

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E**  
**INFORMÁTICA**



**SISTEMA DE ALERTA BASADO EN VISION ARTIFICIAL**  
**PARA CONDUCTORES EN CONDICIONES DE RIESGO**

**AUTORES:**

Ayrton Jhair Curay Acosta  
Luis José Hidalgo Rodríguez  
Andrés Enrique Poquis Chávez  
Héctor Luis Saavedra Caballero  
Brayan Ruiz Marreros

**DOCENTE:**

Ing. Dr. Carlos Enrique López Rodríguez

**Tarapoto – Perú**

**2023**

## **Dedicatoria**

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho posible la realización de este trabajo, En especial a nuestros padres ya que su atención constante, amor y comprensión durante esta etapa universitaria, significando parte esencial en cada etapa de este proyecto.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarnos fortaleza, sabiduría y guiarnos durante todo este proceso de investigación. A todas las personas que han sido parte fundamental de este proyecto. A nuestras familias, por su amor incondicional y su constante apoyo y a nuestro docente, Ing. Dr. Carlos Enrique López Rodríguez por su guía y conocimientos impartidos, que nos ha impulsado a superar los desafíos y alcanzar el logro de este objetivo.

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	2
Agradecimientos .....	3
RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....	10
1.1. Descripción del problema.....	10
1.2. Propuesta de solución.....	10
1.3. Objetivos .....	10
1.3.1. Objetivo general .....	10
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Alcance del proyecto.....	11
1.5. Metodología.....	11
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Bases teóricas.....	14
2.3. Justificación .....	16
CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	18
3.1.1. Contexto de la investigación .....	18
3.1.2. Periodo de Ejecución .....	18
3.1.3. Autorizaciones y permisos .....	18
3.1.4. Control Ambiental y protocolos de bioseguridad .....	18
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales .....	18
3.2. Tecnologías y herramientas .....	19

3.3. Procedimiento de la investigación .....	21
3.3.1. Objetivo específico 1 .....	21
3.3.2. Objetivo específico 2.....	23
3.3.3. Objetivo específico 3.....	24
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....	26
4.1. Resultado específico 1.....	26
4.2. Resultado específico 2.....	26
4.3. Resultado específico 3.....	27
CONCLUSIONES .....	31
RECOMENDACIONES .....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37
ANEXOS	39

## RESUMEN

La seguridad vial es una preocupación crítica, dada la alta incidencia de riesgos significativos provocados por conductores distraídos, bajo la influencia de sustancias o somnolientos, no solo para ellos mismos, sino también para otros usuarios de la carretera. Las distracciones al volante, originadas por actividades como el uso de dispositivos móviles, comer, beber o ajustar dispositivos en el automóvil, como la radio y el GPS, contribuyen a un alto número de accidentes. Los conductores que experimentan somnolencia enfrentan una reducción en la alerta y las capacidades de reacción, lo que agrava aún más el riesgo de accidentes. En respuesta a este apremiante problema, este proyecto busca abordar estos desafíos en materia de seguridad vial. La solución propuesta implica el desarrollo de un "Sistema de Alerta Basado en Visión Artificial e Inteligencia Artificial". Este sistema utiliza tecnología de vanguardia, aprovechando cámaras y algoritmos avanzados de visión por computadora para monitorear de manera continua el comportamiento del conductor. Está diseñado para identificar signos tempranos de distracción o somnolencia y alertar al conductor de manera oportuna. El objetivo final es prevenir accidentes y mejorar la seguridad vial, reduciendo de manera significativa la cantidad de incidentes causados por conductores que operan en condiciones de riesgo. Al integrar técnicas de inteligencia artificial y visión por computadora, este sistema ofrece un enfoque innovador para hacer nuestras carreteras más seguras. La implementación de esta tecnología tiene el potencial de revolucionar la seguridad de los conductores y contribuir a la reducción de los accidentes de tráfico.

**Palabras claves:** Conductores Distraídos, Conductores Somnolientos, Prevención de Accidentes, Seguridad Vial, Visión Artificial

## **ABSTRACT**

Road safety is a critical concern, given the significant risks posed by distracted, impaired, or drowsy drivers, not only to themselves but also to fellow road users. Distractions while driving, stemming from activities such as mobile device usage, eating, drinking, or adjusting in-car gadgets like the radio and GPS, contribute to a high incidence of accidents. Drivers experiencing drowsiness face reduced alertness and reaction capabilities, further escalating the accident risk. In response to this pressing issue, this project seeks to address these road safety challenges. The solution proposed involves the development of a "Vision-Based Artificial Intelligence Alert System." This system employs cutting-edge technology, utilizing cameras and advanced computer vision algorithms to continuously monitor driver behavior. It is designed to identify early signs of distraction or drowsiness and promptly alert the driver. The ultimate goal is to prevent accidents and enhance road safety, significantly reducing the number of incidents caused by drivers operating under risky conditions. By integrating artificial intelligence and computer vision techniques, this system provides an innovative approach to making our roadways safer. The implementation of this technology stands to revolutionize driver safety and contribute to the reduction of traffic accidents.

**Keywords:** Accident Prevention, Computer Vision, Distracted Drivers, Drowsy Drivers, Road Safety

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la seguridad vial, se plantea una problemática global de gran magnitud: la presencia de conductores en condiciones de riesgo. Estos conductores, ya sea debido a distracciones, la influencia de sustancias o la fatiga, representan una seria amenaza para su propia seguridad y la de otros usuarios de la carretera. Según la OMS, aproximadamente 1.3 millones de personas fallecen cada año debido a los accidentes de tránsito (Murthy et al., 2022). Por otro lado, La cuestión de conductores en condiciones de riesgo no conoce fronteras y afecta a nivel internacional, nacional y regional. Se define como conductores en condiciones de riesgo a aquellos individuos que, al operar un vehículo, se encuentran en un estado que compromete su capacidad para conducir de manera segura. Esto puede incluir falta de concentración debido a factores externos, así como aquellos que luchan contra la fatiga y la somnolencia (Albadawi et al., 2022).

Existen múltiples posibilidades del porque suceden este tipo de acontecimientos, se tratan básicamente el aspecto físico y psicológico que causa la presión en la vida diaria agregando la falta de descanso, la cual afecta en gran medida la velocidad de reacción y la capacidad de tomar decisiones del conductor (Peng et al., 2022). Otros factores que puedan dar raíz a este problema vienen siendo: el aumento del tráfico y el consumo de sustancias.

Consolidando que los conductores son la parte más elemental del transporte en general, si el conductor presenta algunos de estos problemas al volante, podría provocar accidentes de tráfico causados por estos mismos, la cual resultaría en lesiones graves, pérdidas de vidas humanas y daños materiales (Wang et al., 2022). Además, imponen una carga significativa en los sistemas de atención médica y representan un costo económico elevado.

A nivel internacional, diversos países implementan campañas de concientización y políticas de seguridad vial. Por ejemplo, en Ecuador, las causas de muerte registradas por el Sistema de Investigación de Accidentes de Tránsito, en el año 2016, se contabilizaron 1632 siniestros viales donde el 98% fueron causados por fallas humanas (EDWIN ADRIÁN CACUANGO CHASIGUANO, 2023) la conducción bajo la influencia del alcohol es un problema extendido, mientras que, en países como el Reino Unido, la distracción por el uso de dispositivos móviles es una preocupación constante. En el contexto nacional, en Perú, se enfrentan desafíos similares en cuanto a la seguridad vial, según la Dirección de Vialidad del Ministerio de Transportes y



Comunicaciones (MTC) de Perú, en el año 2021, se detectaron 5970 personas resultaron lesionadas y 2826 personas fallecieron en accidentes de tránsito (GUIMER SENON COAQUIRA COAQUIRA & ORESTES RAMIREZ TICONA, 2022).

Estos desafíos exigen soluciones innovadoras y efectivas para abordar la problemática de conductores en condiciones de riesgo y promover una conducción segura. En este contexto, la implementación de un "Sistema de Alerta Basado en Visión Artificial para conductores en condiciones de riesgo" representa una contribución significativa a la seguridad vial, en un apartado específico denominada ADAS (Sistema Avanzado de Asistencia al Conductor), la cual implica múltiples visiones avanzadas, esta tecnología permite analizar en tiempo real, la cual es una solución idónea para el conductor.

Ahora bien, conociendo el contexto, surge la pregunta: ¿Cómo se puede abordar de manera efectiva la problemática de conductores en condiciones de riesgo, promoviendo la seguridad vial y reduciendo el número de accidentes de tráfico?

Una suposición de desarrollo sería que la implementación de un "Sistema de Alerta Basado en Visión Artificial" permitirá la detección temprana de conductores en condiciones de riesgo, lo que resultará en una disminución significativa de accidentes de tráfico y, por lo tanto, mejorará la seguridad vial.

# **CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

## **1.1. Descripción del problema**

La inseguridad vial causada por conductores distraídos, bajo la influencia de sustancias o somnolientos representa un riesgo significativo tanto para ellos mismos como para otros usuarios de la carretera. La distracción al volante puede ser causada por el uso de dispositivos móviles, comer, beber, ajustar la radio o el GPS, entre otros factores. Los conductores somnolientos pueden tener una disminución en su capacidad de atención y reacción, lo que aumenta el riesgo de accidentes. La inseguridad vial causada por conductores distraídos, bajo la influencia de sustancias o somnolientos representa un riesgo significativo tanto para ellos mismos como para otros usuarios de la carretera. El presente proyecto, denominado " SISTEMA DE ALERTA BASADO EN VISION ARTIFICIAL PARA CONDUCTORES EN CONDICIONES DE RIESGO ".

## **1.2. Propuesta de solución**

Una propuesta para abordar este problema es desarrollar un sistema basado en inteligencia artificial (IA) utilizando visión artificial para detectar y alertar al conductor cuando no está en condiciones de manejar. Este sistema utilizaría cámaras y algoritmos de visión para monitorear el comportamiento del conductor y detectar signos de micro sueños y bostezos.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar un sistema basado en visión artificial para identificar y alertar a conductores sobre situaciones de riesgo en tiempo real, contribuyendo así a mejorar la seguridad vial.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un sistema de alerta basado en visión artificial para conductores en condiciones de riesgo.
- Construir el prototipo para la integración del sistema de alerta basado en visión artificial para conductores en condiciones de riesgo.
- Evaluar la precisión del sistema de alerta basado en visión artificial para monitorear el comportamiento de los conductores en condiciones de riesgo.

## **1.4. Alcance del proyecto**

- a. Implementar algoritmo de visión artificial para detectar diversas condiciones de riesgo producto del conductor que incluye los micro sueños y bostezos.
- b. Diseñar un sistema de alerta que proporcione notificaciones auditivas al conductor en función de las condiciones de riesgo detectadas y la conducta del conductor.
- c. Realizar pruebas simulando diferentes escenarios que implique condiciones de iluminación, así como el uso de lentes y sin lentes del conductor para garantizar que el sistema funcione de manera confiable y precisa.

## **1.5. Metodología**

En la metodología de este proyecto específico, la primera fase se centra en adaptar la solución de mediapipe, inicialmente diseñada para automóviles, a un entorno de motocicleta (no pudimos disponer de un automovil para implementar). Esto implica ajustar la detección de puntos de referencia faciales proporcionados por face mesh para que sea sensible a las características y movimientos específicos de los conductores en motocicletas.

