura 4.8. (a) Vista delantera del PCB. (b) Vista trasera del PCB.

4.8. Diagrama de Operaciones

El procedimiento para usar este sistema de monitoreo incluye los siguientes pasos. En primer lugar, la compañía de seguros o el asegurado con las instrucciones de la empresa deben colocar el dispositivo en un lugar cerca del motor para la aceleración, pero dentro del vehículo para evitar daños por fuerzas externas que actúen sobre él. Además, debe estar posicionado de una manera particular ya que esto indicará en qué eje se medirá la aceleración. En segundo lugar, se debe compartir los datos del teléfono móvil con

usuarios y contraseñas previamente enviados a la compañía de seguros para que el sistema los capture correctamente. Tercero, active el carro, lo cual energizará el sistema e iniciará el programa cargado. Cuarto, aumente la velocidad (aceleración) del vehículo. Quinto, si esta aceleración es alta, podrá visualizar en su teléfono móvil que su riesgo debido a la aceleración aumente por un corto tiempo. Sexto, el conductor evitará cambios muy bruscos de velocidad. Séptimo, los automovilistas podrían recorrer lugares específicos de mucha congestión durante la hora pico. Octavo, esto les enseñará que la métrica de riesgo por ubicación aumentará desde su celular. Noveno, esto requerirá que evite estos lugares en estos momentos específicos y use rutas alternativas. Décimo, el conductor puede recorrer varios kilómetros en un mes. Onceavo, podrá ver desde el odómetro del carro su kilometraje en tiempo real, pero desde la aplicación podrá ver un estimado de que si sigue conduciendo de esa manera podría incurrir en un mayor riesgo por kilometraje y cómo mensualmente va incrementando este. Doceavo, el conductor buscaría conducir menos su vehículo o usaría vías alternas para desplazarse que podrían ser más eco amigables. Finalmente, apagaría el auto con lo que se detiene el sistema. Estos casos se repetirán cada vez que el conductor maneje. La Figura 4.9 muestra el diagrama de operaciones del con la leyenda adjunta.

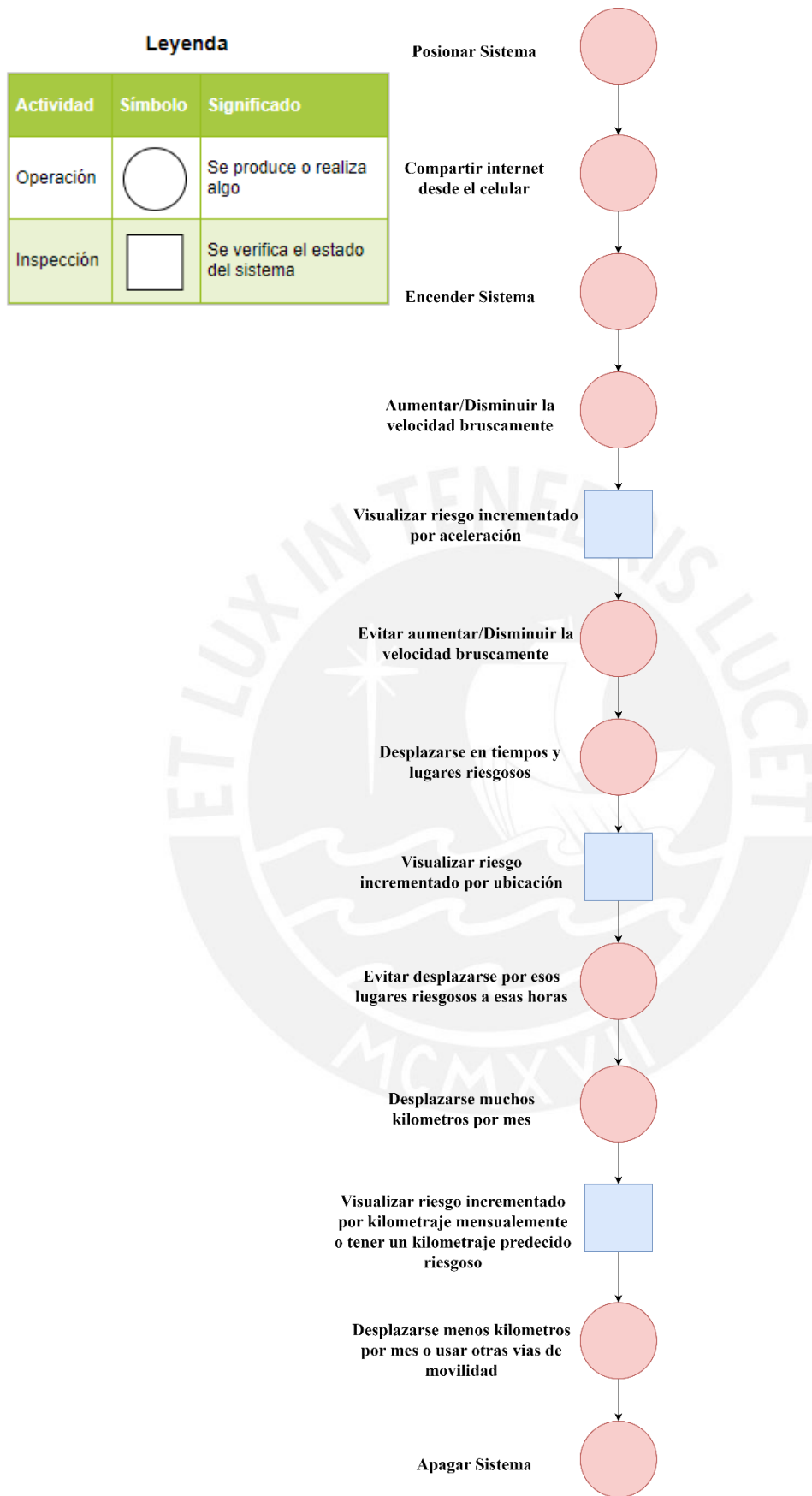


Figura 4.9. Diagrama de operaciones

CAPÍTULO 5

DISEÑO DEL SISTEMA DE LA NUBE DE SERVICIOS

Este capítulo se dedica a la parte del diseño de la nube de servicios del sistema. Esto comienza con la elección de esta nube. Luego, se presenta la arquitectura de software, la cual describirá cómo todo se conectará en la nube elegida. A continuación, se presentará el diseño de la visualización creada. Seguidamente, se realizan los cálculos de los recursos necesarios en cada parte del sistema de datos. Finalmente, se realizará el diagrama de flujo del sistema para saber cómo todo funcionaría a nivel de los datos.

5.1. Elección de la nube de servicios

Durante este tiempo, los servicios en la nube se han convertido en esenciales para las empresas más grandes y desarrolladas del mundo. Esta revolución digital tiene muchas ventajas como la reducción de costos informáticos, la gran escalabilidad que ofrece, el trabajo colaborativo desde diferentes partes del mundo, el acceso a actualizaciones automáticas, etc. Por lo tanto, las nubes más populares Amazon AWS, Microsoft Azure y Google Cloud (Felix Richter, 2023) se comparan en la Tabla 5.1. Los puntos de comparación son los servicios IoT, la seguridad y el costo de cada nube. El soporte es la tranquilidad que brinda la nube de que sus recursos estarán disponibles adecuadamente, así como el apoyo que ellos brindan a sus clientes. Los servicios IoT son los servicios que se conectan a internet para procesar sus datos, lo cual es vital para este proyecto. La seguridad es esencial para evitar el riesgo de filtrar información confidencial del

conductor. El costo es importante para que todo el proyecto se mantenga en el presupuesto esperado. Cabe resaltar que los servicios que se están analizando son los enfocados directamente a un entorno de IoT, puesto que esto es la base de este proyecto.

Tabla 5.1. Tabla de elección de la nube de servicios

| | Requerimientos | AWS | Azure | GCP |
|----------------------------|---|---|--|---|
| Soporte | Alta | Alta | Alta | Alta |
| Servicios IoT | <ul style="list-style-type: none"> - Facilidad de implementación IoT - Estabilidad de sus servicios IoT | <ul style="list-style-type: none"> - AWS IoT Core, AWS Kinesis y otros servicios. Se puede usar SQL, Java, Scala y Python. - Diversos servicios que complican las decisiones de IoT y necesitan mayor conocimiento que sus competidores (Gartner, 2022) | <ul style="list-style-type: none"> - Azure IoT Hub con Azure Stream Analytics. Permite usar funciones predeterminadas con SQL (entre otros) en real time de manera sencilla específica para los casos de uso de este proyecto - Los productos se pueden integrar con IoT de manera más sencilla para diferentes casos de usos e industrias (Gartner, 2022) | <ul style="list-style-type: none"> - GCP Cloud IoT Core, Dataflow. Usa Apache Beam con Java, Python y SQL. - Inestabilidad en IoT: Cloud IoT Core está siendo retirado el 16 de agosto del 2023 (GCP, 2023) |
| Seguridad | Muy Alta | Muy alta | Muy alta | Muy alta |
| Costo procesamiento | | Por hora | Por hora por unidad de procesamiento | Por hora por unidad de procesamiento |

Primero, GCP en IoT todavía es un poco inestable, ya que está sufriendo temas tan importantes en este ámbito como la eliminación de Cloud IoT en agosto del 2023 (GCP, 2023). Por otra parte, la complejidad de AWS en IoT y la gran diversidad de servicios en este rubro influye en un mayor tiempo de desarrollo y mayor conocimiento de los desarrolladores para poder usarlo (Gartner, 2022). Por estas razones, se elige Azure para este desarrollo que es distinguido por su factibilidad de poder usar sus servicios

relacionados a IoT para diferentes casos de usos e industrias de manera más sencilla (Gartner, 2022). Debido a ello, actualmente, Microsoft Azure es catalogado como la única nube de las presentadas que se considera como líder en la categoría relacionada a IoT (Gartner, 2022), según la prestigiosa empresa Gartner, como se puede referir en la figura 5.1



Figura 5.1 Cuadrante mágico sobre la industria global de las plataformas IoT (Gartner,2022)

5.2. Arquitectura de software

El sistema en la nube de Azure administra y procesa los datos a través de sus diferentes fases, como se muestra en su estructura funcional en la Figura 5.2. Primero, comienza recibiendo datos en formato JSON en bytes con información de acelerómetro, latitud, longitud, placa y tiempo de captura por segundo en Azure IoT Hub. Por lo tanto, la aceleración y localización que constituyen un riesgo serán procesado en tiempo real. Este último usará información estática almacenada en Azure que contendrá los lugares y tiempos de riesgo para verificar si su ubicación se encuentra en una de esas situaciones.

Por lo que se refiere al kilometraje, este se almacenará en SharePoint, ya que será registrado por el personal de la compañía de seguros mediante un método manual. Todos los datos procesados se almacenarán en un “push dataset” de Power BI, a partir del cual se generarán las visualizaciones. Esto se publicará en el espacio de trabajo de Power BI de la compañía de seguros. Esto manejará 2 presentaciones: una para computadora y otra para celular.

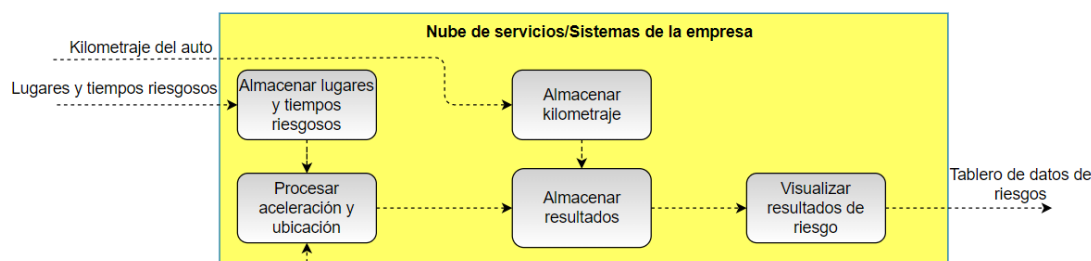


Figura 5.2. Estructura de funciones del sistema de nube

El diagrama de casos de uso UML del sistema se muestra en la Figura 5.3. Este diagrama muestra cómo los actores interactúan con el sistema. Estos son el operador, el asegurado, el asegurador y el controlador. Los operadores son responsables de supervisar el rendimiento, la seguridad y el escalado del sistema en Azure. Los datos de riesgo requeridos (aceleración y ubicación) serán enviados por el controlador para su procesamiento y almacenamiento en tiempo cercano al real. Asimismo, el controlador será el responsable de la identificación de estos datos mediante la placa registrada en este. Los datos de riesgo encontrados previamente se almacenan junto con el kilometraje registrado por el asegurado y la compañía de seguros. Además, el asegurado será el encargado de poder activar o desactivar el sistema mediante la conexión o desconexión del dispositivo. Esto con el objetivo de que no sea monitoreado en momentos incómodos para el usuario. Finalmente, solo el asegurado y la aseguradora están autorizados a utilizar el tablero de datos de riesgo generado a partir de los datos procesados y almacenados anteriormente.

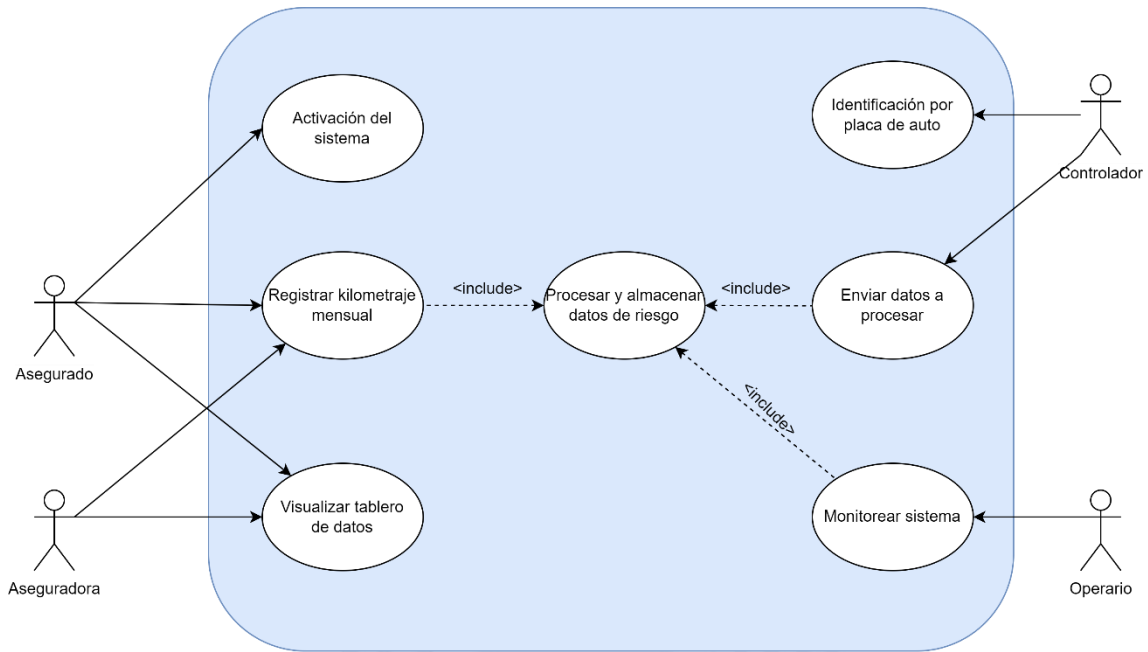


Figura 5.3. Diagrama de casos de uso del sistema de comunicaciones en Azure

Se presenta un boceto de la arquitectura en la Figura 5.3 para satisfacer los casos de uso graficados en la Figura 5.2. Se identifican 4 capas efectivas dentro de Azure, las cuales serán descritas en la tabla 5.2. Luego, la tabla 5.4 describe las funciones dentro de cada capa para un mayor detalle.

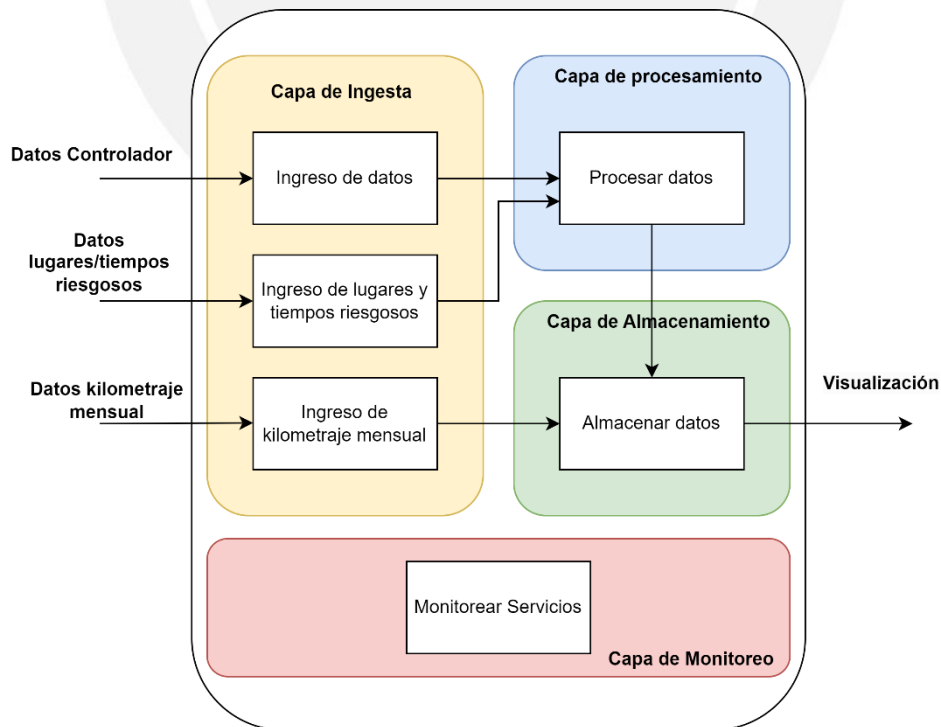


Figura 5.4. Arquitectura de software por capas y funciones

Tabla 5.2. Capas de la arquitectura de software

| CAPA | DESCRIPCIÓN |
|---------------------------------------|--|
| Capa de ingesta | Es la capa responsable de obtener los datos de aceleración, ubicación, tiempo de proceso, placa del auto, lugares y tiempos riesgosos, kilometraje mensual del vehículo. |
| Capa de procesamiento de datos | Es la capa que realiza el procesamiento de los datos para identificar la aceleración y ubicaciones riesgosas |
| Capa de almacenamiento | Es la capa que almacena los datos procesados del sistema para el análisis de riesgo |
| Capa de monitoreo | Es la capa que realiza el monitoreo de los servicios involucrados |

Tabla 5.3. Funciones de la arquitectura de software

| Función | Descripción |
|---|---|
| Ingreso de datos | Permite la conexión del Raspberry Pi Pico W con Azure para el envío de datos |
| Ingreso de lugares y tiempos riesgosos | Permite la conexión de Azure Datalake Storage Gen2 con los datos en CSV sobre los lugares y tiempos riesgosos |
| Datos kilometraje mensual | Permite la conexión de SharePoint del kilometraje actualizado mensualmente |
| Procesar datos | Se encarga de procesar los datos de ubicación y aceleración en tiempo real |
| Almacenar datos | Se guardarán los datos resultantes y necesarios para el análisis de riesgos |
| Monitorear servicios | Monitorea cada servicio de Azure en tiempo real |

Se procede a mostrar los servicios de Azure que cumplirán estas exigencias para la nube de servicios con la interacción con la parte física y su visualización mostrados en la Figura 5.5.

