

# **SISTEMA DE DETECCIÓN DE SOMNOLENCIA PARA CONDUCTORES DE TAXIS EN LA CIUDAD DE TULCÁN**

**DROWSINESS DETECTION SYSTEM FOR TAXI DRIVERS IN THE CITY OF  
TULCÁN**

---

*Recibido: 30/08/2022 Aceptado: 21/11/2022*

---

## **Kevin Daniel Delgado Egas**

Ingeniero en Ciencias de la Computación, Universidad Politécnica Estatal del Carchi,  
Tulcán – Ecuador

daniel.delgado@upec.edu.ec  
<https://orcid.org/0000-0002-4368-337X>

---

## **Yandún Velasteguí Marco Antonio**

Estudiante del Doctorado En Ingeniería de Sistemas e Informática, Universidad  
Nacional Mayor de San Marcos – Perú

Magíster en Auditoría de Tecnologías de la Información, Universidad de  
Especialidades Espíritu Santo

marco.yandun@unmsm.edu.pe  
<https://orcid.org/0000-0001-5627-9838>

---

### **Cómo citar este artículo:**

Delgado, K., & Yandún, M. (Enero – diciembre de 2022). Sistema de detección de somnolencia para conductores de taxis en la ciudad de Tulcán. Horizontes de Enfermería (12), 52-67. <https://doi.org/10.32645/13906984.1171>

## Resumen

La presente investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema de detección de Somnolencia aplicable a los conductores de taxis en la ciudad de Tulcán. Surge a través de la problemática encontrada en cuanto a la gran cantidad de accidentes de tránsito que se presentan actualmente en donde se determina la Somnolencia como uno de los causantes principales de estos accidentes, así también porque las cooperativas de taxis no utilizan ninguna herramienta que les ayude a detectar el estado de Somnolencia de sus conductores. Estas afirmaciones se evidenciaron en los resultados de la investigación cuantitativa, en donde los informantes fueron los taxistas de una cooperativa de Tulcán. Con esta información se vio la necesidad de desarrollar el sistema de detección de somnolencia aplicando varias herramientas electrónicas en especial el sensor de obstáculo infrarrojo el cual se encarga de detectar cuando el conductor cierre los ojos por un periodo de tiempo, un dispositivo Buzzer que emite una alarma, también un módulo de comunicación Bluetooth que establece la conexión entre la aplicación móvil y la parte electrónica. Adicional se desarrolló una aplicación móvil para gestionar la parte electrónica, guardar sus resultados y la administración de usuarios. Para probar el funcionamiento y eficiencia del prototipo tipo gafas, se realizó pruebas con 20 usuarios voluntarios, con lo cual se puede utilizar en los conductores para que bajen los accidentes de tránsito a causa de la somnolencia.

**Palabras clave:** Somnolencia, Arduino, App Inventor, Bluetooth, Firebase

## Abstract

This research focuses on the development of a Drowsiness detection system applicable to taxi drivers in the city of Tulcán. This arises through the problems found in terms of the large number of traffic accidents that currently occur, being Drowsiness determined as one of the main causes, also because taxi cooperatives do not use any tool to help detect the state of sleepiness of their drivers. These statements were evidenced in the results of quantitative research, where the informants were the taxi drivers of a Tulcán cooperative. With this data, there was the need of developing the drowsiness detection system by applying several electronic tools, especially the infrared obstacle sensor, which is responsible for detecting when the driver closes his eyes for a period of time; a Buzzer alarm device that emits an alarm; moreover, a Bluetooth communication module that establishes the connection between the mobile application and the electronic part. Additionally, a mobile application was developed to manage the electronic part, save its results and users management. To test the operation and effectiveness of the glasses-type prototype, tests were carried out with 20 voluntary users, which can be used in drivers to reduce traffic accidents because of drowsiness.

**Keywords:** Drowsiness, Arduino, App Inventor, Bluetooth, Firebase

## Introducción

En el presente trabajo se muestra el desarrollo de un sistema informático que permita la detección del estado de somnolencia para los conductores de taxis. Esta investigación surge después de identificar la problemática del aumento de accidentes de tránsito en el cantón Tulcán, problemática presentada en la investigación de Delgado K. (2022) y de acuerdo a la información extraída de la Agencia Nacional de Tránsito (2022). En su sitio web, mediante gráficos estadísticos, indican como en el periodo de enero 2021 a enero 2022 ocurrieron 173 accidentes de tránsito en la provincia del Carchi y en el cantón Tulcán ocurrieron 115 accidentes. En este caso se nota que el cantón Tulcán tiene una proporción mayor de accidentes de tránsito, en relación con los demás cantones de la provincia. Así mismo, este sitio web analiza las causas de estos accidentes de las cuales se define a la somnolencia como una de las principales.

Para aportar a la solución a la problemática de la somnolencia en los conductores, se ha indagado en varias soluciones tecnológicas que han sido presentadas durante el transcurso del tiempo. Tomando en cuenta distintas áreas de la computación, entre ellas se encuentra la incorporación de la visión por computador y la utilización de la electrónica. Es por ello que, en esta investigación, se describe una solución tecnológica incorporando varios componentes electrónicos, gestionados por una aplicación móvil que permita administrar y controlar los componentes electrónicos del sistema informático.