Con la adaptación de mediapipe, se emplean las bibliotecas OpenCV, numpy, math y time para desarrollar el sistema de alertas en tiempo real. La detección de micro sueños se basa en la identificación de patrones en los movimientos oculares, utilizando los puntos de referencia de los ojos proporcionados por face mesh. La detección de bostezos se realiza mediante la observación de cambios en la forma y apertura de la boca. Para evaluar la distracción, se analizan los puntos de referencia de la nariz y las mejillas, determinando si hay un desplazamiento significativo del rostro que indique falta de atención.

La implementación se realiza en un dispositivo compacto que se coloca en la motocicleta, compuesto por una cámara enfocada en el conductor y un sistema de procesamiento que ejecuta el código desarrollado. Cuando se detecta alguna condición de riesgo, como distracción, fatiga o bostezo, el sistema activa un parlante para emitir alertas auditivas al conductor.

Posteriormente, se lleva a cabo una fase de prueba y ajuste, donde se evalúa el rendimiento del sistema en condiciones simuladas y reales de conducción en motocicleta. Se ajustan los parámetros del modelo y del sistema en general para optimizar la precisión y la velocidad de detección.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

Un estudio realizado por (Nidamanuri et al., 2022), se identifica un problema crítico relacionado con la aplicación de los Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor (ADAS) en entornos de tráfico caótico o menos disciplinado, donde la mayoría de las soluciones actuales carecen de eficacia. El artículo propone un marco innovador denominado Auto-Alert que aborda este desafío. Auto-Alert emplea un análisis espacial y temporal de dos etapas basado en el entorno del tráfico y sensores triaxiales para brindar asistencia a la conducción segura. Se investiga el análisis de series de tiempo utilizando modelos de aprendizaje profundo, particularmente redes neuronales convolucionales (CNN) y redes neuronales de memoria a corto plazo (LSTM), demostrando que LSTM supera a CNN en un 99% para la longitud de ventana considerada. Además, se desarrolla un sistema eficiente de seguimiento del tráfico y estimación de la densidad. El artículo también presenta resultados de referencia para el conjunto de datos de conducción indio (IDD), específicamente para la tarea de detección de objetos. En conjunto, este trabajo resalta la importancia de la combinación de redes CNN y LSTM para proporcionar asistencia al conductor en un entorno de tráfico desafiante.

Por otro lado, (Albadawi et al., 2022) En el artículo mencionado, se aborda el problema de la detección de la somnolencia en conductores, aprovechando los avances en tecnología informática e inteligencia artificial. Se realiza una revisión actualizada de los sistemas de detección implementados en la última década. Por otro lado, clasifica estos sistemas en cuatro categorías según la información utilizada para la detección de somnolencia, proporcionando una descripción detallada de las características, algoritmos de clasificación y conjuntos de datos empleados en cada caso. Además, se evalúan los sistemas en términos de su exactitud, sensibilidad y precisión en la clasificación final. Al igual que destaca los desafíos actuales en el campo de la detección de somnolencia en conductores, evaluando la practicidad y confiabilidad de los diferentes tipos de sistemas. Finalmente, se discuten las tendencias futuras en este ámbito, señalando la dirección en la que se están desarrollando las soluciones. En resumen, el artículo se centra en la aplicación de la inteligencia artificial para mejorar la detección de la somnolencia en los conductores y proporciona una visión general de los avances y desafíos en esta área.

Asimismo (De-Las-Heras et al., 2021) menciona la problemática de las distracciones como causa frecuente de accidentes de tráfico, centrándose en las señales de mensaje variable (VMS) que, paradójicamente, pueden ser una fuente de distracción para los conductores. El objetivo principal es desarrollar un prototipo de sistema de lectura de estas señales VMS utilizando técnicas de aprendizaje automático, una aplicación innovadora en este contexto. El asistente consta de dos partes: la primera se encarga de reconocer la señal en la calle, y la segunda extrae el texto de la señal y lo convierte en voz. Para el reconocimiento de las señales, se construyó un conjunto de datos mediante anotaciones manuales, scraping y aumento de datos, y se entrenó un modelo de reconocimiento VMS basado en RetinaNet con base en ResNet50, previamente entrenado en el conjunto de datos COCO. Durante el proceso de lectura, las imágenes se sometieron a preprocesamiento y binarización para garantizar la mejor calidad. Finalmente, la extracción del texto se realizó mediante el modelo Tesseract OCR en su versión 4.0, y la conversión a voz se llevó a cabo utilizando el servicio en la nube de IBM Watson Text to Speech. Este proyecto busca abordar la distracción del conductor al proporcionar una solución innovadora para la lectura y comunicación de señales VMS, mejorando así la seguridad vial.

Ahora, apuntando al lado más Latinoamericano, un estudio elaborado en Bogotá, por (Elka Irina Amaya Solano et al., 2023), la cual aborda el problema de accidentes de tránsito en la empresa de Transportes Oviedo, enfocándose en la falta de un sistema eficiente para detectar la somnolencia de los conductores. La investigación propone la implementación de un mecanismo basado en sensores de alta tecnología con el objetivo de reducir los incidentes no deseados causados por accidentes de tránsito. Dado que la actividad principal de los trabajadores en esta empresa es la conducción, la somnolencia puede ser un desafío constante, a pesar de las recomendaciones proporcionadas a los conductores. El uso de tecnología avanzada permitirá identificar señales de sueño o fatiga en el conductor y, en consecuencia, reducir la tasa de accidentes de tránsito. Este proyecto busca brindar una solución práctica y efectiva para mejorar la seguridad vial en la empresa de Transportes Oviedo, destacando la importancia de la detección temprana de la somnolencia en los conductores como un medio para prevenir accidentes en la carretera.

En Tacna, Perú, (GUIMER SENON COAQUIRA COAQUIRA & ORESTES RAMIREZ TICONA, 2022) abordó la problemática de la somnolencia en conductores de vehículos en la ciudad de Tacna. La pregunta de investigación central es: ¿Cómo detectar el estado de

somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna? El objetivo es desarrollar e implementar un sistema que pueda detectar la somnolencia de los conductores de vehículos de la empresa de Transportes Costanera Sur E.I.R.L., con la posibilidad de extenderlo a otras empresas de transporte en Tacna. El propósito principal es prevenir accidentes de tránsito al transmitir alertas sonoras al conductor cuando se detecte somnolencia, permitiéndole tomar medidas preventivas oportunas, como detener el vehículo o cambiar de conductor, para preservar la seguridad propia, la de otros transeúntes y conductores. El sistema se desarrolló utilizando Python y la librería OpenCV para la detección de diferentes indicadores de somnolencia, como el parpadeo, micro sueño y bostezo, así como la apertura y cierre de los ojos. La metodología utilizada para el desarrollo se basó en el Proceso Unificado Racional (RUP). La evaluación de este sistema se llevó a cabo mediante encuestas utilizando la escala de Likert, y los resultados reflejan una aceptación positiva del sistema de detección de somnolencia por parte de los conductores. En resumen, este proyecto busca abordar un problema crítico en la seguridad vial en Tacna, proponiendo una solución basada en visión artificial que tiene el potencial de prevenir accidentes de tránsito y preservar vidas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **Visión artificial y aprendizaje automático**

La visión artificial simboliza el desarrollo de sistemas computacionales utilizando IA que busca reconocer, clasificar, o incluso, modificar, la función fundamental que tiene es la de extraer información del mundo humano a partir de imágenes digitales (Soto Sogamoso et al., 2022) Por otro lado, el aprendizaje automático es interpretada como la filosofía de la extracción de conocimiento a partir de datos. Estos datos trabajaran conjuntamente con la finalidad de captar señales de cansancio y/o otras actividades que el conductor realice, de esa manera, mandar la alerta correspondiente para su posterior atención. (Kumbure et al., 2022) En el contexto del presente proyecto, la visión artificial desempeña un papel esencial al permitir que nuestro sistema "vea" y analice el comportamiento de los conductores. El aprendizaje automático, por otro lado, es una rama de la inteligencia artificial que permite a las máquinas aprender patrones a partir de datos y tomar decisiones en función de estos patrones. En el presente caso, el aprendizaje automático se utilizará para entrenar al sistema en la detección de comportamientos de riesgo en los conductores.

## **Tecnologías ADAS:**

Los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) están diseñados para mejorar la seguridad del vehículo. Sin embargo, es difícil lograr tales beneficios sin comprender las causas y limitaciones de los ADAS actuales y sus posibles soluciones (Ayoub et al., 2022). En esta oportunidad, se tendrán en cuenta las ADAS para el monitoreo y comodidad del conductor con respecto al sistema de visión artificial. Estos sistemas emplean sensores y cámaras para percibir el entorno del vehículo y brindar asistencia al conductor. En la última década, los sistemas ADAS han evolucionado significativamente, incorporando características como el control de crucero adaptativo, la detección de peatones y la asistencia en la permanencia en el carril, con el propósito de reducir accidentes de tráfico y mejorar la seguridad vial. Estos sistemas emplean una variedad de sensores, incluyendo cámaras, radar y LIDAR, para percibir el entorno del vehículo en tiempo real. Al hacerlo, pueden proporcionar asistencia al conductor en diversas formas, como el control de crucero adaptativo, la detección de colisiones y la asistencia en la permanencia en el carril.

## **Sensores y Cámaras en Vehículos**

Los vehículos modernos están equipados con una variedad de sensores y cámaras que recopilan datos en tiempo real. Estos dispositivos incluyen sensores de radar que detectan objetos en el entorno, LIDAR que mide distancias y cámaras de alta resolución que capturan imágenes detalladas del exterior. Además, se utilizan sensores ultrasónicos para detectar obstáculos cercanos. Estos sensores son fundamentales para la recopilación de información crítica que se utiliza en la detección de conductores en condiciones de riesgo. La percepción del entorno en un sistema de conducción automatizada depende esencialmente de los sensores, y la seguridad y factibilidad de los vehículos autónomos están directamente influenciadas por el uso y rendimiento efectivos de múltiples sensores integrados. La correcta calibración de estos sensores es fundamental para cualquier sistema autónomo, ya que establece la base necesaria antes de la implementación de procesos como la fusión de sensores y la detección de obstáculos (Yeong et al., 2021)

## **Distracciones y Somnolencia en la Conducción**

La somnolencia y la distracción son responsables de más del 35% de las muertes en accidentes de tráfico. La conducción automatizada podría ayudar, pero también puede aumentar estos

problemas. Se encontró que ambos factores aumentan el tiempo de reacción, especialmente en tareas no relacionadas con la conducción, como usar el teléfono. El presupuesto de tiempo disponible también afecta al tiempo de reacción. Sin embargo, es difícil estimar su impacto en la calidad de la toma de control (Merlhiot & Bueno, 2022). Las distracciones en la conducción pueden surgir de diversas fuentes, y su impacto en la seguridad vial es significativo. Las distracciones pueden incluir el uso de dispositivos móviles, como enviar mensajes de texto o hablar por teléfono, comer o beber, ajustar la radio o el sistema de navegación, y otras actividades que alejan la atención del conductor de la carretera. Además, la somnolencia es un factor crítico en la seguridad vial, ya que puede reducir la atención y la capacidad de reacción del conductor. La comprensión de estas causas es esencial para desarrollar un sistema eficaz de alerta y prevención que permita detectar y responder a estos riesgos.