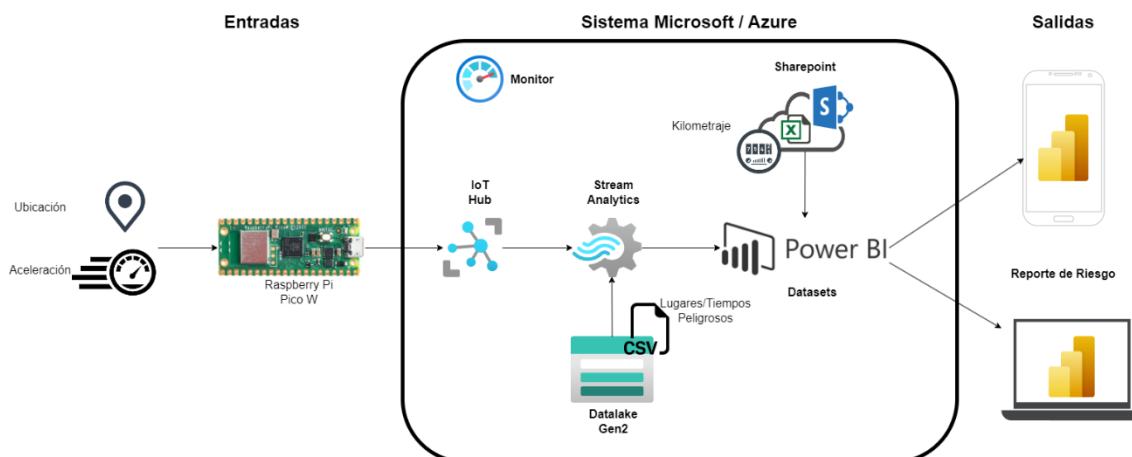


Figura 5.5. Bosquejo de conexión de servicios Azure y el sistema físico y de visualización.

Se procederá a describir cada uno de los servicios usados y sus respectivas razones. Primero, se explican las razones de elección de Azure Datalake Gen2 que es un servicio de almacenamiento de objetos a través de la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Razones de la elección de Azure Datalake Gen2 (Microsoft, 2023)

| Azure Datalake Gen2 | Beneficio 1 | Beneficio 2 | Beneficio 3 |
|---|---|---|---|
| Desempeño, escalabilidad, disponibilidad y durabilidad | Escala los recursos de almacenamiento para cumplir las demandas variables sin pagos iniciales o ciclos de adquisición de recursos | Crea y almacena automáticamente copias de todos los objetos Datalake Gen2 en múltiples servidores | Los datos guardados están protegidos contra fallas errores y amenazas, por lo que son altamente disponibles |
| Servicios de consulta de los datos | Se permite análisis rápido de datos de baja cantidad mediante un Preview de los datos | Se puede descargar el cliente de Azure Storage para poder revisar los datos de manera local | Se puede manipular los datos directamente desde el Preview de los datos |
| Integración con otros servicios | Es uno de los 2 servicios que Azure Stream Analytics permite como fuente referencial. | Permite integrarse con la mayoría de los servicios de datos Azure. | Permite integrarse con servicios de reportería como Power BI de manera nativa. |

Segundo, se explican las razones de elección de Power BI dataset que almacena los datos en la nube mostrado en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Razones de la elección de Power BI Dataset (Microsoft, 2023)

| Power BI Dataset | Beneficio 1 | Beneficio 2 |
|------------------------------------|---|---|
| Rapidez de almacén de datos | Usa VertiPaq que es una base de datos que comprime los datos y los trabaja en memoria | VertiPaq almacena los datos de manera columnar |
| Optimizado para reportería | Está optimizado para tener el mejor rendimiento con los reportes de Power BI | Al almacenar los datos por columna permite obtener los datos de manera más rápida |
| Integración real time | Se integra de manera nativa con Stream Analytics | Stream Analytics inserta los datos de manera real time en Power BI |

Se exponen las razones de la elección de Azure Monitor que es un servicio de monitorización y observación explicado en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Razones de la elección de Azure Monitoring (Microsoft, 2023)

| Azure Monitoring | Beneficio 1 | Beneficio 2 |
|---------------------------------------|--|---|
| Observabilidad | Permite analizar los datos de todos los recursos, aplicaciones y servicios de Azure que funcionan en sus servidores | Ayuda a ordenar los silos de datos para una visibilidad de todo el sistema y una resolución de problemas rápida y simple. |
| Visibilidad y datos operativos | Proporciona una vista unificada de la actividad y operación de los datos detallada en tiempo real y con su histórico | Proporciona reportes de monitoreo automáticos, datos con una granularidad modificable y almacenamiento de métricas |
| Recopilación de métricas | Se integra de forma nativa con muchos de los servicios de Azure como los presentes en este proyecto | Publica métricas detalladas automáticas cada minuto y métricas personalizadas hasta de un segundo |

Se exponen las razones de la elección de Azure Stream Analytics que es un servicio para procesar datos fácilmente en tiempo real en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7. Razones de la elección de Azure Stream Analytics (Microsoft, 2023)

| Azure Stream Analytics | Beneficio 1 | Beneficio 2 |
|-----------------------------------|---|--|
| Integración simple | Se puede procesar los datos de manera simple via SQL, el cual sirve para su integración con otros servicios | No requiere experiencia en machine learning o tecnologías avanzadas. |
| Aprendizaje continuo | Se entrena continuamente con nuevos datos para mejorar sus capacidades de reconocimiento de patrones. | Su objetivo es mejorar su capacidad general para un reconocimiento preciso. |
| Completamente administrado | Tiempos de respuesta estables incluso con el aumento del volumen de datos | La latencia del servicio permanece estable, incluso si el volumen aumenta significativamente |

Se exponen las razones de la elección de Azure IoT Hub que es un servicio que permite conectar, almacenar y extraer datos de dispositivos conectados a internet en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Razones de la elección de Azure IoT Hub (Microsoft, 2023)

| Azure IOT Hub | Beneficio 1 | Beneficio 2 |
|--------------------------|--|---|
| Funcionalidad IoT | Los servicios de IoT son bastante maduros, tanto en las ubicaciones de borde como en la nube | Combina la administración de datos y análisis de servicios enfocado en IoT |
| Seguridad | Azure IoT ofrece servicios en las diferentes capas de seguridad | Azure IoT monitorea los servicios de manera continua y audita las configuraciones de seguridad. |
| Escalabilidad | Escala a miles de millones de dispositivos diferentes y a billones de mensajes | Azure IoT se integra con servicios como Stream Analytics para procesar en tiempo real los datos ingestados. |

5.3. Visualización

La visualización se realizará en un tablero de datos en el programa Power BI a partir de la información almacenada en sus dataset como se muestra en a Figura 5.6.

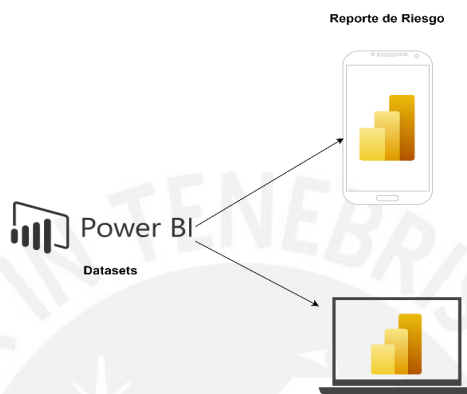


Figura 5.6. Conexión de dataset con reporte en Power BI

En este software se crearán reportes con las 3 métricas principales de riesgo: ubicación, aceleración y kilometraje. Las 2 primeras se actualizarán en tiempo cercano a la realidad y el último será actualizado mensualmente. Esto se podrá visualizar tanto por el asegurado como la aseguradora como se muestra en la Figura 5.7. El indicador de riesgo sería medido por una visualización “gauge” y seguirá el patrón de semáforo donde verde es menor riesgo, amarillo es moderado y rojo es alto. La primera parte mostrará el estado del vehículo como su placa y cuánto tiempo viene usando el servicio en meses. La segunda parte, mostrará el indicador de riesgo por kilometraje, gráfico de líneas del kilometraje a través del tiempo junto con un forecast de los siguientes 3 meses y cantidad de kilómetros que ha recorrido desde la contratación del servicio. La tercera parte contiene el indicador de riesgo por aceleración, gráfico de líneas las incidencias de manejo por aceleración en el tiempo y la cantidad de incidencias totales. La cuarta parte incluye el indicador de riesgo por ubicación, un mapa de la geolocalización de los lugares donde ocurrieron las incidencias y un gráfico de líneas de estas incidencias en el tiempo.

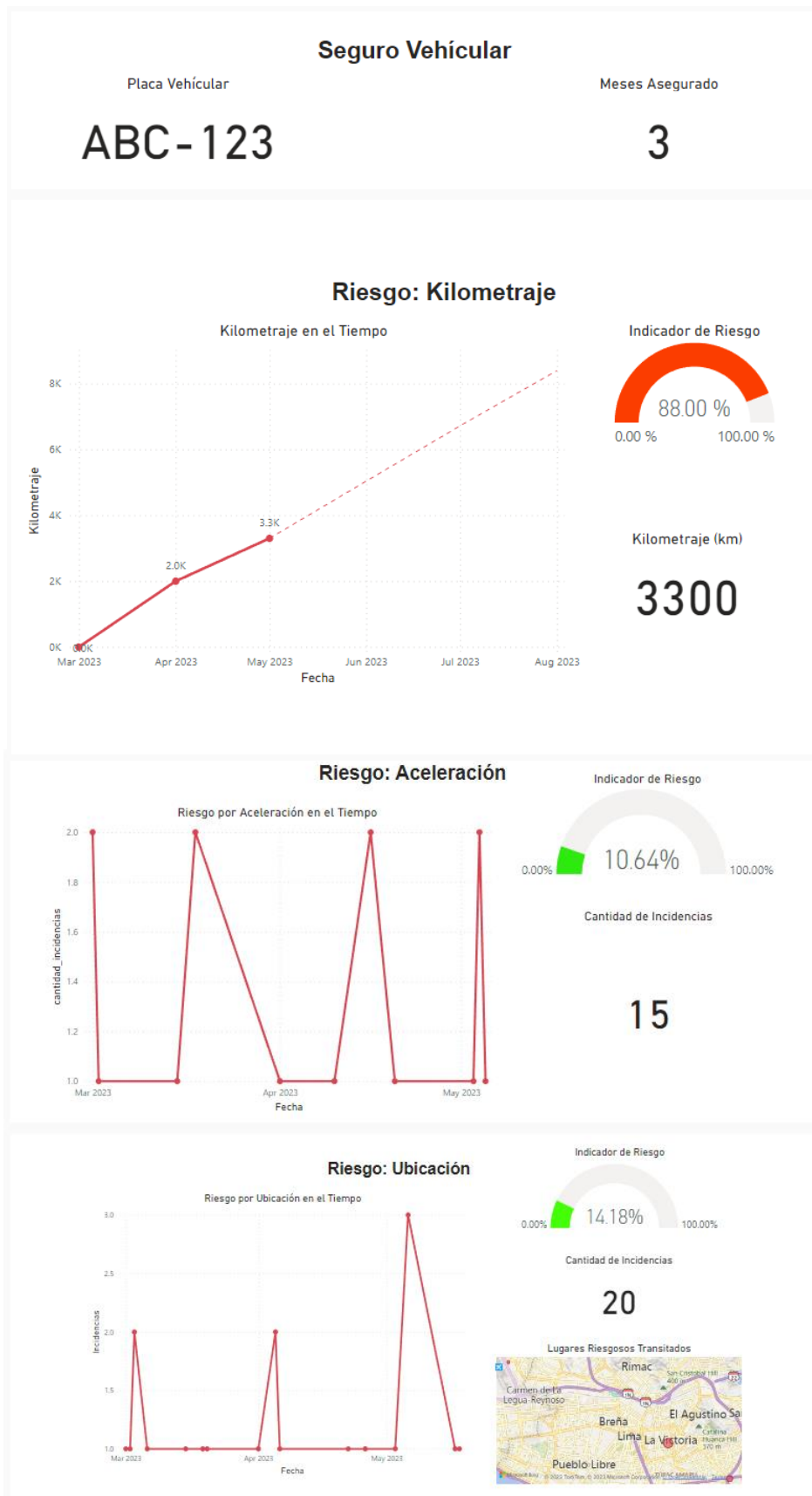


Figura 5.7. Ejemplo del tablero de datos

5.4. Aprovisionamiento de recursos en la nube

Se procede a dimensionar cuántos recursos son necesarios para cada servicio elegido en la nube: Azure IoT Hub, Stream Analytics, Storage Accounts (Datalake Gen2) y Monitor.

Se comienza dimensionando Azure IoT Hub mediante la elección del nivel y la edición que requieren. Los niveles son Basic y Standard. En este se decide el básico ya que solo se usarán las características fundamentales como el protocolo MQTT y no se usarán propiedades adicionales como enviar datos de la nube al dispositivo donde se necesitaría usar el standard. Por otra parte, se estima que los carros usen en promedio 3 horas al día como máximo y como se envía los datos 1 vez por segundo, esto representaría 10800 mensajes por vehículo como máximo por día. Entonces, sería suficiente la edición B1 que cubre 400 000 mensajes por día con 1 unidad de IoT Hub, ya que esto cubriría hasta 37 vehículos en paralelo en estos casos extremos como se muestra en la imagen 5.8.

The screenshot displays the Azure IoT Hub configuration page. The 'Region' dropdown is set to 'East US'. Under the 'IoT Hub' section, the 'Tier' is 'Basic' and the 'EDITION' is 'B1: Unlimited devices, 400,000 msg/day, \$10.00/month'. There are two toggle switches: 'Add IoT Hub Device Provisioning Service' and 'Add IoT Hub Device Update', both currently turned off. A link below the toggles reads 'Features supported in Azure IoT Hub basic and standard tier differ. Learn more about the capabilities of basic and standard tier.' At the bottom, a summary bar shows '1 IoT Hub Units' with a price of '\$10.00 Per IoT Hub unit', resulting in a total of '\$10.00'.

Figura 5.8. Cálculo Azure IoT Hub

Por otra parte, se realizan los cálculos para Azure Stream Analytics mostrados en la Figura 5.9. Aquí se hace uso del tipo Standard, ya que es la opción serverless y nos permite un mayor ahorro y menor administración del servicio. Por otra parte, si se calcula 3 horas como máximo por día en un mes de 30 días, se podría llegar a procesar 90 horas por vehículo. Finalmente, para el cálculo de streaming units se establece 1 por vehículo. Según la documentación cada streaming unit puede llegar a procesar hasta 1 MB por segundo, donde realmente lo que se envía cada segundo más la data referencial de los lugares y tiempos riesgosos no debería pasar de 0.2 MB, pero por la complejidad de las operaciones y envió de datos 2 diferentes fuentes se permite ese factor de seguridad adicional. Finalmente, no se usará IoT Edge para este proceso.

Azure Stream Analytics

Region:

Standard Streaming Unit

Type:

Streaming Units(s) × Hours × Per hour = \$9.90

Stream Analytics on IoT Edge

Devices × Per device/month = \$0.00

| | |
|--------------|--------|
| Upfront cost | \$0.00 |
| Monthly cost | \$9.90 |

Figura 5.9. Cálculo de Azure Stream Analytics

Asimismo, se realizan los cálculos para Azure Storage Accounts (Datalake Gen2) como se muestra en la Figura 5.10. Aquí se guardará los datos referenciales en un archivo CSV con 5 columnas y se estima 1000 filas (podría tener más o menos). Esto podría llegar a pesar 50 Kb, lo que es menos de 1 GB para el cálculo de su capacidad. Otros puntos importantes es que es del tipo Data Lake Storage Gen2 (General Purpose V2) y estructura “Hierarchical Namespace”, ya que eso está optimizado para el trabajo con datos. Además, se considera de clase Standard, puesto que Azure Stream Analytics va a solo cargar 1 vez los datos de esta fuente y luego lo trabajará en memoria. Por la misma razón se consideran lecturas y escrituras no superarían los 1 MB en este sistema. Luego, se usará una clase de acceso Hot para una recepción más rápida de los datos. Asimismo, redundancia será local (LRS), puesto que es algo que fácilmente se puede volver a cargar en segundos, ya que no variará normalmente. Luego, el plan será “Pay as you go” donde se pagará lo que se va consumiendo.