### **Modelos de Aprendizaje Automático**

En la detección de conductores en condiciones de riesgo, utilizamos modelos de aprendizaje automático, que son algoritmos que permiten a las máquinas aprender a partir de datos. En particular, empleamos redes neuronales convolucionales (CNN) y redes de memoria a corto plazo (LSTM). Las CNN se utilizan para tareas de visión por computadora, como la detección de rostros, ojos cerrados y gestos faciales que indican distracción o somnolencia, la cual demuestra de por sí, que tiene un mejor desempeño (Paiva et al., 2021). Las LSTM son efectivas para el seguimiento de patrones temporales, como el parpadeo de los ojos y el micro sueño. Estos modelos son fundamentales para el éxito de nuestro sistema de alerta, ya que permiten que el sistema analice datos visuales y secuenciales para reconocer patrones de comportamiento de riesgo.

### **2.3. Justificación**

La justificación para este proyecto radica en la necesidad crítica de abordar la problemática de conductores en condiciones de riesgo, que representa una amenaza para la seguridad de los conductores y otros usuarios de la carretera. La implementación de un sistema basado en visión artificial permitirá una detección más precisa y oportuna de conductores distraídos, somnolientos o bajo la influencia de sustancias. La prevención de accidentes de tráfico es fundamental para reducir el costo humano y económico de estos incidentes, y para mejorar la calidad de vida de la sociedad en general. Este proyecto se alinea con los esfuerzos nacionales



e internacionales en materia de seguridad vial y ofrece una solución innovadora para mitigar los riesgos asociados con la conducción en condiciones de riesgo.

## **CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ámbito y condiciones de la investigación**

#### **3.1.1. Contexto de la investigación**

Este proyecto se desarrolló específicamente en el distrito de Tarapoto, provincia de San Martín, departamento de San Martín, Perú.

#### **3.1.2. Periodo de Ejecución**

El proyecto dio inicio el 9 de octubre y concluyó el 4 de diciembre de 2023, abarcando todo el período de ejecución de 2 meses planificado.

#### **3.1.3. Autorizaciones y permisos**

En este proyecto, no se gestionaron ni se utilizaron permisos o autorizaciones particulares, ya que se desarrolló en espacios de acceso público como la vía pública. Sin embargo, durante la ejecución del proyecto, se implementaron rigurosamente todas las medidas de seguridad pertinentes por parte de los responsables involucrados en el proceso.

#### **3.1.4. Control Ambiental y protocolos de bioseguridad**

Esta investigación no implicó manipulación ambiental y no se requirieron protocolos de bioseguridad específicos. Se enfocó en el desarrollo un sistema de alerta basado en visión artificial para conductores en condiciones de riesgo.

#### **3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales**

Se aseguró el cumplimiento riguroso de los principios éticos y las normativas legales vigentes. En este contexto, se dio estricto seguimiento a la Ley N° 27181, reconocida como la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, junto con el acatamiento del Reglamento Nacional de Tránsito aprobado mediante el Decreto Supremo N° 033-2001-MTC. Este compromiso con el marco legal y ético proporcionó el marco adecuado para llevar a cabo el estudio de manera responsable y conforme a las disposiciones establecidas en la normativa vigente en materia de transporte y tráfico terrestre.

## 3.2. Tecnologías y herramientas

### Visual Studio Code



Visual Studio Code es un editor de código fuente optimizado y redefinido para construir y depurar aplicaciones web y en la nube modernas. Es ampliamente utilizado por desarrolladores web y de JavaScript, pero también es compatible con casi cualquier lenguaje de programación a través de extensiones. Ofrece muchas facilidades para escribir, depurar y probar código. Viene con soporte integrado para JavaScript, TypeScript y Node.js, y tiene un ecosistema rico de extensiones para otros lenguajes y entornos de ejecución, como C++, C#, Java, Python, PHP, Go y .NET. También incluye una terminal con todas las funciones, lo que facilita la ejecución de comandos necesarios durante el desarrollo.

### Python



Python es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y generalmente utilizado para el desarrollo de aplicaciones web, análisis de datos, inteligencia artificial y automatización de tareas. Es conocido por su sintaxis clara y legible, lo que facilita su aprendizaje y uso. Python cuenta con una amplia biblioteca estándar y una gran cantidad de paquetes y frameworks desarrollados por la comunidad, lo que lo convierte en una herramienta versátil y poderosa para diferentes aplicaciones.

### OpenCV



OpenCV (Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca de código abierto ampliamente utilizada para el procesamiento de imágenes y visión por computadora. Proporciona una amplia gama de algoritmos y funciones para realizar tareas como detección de objetos, reconocimiento facial, seguimiento de objetos, calibración de cámaras, entre otros. OpenCV es compatible con varios lenguajes de programación, incluido Python, y se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, como sistemas de vigilancia, robótica, realidad aumentada y automóviles autónomos. Se utilizó OpenCV para realizar tareas como la captura de imágenes de la cámara, el procesamiento de imágenes y la visualización de resultados.

## MediaPipe



MediaPipe es una plataforma de código abierto para el desarrollo de aplicaciones de visión por computadora en tiempo real. Proporciona una biblioteca de módulos de código precompilado que se pueden utilizar para realizar tareas como el seguimiento de objetos, la detección de caras y la estimación de poses.

Se utilizó el módulo Face Mesh de MediaPipe para detectar las características faciales de un conductor. Este módulo utiliza un algoritmo de aprendizaje automático para identificar los puntos de referencia faciales, como los ojos, la nariz y la boca.

## NumPy



Es una biblioteca de código abierto para cálculo numérico con Python. Proporciona un conjunto de funciones y tipos de datos para trabajar con matrices y arreglos multidimensionales. En el proyecto, se utilizó NumPy para almacenar y manipular los datos de las imágenes faciales.

## Math



Math es un módulo de Python que proporciona funciones matemáticas básicas. En el proyecto, se utilizó Math para realizar tareas matemáticas como el cálculo de distancias y proporciones.

## Time



Es un módulo de Python que proporciona funciones para trabajar con el tiempo. En el proyecto, se utilizó Time para medir el tiempo que tarda en ejecutarse cada una de las tareas del sistema.

## Computador



Un computador, también conocido como ordenador o computadora, es un dispositivo electrónico capaz de procesar datos según un conjunto de instrucciones almacenadas, conocido como sistema. Está diseñado para realizar diversas operaciones automáticamente y ejecutar tareas específicas de manera eficiente. Los computadores constan de varios componentes esenciales, lo que se utilizó fue una placa madre, la cual es el componente principal que conecta todos los demás componentes del computador, permitiendo la comunicación entre ellos. ayudará a la ejecución del sistema de detección de alertas.

## Cámara



Una cámara es un dispositivo que captura imágenes o videos mediante la grabación de la luz incidente en un sensor fotosensible. Está diseñada para convertir la información visual en datos electrónicos que pueden ser almacenados, procesados o visualizados. Existen diferentes tipos de cámaras la que se usara es una que sea capaz de capturar nítidamente las imágenes faciales del conductor.

## Parlante



Es un dispositivo electroacústico que convierte señales eléctricas en ondas sonoras audibles para el oído humano. Su función principal es reproducir sonidos generados por fuentes de audio como radios, reproductores de música, televisores, computadoras, y otros dispositivos electrónicos. Se utilizará para emitir un sonido-alarma cada vez que el sistema detecte una alerta.

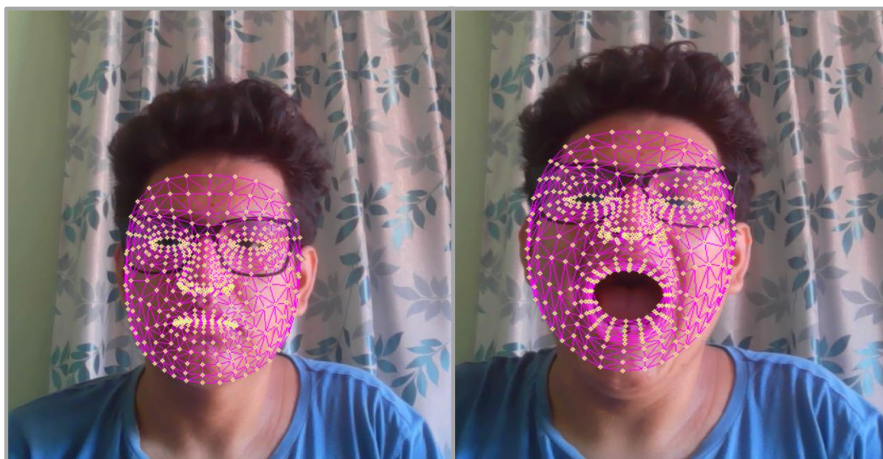
## 3.3. Procedimiento de la investigación

### 3.3.1. Objetivo específico 1

Para lograr este objetivo, resultó fundamental instalar la versión más reciente de Visual Studio Code como herramienta principal para la edición de código. Además, se incluyeron diversas bibliotecas y herramientas como Python, MediaPipe, OpenCV, NumPy y Math.

El sistema desarrollado para detectar microsueños, distracciones y bostezos se creó utilizando la biblioteca MediaPipe. Esta aplicación utiliza puntos de referencia facial, específicamente los ojos, la nariz y la boca, para llevar a cabo la detección mencionada. Además, se emplea OpenCV para facilitar la detección general del rostro.

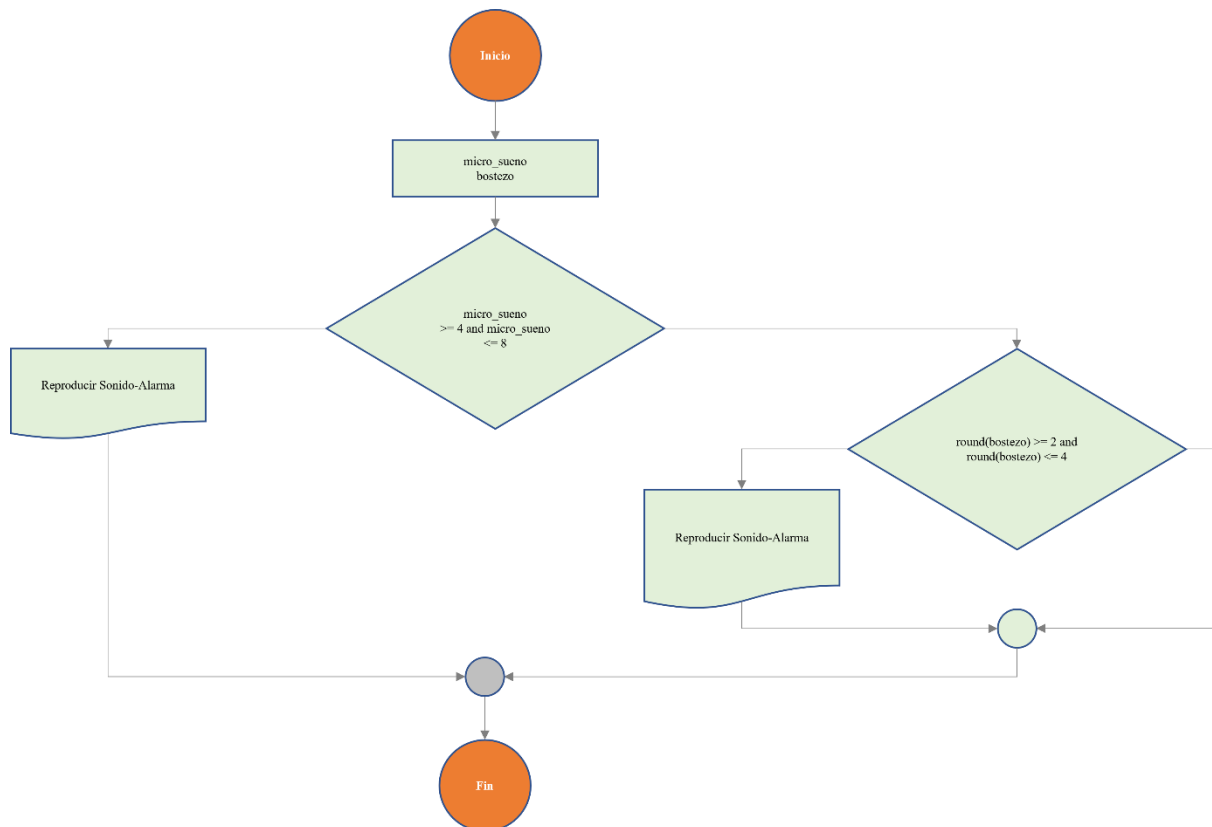
*Ilustración 1: Detección del rostro*



*Ilustración 2: Proceso principal del sistema*



*Ilustración 3: Diagrama de flujo del algoritmo*



En las ilustraciones anteriores se especifica en detalle el proceso principal del sistema y el algoritmo empleado.

### 3.3.2. Objetivo específico 2

Para la ejecución de este objetivo se utilizó lo siguiente:

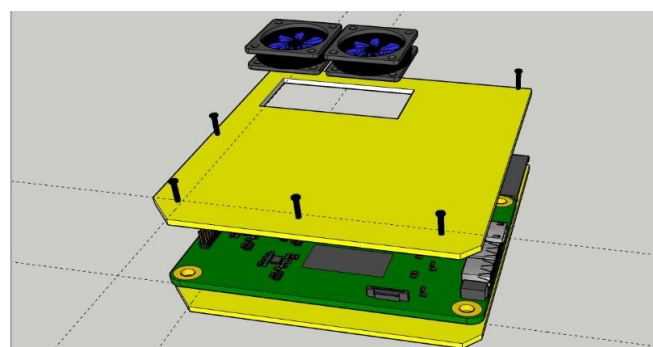
*Tabla 1: Bienes utilizados*

Cod. SIGA	Descripción	Cant.	ValorUnit.S/	Valor Total S/
262300050027	MÓDULO DE CÁMARA 8 MP - USB	1	100,00	100,00
717300170001	CARTON MAQUETA DE 3 mm X 1 m X 70 cm	1	15,00	15,00
731500011318	PINTURA SINTETICA AEROSOL X 400 mL	2	12,00	24,00
767500030277	DISCO DURO ESTADO SOLIDO NVME 920 GB	1	220,00	220,00
767500410333	MEMORIA RAM DDR4 8 GB 2666 MHz	1	75,00	75,00
283400420139	BATERIA RECARGABLE DE ION - LITIO 3.7 V 1000 MAH	4	12,00	48,00
281600210590	CABLE DE COBRE TIPO TW 1 X 4 mm2	9	0,40	3,60
070400190232	CINTA TEFLÓN 3/4 in X 10 yd	1	1,50	1,50
737000050402	PEGAMENTO INSTANTANEO X 7 g	1	12,00	12,00
411000090214	CUCHILLA CON MANGO DE PLÁSTICO 18 mm	1	7,00	7,00
199100100892	PARLANTE BLUETOOTH (MENOR A 1/4 UIT) 3 W	1	90,00	90,00
150900010078	TORNILLO DE ACERO PUNTA FINA 3 mm X 25 mm	1	2,50	2,50
172100040002	GASOLINA DE 90 OCTANOS	1	19,90	19,90
<b>Total</b>				<b>618,50</b>

El dispositivo electrónico, un Jetson Nano Casero, se instaló en la parte trasera de una motocicleta Yamaha XTZ 150, precisamente en la parrilla que tiene una capacidad de carga de hasta 7.0 kg. La cámara se ubicó en la sección delantera, apuntando directamente al rostro del conductor con un ángulo de visión de 75°, y el cableado se fijó internamente a lo largo de la motocicleta.

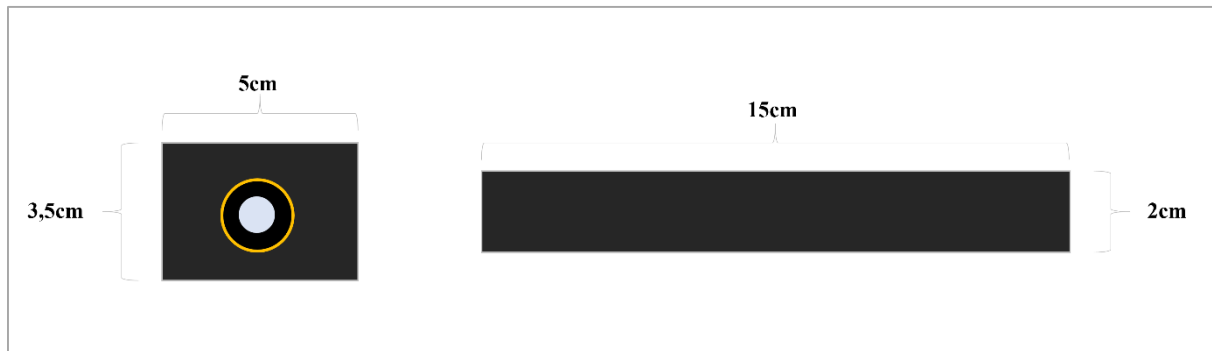
Por otro lado, se empleó un parlante Bluetooth ubicado en la parte frontal de la moto con el propósito de mejorar la calidad de reproducción del sonido de la alarma. Esto facilita una mejor audición del sonido emitido por el dispositivo de alarma. La caja-base del jetson tiene una medida de 26 x 21.50 cm.

*Ilustración 4: Diseño del Jetson Nano Casero*

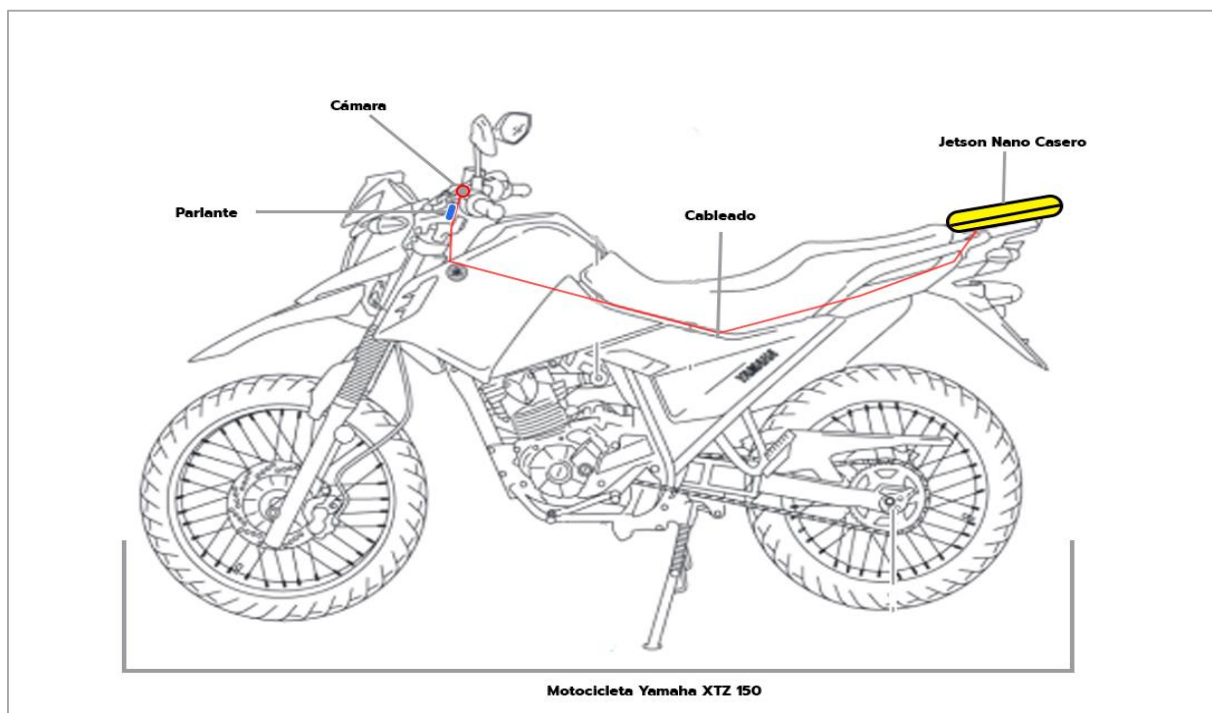


A continuación, se muestra en detalle la base del módulo de la cámara que tiene una medida de 5 x 3.50 cm y el sujetador 15 x 2 cm. Asimismo, el largo del cable que conecta la cámara con el aparato es de 150 cm.

*Ilustración 5: Módulo de cámara y sujetador*



*Ilustración 6: Implantación en la Motocicleta*



### 3.3.3. Objetivo específico 3

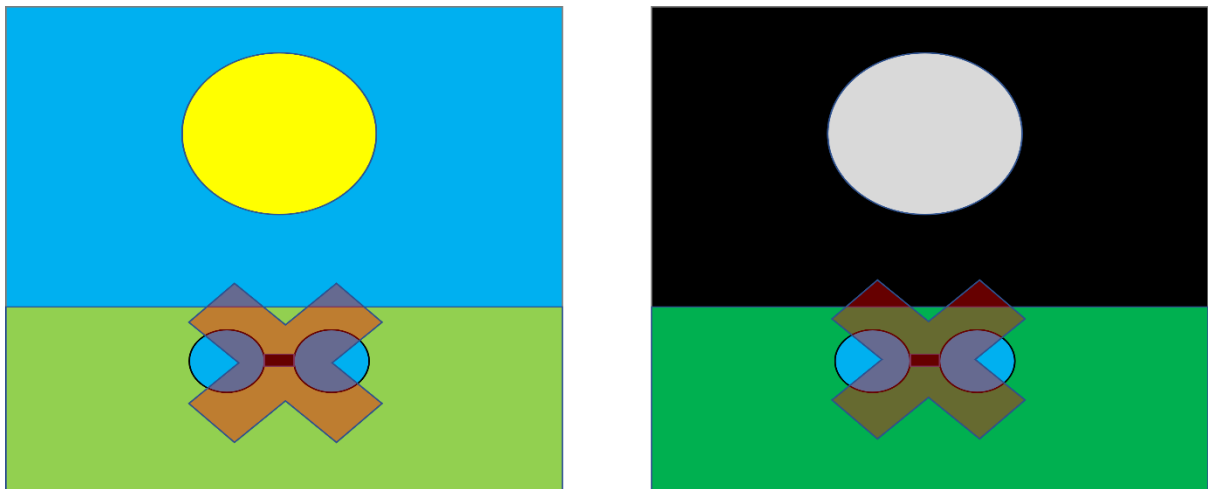
Se realizaron pruebas exhaustivas en distintos periodos del día, incluyendo pruebas tanto durante la noche como durante el día, con el objetivo de evaluar el funcionamiento del sistema