Storage Accounts

Region:

Access tier:

Type:

Redundancy:

Tier:

File Structure:

Storage Account Type:

Capacity

GB

Savings Options

Save up to 38% on pay-as-you-go prices with 1-year or 3-year Azure Storage Reserved Capacity. [Learn more about Azure Storage Reserved Capacity pricing.](#)

Pay as you go

Pay as you go

Reserved instances

1 year reserved

3 year reserved

\$0.02

Average per month
(\$0.00 charged upfront)

= \$0.02

Average per month
(\$0.00 charged upfront)

Write operations

MB x 10,000 operations

1 Operations Applied × 1 x 10,000 operations = \$0.0650 Per 10,000 operations = \$0.07

Read operations

MB x 10,000 operations

1 Operations Applied × 1 x 10,000 operations = \$0.0052 Per 10,000 operations = \$0.01

Figura 5.10. Cálculo de Azure Storage Accounts (Datalake Gen 2)

Finalmente, se aprovisiona Azure Monitor como se muestra en la Figura 5.11 que permitirá al operador revisar que todos los servicios están funcionando de manera adecuada. Se debe tener en cuenta que sea en la misma región que los demás servicios (East US en este ejemplo). Además, solo se usarán las características habilitadas automáticamente, las cuales son la recolección de métricas estándar y registros de actividad para cada servicio. Cabe resaltar que esto no se considera un costo adicional para el proyecto.

Azure Monitor

Region:

| | |
|--------------|--------|
| Upfront cost | \$0.00 |
| Monthly cost | \$0.00 |

Figura 5.11. Cálculo de Azure Monitor

5.5. Diagrama de flujo

Se procede a implementar los diagramas de flujos: un diagrama principal y uno de subproceso. Los procesos del diagrama de flujo principal se detallan a continuación. Se comienza energizando o encendiendo el dispositivo o el auto. Luego, se inicializan todas las variables y los sistemas de wifi, GPS, acelerómetro, conexión con Azure y Raspberry Pi Pico W (inicializar variables y sistemas); así como, se configura la placa del auto al cual estarán referidas toda la información recopilada. Luego, se itera hasta obtener la primera ubicación del vehículo. Después, se obtiene la aceleración calibrada del vehículo. Si hay una aceleración mayor a 0.01 g, que significaría que se está moviendo el vehículo, se evaluará la aceleración a enviar. Si la aceleración es menor a 0.5 g, se envía 0 a Azure, caso contrario se sube la aceleración respectiva convertida a m/s^2 . Se crea el mensaje a enviar cada segundo siempre que esté en movimiento el carro y se haya obtenido la primera ubicación. Este constará de la placa, aceleración, latitud, longitud, fecha y hora del dato capturado. Esto se enviará vía protocolo MQTT a Azure para su procesamiento. Estos datos se procesarán en la nube. De parte de la aceleración, se enviará a Power BI solo las aceleraciones detectadas como anomalías que serían las aceleraciones o desaceleraciones bruscas. Por otra parte, las ubicaciones con riesgo serán enviadas a Power BI si éstas se encuentran a máximo 100 metros del punto de riesgos en horas específicas. Luego, se mostrarán estos resultados en un reporte junto con los datos de riesgo de kilometraje cargados mensualmente. Cabe resaltar que el riesgo por kilometraje se calcula en base a si el vehículo alcanzó los 1500 km recorridos prorrateado por mes desde la contratación del servicio. Se muestra el diagrama de flujo principal con los procesos explicados en la Figura 5.12.

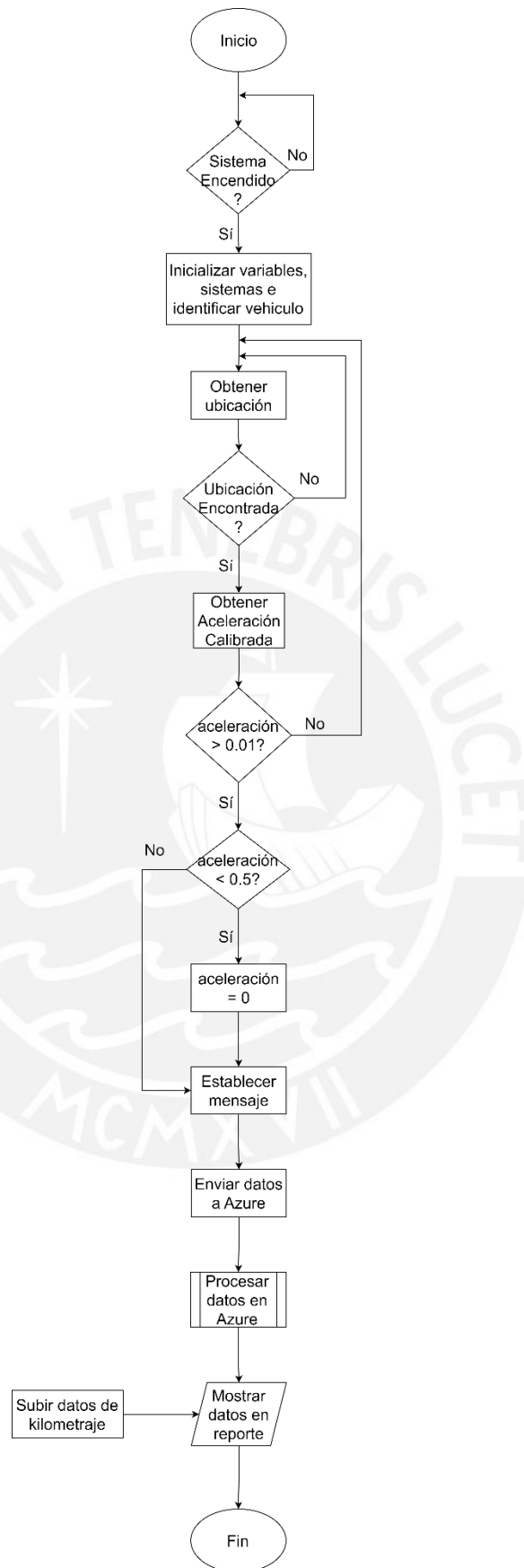


Figura 5.12. Diagrama de Flujo principal

El siguiente subproceso por presentar es “Procesar datos en Azure” mostrado en la Figura 5.13. Se comienza recibiendo los datos enviados por el Raspberry Pi Pico W en el servicio Azure IoT Hub. Luego, se procesan 2 indicadores en tiempo real en Azure Stream Analytics. El primero es detectar anomalías de la aceleración. El segundo, usando la referencia de los lugares y tiempos riesgosos, se busca si estos aparecen en los datos recepcionados. Si se encontró riesgo en alguno de ellos, se guardan los datos en Power BI dataset, caso contrario no se envían esos datos.

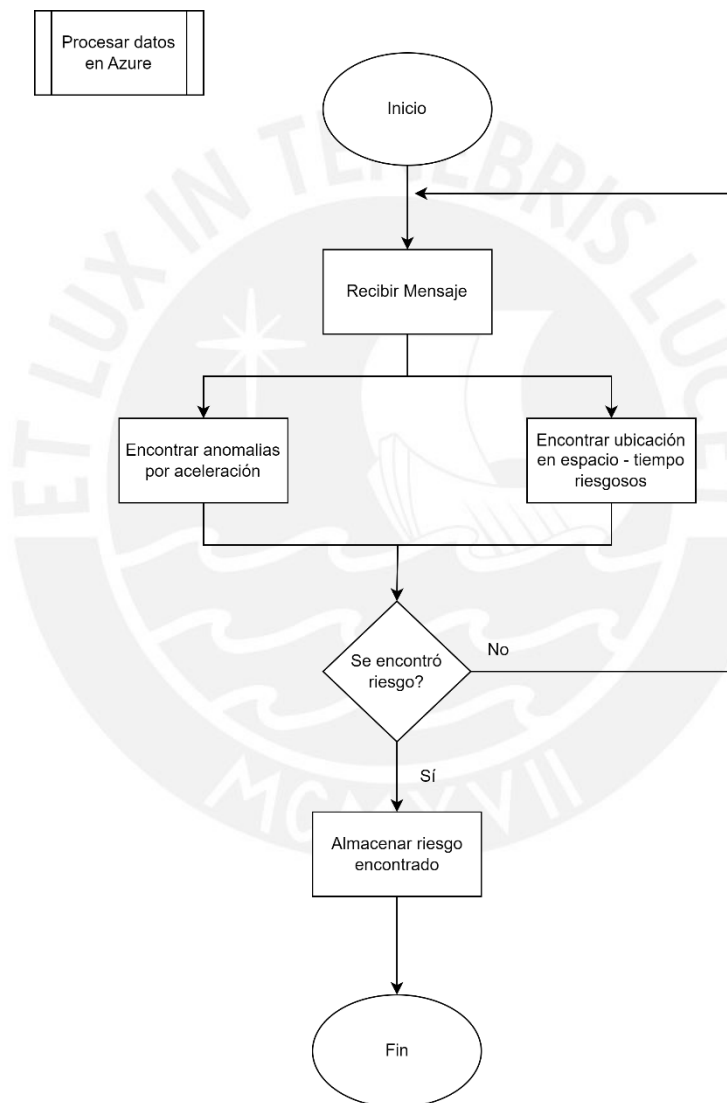


Figura 5.13. Diagrama de flujo de subproceso: Procesar datos en Azure

CAPÍTULO 6

VALIDACIONES

Este capítulo realiza las validaciones de 2 formas: funcionalidad y eficiencia. La validación de funcionalidad validará que cada parte del proyecto se haya logrado implementar. Por otra parte, las validaciones de eficiencia probarán qué tan exacto es este sistema.

Se comienzan haciendo las pruebas de funcionalidad con la recolección de datos en la ciudad de Lima. Cabe resaltar que esta validación se realiza con Azure Streaming que usa machine learning y funciones geoespaciales para sus funciones. Además, los datos que ingresan a este servicio han sido previamente procesadas con el Raspberry Pi Pico W para que necesariamente tengan una ubicación y haya una aceleración existente (el vehículo se esté moviendo). Asimismo, se ha hecho un filtro previo a enviar a Azure para que las aceleraciones menores a 0.5 g se envíen como 0 para mejorar los resultados del algoritmo de aceleración. Luego, se validará el sistema mediante la correcta detección de los riesgos por ubicación, aceleración y kilometraje del vehículo. Asimismo, para estas validaciones se usó un prototipo con los componentes diseñados en este proyecto en un vehículo Mazda probando cada situación de riesgo como se muestra en la Figura 6.1.

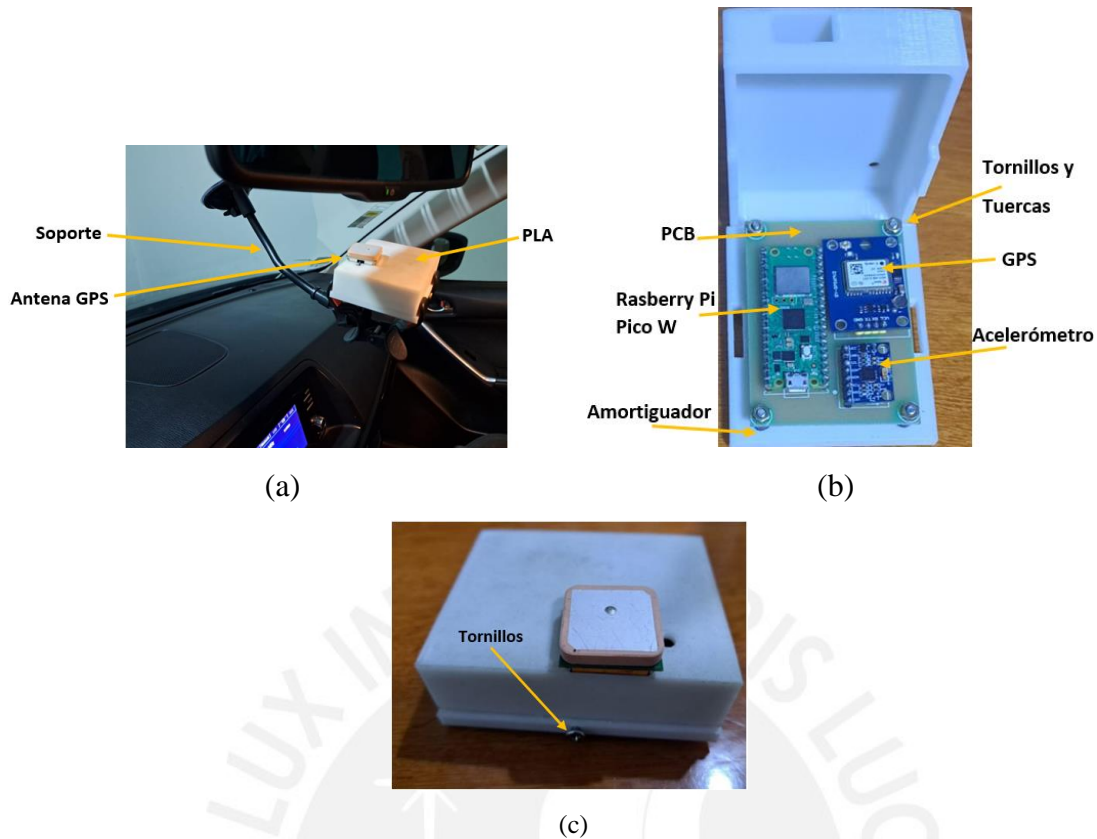


Figura 6.1. (a) Vista de perfil del dispositivo en el carro. (b) Vista interna del dispositivo abierto. (c) Vista cercana del dispositivo cerrado.

6.1. Código de extracción de datos Raspberry Pi Pico W

Se desarrolló el código de Raspberry Pi Pico W usando MicroPython como se describió en los diagramas de flujo anteriores. En esta oportunidad se usó Thony como IDE para este desarrollo. Esto permitió la extracción en tiempo real de la ubicación y aceleración. En este programa, se envían datos como la placa del vehículo, fecha y hora de extracción a Azure IoT Hub. Para mayor referencia este código se podrá encontrar en este [repositorio de github](#). Asimismo, se muestra los resultados de la consola indicando que en efecto se envía cada 1 segundo los datos mencionados a Azure IoT Hub como se muestra en la Figura 6.2.

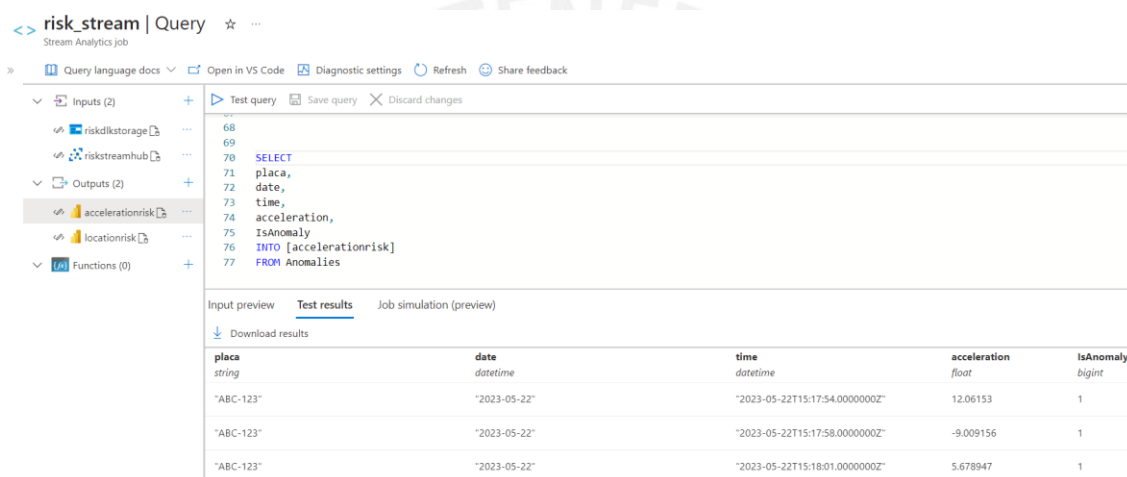
```

Shell x
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT
connected
ip = 192.168.1.100
Loading Blatimore Certificate
Obtained Baltimore Certificate
Connected to IoT Hub MQTT Broker
{'longitude': '-77.080734', 'date': '2023-05-22', 'time': '14:41:37', 'acceleration': '0', 'placa': 'ABC-123', 'latitude': '-11.971061'}
{'longitude': '-77.080734', 'date': '2023-05-22', 'time': '14:41:38', 'acceleration': '0', 'placa': 'ABC-123', 'latitude': '-11.971061'}
{'longitude': '-77.080734', 'date': '2023-05-22', 'time': '14:41:39', 'acceleration': '0', 'placa': 'ABC-123', 'latitude': '-11.971061'}
{'longitude': '-77.080734', 'date': '2023-05-22', 'time': '14:41:40', 'acceleration': '0', 'placa': 'ABC-123', 'latitude': '-11.971061'}
{'longitude': '-77.080734', 'date': '2023-05-22', 'time': '14:41:41', 'acceleration': '0', 'placa': 'ABC-123', 'latitude': '-11.971061'}
  
```

Figura 6.2. Salida de consola de Raspberry Pi Pico W

6.2. Código de procesamiento de datos en Azure Stream Analytics

Se desarrolló el código SQL del query de Azure Stream Analytics para el procesamiento en tiempo real de los indicadores de riesgo. Se utiliza como input Azure IoT Hub para recibir estos datos y Azure Datalake Gen2 para obtener los datos de referencia estáticos de los tiempos y lugares riesgosos. Asimismo, los outputs son 1 dataset de Power BI por cada uno de los 2 análisis de riesgo mencionados. Se puede revisar el código completo en [este repositorio](#). Un ejemplo del testeo para las aceleraciones y ubicaciones riesgosas en Azure Stream Analytics se muestra en la Figura 6.3 y Figura 6.4 respectivamente.