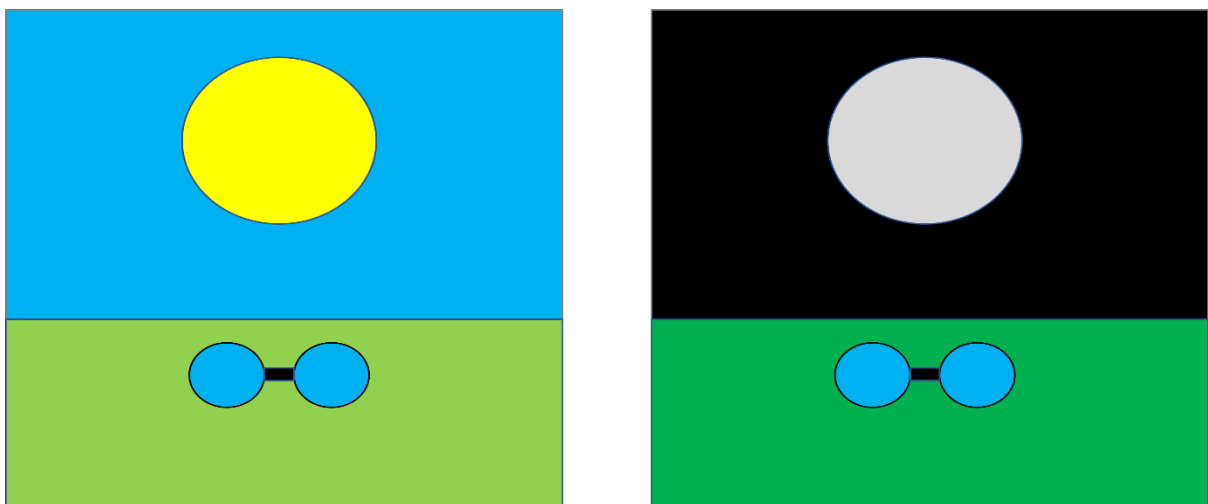
en condiciones de iluminación variadas. Estas pruebas fueron diseñadas para capturar y analizar el comportamiento de los conductores en entornos diurnos y nocturnos, lo que permitió obtener una visión completa del desempeño del sistema bajo diversas condiciones lumínicas.

Además, se llevaron a cabo pruebas con conductores que utilizaban lentes y otros que no los utilizaban. Este enfoque permitió evaluar cómo el sistema de alerta basado en visión artificial respondía y se adaptaba a las diferentes condiciones visuales de los conductores, ofreciendo una perspectiva integral de su desempeño y efectividad.

*Ilustración 7: Condición de iluminación diurno y nocturno sin lentes*



*Ilustración 8: Condición de iluminación diurno y nocturno con lentes*



## **CAPÍTULO 4: RESULTADOS**

Tras un meticuloso esfuerzo de investigación que se extendió a lo largo de un período de dos meses, se han logrado alcanzar y documentar resultados significativos que se encuentran íntimamente relacionados con los objetivos específicos que se propusieron inicialmente. Estos resultados representan un hito importante en el desarrollo de este proyecto, ofreciendo un panorama claro y detallado de los logros obtenidos en este extenso proceso de indagación y análisis.

### **4.1. Resultado específico 1**

*Diseñar un sistema de alerta basado en visión artificial para conductores en condiciones de riesgo*

En cuanto al primer objetivo específico abordado en nuestro proyecto, el diseño del sistema representó un desafío significativo para la comunidad de conductores. Se llevó a cabo una cuidadosa selección de herramientas específicas, incluyendo diversas librerías y módulos de Python, en un esfuerzo colaborativo entre todos los involucrados.

El sistema desarrollado demostró su capacidad para capturar imágenes en tiempo real del rostro de una persona. Utilizando algoritmos especializados, logramos obtener resultados óptimos para la reproducción de sonidos de alarma en momentos críticos. Esta integración exitosa de captura de imágenes faciales en tiempo real y la aplicación de algoritmos para interpretar la información constituye un logro conjunto, resultado de la colaboración entre todos los autores involucrados en este objetivo específico del proyecto.

### **4.2. Resultado específico 2**

*Construir el prototipo para la integración del sistema de alerta basado en visión artificial para conductores en condiciones de riesgo.*

La instalación del dispositivo Jetson Nano Casero en la parrilla trasera de la motocicleta Yamaha XTZ 150 proporcionó un soporte sólido y seguro para la ejecución del sistema de alerta basado en visión artificial. Esta ubicación permitió una distribución equilibrada del peso y aseguró la estabilidad del dispositivo durante el funcionamiento en diferentes condiciones de conducción.

La colocación estratégica de la cámara en la sección delantera, apuntando directamente al rostro del conductor con un ángulo de visión aproximado de 75°, facilitó la captura precisa de imágenes faciales para el análisis y detección de posibles riesgos o condiciones anómalas.

Además, el uso del parlante Bluetooth en la parte frontal de la motocicleta demostró ser efectivo para mejorar la calidad de reproducción del sonido de la alarma. Esta disposición mejoró significativamente la audibilidad del dispositivo de alarma, asegurando que el conductor pueda recibir alertas de manera clara y oportuna.

### 4.3. Resultado específico 3

*Evaluar la influencia del sistema de alerta basado en visión artificial para monitorear el comportamiento de los conductores en condiciones de riesgo.*

Se realizaron 10 pruebas de campo críticos, en ambas condiciones de iluminación, diurna y nocturna.

#### Diurna

Para la condición de iluminación diurna con uso y sin uso de lentes, aplicamos los siguientes indicadores, el número de detecciones del sistema y los números de simulaciones de somnolencia/bostezos, los mismo que se detallaron en cuadros, enumerados por prueba, como se observa de manera detallada los siguientes cuadros:

P1	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	N° Detecciones	12	N° Detecciones	17
	N° Simulaciones	20	N° Simulaciones	20

P2	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	N° Detecciones	10	N° Detecciones	10
	N° Simulaciones	20	N° Simulaciones	20

P3	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	N° Detecciones	8	N° Detecciones	15
	N° Simulaciones	20	N° Simulaciones	20

P4	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	N° Detecciones	14	N° Detecciones	16
	N° Simulaciones	20	N° Simulaciones	20

<b>P5</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>10</b>	Nº Detecciones	<b>14</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P6</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>10</b>	Nº Detecciones	<b>12</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P7</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>11</b>	Nº Detecciones	<b>15</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P8</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>7</b>	Nº Detecciones	<b>15</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P9</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>10</b>	Nº Detecciones	<b>18</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P10</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>8</b>	Nº Detecciones	<b>15</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

En cuanto a las detecciones se tuvo en cuenta las simulaciones, esto para obtener los resultados, puesto que la condiciones para la simulación es que, si se detecta micro sueños igual o mayores de 4 segundos y menores e iguales que 8 y bostezos con promedio de 2 a 4 segundos, el sistema debe reproducir un sonido de alarma. Si tuvo en cuenta 20 simulaciones de micro sueño y bostezo.

<b>P1</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,60</b>
	Día sin Lentes	<b>0,85</b>

<b>P2</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,50</b>
	Día sin Lentes	<b>0,50</b>

<b>P3</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,40</b>
	Día sin Lentes	<b>0,75</b>

<b>P4</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,70</b>
	Día sin Lentes	<b>0,80</b>

<b>P5</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,50</b>
	Día sin Lentes	<b>0,70</b>

<b>P6</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,50</b>
	Día sin Lentes	<b>0,60</b>

<b>P7</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,55</b>
	Día sin Lentes	<b>0,75</b>

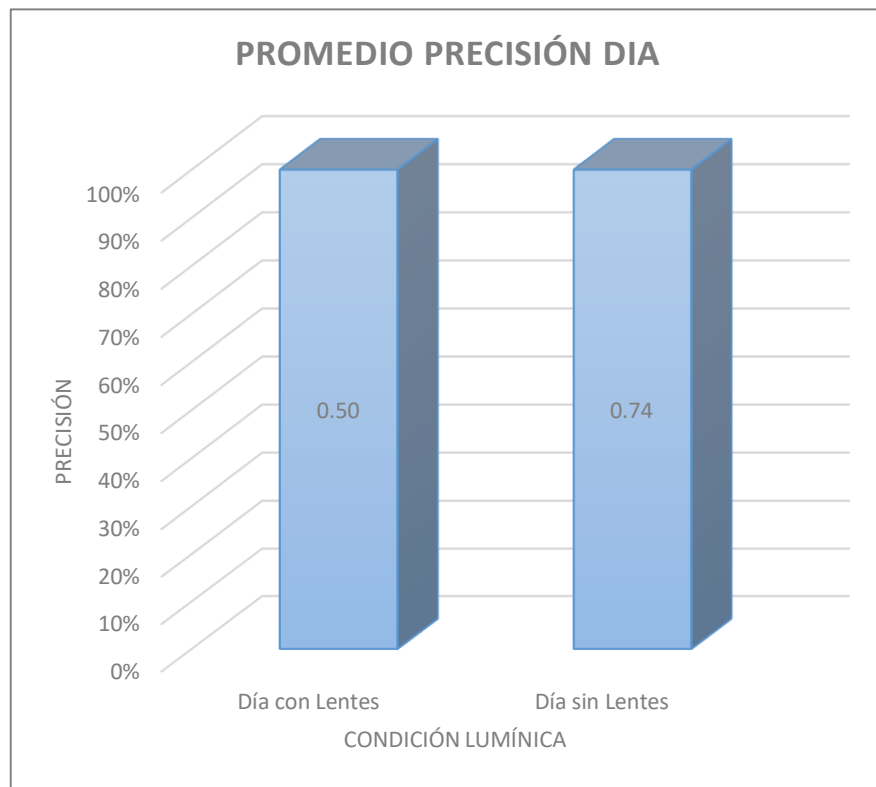
<b>P8</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,35</b>
	Día sin Lentes	<b>0,75</b>

<b>P9</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,50</b>
	Día sin Lentes	<b>0,90</b>

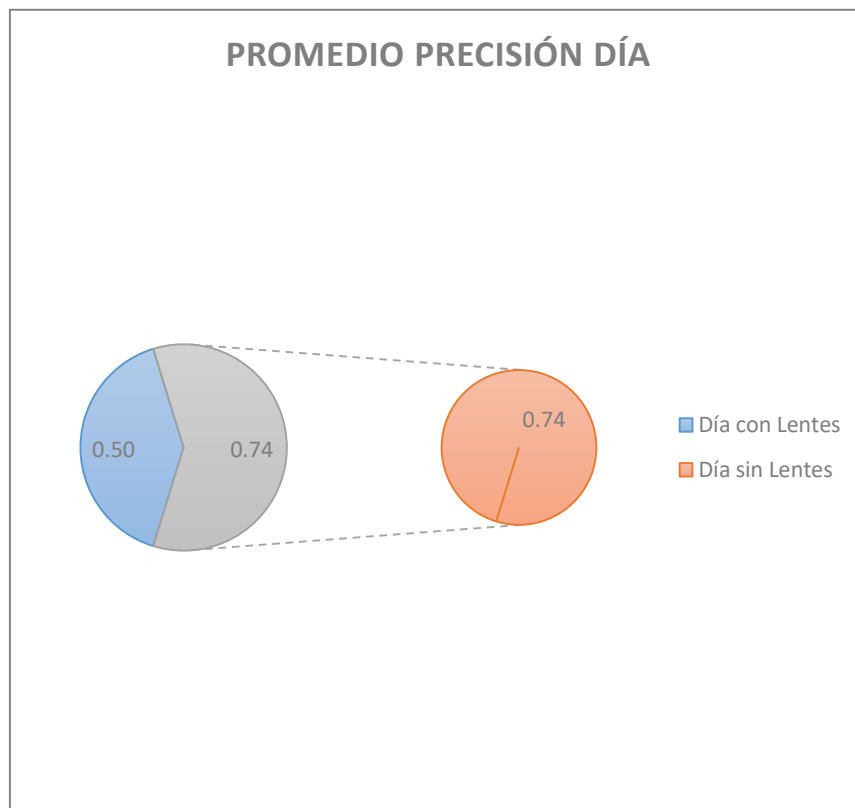
<b>P10</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Día con Lentes	<b>0,40</b>
	Día sin Lentes	<b>0,75</b>

Se observa que, en las 10 pruebas, la condición lumínica en el día con lentes tiene menor precisión que en el día sin lentes. Con esto obtenemos el siguiente promedio de precisión en la Condición Lumínica Diurna con y sin lentes:

<b>PROMEDIO PRECISIÓN</b>	
Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
Día con Lentes	0,50
Día sin Lentes	0,74



*Gráfico 1: Columnas agrupadas del promedio de precisión del sistema*



*Gráfico 2: Gráfico circular con subgráfico circular del promedio de precisión del sistema*

Se obtuvo que el promedio de precisión en la condición lumínica diurna con el uso de lentes, es un 50%, siendo 24% menor que la condición lumínica diurna sin el uso de lentes, que ocupa un 74% de promedio de precisión.

## Nocturna

Para la condición de iluminación nocturna con uso y sin uso de lentes, aplicamos los siguientes indicadores, el número de detecciones del sistema y los números de simulaciones de somnolencia/bostezos, los mismo que se detallaron en cuadros, enumerados por prueba, como se observa de manera detallada los siguientes cuadros:

<b>P1</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>1</b>	Nº Detecciones	<b>1</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P2</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>1</b>	Nº Detecciones	<b>1</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P3</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>0</b>	Nº Detecciones	<b>0</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P4</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>0</b>	Nº Detecciones	<b>0</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P5</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>0</b>	Nº Detecciones	<b>0</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P6</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>0</b>	Nº Detecciones	<b>1</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P7</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>1</b>	Nº Detecciones	<b>15</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P8</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>0</b>	Nº Detecciones	<b>2</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P9</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>1</b>	Nº Detecciones	<b>1</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

<b>P10</b>	Criterio con Lentes	Valores	Criterio sin Lentes	Valores
	Nº Detecciones	<b>8</b>	Nº Detecciones	<b>1</b>
	Nº Simulaciones	<b>20</b>	Nº Simulaciones	<b>20</b>

En cuanto a las detecciones se tuvo en cuenta las simulaciones, esto para obtener los resultados, puesto que la condiciones para la simulación son las misma que la condición lumínica diurna.

<b>P1</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	<b>0,05</b>
	Noche sin Lentes	<b>0,05</b>

<b>P2</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	<b>0,05</b>
	Noche sin Lentes	<b>0,05</b>

<b>P3</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	<b>0,00</b>
	Noche sin Lentes	<b>0,00</b>

<b>P4</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	<b>0,00</b>
	Noche sin Lentes	<b>0,00</b>

<b>P5</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	<b>0,00</b>
	Noche sin Lentes	<b>0,00</b>

<b>P6</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	<b>0,00</b>
	Noche sin Lentes	<b>0,05</b>

<b>P7</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	<b>0,05</b>



	Noche sin Lentes	0,75
<b>P8</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	0,00
	Noche sin Lentes	0,10
<b>P9</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	0,05
	Noche sin Lentes	0,05
<b>P10</b>	Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
	Noche con Lentes	0,40
	Noche sin Lentes	0,05

Se observa que, en las 10 pruebas, la condición lumínica en la noche con lentes tiene menor precisión que en el día sin lentes. Con esto obtenemos el siguiente promedio de precisión en la Condición Lumínica Nocturna con y sin lentes:

PROMEDIO PRECISIÓN	
Condición Lumínica	Micro Sueños/Bostezos
Noche con Lentes	0,06
Noche sin Lentes	0,11

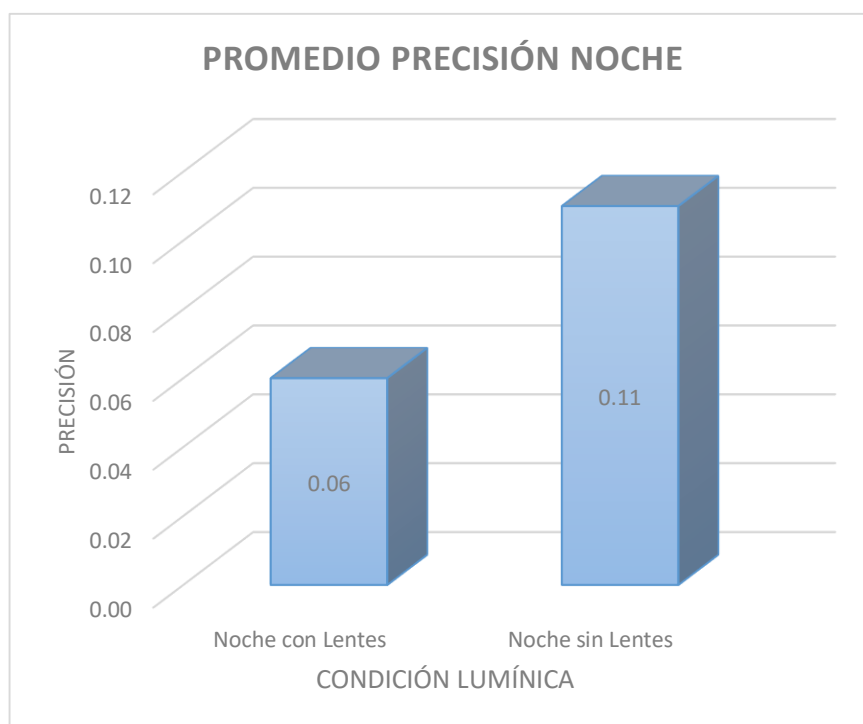
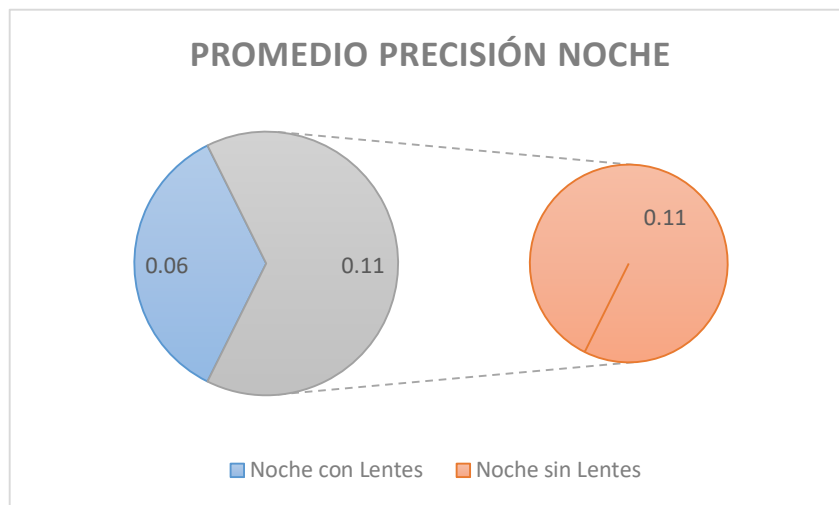


Gráfico 3: Columnas agrupadas del promedio de precisión del sistema



*Gráfico 4: Gráfico circular con subgráfico circular del promedio de precisión del sistema*

Se obtuvo que el promedio de precisión en la condición lumínica nocturna con el uso de lentes, es un 0,06%, siendo 0,05% menor que la condición lumínica nocturna sin el uso de lentes, que ocupa un 0,11% de promedio de precisión.

## CONCLUSIONES

- El diseño satisface los requisitos mínimos necesarios para garantizar el funcionamiento seguro y adecuado del sistema, considerando una variedad de situaciones que pueden surgir debido a la propia naturaleza del proyecto.
- Durante la fase de creación del prototipo, se enfrentaron ciertas limitaciones que se resolvieron mediante el uso de herramientas alternativas más económicas, logrando así cumplir con los objetivos establecidos inicialmente para el proyecto.
- La precisión del sistema presenta diferencias de acuerdo a las pruebas realizadas en campo de acuerdo a los valores identificados, las que a modo de resumen se detallan las siguientes:
  - a. En ambiente diurno en la cual el sujeto de prueba no utiliza lentes se evidencio una tasa de precisión mayor en comparación en el contexto de que el sujeto de prueba utilice lentes.
  - b. En ambiente nocturno el sujeto de prueba que tiene lentes presenta una tasa de precisión baja en comparación con el que no tiene lentes. En vista a esto, se resalta la comparativa de ambas.
  - c. En base a los resultados obtenidos del sistema, se destaca el ambiente diurno por los resultados más altos en comparación al nocturno.

## **RECOMENDACIONES**

- La cámara tiene restricciones en su rendimiento, lo que puede limitar su idoneidad para futuros proyectos similares que requieran una calidad superior para lograr resultados más precisos.
- Dado el reducido número de vehículos disponibles, se utilizó un único modelo de motocicleta de dos ruedas. En función a esto, se recomienda contar con una variedad de vehículos para pruebas, ya que existe una amplia diversidad en el mercado y la sociedad actual.
- Es importante considerar la diversidad étnica de los sujetos de prueba para analizar con precisión los resultados, dado la amplia escala de razas en nuestra sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albadawi, Y., Takruri, M., & Awad, M. (2022). A Review of Recent Developments in Driver Drowsiness Detection Systems. *Sensors*, 22(5), 2069. <https://doi.org/10.3390/s22052069>

Ayoub, J., Wang, Z., Li, M., Guo, H., Sherony, R., Bao, S., & Zhou, F. (2022). Cause-and-Effect Analysis of ADAS: A Comparison Study between Literature Review and Complaint Data. *Proceedings of the 14th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, 139–149. <https://doi.org/10.1145/3543174.3547117>

De-Las-Heras, G., Sánchez-Soriano, J., & Puertas, E. (2021). Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Based on Machine Learning Techniques for the Detection and Transcription of Variable Message Signs on Roads. *Sensors*, 21(17), 5866. <https://doi.org/10.3390/s21175866>

EDWIN ADRIÁN CACUANGO CHASIGUANO. (2023). PROTOTIPO MODULAR CON ALARMA PARA LA DETECCIÓN DE LA FATIGA Y ANTISUEÑO EN CONDUCTORES DE LA EMPRESA BIT PON IMPLEMENTANDO UN ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL . *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*.