The screenshot shows the Azure Stream Analytics query editor for a job named 'risk_stream'. The query is as follows:

```

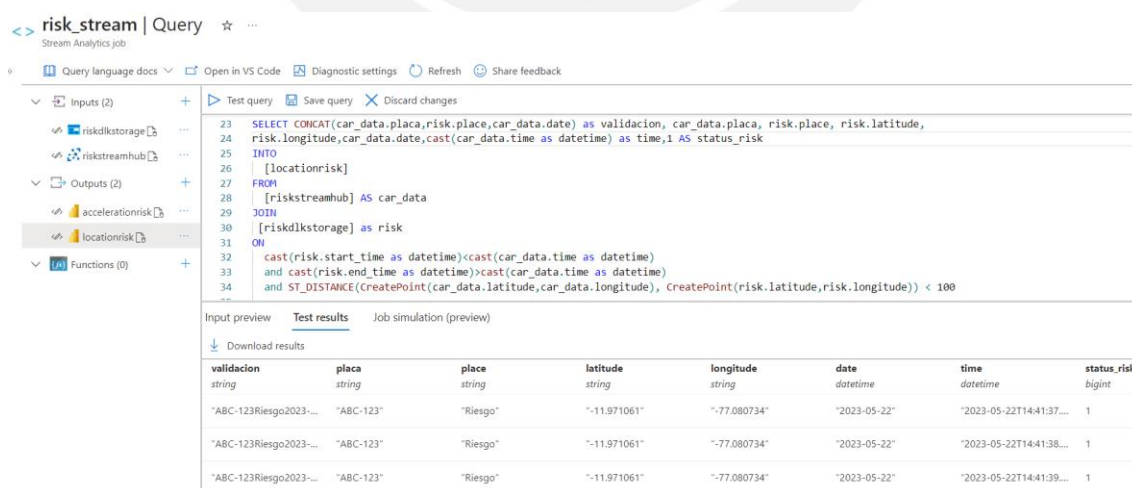
68
69
70 SELECT
71 placa,
72 date,
73 time,
74 acceleration,
75 IsAnomaly
76 INTO [accelerationrisk]
77 FROM Anomalies

```

The test results table shows the following data:

| placa | date | time | acceleration | IsAnomaly |
|-----------|--------------|--------------------------------|--------------|-----------|
| string | datetime | datetime | float | bigint |
| "ABC-123" | "2023-05-22" | "2023-05-22T15:17:54.0000000Z" | 12.06153 | 1 |
| "ABC-123" | "2023-05-22" | "2023-05-22T15:17:58.0000000Z" | -9.009156 | 1 |
| "ABC-123" | "2023-05-22" | "2023-05-22T15:18:01.0000000Z" | 5.678947 | 1 |

Figura 6.3. Resultado de pruebas en Azure Stream Analytics para las aceleraciones riesgosas



The screenshot shows the Azure Stream Analytics query editor for the same job. The query is as follows:

```

23 SELECT CONCAT(car_data.placa,risk.place,car_data.date) as validacion, car_data.placa, risk.place, risk.latitude,
24 risk.longitude,car_data.date,cast(car_data.time as datetime) as time,1 AS status_risk
25 INTO
26 [locationrisk]
27 FROM
28 [riskstreamhub] AS car_data
29 JOIN
30 [riskdlkstorage] as risk
31 ON
32 cast(risk.start_time as datetime)<cast(car_data.time as datetime)
33 and cast(risk.end_time as datetime)>cast(car_data.time as datetime)
34 and ST_DISTANCE(CreatePoint(car_data.latitude,car_data.longitude), CreatePoint(risk.latitude,risk.longitude)) < 100

```

The test results table shows the following data:

| validacion | placa | place | latitude | longitude | date | time | status_risk |
|---|-----------|----------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|-------------|
| string | string | string | string | string | datetime | datetime | bigint |
| "ABC-123Riesgo2023-05-22T15:17:54.0000000Z" | "ABC-123" | "Riesgo" | "-11.971061" | "-77.080734" | "2023-05-22" | "2023-05-22T14:41:37.0000000Z" | 1 |
| "ABC-123Riesgo2023-05-22T15:17:58.0000000Z" | "ABC-123" | "Riesgo" | "-11.971061" | "-77.080734" | "2023-05-22" | "2023-05-22T14:41:38.0000000Z" | 1 |
| "ABC-123Riesgo2023-05-22T15:18:01.0000000Z" | "ABC-123" | "Riesgo" | "-11.971061" | "-77.080734" | "2023-05-22" | "2023-05-22T14:41:39.0000000Z" | 1 |

Figura 6.4. Resultado de pruebas en Azure Stream Analytics para las ubicaciones riesgosas

6.3. Identificación del riesgo por kilometraje

Se procede a validar los resultados del reporte. La primera hoja mostrada en la Figura 6.5 del vehículo muestra la placa del vehículo y cantidad de meses contratadas del servicio. La segunda hoja analiza los indicadores de riesgo por kilometraje en la Figura 6.6. Se registran mensualmente los kilómetros recorridos, así como el forecast de los siguientes meses (hasta 3 meses). Se tiene un indicador de cuántos kilómetros se han recorrido desde la contratación del servicio. El gráfico principal es el indicador de riesgo que mide el % de riesgo que tiene el vehículo tomando en cuenta desde que comenzó el seguro. Esto tiene como máximo $(15000/12) * \text{cantidad de meses}$. Donde 12 son los meses del año y 15000 son los kilómetros anuales que comienza a ser lineal la relación entre la frecuencia de accidentes reportados y el kilometraje manejado (Boucher, 2013). Asimismo, es superior a las revisiones de kilometraje anuales recomendados que es 10 000 kilómetros. Las siguientes imágenes prueban que se cumple con las funcionalidades enunciadas.

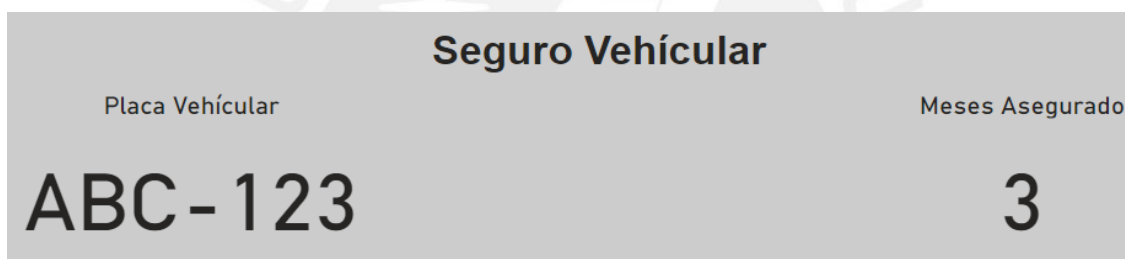


Figura 6.5. Presentación general del usuario del servicio

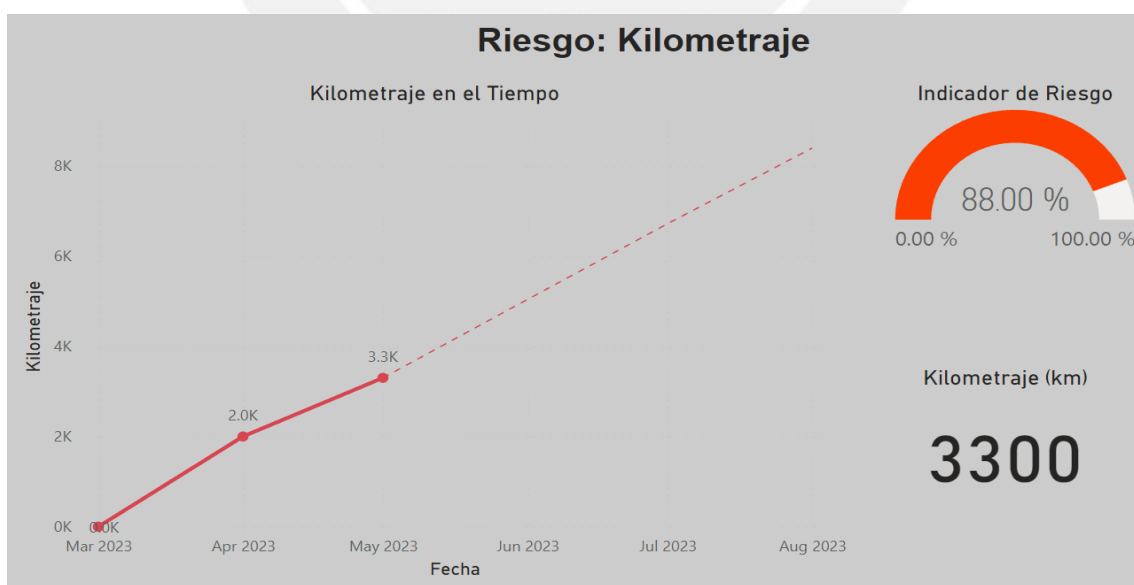


Figura 6.6. Identificación de riesgo por kilometraje

6.4. Identificación de riesgo por aceleración

La tercera hoja comienza con un gráfico de líneas sobre la cantidad de incidencias en el tiempo donde se podrá ver si esto está mejorando o empeorando mientras se contrata el seguro. Asimismo, se puede ver la cantidad de incidencias totales aseguradas. El indicador principal es el que mide el porcentaje de riesgo del vehículo por las aceleraciones riesgosas. Esto tiene como máximo $(1) * \text{cantidad de días asegurados}$. Al finalizar el año el límite sería llegar a 365 incidentes de este tipo como máximo cuando el asegurado tenga como 1 aceleraciones o desaceleraciones bruscas diarias todo el año. Este sistema lo hace correctamente en todos los casos como se muestra en la Figura 6.7.

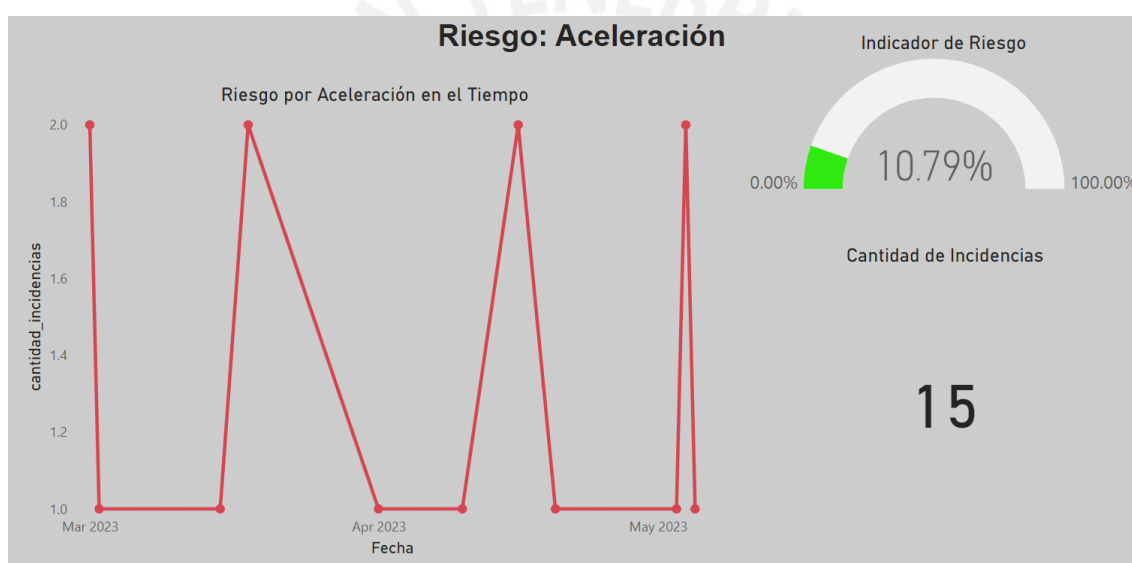


Figura 6.7. Identificación de riesgo por aceleración

6.5. Identificación de riesgo por ubicación

La cuarta hoja comienza con un gráfico de línea sobre la cantidad de incidencias en el tiempo donde se podrá analizar si se va recurrentemente por estos lugares y tiempos riesgosos. Asimismo, se puede identificar cuáles son estos lugares mediante un mapa interactivo. Además, se podrá ver la cantidad de incidencias totales desde que se aseguró. El indicador principal es el que mide el porcentaje de riesgo que tiene el vehículo por estar por estos lugares. Esto tiene como máximo la cantidad de días asegurados. Al finalizar el año se tendría un tope de 365 incidentes de este tipo como máximo y el

asegurado llegaría esto con 1 incidencia al día. Cabe resaltar, que solo se hizo esta prueba con 3 lugares y tiempos riesgosos como se muestra en la Figura 6.8, pero en producción se podría tener cuantos se hayan identificado de esta manera. Este sistema lo hace correctamente en todos los casos como se muestra en la Figura 6.9.

```
place,latitude,longitude,start_time,end_time
Javier Prado,-12.0848,-76.9805,08:00,10:00
Javier Prado,-12.0848,-76.9805,18:00,20:00
Gamarra,-12.0654,-77.0150,08:00,10:00
Gamarra,-12.0654,-77.0150,18:00,20:00
Aeropuerto,-12.0211,-77.1047,08:00,10:00
Aeropuerto,-12.0211,-77.1047,18:00,20:00
```

Figura 6.8. Ubicaciones y tiempos riesgosos

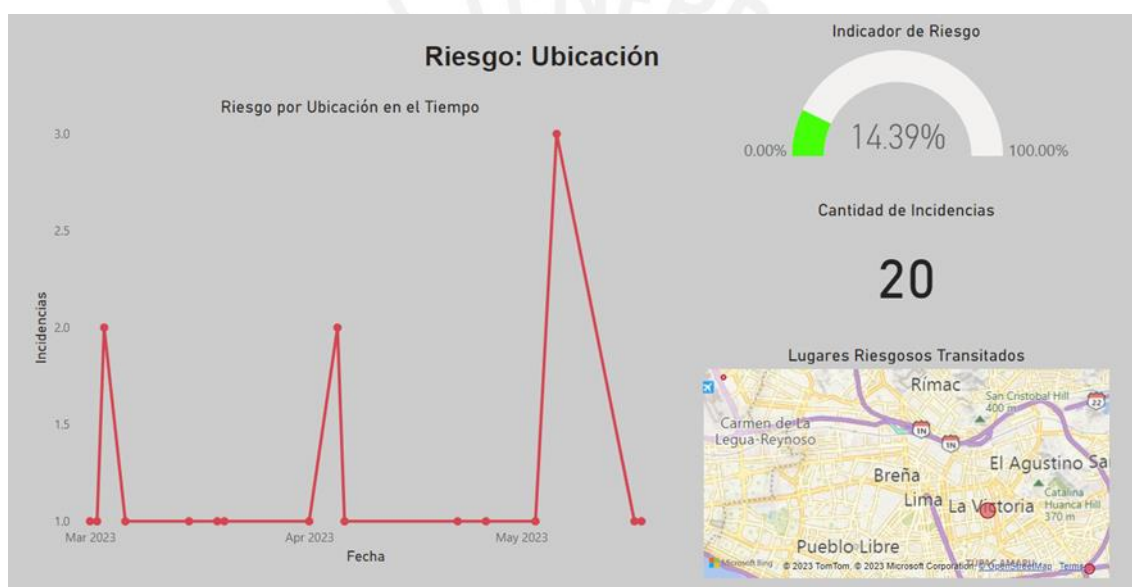


Figura 6.9. Identificación de riesgo por ubicación

6.6. Pruebas de eficiencia del sistema

Se realizan las pruebas de eficiencia del sistema basados en los resultados obtenidos en las pruebas con el prototipo desarrollado. Estas analizan la adquisición y procesamiento de la ubicación y aceleración en tiempo cercano al real. Asimismo, se muestran los resultados de estas pruebas.

6.6.1 Desempeño en la extracción de la ubicación

Se usó el sensor GPS GY-GPS6MV2 basado en el chip U-BLOX NEO-6M para medir la ubicación y con el cual se realizaron las pruebas de ubicación. Para obtener el error de

ubicación se mantuvo el carro estacionado en un punto para medir su ubicación. Esto se comparaba con la de la página maps.ie desde un celular como se muestra en la figura 6.10.

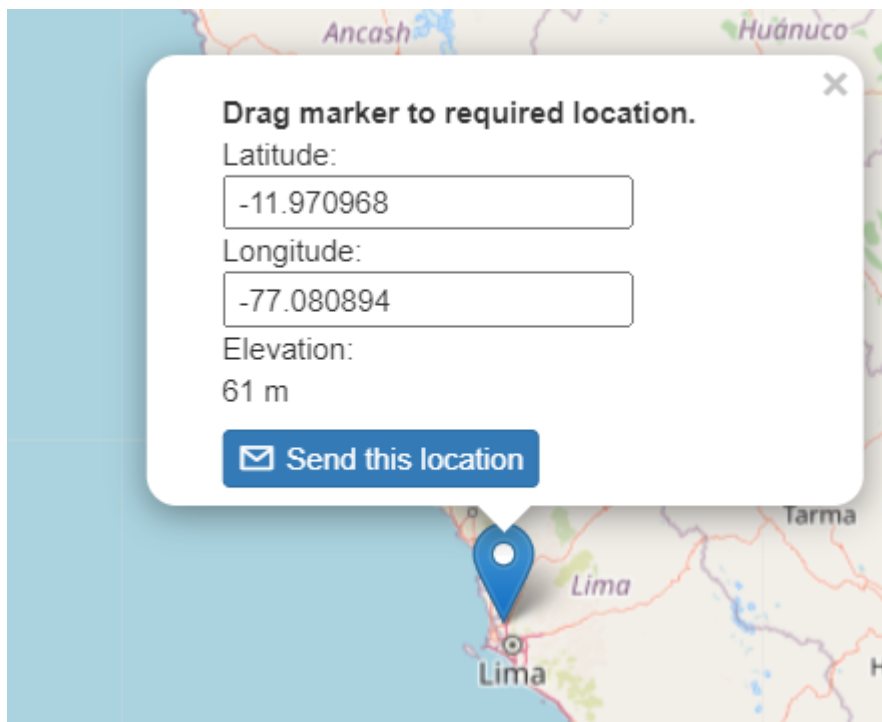


Figura 6.10. Ubicación actual de referencia

Por otra parte, se tomaron 10 medidas de ubicación del sensor GPS como se muestra en la imagen 6.11 usando un extracto del código anteriormente mencionado referente al código de ubicación que se puede ver en el [repositorio del proyecto](#).

```
Shell x
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT

UART(1, baudrate=9600, bits=8, parity=None, stop=1, tx=4, rx=5, txbuf=256, rxbuf=256, timeout=0, timeout_char=2, invert=None)
Time: 04:12:09 Latitude: -11.971067 Longitude: -77.080536
Time: 04:12:43 Latitude: -11.971055 Longitude: -77.080574
Time: 04:12:44 Latitude: -11.971055 Longitude: -77.080574
Time: 04:12:45 Latitude: -11.971055 Longitude: -77.080559
Time: 04:13:05 Latitude: -11.971073 Longitude: -77.080528
Time: 04:13:48 Latitude: -11.971075 Longitude: -77.080475
Time: 04:13:49 Latitude: -11.971073 Longitude: -77.080475
Time: 04:13:50 Latitude: -11.971069 Longitude: -77.080490
Time: 04:14:19 Latitude: -11.971003 Longitude: -77.080704
Time: 04:14:48 Latitude: -11.971010 Longitude: -77.080666
```

Figura 6.11. Ubicación capturada por el sensor

Con esto se generó un gráfico para calcular el error del GPS como se muestra en la figura 6.12. De aquí se puede observar que el error promedio es de 38.8 metros.

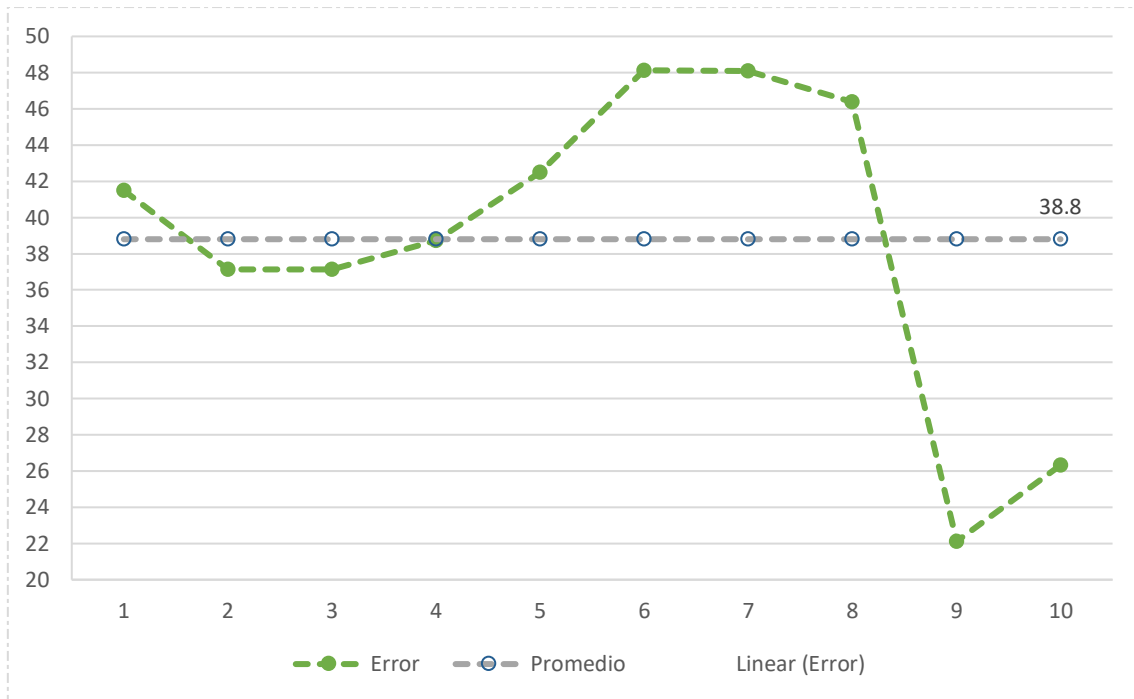


Figura 6.12. Gráfico de error de GPS

Cabe resaltar que para la obtención de esta diferencia en metros se usó la ecuación 6.1 entre ambos puntos con sus latitudes (LT) y longitudes (LG) entre el sensor GPS (n) y nuestro punto de referencia (r):

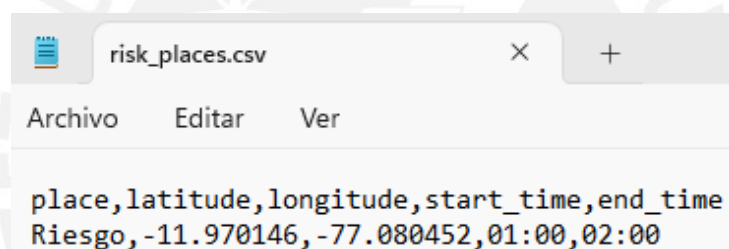
$$\begin{aligned}
 \text{Distancia} = & ACOS(COS(RADIANS(90 - LT_n)) * COS(RADIANS(90 - LT_r)) \\
 & + SIN(RADIANS(90 - LT_n)) * SIN(RADIANS(90 - LT_r)) \\
 & * COS(RADIANS(LG_n - LG_r))) * 6371000 \\
 & \text{(ec.6.1)}
 \end{aligned}$$

Es importante mencionar que el análisis de riesgo de las ubicaciones en tiempo real está considerando una distancia entre punto de referencia y el carro de 100 metros por el factor de seguridad, ya que el error calculado podría llegar cerca de 50 metros como se muestra en la imagen 6.12 anterior. Otro punto de error a considerar es que podría haber segundos donde no se llega a capturar ninguna ubicación. Esto se debe a temas meteorológicos como que está nublado y los satélites no pueden triangular bien la ubicación u otros tipos de interferencias. De hecho, en la muestra de 10 segundos de la Figura 6.11, se puede observar que el mayor vacío de datos del GPS fue de 43 segundos. Esto también fue pensado en el proyecto, por lo que se mantiene la última ubicación registrada en cada

envió de información hasta obtener la nueva. De tal manera que siempre se envía una ubicación cercana a la real.

6.6.2 Desempeño en el procesamiento de la ubicación

Para procesar la distancia a las ubicaciones riesgosas en Azure Stream Analytics se usa el comando `ST_DISTANCE`, el cual calcula la distancia geodésica entre 2 puntos basados en su latitud y longitud. Para probar esto se usará la misma función de Azure Stream Analytics con 1 punto de referencia a 1 cuadra (~100 metros) de la ubicación del vehículo y enviará los datos a un reporte nuevo de Power BI. En este reporte se podrá ver algunos mayores y menores a los 100 metros de diferencia y solo debe identificar como riesgosos los que están en menos distancia de este rango. Para esto se crea un archivo de riesgo con los detalles de la figura 6.13.



```
place,latitude,longitude,start_time,end_time
Riesgo,-11.970146,-77.080452,01:00,02:00
```

Figura 6.13. Archivo de riesgo para validar el riesgo por ubicación

Se creó una tabla en Power BI como se muestra en la Figura 6.14. Aquí se observa que para el horario entre 1 a 2 am donde las ubicaciones sean menores a 100, se identifica como riesgo ($\text{risk} = 1$), caso contrario no hay riesgo ($\text{risk} = 0$).

| time | latitude | longitude | latituderisk | longituderisk | distance | risk |
|-----------------------------|------------|------------|--------------|---------------|----------|------|
| 2023-05-20T01:45:11.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:12.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:13.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:14.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:15.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:16.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:17.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:18.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:19.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:20.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:21.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:22.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:23.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:24.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:25.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:26.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:27.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:28.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:29.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:30.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:31.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:32.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:33.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:34.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:35.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:36.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:37.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:38.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:39.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:40.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:41.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:42.000000Z | -11.970978 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.66 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:43.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:44.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:45.000000Z | -11.970982 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 100.07 | 0.00 |
| 2023-05-20T01:45:46.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:47.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:48.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |
| 2023-05-20T01:45:49.000000Z | -11.970980 | -77.080803 | -11.970146 | -77.080452 | 99.87 | 1.00 |

Figura 6.14. Tabla en Power BI para validar riesgo por ubicación

Por otra parte, si la misma prueba se ejecuta después del horario de riesgo de la prueba (2 am), ya no se considera riesgo en ningún caso como se muestra en la Figura 6.15.

| time | latitudo | longitudo | latitudo_risk | longitudo_risk | distance | risk |
|------------------------------|------------|------------|---------------|----------------|----------|------|
| 2023-05-20T02:04:42.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:41.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:40.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:39.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:38.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:37.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:36.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:35.0000000Z | -11.970960 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 99.89 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:34.0000000Z | -11.970960 | -77.080864 | -11.970146 | -77.080452 | 100.61 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:33.0000000Z | -11.970960 | -77.080864 | -11.970146 | -77.080452 | 100.61 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:32.0000000Z | -11.970960 | -77.080864 | -11.970146 | -77.080452 | 100.61 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:31.0000000Z | -11.970960 | -77.080864 | -11.970146 | -77.080452 | 100.61 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:30.0000000Z | -11.970960 | -77.080864 | -11.970146 | -77.080452 | 100.61 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:29.0000000Z | -11.970960 | -77.080864 | -11.970146 | -77.080452 | 100.61 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:28.0000000Z | -11.970960 | -77.080879 | -11.970146 | -77.080452 | 101.35 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:27.0000000Z | -11.970960 | -77.080879 | -11.970146 | -77.080452 | 101.35 | 0.00 |
| 2023-05-20T02:04:26.0000000Z | -11.970960 | -77.080879 | -11.970146 | -77.080452 | 101.35 | 0.00 |

Figura 6.15. Tabla para validar riesgo por ubicación fuera de riesgo

Cabe resaltar que estas distancias fueron calculadas con ST_Distance, pero se puede verificar con la ecuación 6.1 que es muy cercano, ya que ambas son aproximaciones matemáticas. Esto se puede verificar contrastando las distancias de la Figura 6.15 contra los valores generados por la ecuación 6.1 calculados en la tabla 6.1.

Table 6.1. Tabla de contraste entre distancias de Azure y cálculo manual

| Latitud carro | Longitud carro | Latitud riesgo | Longitud riesgo | Distancias fórmula | Distancia Azure | Variación % |
|---------------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-------------|
| -11.97096 | -77.080849 | -11.970146 | -77.080452 | 100.2868197 | 99.89 | 0.40% |
| -11.97096 | -77.080864 | -11.970146 | -77.080452 | 101.0001372 | 100.61 | 0.39% |
| -11.97096 | -77.080879 | -11.970146 | -77.080452 | 101.7346781 | 101.35 | 0.38% |

Se demuestra la validez de la obtención del riesgo por ubicación al obtenerse una variación menor al 1 % en todos los casos para este proyecto.

6.6.3 Desempeño en la extracción de la aceleración

Se usó el sensor MPU6050 para realizar las pruebas de aceleración. En primer lugar, se calibró usando el método de cuadrados mínimos para obtener un valor más exacto y real en cada eje (Mahmood, 2022). Sin embargo, solo el eje Y se necesita calibrar, ya que se

está midiendo solo la aceleración vertical del vehículo en esta tesis. Esta calibración se realizó de manera manual posicionando el sensor en cada eje. Para futuras referencias, esto se puede mejorar con un bloque de calibración específico para este sensor. En segundo lugar, el error se calculó con el carro detenido ($a = 0 \frac{m}{s^2}$) para ver cuál era la aceleración que marcaba en el eje Y como se muestra en la figura 6.16.

```
Shell x
acceleration: -0.008317208
acceleration: 0.1595194
acceleration: 0.03004545
acceleration: 0.00127346
acceleration: -0.04188454
acceleration: -0.003521879
acceleration: -0.01790787
acceleration: 0.006068789
acceleration: -0.008317208
acceleration: -0.04188454
acceleration: 0.01086412
acceleration: 0.08758944
acceleration: 0.1882914
acceleration: 0.0827941
acceleration: 0.02525011
acceleration: 0.31297
acceleration: 0.2266541
acceleration: -0.3823531
acceleration: 0.514374
```

Figura 6.16. Aceleración en eje Y calibrado

El error es aproximadamente de $0.11 \frac{m}{s^2}$ en las 20 tomas que se registraron como se muestra en la figura 6.17.

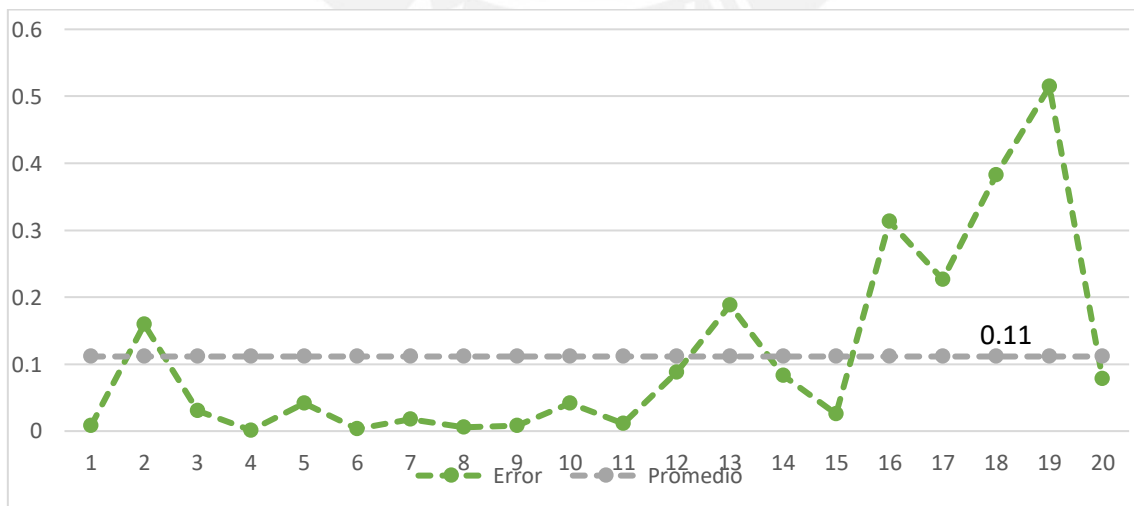


Figura 6.17. Error de aceleración en eje Y calibrado

Es importante mencionar que se ha programado un filtro para la aceleración que considera diferente de 0 solo si su valor absoluto es mayor a 0.5 g o 4.905 m/s². Por lo que este error de 0.11 es manejado por este factor de seguridad y así se envía solo riesgos correctos a Power BI.

6.6.4 Desempeño en el procesamiento de la aceleración

Por otra parte, para el cálculo de aceleración excesiva sí se usa un algoritmo estadístico que es la estimación adaptativa de la densidad del kernel. Esto se hace mediante el comando `AnomalyDetection_SpikeAndDip` de Azure Stream Analytics que calcula las anomalías en un evento de serie temporal. Se procederá a explicar el funcionamiento de esa fórmula mostrada en la ecuación 6.2.

Anomalía =

`AnomalyDetection_SpikeAndDip(aceleación , 95, 120, 'spikesanddips')`

(ec. 6.2)

Este proceso explica que los datos de aceleración subidos a Azure serán procesados con una sensibilidad del 95% con ventanas de referencia de 2 minutos. Se usaría el modo 'spikesanddips' que significa que detectará caídas y subidas bruscas de los datos. En términos del proyecto, esto significaría aceleraciones bajas o altas súbitas. Para reducir el error y sensibilidad de este proceso se ha hecho un filtro para solo enviar aceleraciones mayores a 0.5 g o menores a - 0.5 g. Entonces, con el objetivo de probar la validez de este proceso, se procede a desplazar el vehículo simulando varias aceleraciones y desaceleraciones consecutivas. Además, solo para esta prueba ya no se filtrarán los incidentes en el job de Azure Stream Analytics sino que se envían todos los datos a Power BI para analizar cómo se comporta el algoritmo. Con esto se crea un par de visualizaciones donde se pueden ver las anomalías detectadas junto con la aceleración recibida de Azure en la figura 6.18.