Elka Irina Amaya Solano, Juan Carlos Bolívar Ariza, & Leidy Paola Palacios Gutiérrez. (2023). Implementación de sensores para detectar síntomas de sueño y fatiga en conductores de vehículos de carga pesada en la empresa transportes Oviedo. *UNITEC*. <https://hdl.handle.net/20.500.12962/2522>

GUIMER SENON COAQUIRA COAQUIRA, & ORESTES RAMIREZ TICONA. (2022). SISTEMA PARA DETECTAR EL ESTADO DE SOMNOLENCIA DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL EN LA CIUDAD DE TACNA. *UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA*.

Kumbure, M. M., Lohrmann, C., Luukka, P., & Porras, J. (2022). Machine learning techniques and data for stock market forecasting: A literature review. *Expert Systems with Applications*, 197, 116659. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116659>

- Merlhiot, G., & Bueno, M. (2022). How drowsiness and distraction can interfere with take-over performance: A systematic and meta-analysis review. *Accident Analysis & Prevention*, 170, 106536. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106536>
- Murthy, J. S., Siddesh, G. M., Lai, W.-C., Parameshachari, B. D., Patil, S. N., & Hemalatha, K. L. (2022). ObjectDetect: A Real-Time Object Detection Framework for Advanced Driver Assistant Systems Using YOLOv5. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/9444360>
- Nidamanuri, J., Mukherjee, P., Assfalg, R., & Venkataraman, H. (2022). Auto-Alert: A Spatial and Temporal Architecture for Driving Assistance in Road Traffic Environments. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 20(1), 64–74. <https://doi.org/10.1007/s13177-021-00272-3>
- Paiva, E., Paim, A., & Ebecken, N. (2021). Convolutional Neural Networks and Long Short-Term Memory Networks for Textual Classification of Information Access Requests. *IEEE Latin America Transactions*, 19(5), 826–833. <https://doi.org/10.1109/TLA.2021.9448317>
- Peng, Z., Wang, Y., & Truong, L. T. (2022). Individual and combined effects of working conditions, physical and mental conditions, and risky driving behaviors on taxi crashes in China. *Safety Science*, 151, 105759. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105759>
- Soto Sogamoso, J. E., Pinto Lopera, J. E., & Millán Rojas, E. E. (2022). Micorrizas arbusculares y las técnicas de visión artificial para su identificación. *TecnoLógicas*, 25(54), e2348. <https://doi.org/10.22430/22565337.2348>
- Wang, L., Wang, Y., Shi, L., & Xu, H. (2022). Analysis of risky driving behaviors among bus drivers in China: The role of enterprise management, external environment and attitudes towards traffic safety. *Accident Analysis & Prevention*, 168, 106589. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106589>
- Yeong, D. J., Velasco-Hernandez, G., Barry, J., & Walsh, J. (2021). Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review. *Sensors*, 21(6), 2140. <https://doi.org/10.3390/s21062140>

# ANEXOS

## Objetivo Específico 1

---

### *Código fuente del Sistema de Alerta*

```
1  import cv2
2  import mediapipe as mp
3  import numpy as np
4  import math
5  import time
6  # audio
7  import playsound as ps
8
9  def eye_aspect_ratio(coordinates):
10     d_A = np.linalg.norm(np.array(coordinates[1]) - np.array(coordinates[5]))
11     d_B = np.linalg.norm(np.array(coordinates[2]) - np.array(coordinates[4]))
12     d_C = np.linalg.norm(np.array(coordinates[0]) - np.array(coordinates[3]))
13
14     return (d_A + d_B) / (2 * d_C)
15
16 def relacion_nariz(coordinates):
17     x1, y1 = coordinates[0]
18     x2, y2 = coordinates[1]
19     return math.sqrt((x1 - x2)*2 + (y1 - y2)*2)
20
21
22 cap = cv2.VideoCapture(0, cv2.CAP_DSHOW)
23
24 mp_face_mesh = mp.solutions.face_mesh
25 index_ojo_izquierdo = [33, 160, 158, 133, 153, 144]
26 index_ojo_derecho = [362, 385, 387, 263, 373, 380]
27 index_boca = [61, 37, 267, 291, 314, 84]
28 index_nariz = [36, 4]
29 valor_relacion_ojos_ref = 0.24
30
31 tiempo_sueno = 0
32 tiempo_sueno_real = 0
33 sueno = False
34 contador_sueno = 0
35 inicio_sueno = 0
36 final_sueno = 0
37 final = 0
38 muestra_sueno = 0
39 estado_sueno = True
40
41 valor_relacion_boca_ref = 0.60
42 tiempo_bostezo_real = 0
43 tiempo_bostezo = 0
44 bostezo = False
45 contador_bostezo = 0
46 inicio_bostezo = 0
47 final_bostezo = 0
48 muestra_bostezo = 0
49 estado_bostezo = True
50
51 # 3
52 valor_relacion_nariz_ref = 12
53 valor_relacion_nariz_ref2 = 40
54 tiempo_distraccion_real = 0
55 tiempo_distraccion = 0
56 distraccion = False
57 contador_distraccion = 0
58 inicio_distraccion = 0
59 final_distraccion = 0
60 muestra_distraccion = 0
61 estado_distraccion = True
62
63 with mp_face_mesh.FaceMesh(
64     static_image_mode=False,
65     max_num_faces=1) as face_mesh:
66
67     while True:
68         ret, frame = cap.read()
69         if not ret:
70             break
71         # Aplicar el espejo para evitar la inversión de la imagen
72         frame = cv2.flip(frame, 1)
73
74         # Aplicar mejoras en la imagen para una mejor detección de rasgos
75         frame_gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
76         clahe = cv2.createCLAHE(ciplimit=2.0, tileGridSize=(8, 8))
77         frame_gray = clahe.apply(frame_gray)
78         frame_gray = cv2.GaussianBlur(frame_gray, (5, 5), 0)
79
```

```

80 # Convertir la imagen a color nuevamente
81 frame_rgb = cv2.cvtColor(frame_gray, cv2.COLOR_GRAY2RGB)
82
83 # Continuar con la detección de rasgos faciales en 'frame_rgb'
84 results = face_mesh.process(frame_rgb)
85
86 height, width = frame.shape[:2]
87
88 coordenadas_ojo_izquierda = []
89 coordenadas_ojo_derecha = []
90 coordenadas_boca = []
91 coordenadas_nariz = []
92
93 if results.multi_face_landmarks is not None:
94     for face_landmarks in results.multi_face_landmarks:
95         for index in index_ojo_izquierdo:
96             x = int(face_landmarks.landmark[index].x * width)
97             y = int(face_landmarks.landmark[index].y * height)
98             coordenadas_ojo_izquierda.append([x, y])
99             # Dibujar puntos
100             cv2.circle(frame, (x, y), 2, (0, 255, 255), 1)
101             cv2.circle(frame, (x, y), 1, (128, 0, 250), 1)
102         for index in index_ojo_derecho:
103             x = int(face_landmarks.landmark[index].x * width)
104             y = int(face_landmarks.landmark[index].y * height)
105             coordenadas_ojo_derecha.append([x, y])
106             # Dibujar puntos
107             cv2.circle(frame, (x, y), 2, (128, 0, 250), 1)
108             cv2.circle(frame, (x, y), 1, (0, 255, 255), 1)
109         for index in index_boca:
110             x = int(face_landmarks.landmark[index].x * width)
111             y = int(face_landmarks.landmark[index].y * height)
112             coordenadas_boca.append([x, y])
113             # Dibujar puntos
114             cv2.circle(frame, (x, y), 2, (0, 255, 255), 1)
115             cv2.circle(frame, (x, y), 1, (128, 0, 250), 1)
116         for index in index_nariz:
117             x = int(face_landmarks.landmark[index].x * width)
118             y = int(face_landmarks.landmark[index].y * height)
119             coordenadas_nariz.append([x, y])
120             # Dibujar puntos
121             cv2.circle(frame, (x, y), 2, (0, 255, 255), 1)
122             cv2.circle(frame, (x, y), 1, (128, 0, 250), 1)
123
124 ear_left_eye = eye_aspect_ratio(coordenadas_ojo_izquierda)
125 ear_right_eye = eye_aspect_ratio(coordenadas_ojo_derecha)
126 valor_relacion_ojos = (ear_left_eye + ear_right_eye)/2
127
128 valor_relacion_boca = eye_aspect_ratio(coordenadas_boca)
129 valor_relacion_nariz = relacion_nariz(coordenadas_nariz)
130
131 #INICIO DE LAS CONDICIONES
132 # Ojos cerrados
133 if valor_relacion_ojos <= valor_relacion_ojos_ref and sueno == False:
134     sueno = True
135     estado_sueno = True
136     inicio_sueno = time.time()
137
138 elif valor_relacion_ojos > valor_relacion_ojos_ref and sueno == True:
139     sueno = False
140     final_sueno = time.time()
141
142 tiempo_sueno = round(final_sueno - inicio_sueno, 0)
143
144 if tiempo_sueno >= 3:
145     contador_sueno += 1
146     muestra_sueno = tiempo_sueno
147     inicio_sueno = 0
148     final_sueno = 0
149     print("Ojos cerrados: " + str(tiempo_sueno) + " segundos")
150
151 # Boca abierta
152 if valor_relacion_boca > valor_relacion_boca_ref and bostezo == False:
153     bostezo = True
154     estado_bostezo = True
155
156     inicio_bostezo = time.time()
157     print(round(inicio_bostezo, 0))
158 elif valor_relacion_boca < valor_relacion_boca_ref and bostezo == True:
159     bostezo = False
160
161     final_bostezo = time.time()
162     print(round(final_bostezo - inicio_bostezo, 0))
163
164 # ----- Sonidos
165 x = round(final_bostezo - inicio_bostezo)
166 if tiempo_sueno >= 4:
167     print('Manten los ojos abiertos 1!')
168     ps.play_sound(
169         "C:/project/rostro/rostro/sonidos/sonido.wav")
170 else x >= 2 and x <= 4:
171     print('Manten los ojos abiertos 2!')
172     ps.play_sound(
173         "C:/project/rostro/rostro/sonidos/sonido.wav")
174     final_bostezo = 0
175     inicio_bostezo = 0
176
177 cv2.imshow("Processed Frame", frame_gray)
178 k = cv2.waitKey(1) & 0xFF
179 if k == 27:
180     break
181 cap.release()
182 cv2.destroyAllWindows()

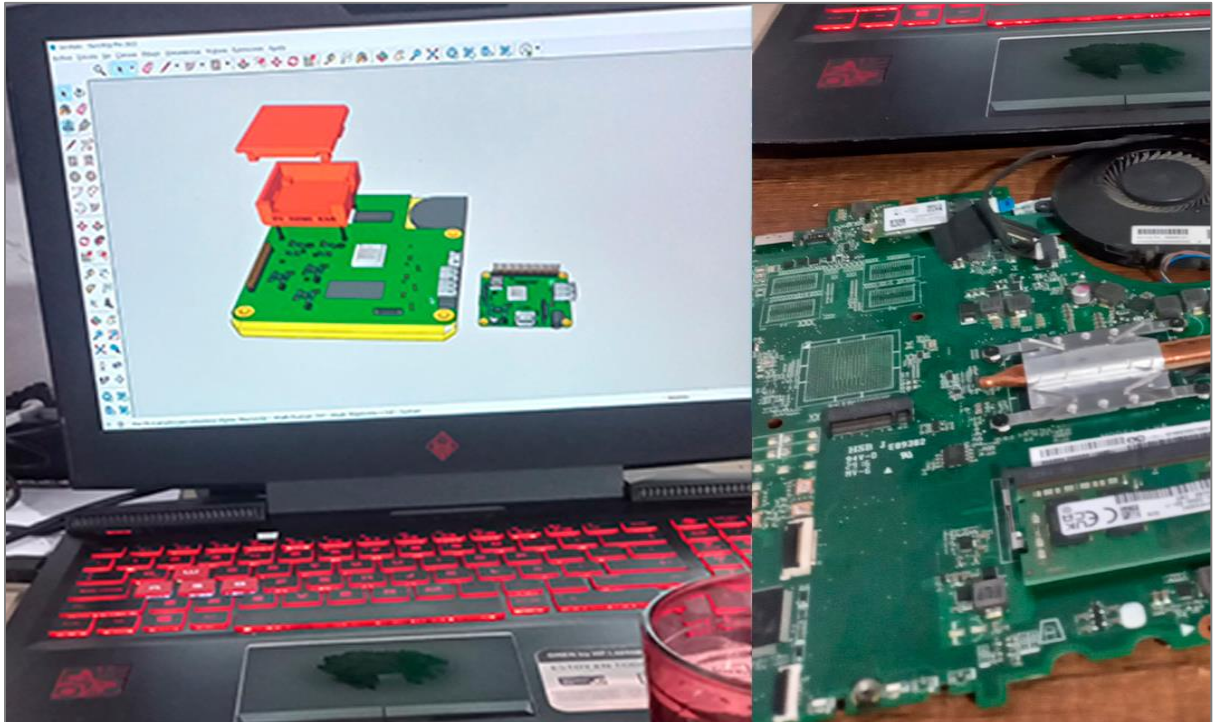
```