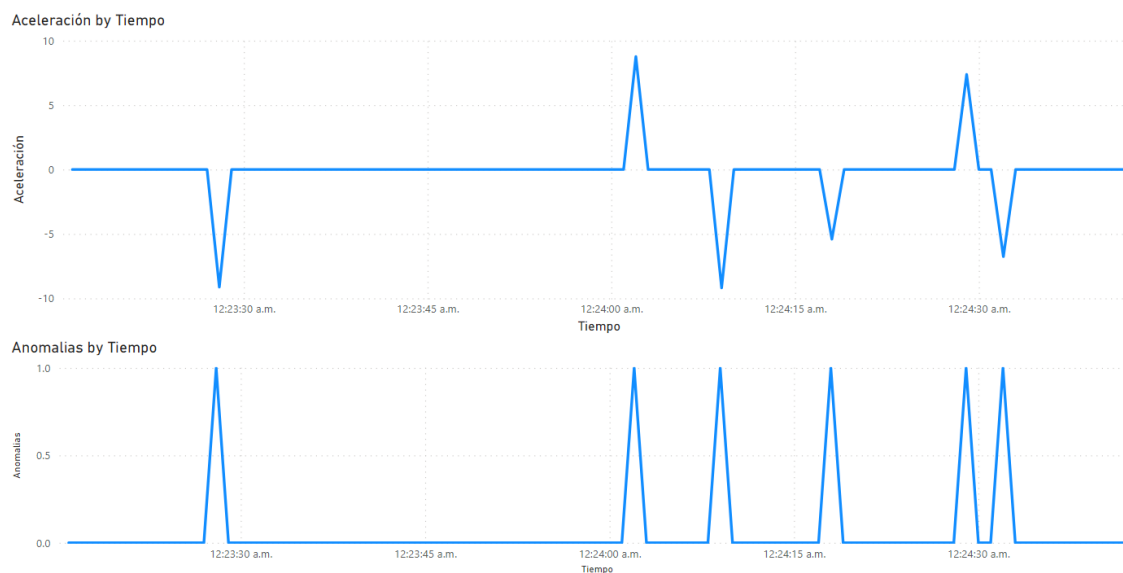
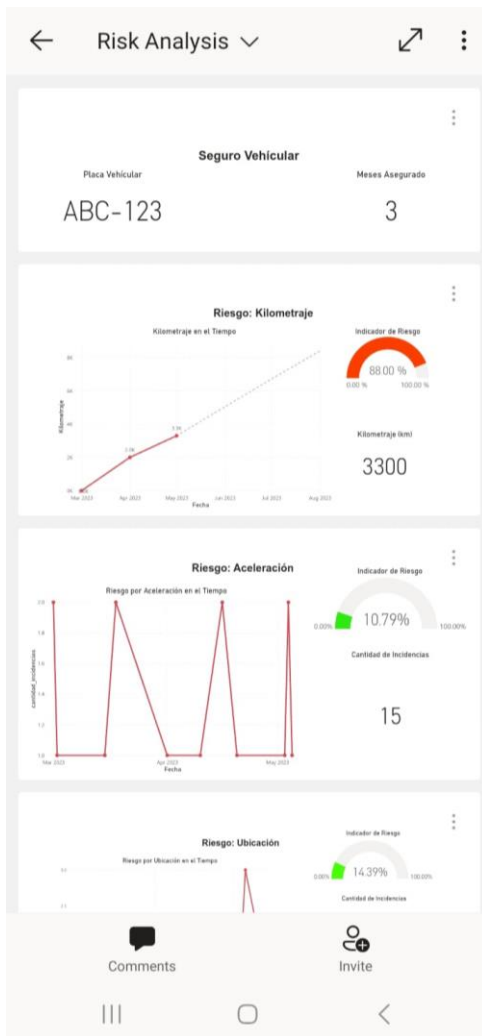


Figura 6.18. Prueba de eficiencia del algoritmo de aceleración

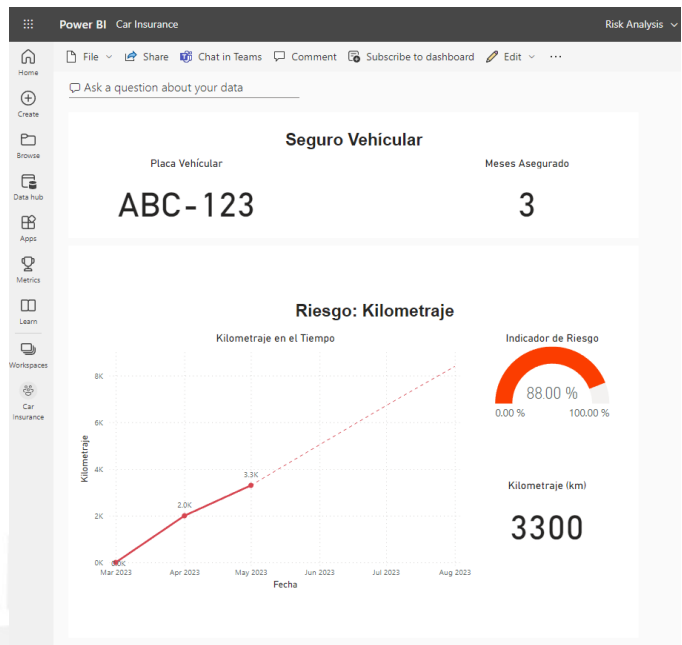
Como se puede observar, se comprueba el sistema debido a que se logró acertar en cada uno de los casos con el algoritmo seleccionado, ya que concuerda la identificación de una anomalía con un pico ascendente o descendente de la aceleración hallada.

6.7. Portabilidad de la herramienta

Como se mencionó, este reporte se puede revisar tanto en una PC como en el celular. La primera opción, se logra mediante Power BI desktop o cloud usando el dashboard creado de "Risk Analysis". La segunda, usa Power BI mobile, el cual tiene la opción de obtener una aplicación directa solo para este reporte. Estos 2 puntos se muestran en la Figura 6.19.



(a)



(b)



(c)

Figura 6.19. (a) Dashboard en Power BI desde el celular. (b) Dashboard en Power BI Cloud en una PC. (c) Aplicación móvil de este reporte en pantalla principal del celular

CAPÍTULO 7

COSTOS DEL SISTEMA

Este capítulo se dedica a presentar los costos de todo el sistema mecánico, electrónico y de servicios de la nube en la Tabla 7.1, 7.2 y 7.3, los cuales se pueden encontrar en el anexo E.

Tabla 7.1. Costos de los componentes mecánicos

| COMPONENTES MECÁNICOS | | | | | |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| Ítem | Componente | Descripción | Cantidad | Costo unit. (S/.) | Subtotal (S/.) |
| 1 | Impresión 3D | PLA | 1 | 55 | 55 |
| 2 | Soporte | Se pega a ventana de carro | 1 | 20 | 20 |
| 3 | Amortiguadores | Goma | 4 | 3.78 | 15.12 |
| 4 | Tornillos con tuercas | M3, 15 mm | 4 | 0.50 | 2 |
| 5 | Tornillo autorroscante | M3, 15 mm | 2 | 0.20 | 0.4 |
| TOTAL (S/.) | | | | | 92.52 |

Tabla 7.2. Costos de los componentes electrónicos

| COMPONENTES ELECTRÓNICOS | | | | | |
|---------------------------------|---------------------|---|-----------------|------------------------------|---------------------------|
| Ítem | Componente | Descripción | Cantidad | Costo unit. (S/.) | Subtotal (S/.) |
| 1 | Raspberry Pi Pico W | Pico W | 1 | 35 | 35 |
| 2 | Módulo GPS | NEO-6M | 1 | 50 | 50 |
| 3 | Acelerómetro | MPU 6050 | 1 | 15 | 15 |
| 4 | Placa electrónica | Mascara antisoldante Área < 10x10 cm 1 sola cara | 1 | 45 | 45 |
| 7 | Cable micro USB | - | 1 | 5 | 5 |
| TOTAL (S/.) | | | | | 150 |

Tabla 7.3. Costos de los servicios de Azure

| SERVICIOS DE AZURE | | |
|--|---|-----------------------|
| Región: East US | | |
| Servicios | Descripción | Subtotal (S/.) |
| Azure IoT Hub | < 400 000 mensajes subidos/día 180 horas de uso/mes por vehiculo | 37.79 |
| Azure Stream Analytics | < 3 horas diarias 1 streaming unit por vehículo Tipo: Básico | 37.41 |
| Azure Storage Accounts (Datalake Gen 2) | < 1 GB | 0.09 |
| Azure Monitor | Funciones básicas | 0 |
| Power BI | Streaming Dataset | 0 |
| TOTAL (S/.) | | 75.29 |

En base a los números de las tablas se distinguen 2 tipos de costos: únicos y mensuales para mantener el servicio. El pago único incluye todos los componentes mecánicos y electrónicos que representa 245.53 soles por vehículo como se muestra en la ecuación 7.1.

$$Total_{\text{único}} = \text{componentes mecánicos} + \text{electrónicos} \text{ (ec. 7.1)}$$

$$Total_{\text{único}} = 245.52 \text{ soles}$$

Los pagos mensuales y variables se refieren a los precios en la nube, ya que maneja un modelo “pay as you go”. Esto representaría 75.29 soles si se considera solo 1 vehículo como se muestra en la ecuación 7.2. Sin embargo, estos costos no incrementarían linealmente, ya que los 37.79 soles de Azure IOT Hub según las estimaciones consideradas en la tabla 7.3 podrían albergar hasta 2222 vehículos (400 000 / 180) sin incrementar su precio. Asimismo, el archivo del Storage Account está pensado para que no varíe normalmente, por lo cual tampoco cambiaría su precio de manera significativa. Finalmente, el precio de Azure Stream Analytics sí incrementaría linealmente, puesto que se estima que se necesitaría 1 Streaming Unit por cada vehículo añadido al servicio.

$$Total_{\text{mensual}} = \text{componentes de la nube} \text{ (ec. 7.2)}$$

$$Total_{\text{mensual}} = 75.29 \text{ soles}$$

CONCLUSIONES

- ✓ Se revisó la bibliografía existente que ayudaron a definir los requerimientos del proyecto de manera más informada.
- ✓ Se creó una estructura de funciones, lo que permitió enunciar los diferentes principios de solución. Asimismo, al mejorar estas soluciones, se obtuvo el concepto de solución óptimo a desarrollar.
- ✓ Se desarrolló el diseño en ingeniería de un sistema de monitoreo con el fin de reducir la póliza de los seguros y accidentes mediante el monitoreo de indicadores de riesgo del vehículo y su reporte resultante.
- ✓ Se creó la arquitectura de software y los algoritmos que correrían en estos sistemas para procesar y albergar los datos evaluando los beneficios de cada parte elegida.
- ✓ Se logró validar el sistema mediante un prototipo físico y los servicios de Azure escogidos en temas de eficiencia y funcionalidad. Esto permitió probar la factibilidad de su implementación basado en el diseño mencionado.
- ✓ Se obtuvo el presupuesto de todos los componentes del sistema obteniendo un costo de fabricación de 245.52 soles y una suscripción mensual de 75.29 soles por vehículo. Estos datos se pueden tomar como base en caso se desee implementar el servicio.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que el vehículo donde está el sistema no este continuamente transcurriendo por lugares de poca señal de internet para que la transmisión de datos en tiempo cercano al real de los datos sea eficiente
- ✓ Se recomienda que el vehículo donde está el sistema no este continuamente debajo de techos o edificaciones para un mejor funcionamiento del GPS
- ✓ Se recomienda realizar su mantenimiento adecuadamente junto con la revisión técnica anual obligatoria del vehículo, así como inspección visual del dispositivo para evitar cualquier malfuncionamiento de este
- ✓ Se recomienda revisar los gráficos de monitoreo recurrentemente desde su celular para ir mejorando sus prácticas de manejo a lo largo del tiempo y así pagar una menor póliza del seguro vehicular
- ✓ El dispositivo está asegurado para que no se mueva o gire con respecto al vehículo, pero si esto pasara por algún choque o imprevisto, antes de continuar manejando, se debe alinear manualmente a como se instaló inicialmente o en su defecto llamar a la aseguradora que brinda este servicio para obtener ayuda y así evitar datos tomados incorrectamente del dispositivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarts, L., & Van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 38(2), 215-224.
- Kffjlaw.com. (n.d.). The Danger of Rush Hour Accidents. Recuperado de <https://www.kffjlaw.com/library/the-danger-of-rush-hour-accidents.cfm>
- Bankrate. (2022, June 28). Auto insurance statistics and facts. Bankrate. Recuperado de <https://www.bankrate.com/insurance/car/auto-insurance-statistics/>
- Litman, T. (2022). Implementing Pay-As-You-Drive vehicle insurance. Recuperado de <https://www.ippr.org/files/uploadedFiles/events/ToddLitman.pdf>
- Artamonov, N. S., & Yakimov, P. Y. (2018, September). Towards real-time traffic sign recognition via YOLO on a mobile GPU. *Journal of Physics: Conference Series*. 1096(1), 012086.
- Ate. (2016). ATE wheel speed sensors. Recuperado de <https://slideplayer.com/slide/9048102/>
- Chowdhury, A., Chakravarty, T., & Balamuralidhar, P. (2014, October). Estimating true speed of moving vehicle using smartphone-based GPS measurement. 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). 3348-3353.
- Regaya, Y., Fadli, F., & Amira, A. (2021). Point-Denoise: Unsupervised outlier detection for 3D point clouds enhancement. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10924-x>.
- Diario Correo. (2018). Cerca de 15 mil accidentes de tránsito han ocurrido en Lima en lo que va del 2018. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/lima/cerca-de-15-mil-accidentes-de-transito-han-ocurrido-en-lima-en-lo-que-va-del-2018-821212/>

- El Comercio. (2014). Vías donde se impusieron fotopapeletas siguen mal señalizadas. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/vias-impusieron-fotopapeletas-siguen-mal-senalizadas-306940>
- Maneiro, K., Baxter, E., Samson, S., Marschall, H., & Hietpas, J. (2019). Detrital garnet geochronology: Application in tributaries of the French Broad River, Southern Appalachian Mountains, USA. *Geology*, 47. <https://doi.org/10.1130/G46840.1>.
- Casey, Isabel. (2022). When are you most likely to get in a car accident? Recuperado de <https://safer-america.com/when-are-you-most-likely-to-get-in-a-car-accident/#:~:text=According%20to%20NHTSA%2C%20the%20highest,to%20get%20into%20an%20accident.>
- Boucher, J.-P.; Turcotte, R. A Longitudinal Analysis of the Impact of Distance Driven on the Probability of Car Accidents. *Risks* 2020, 8, 91. <https://doi.org/10.3390/risks8030091>
- Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A. (2004). Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model. TØI report 740/2004. Institute of Transport Economics TOI, Oslo.
- Goldman, J. (2014). Are you being watched? It can change your behaviour and choices for the better without you realising, says Jason G Goldman. Recuperado de <http://www.bbc.com/future/story/20140209-being-watched-why-thats-good>
- Hella. (n.d.). Wheel speed sensors in motor vehicles Function, diagnosis, troubleshooting. Recuperado de https://www.hella.com/epaper/Sensoren/Raddrehzahlsensoren_EN/document.pdf.

- Greenhalgh, J., & Mirmehdi, M. (2013). Automatic number plate recognition (ANPR): a state-of-the-art review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 14(2), 574-583.
- Organización mundial de la salud. (2017). 10 datos sobre la seguridad vial en el mundo. Recuperado de <https://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>
- Organización mundial de la salud. (2018). Accidentes de tránsito. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Perú 21. (2019). Víctimas de accidentes de tránsito superan a las de inseguridad en el Perú. Recuperado de <https://peru21.pe/lima/victimas-accidentes-transito-superan-inseguridad-470485-noticia/>
- U.S. government. (2017). GPS Accuracy. Recuperado de <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>
- Wikimedia. (2012). Australia road sign R4-1. Recuperado de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Australia_road_sign_R4-1_\(50\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Australia_road_sign_R4-1_(50).svg)
- Amazon.com. (2023). M3 Flight Controller Anti-Vibration Standoffs Fixed Screws Soft Mounting Hardware with Rubber Washer Rings for Naze32 CC3D F3 F4 (12Sets). Recuperado de <https://www.amazon.com/Controller-Anti-Vibration-Standoff-Mounting-Hardware/dp/B0BYYS2BG>
- Mwave. (2023). LCD GPS speedometer - mobile phone use on driving LA9025, LCD GPS Speedometer. Recuperado de <https://www.mwave.com.au/product/lcd-gps-speedometer-ac05541>
- Lytix. (2023). Lytx DriveCam: Intelligent Dash Cam Technology. Recuperado de <https://www.lytx.com/en-us/fleet-management/drivecam>
- Alstonefield. (s.f.). Community Speed Watch. Recuperado de <https://www.alstonefield.org/village-general/community-speed-watch/>

- Geek Factory. (2023). Adx1335 ACELERÓMETRO analógico 3 ejes. Recuperado de <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/adx1335-acelerometro-analogico-3-ejes/>
- Arduino. (2023). Nano. Documentación de Arduino. Recuperado de 2023, de <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
- Amazon.com. (s.f.). M3 Flight Controller Anti-Vibration Standoffs Fixed Screws Soft Mounting Hardware with Rubber Washer Rings for Naze32 CC3D F3 F4 (12Sets). Recuperado de <https://www.amazon.com/Controller-Anti-Vibration-Standoff-Mounting-Hardware/dp/B0BYYSG2BG>
- Azure. (2023). Cloud computing services: Microsoft Azure, Cloud Computing Services | Microsoft Azure. Recuperado de <https://azure.microsoft.com/en-us/>
- Google. (2023). Google Cloud. Google. Recuperado de <https://cloud.google.com/>
- Raspberry. (2023). Raspberry pi documentation, Raspberry Pi Pico and Pico W. Recuperado de <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/raspberry-pi-pico.html>
- Microsoft. (2023). Azure Iot Hub Documentation, Azure IoT Hub Documentation. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/>
- Microsoft. (2023). Azure Stream Analytics documentation. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/stream-analytics/>
- Microsoft. (2023). Azure Monitor documentation. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/azure-monitor/>
- Microsoft. (2023). Power BI documentation. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/en-us/training/powerplatform/power-bi>

- Microsoft. (2023). Introduction to Azure Data Lake Storage Gen2. Recuperado de <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/storage/blobs/data-lake-storage-introduction>
- Cohen, B. (2022). How much does a smartphone weigh. Device Tests. Recuperado de <https://devicetests.com/how-much-does-a-smartphone-weigh>
- Horrocks, S. (2019). How much weight can your smartphone gimbal carry? Mobile Motion. Recuperado de <https://momofilmfest.com/how-much-weight-can-your-smartphone-gimbal-carry/>
- Boucher, J.-P., Pérez-Marín, A.M., & Santolino, M. (2013). PAY-AS-YOU-DRIVE INSURANCE: THE EFFECT OF THE KILOMETERS ON THE RISK OF ACCIDENT. Anales del Instituto de Actuarios Españoles. Recuperado de https://www.actuarios.org/wp-content/uploads/2017/02/anales2013_6.pdf
- Claro. (2023). Paquetes Prepago. Claro Perú. Recuperado de <https://www.claro.com.pe/personas/movil/prepago/paquetes/>
- Cohen, B. (2022). How much does a smartphone weigh? Device Tests. Recuperado de <https://devicetests.com/how-much-does-a-smartphone-weigh>
- Villacontrol. (2023). Desarrollo de Hardware & Software. Villacontrol. Recuperado de <https://villacontrolperu.com/>
- Microsoft. (2023). Pricing calculator: Microsoft Azure. Microsoft Azure. Recuperado de <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator/>
- Falabella. (2023). Wesdar - Cable USB Cargador y Data Micro-Usb 2.0A 1.2Mts Dorado - T38. FalabellaPE. Recuperado de <https://www.falabella.com.pe/falabella-pe/product/119241862/Wesdar-Cable-USB-Cargador-y-Data-Micro-Usb-2.0A-1.2Mts-Dorado-T38/119241864?kid=shopp4fc&disp=1&gclid=Cj0KCQjw3a2iBhCF>

ARIsAD4jQB3OA3v4sN9L8P0rvI10WdeB_m33CIMceZJm4RJXkCGmTimct
OgoaOwaAlvUEALw_wcB

Electromanía. (2023). Módulo MPU6050 - Electromanía Perú modulo MPU6050.

Electromanía Perú. Recuperado de

<https://www.electromania.pe/producto/modulo-mpu6050/>

Electromanía. (2023). GPS UBLOX Neo-6M. Electromanía Perú. Recuperado de

<https://www.electromania.pe/producto/gps-ublox-neo-6m/>

Raspberry. (2023). Raspberry pi pico W. The Pi Box. Recuperado de

<https://thepibox.pe/product/raspberry-pi-pico-w/>

Amazon. (2023). Buy M3 flight controller anti-vibration fixed screws mounting

hardware standoffs with M3 rubber washer rings for Naze32 CC3D F3 F4

Flight Controller(12sets). Recuperado de [https://www.amazon.in/Controller-](https://www.amazon.in/Controller-Anti-Vibration-Mounting-Hardware-Standoffs/dp/B06ZXT21DX)

[Anti-Vibration-Mounting-Hardware-Standoffs/dp/B06ZXT21DX](https://www.amazon.in/Controller-Anti-Vibration-Mounting-Hardware-Standoffs/dp/B06ZXT21DX)

El Comercio. (2019). Lima es la tercera ciudad del mundo con más tráfico vehicular

| #NoTePases. Recuperado de [https://elcomercio.pe/lima/transporte/lima-](https://elcomercio.pe/lima/transporte/lima-tercera-ciudad-mundo-congestion-vehicular-400-noticia-ecpm-642900-noticia/)

[tercera-ciudad-mundo-congestion-vehicular-400-noticia-ecpm-642900-noticia/](https://elcomercio.pe/lima/transporte/lima-tercera-ciudad-mundo-congestion-vehicular-400-noticia-ecpm-642900-noticia/)

Ministerio de Educación del Perú (2023) s7-texto-interdisciplinario-matematica.pdf.

Recuperado de [https://resources.aprendoencasa.pe/perueduca/basica-](https://resources.aprendoencasa.pe/perueduca/basica-alternativa/avanzado/semana-7/pdf/s7-texto-interdisciplinario-matematica.pdf)

[alternativa/avanzado/semana-7/pdf/s7-texto-interdisciplinario-matematica.pdf](https://resources.aprendoencasa.pe/perueduca/basica-alternativa/avanzado/semana-7/pdf/s7-texto-interdisciplinario-matematica.pdf)

Richter, F. (2023) Infographic: Big three dominate the Global Cloud Market,

Statista. Recuperado de [https://www.statista.com/chart/18819/worldwide-](https://www.statista.com/chart/18819/worldwide-market-share-of-leading-cloud-infrastructure-service-providers/)

[market-share-of-leading-cloud-infrastructure-service-providers/](https://www.statista.com/chart/18819/worldwide-market-share-of-leading-cloud-infrastructure-service-providers/)

Gartner. (2022). Magic Quadrant for Global Industrial IoT Platforms. Recuperado

de <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2BQFX3BJ&ct=221116&st=sb>

GCP. (2023). Cloud IoT Core release notes. Recuperado de:

<https://cloud.google.com/iot/docs/release-notes>

Gartner (2022). Magic Quadrant for Global Industrial IoT Platforms, Gartner.

Recuperado de: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-2BQFX3BJ&ct=221116&st=sb>

Allstate (2023). Who invented car insurance? Recuperado de:

<https://www.allstate.com/resources/car-insurance/when-and-who-invented-car-insurance>



ANEXOS



ANEXO A

LISTA DE REQUERIMIENTOS



| LISTA DE REQUERIMIENTOS | |
|--------------------------------|--|
| Proyecto: | Sistema integrado de monitoreo del riesgo en vehículos particulares para seguro "pay as you drive" |
| Cliente: | Aseguradoras vehiculares y conductores |
| Deseo/Exigencia | DESCRIPCIÓN |
| FUNCIÓN PRINCIPAL | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> ● Monitorear el riesgo de los vehículos privados para reducir la póliza del seguro y los accidentes de tránsito |
| GEOMETRÍA | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> ● El sistema poseerá las siguientes dimensiones máximas de 100 mm x 100 mm x 30 mm |
| CINEMÁTICA | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> ● La estructura del dispositivo tiene que estar fijo con el vehículo. |
| FUERZAS | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> ● La estructura en el carro debe soportar su propio peso. |
| E | <ul style="list-style-type: none"> ● La fuerza empleada por la rapidez del movimiento del vehículo debe ser soportada por la estructura. |
| ENERGÍA | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> ● El sistema será alimentado con energía eléctrica directa de 5 V |
| SEÑALES | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> ● Entrada: <ul style="list-style-type: none"> ○ Desplazamiento del auto ○ Wifi ○ Lugares y tiempos riesgosos ○ Kilometraje del auto ● Salida <ul style="list-style-type: none"> ○ Tablero de datos de exceso de riesgo |

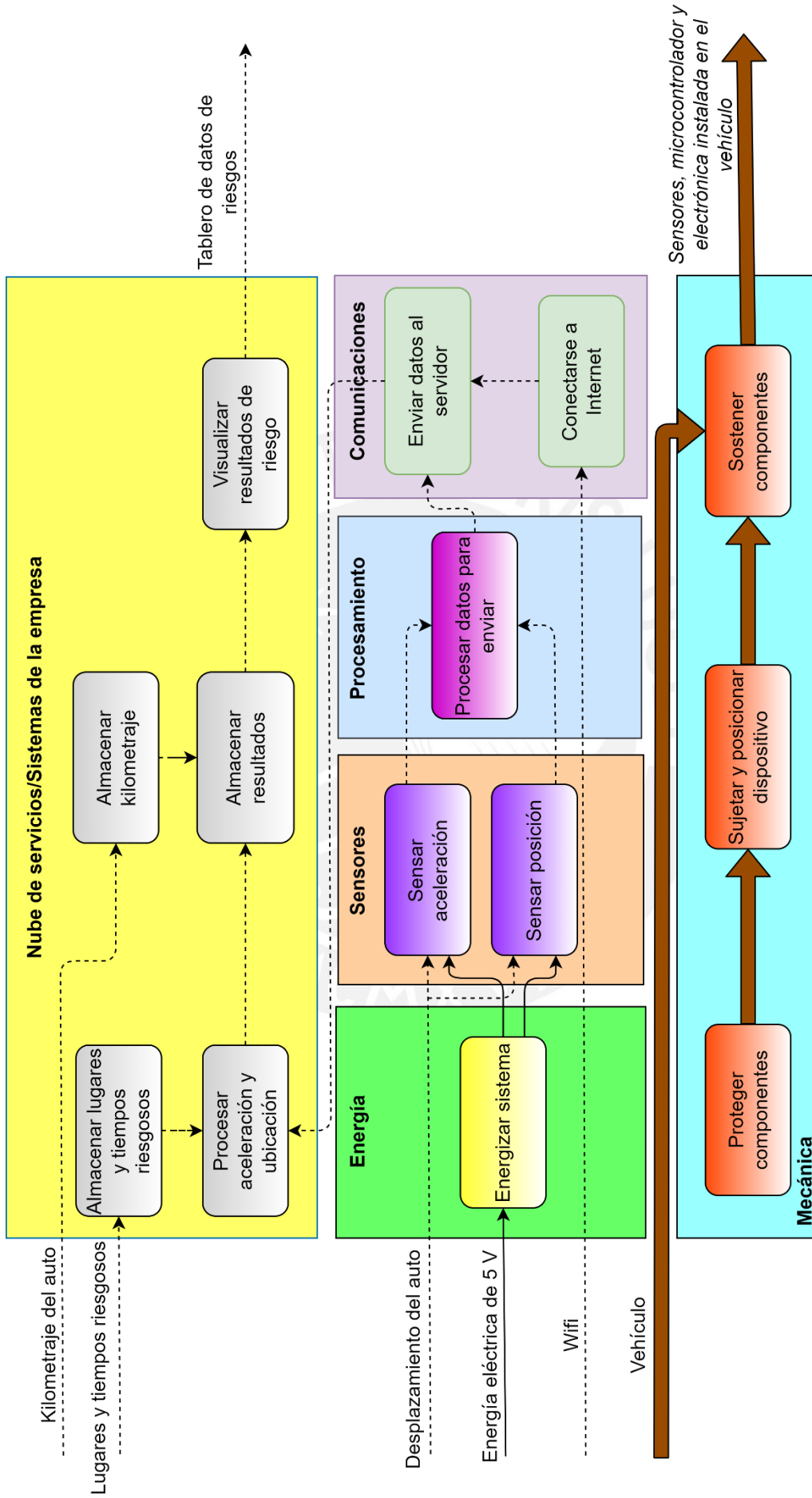
| COMUNICACIONES | |
|-----------------------|---|
| <u>E</u> | <ul style="list-style-type: none"> • Conexión por caminos impresos del PCB al interior del dispositivo entre sensores y controlador. |
| <u>E</u> | <ul style="list-style-type: none"> • Comunicación inalámbrica con el servidor |
| SEGURIDAD | |
| D | <ul style="list-style-type: none"> • El sistema optaría por la norma EN ISO 13849-1, la cual permite una verificación amplia de los riesgos en el sistema de seguridad. |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Estructura que impida el contacto con zonas sensibles durante el funcionamiento del sistema. |
| FABRICACIÓN | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Se cumplirá con la norma IPC 2221, la cual define los requisitos para el diseño de PCB, ensamble de tarjetas electrónicas, principios y recomendaciones |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Se usará una impresión 3D para la fabricación de la estructura del dispositivo |
| MONTAJE | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • El sistema deberá ser fácilmente montable y desmontable |
| TRANSPORTE | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • El dispositivo por su bajo peso podría ser cargado enteramente y llevado en otros vehículos para su distribución. |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Debe poder ser transportado por una persona. |
| USO | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • En un rango de 0°C a 40°C de garantizar un rendimiento óptimo. |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Debe poder funcionar cada vez que se enciende el vehículo |

| | |
|----------------------|---|
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Para uso en vehículos a menos de 300 m.s.n.m. y humedad no mayor a 95%. |
| MANTENIMIENTO | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza anual junto con la revisión técnica obligatoria de los vehículos. |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • El usuario deberá realizar una inspección visual intersemanal. |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo de componentes en caso de daño |
| COSTOS | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Se tienen S/ 500 para los costos de fabricación, diseño, servicios de comunicación y de materiales. |
| PLAZOS | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • Plazo de 1 mes para la entrega del sistema conceptual de este proyecto |
| ELECTRÓNICA | |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • El error de la medición de la aceleración debe ser lo suficientemente pequeño para no afectar a los picos de aceleración bruscos que pudieran existir |
| E | <ul style="list-style-type: none"> • El error de la medición de la ubicación debe ser lo suficientemente pequeño para no afectar el indicador de que el auto se encuentra cerca de un lugar riesgoso |

ANEXO B

ESTRUCTURA DE FUNCIONES



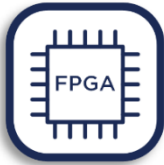



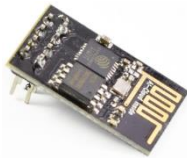







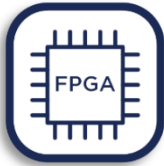















ANEXO C

MATRIZ

MORFOLÓGICA


| Subsistema | FUNCIONES PARCIALES | ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN | | |
|------------|--|--|--|--|
| | | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
| Energía | Energizar sistema |  <p>Power Bank</p> |  <p>Puerto USB</p> |  <p>Batería Recargable</p> |
| Sensores | Sensar posición |  <p>GPS</p> |  <p>GPS</p> |  <p>GPS</p> |
| | Sensar Aceleración |  <p>GPS</p> |  <p>Acelerómetro</p> |  <p>GPS</p> |
| Mecánico | Proteger componentes |  <p>Sprays Especiales</p> |  <p>Material aislante</p> |  <p>Material Aislante</p> |
| | Sujetar y posicionar dispositivo de visión |  <p>Metal</p> |  <p>Impresión 3D</p> |  <p>Plástico</p> |
| | Sostener componentes |  <p>Por forma</p> |  <p>Stable Structure Ensures your devices to be fixed firmly all the way. Upgraded Non-Slip silicone pad</p> <p>Base de Silicona</p> |  <p>Magnetismo</p> |

| | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|--|---|--|
| Comunicaciones HARDWARE | Enviar datos al servidor |  FPGA |  Microcontrolador |  Microprocesador |
| | Conectarse a Internet |  Módem móvil de internet USB |  Modulo wifi integrado |  Modulo wifi externo |
| Comunicaciones SOFTWARE | Enviar datos al servidor |  Protocolo HTTP |  Protocolo MQTT |  Protocolo MQTT |
| | Conectarse a Internet |  |  |  Google Cloud |
| Procesamiento | Procesar datos a enviar |  FPGA |  Microcontrolador |  Microprocesador |
| Nube de servicios | Almacenar kilometraje |  Google Sheets |  MS SharePoint |  Google Sheets |

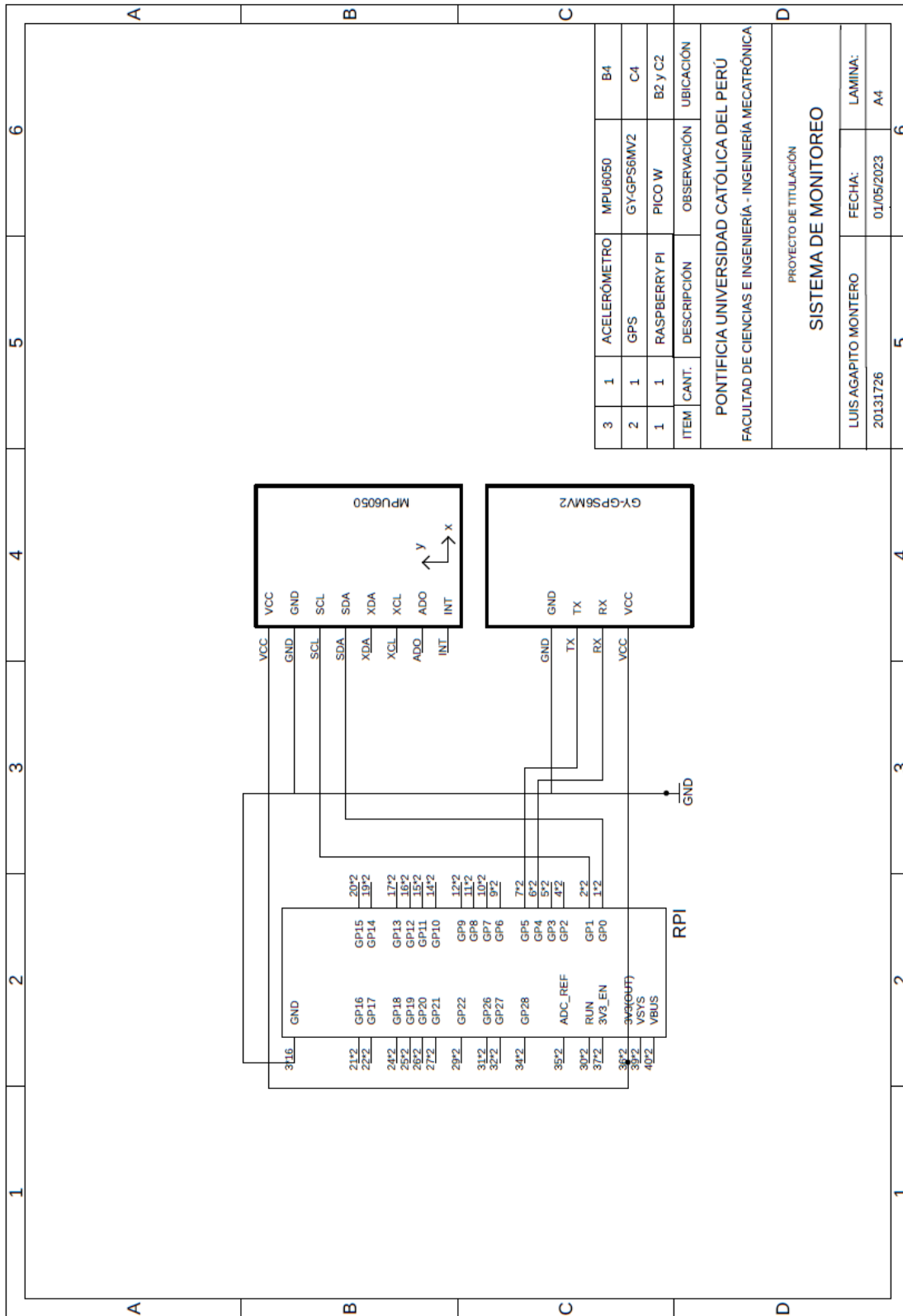
| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | Almacenar lugares y tiempos riesgosos |  |  |  Google Cloud |
| | Procesar aceleración y ubicación | | | |
| | Almacenar resultados |  Amazon Redshift |  Power BI |  Google BigQuery |
| | Visualizar resultados de riesgo |  QlikView |  Power BI |  tableau® |

ANEXO D

PLANOS

A large, faint watermark of the University of the Philippines seal is centered in the background. The seal is circular and contains the Latin motto "ET LUX IN TENEBRIS UINCET" (And light conquers in darkness) around the top edge and the year "MCMXVII" (1917) at the bottom. The central emblem features a sunburst, a book, and a quill pen.