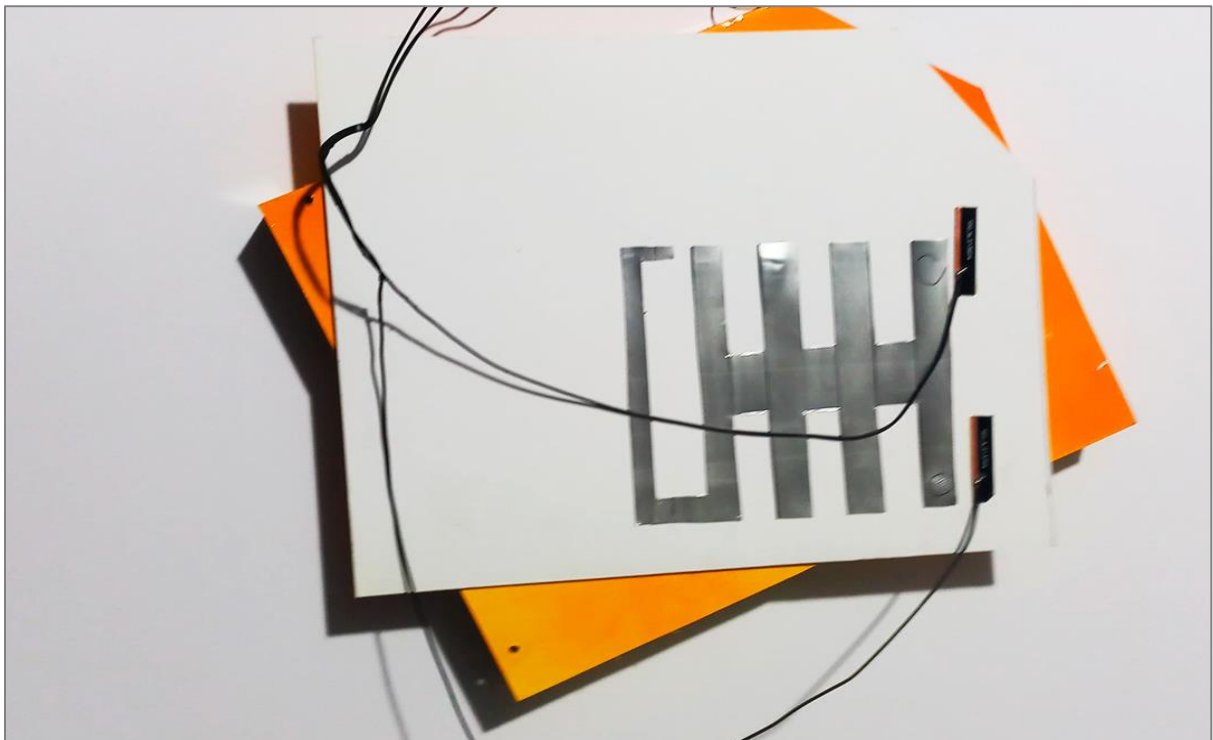
## Objetivo Específico 2

---

### *Diseño del Prototipo (Jetson Nano Casero)*



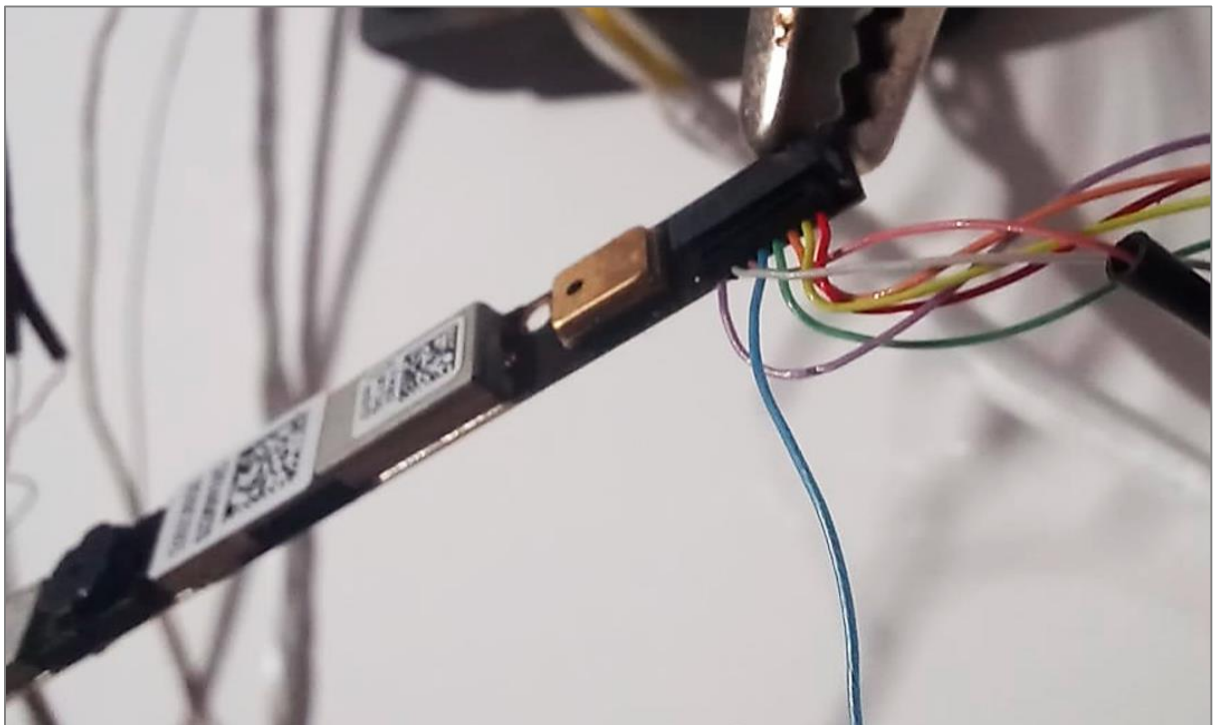
### *Creación y modificación de la antena WIFI - Bluetooth*



*Creación y modificación de la batería para el Jetson Nano Casero*



*Creación y modificación de la cámara integrada al Jetson Nano Casero*





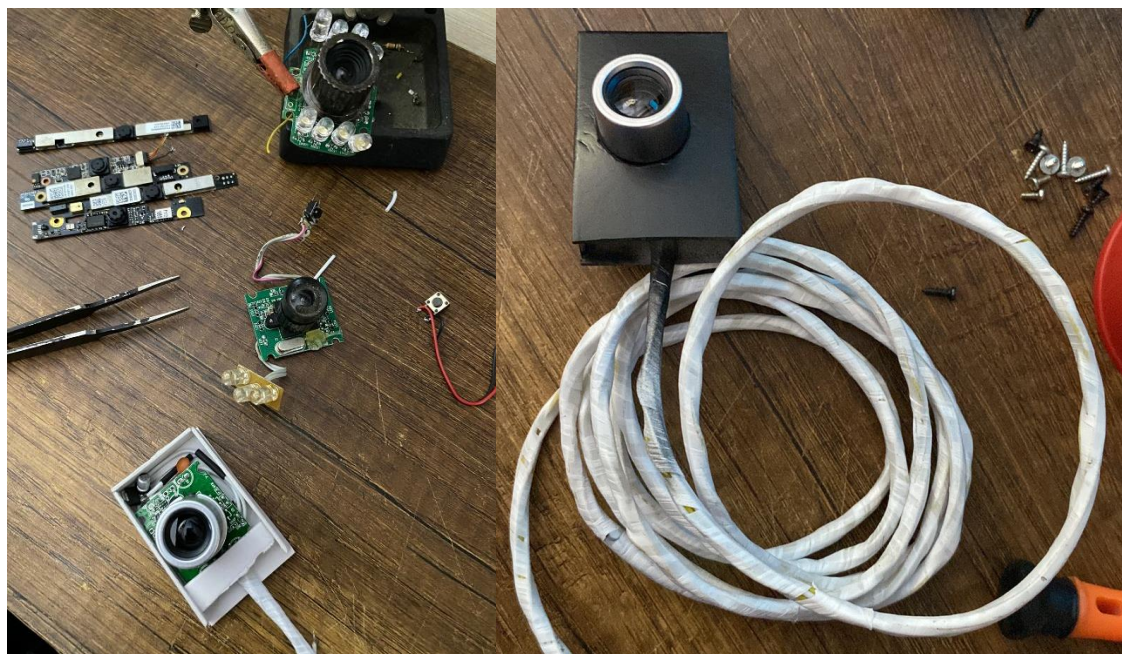
*Diseño final del Jetson Nano Casero*



*Implementación del prototipo*



## *Módulos de cámaras*





### Objetivo Específico 3

---

*Condición lumínica diurna sin lentes*



*Condición lumínica diurna con lentes*





### *Sistema funcional integrado en el prototipo*



*Link de Galería*

<https://drive.google.com/drive/folders/1wFUuRZMnYhYddJxHv7kjK6j8rUl0969O?usp=sharing>