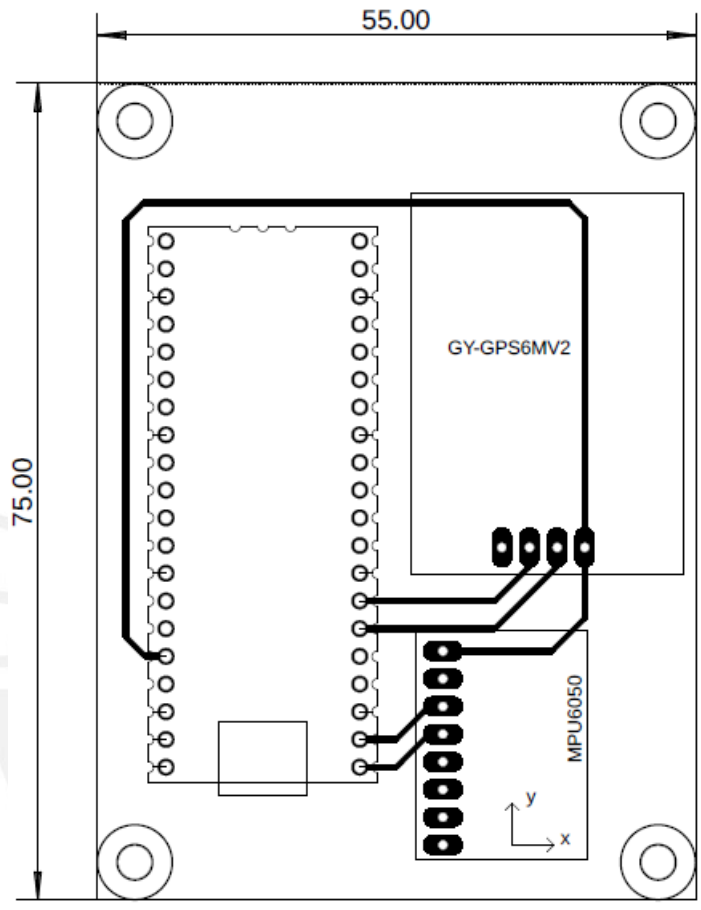
PLANO A: PLANOS ELECTRÓNICOS



| ITEM | CANT. | DESCRIPCIÓN | OBSERVACIÓN | UBICACIÓN |
|------|-------|--------------|-------------|-----------|
| 3 | 1 | ACELERÓMETRO | MPU6050 | B4 |
| 2 | 1 | GPS | GY-GPS6MV2 | C4 |
| 1 | 1 | RASPERRY PI | PICO W | B2 y C2 |

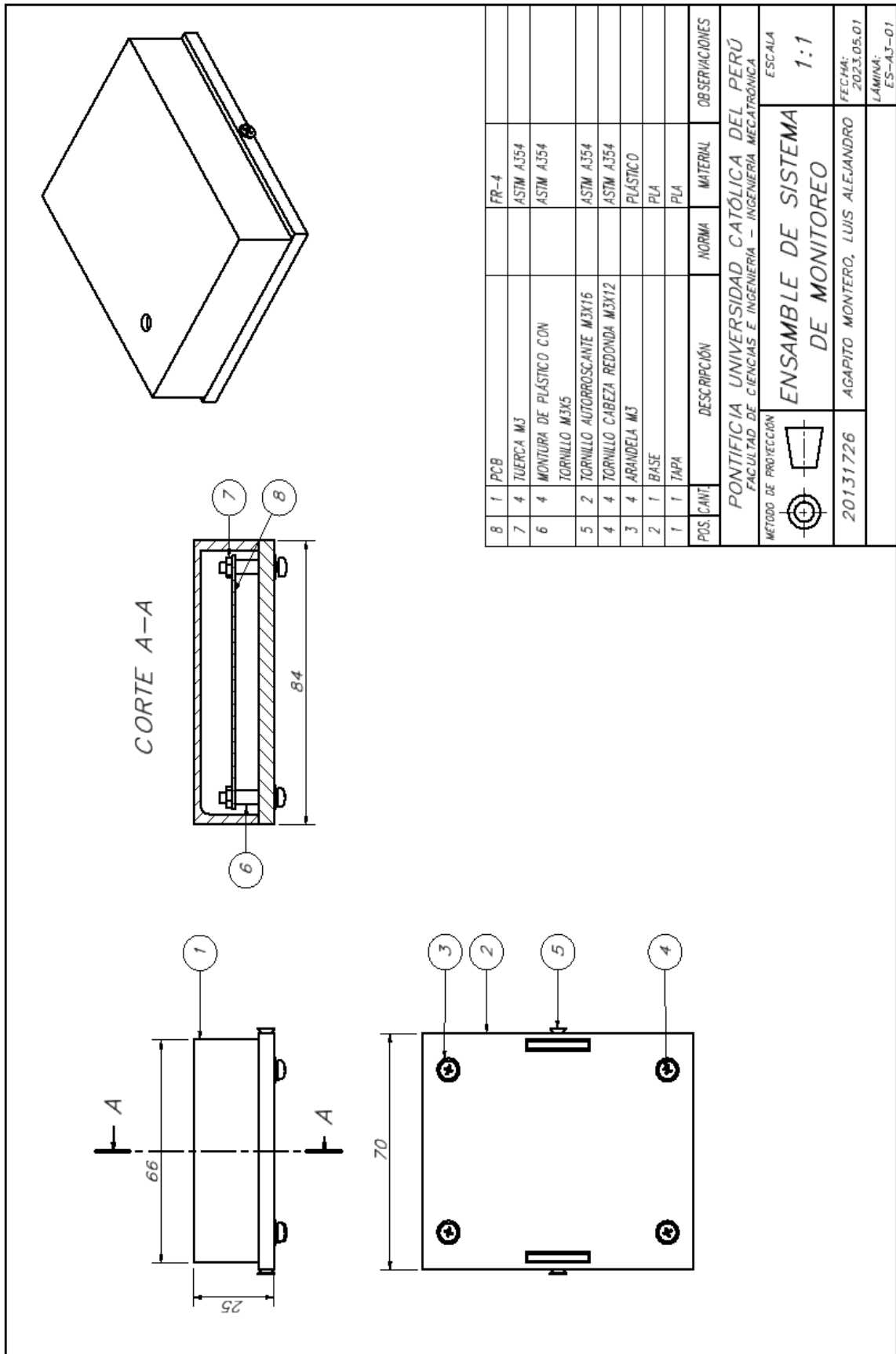
| | |
|--|-------------------|
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ | |
| FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA | |
| PROYECTO DE TITULACIÓN | |
| SISTEMA DE MONITOREO | |
| LUIS AGAPITO MONTERO | FECHA: 01/05/2023 |
| 20131726 | LAMINA: A4 |

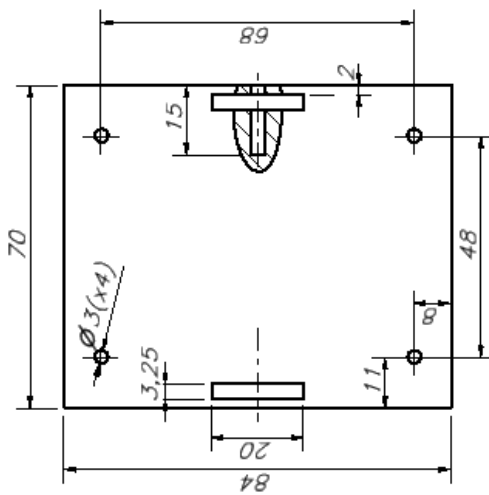
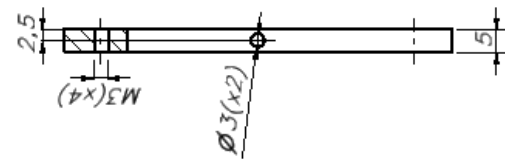
Esquemático



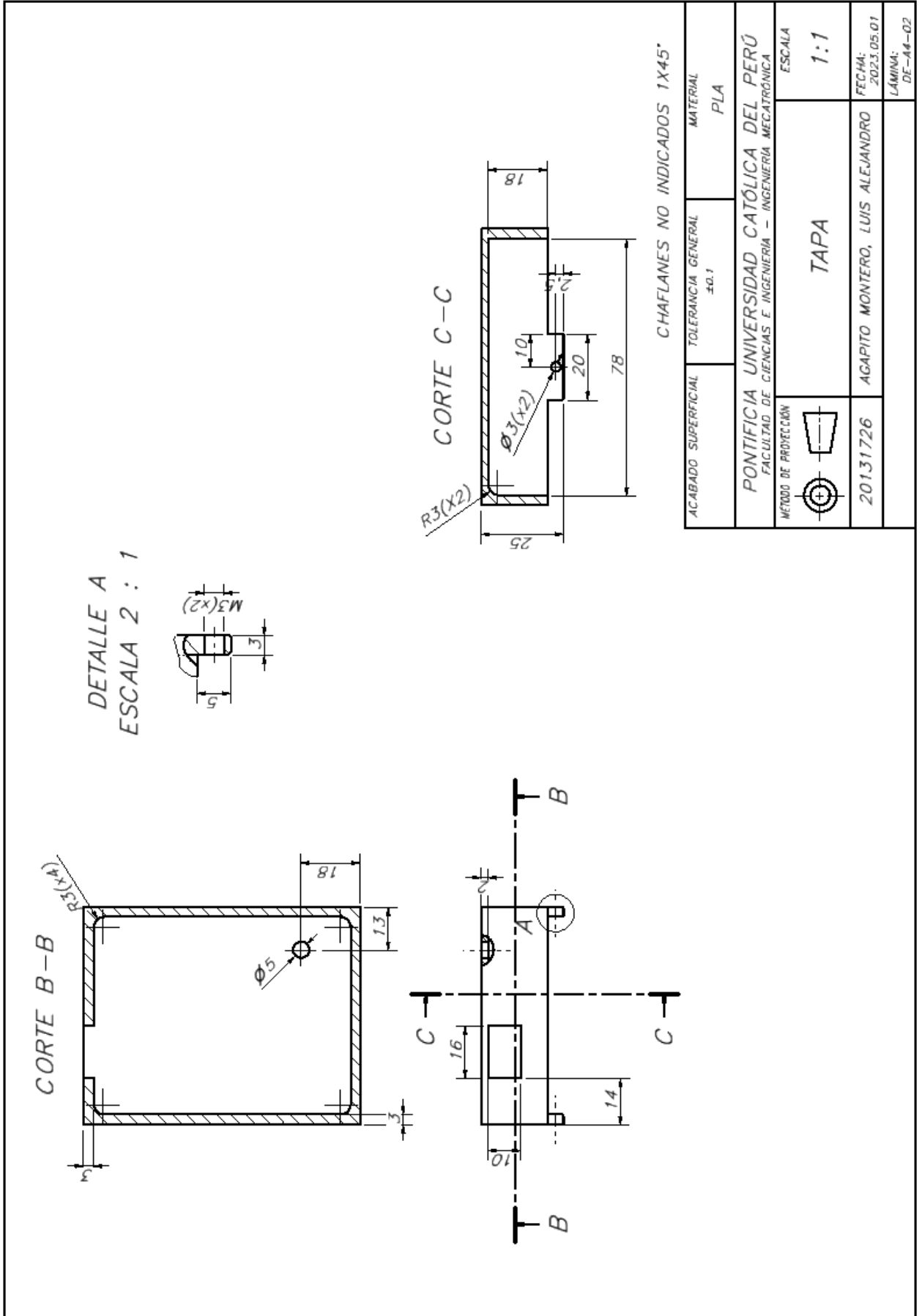
PCB

PLANO B: PLANOS MECÁNICOS





| | | |
|---|---------------------------------|----------------------|
| ACABADO SUPERFICIAL | TOLERANCIA GENERAL ±0.1 | MATERIAL PLA |
| PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA - INGENIERÍA MECATRÓNICA. | | |
| MÉTODO DE PROYECCIÓN | BASE | ESCALA 1:1 |
| 20131726 | AGAPITO MONTERO, LUIS ALEJANDRO | FECHA: 2023.05.01 |
| | | LÁMINA: DE-4-01 |



ANEXO E

Costos

SOPORTE



Comprobante de Soporte

AMORTIGUADORES

FPVDrone M3 F3 F4 soporte espaciador con montaje de tornillos ajustables antivibrantes para control de vuelo

Marca: FPVDrone
4.4 ★★★★★ | 147 calificaciones | 11 preguntas respondidas

US\$ **10.99**

Sin depósito de derechos de importación y US\$19.81 de envío a Perú [Detalles](#)

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Material | Alloy Steel, Brass, Rubber |
| Dimensiones del artículo LxWxH | 0.28 x 0.02 x 0.47 pulgadas |
| Acabado exterior | Brass |
| Tipo de metal | Alloy Steel |
| Marca | FPVDrone |

Sobre este artículo

- Vuelo driver Placa fija tornillos , hacer que el Quadcopter más estable.
- Material: Aleación Durable y ultra duro y acero.
- Compatible con: QAV250 qav-r 220 controlador de vuelo para NAZE32 CC3D F3
- 100% nuevo y de alta calidad.
- Tamaño: 7 mm * 6 mm * 3 mm, 2.5g por set.

Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom

Amortiguadores (Amazon,2023)

RASPBERRY PI PICO W

Raspberry Pi Pico W
S/32.50 – S/35.00

SKU: PR-RPI-009

CATEGORÍAS: ECOSISTEMA RASPBERRY PI PICO, PLACAS RASPBERRY PI

OPCIONES: Sin espádnines Con espádnines soldados

- 1 + AÑADIR AL CARRITO CONSULTA POR WHATSAPP

f t in G+ e | COMPARAR

Raspberry Pi Pico W (Raspberry, 2023)

GPS UBLOX NEO-6M



electromanía

GPS Ublox Neo-6M

S/45.00

En stock
✓ Hay existencias

- 1 + **ANADIR AL CARRITO**

✕ Compare ♥ Agregar al Wishlist

SKU: A101-MDL-GP-000

Categorías: GPS, Módulos

Compartir: [f](#) [t](#) [p](#) [in](#) [e](#)

GPS Neo 6M (Electromanía, 2023)

ACELERÓMETRO MPU6050



electromanía -7%

Módulo MPU6050

~~S/15.00~~ S/14.00

En stock
✓ Hay existencias

- 1 + **ANADIR AL CARRITO**

✕ Compare ♥ Agregar al Wishlist

SKU: C013-SNS-PC-000

Categorías: Módulos, Módulos en PCB, Sensores

Etiquetas: acelerometro, giroscopio, GIROSCOPIO I2C GYS21, modulo MPU6050, MPU6050

Compartir: [f](#) [t](#) [p](#) [in](#) [e](#)

MPU 6050 (Electromanía, 2023)

PCB



PCB CON MASCARA ANTISOLDANTE

| | | |
|--|--|---|
| <p>Ancho de pista $\geq 0.2\text{mm}$</p>  | <p>Diametro de via $\geq 0.5\text{mm}$</p>  | <p>Agujero Metalizado = No</p>  |
| <p>Distancia entre pistas $\geq 0.2\text{mm}$</p>  | <p>Número de capas 1-2</p>  | <p>Espesor de Cobre = 1oz</p>  |
| <p>Cantidad mínima de fabricación = 01 unidad</p>  | <p>Tiempo de fabricación 4-6 días</p>  | <p>Precio Aprox. 10x10cm S/45.00 a 1 Cara (No inc. IGV) S/55.00 a 2 Caras (No inc. IGV)</p>  |

Colores Disponibles



Presupuesto Villacontrol (Villacontrol, 2023)

CABLE MICRO USB



WESDAR Código: 119241864
Wesdar - Cable USB Cargador y Data Micro-Usb 2.0A 1.2Mts Dorado - T38
 ★★★★★ (0) [Escribir comentario](#)

Vendido por **YourOutlet Peru**

S/ 5 ~~S/ 10~~ **50%**
 S/ 5.00

Acumula hasta 5 CMR Puntos

- 1 + Máximo 20 unidades.

Agregar al Carro

CMR S/40 DE REGALO CON TU NUEVA CMR VISA Pídelo aquí

Despacho a domicilio [Revisar disponibilidad](#)
 No disponible para retiro

Cable micro USB (Falabella, 2023)

AZURE IOT HUB

Azure IoT Hub

Region:

IoT Hub

Tier: EDITION:

Add IoT Hub Device Provisioning Service Add IoT Hub Device Update

[Features supported in Azure IoT Hub basic and standard tier differ. Learn more about the capabilities of basic and standard tier.](#)

| | | | | | |
|---------------|---|------------------|--|---|----------------|
| 1 | × | \$10.00 | | = | \$10.00 |
| IoT Hub Units | | Per IoT Hub unit | | | |

Cálculo de precio Azure IoT Hub (Azure, 2023)

AZURE STREAM ANALYTICS

Azure Stream Analytics

Region:

Standard Streaming Unit

Type:

| | | | | | | | | |
|-------------------|---|----|-------|---|----------------|--|---|---------------|
| 1 | × | 90 | Hours | × | \$0.110 | | = | \$9.90 |
| Streaming Unit(s) | | | | | Per hour | | | |

Stream Analytics on IoT Edge

| | | | | | |
|---------|---|------------------|--|---|---------------|
| 0 | × | \$1.00 | | = | \$0.00 |
| Devices | | Per device/month | | | |

| | |
|---------------------|---------------|
| Upfront cost | \$0.00 |
| Monthly cost | \$9.90 |

Cálculo de precio Azure Stream Analytics (Azure, 2023)

Azure Monitor

Region:

Upfront cost \$0.00
Monthly cost \$0.00

Cálculo de Azure Monitor

Storage Accounts

Region: Type: Tier: Storage Account Type:
 Access tier: Redundancy: File Structure:

Capacity

GB

Savings Options

Save up to 38% on pay-as-you-go prices with 1-year or 3-year Azure Storage Reserved Capacity. [Learn more about Azure Storage Reserved Capacity pricing.](#)

Pay as you go

Pay as you go

Reserved instances ⓘ

- 1 year reserved
- 3 year reserved

\$0.02 Average per month (\$0.00 charged upfront) = \$0.02 Average per month (\$0.00 charged upfront)

Transactions \$0.07

Write operations ⓘ

MB x 10,000 operations

1 Operations Applied x 1 x 10,000 operations x \$0.0650 Per 10,000 operations = \$0.07

Read operations ⓘ

MB x 10,000 operations

1 Operations Applied x 1 x 10,000 operations x \$0.0052 Per 10,000 operations = \$0.01

Query Acceleration

Data Returned

GB x \$0.0007 Per GB = \$0.00

Data Scanned

GB x \$0.0020 Per GB = \$0.00

Upfront cost \$0.00
Monthly cost \$0.09

Cálculo de precio Datalake (Azure, 2023)