Ipushima y Jara (2018) indican que la somnolencia es un estado de sueño, en el cual se deterioran las capacidades de una persona hasta el punto de que ésta no puede controlarse y pierde el conocimiento. La somnolencia se produce principalmente por el cansancio, largas jornadas de trabajo e, inclusive, por malas condiciones físicas de la persona.

Entre las causas más conocidas de la somnolencia se encuentran: a) los trastornos de sueño que pueden ser la Narcolepsia, b) Hipotensión, c) calor excesivo dentro de la cabina del vehículo que ocasiona cansancio y distorsión del entorno, d) la digestión lenta ya que esto produce que el organismo gaste mucha energía afectando la condición física y produciendo cansancio, e), no dormir las horas recomendadas o tener periodos cortos de sueño, f) debido a efectos secundarios de algún tipo de medicamento (Clínica Somno, 2018).

Barros-Centeno et al. (2017) indican que parpadear más de 20 veces en un minuto, es un primer síntoma de que una persona está entrando en el estado de somnolencia, tomando en cuenta que una persona promedio parpadea entre 15 y 20 veces por minuto.

Otro síntoma de la somnolencia es el frotarse los ojos reiteradamente, esto puede indicar que el conductor tiene algún tipo de sequedad en los ojos o algún tipo de rigidez muscular. Así mismo, al ser este un indicativo de que la persona padece del estado de somnolencia es posible que se le empiecen a cerrar los ojos por un tiempo (Pedrozo-Pupo et al., 2020).

El bostezo repetido también se considera un síntoma de una persona que padece somnolencia, ya que este indica que la persona está cansada o que no se encuentra bien físicamente. Inclinar la cabeza es un síntoma de la somnolencia, solo se presenta cuando una persona ya padece de los otros síntomas de la somnolencia. (Oviedo et al., 2021).

Entre las alteraciones de la somnolencia en la conducción, pueden presentarse problemas en la concentración y reacción ante los imprevistos en la carretera. La toma de decisiones inmediatas se ve comprometida, ya que al entrar en un estado de sueño no puede procesar correctamente lo que pasa en su entorno; además pueden presentarse micro sueños causando pérdida del conocimiento por segundos. Se presentan también las alteraciones en la percepción del entorno,

llegando a confundir objetos y en algunos casos se presentan cambios de humor, nerviosismo y actuaciones agresivas (Unión de Mutuas, 2017).

Existe tecnología orientada a la detección de somnolencia como el Sistema de Detección de Somnolencia que utiliza un sensor de parpadeos, de acuerdo con la investigación y desarrollo de Sakre (2017), en la India se implementó un sensor para contar el número de parpadeos del conductor por minuto, si este excede el límite establecido, el sistema procederá a emitir una alarma por medio de un dispositivo Buzzer. También este sistema busca acortar el tiempo que demora el servicio de paramédicos en llegar, en caso de que un conductor haya padecido un accidente. Para ello, se implementa un sensor piezoeléctrico el cual se encarga de detectar cuando hubo un cambio en la tensión, temperatura, presión de conductor y datos sensoriales del vehículo, emitiendo señales y notificando a los paramédicos locales.

También, el sistema de detección de somnolencia por medio de sensores para medir la sensación termina del entorno. Berejano (2017) menciona que este tipo de sistemas de detección de somnolencia fue creado por Panasonic, el cual se basa en utilizar una cámara que dispone de visión artificial y por medio de algoritmos de inteligencia artificial analiza los comportamientos del conductor en búsqueda de anomalías al momento de conducir. Así mismo, utiliza un sensor infrarrojo el cual se encarga de medir la sensación térmica del vehículo, esto sumado a las lecturas de otro sensor que mide la temperatura del vehículo, una vez estas lecturas lleguen a los parámetros establecidos se encargarán de refrigerar el vehículo para que el calor excesivo no lleve al conductor a padecer somnolencia.

Por otra parte, el Sistema de Detección de Somnolencia por medio de inteligencia artificial, utiliza técnicas de procesamiento de imágenes y redes neuronales artificiales. Fue desarrollado en el lenguaje C# en el entorno de EmguCV, para la detección de los ojos del conductor se utilizó el algoritmo de Viola-Jones, el cual se encarga de detectar cuando el conductor a abierto o cerrado sus ojos. Este sistema también incorpora un zumbador como alarma en la parte del asiento del conductor controlado por una placa Arduino Uno. Así mismo, para la detección, se incorpora una cámara en la parte delantera del conductor. No obstante, en pruebas realizada se detectó varios falsos positivos debido a movimientos bruscos que realiza el conductor al momento de conducir (Mayon y Limaquispe, 2018).

Y también existe el Sistema de Detección de Somnolencia por medio de sensores de ángulo. Este sistema opera por medio de un sensor de ángulo incorporado en el volante del vehículo, el cual se encarga de medir la velocidad angular del volante en caso de que este genere movimientos bruscos al momento de operar el vehículo. Además, se incorpora un dispositivo en el motor del vehículo, el cual mide el tiempo en el que el conductor ha pasado sin detener el vehículo, debido a que el desarrollador de este sistema menciona que cada dos horas de conducción interrumpida se tiene que hacer un descanso. De igual forma, se incorpora un componente de alarma, el cual vibrará en el asiento una vez el sistema detecte actividad sospechosa (Fundación MAPFRE, 2022).

Por otra parte, también existen los dispositivos electrónicos para desarrollar un prototipo para detección de somnolencia como: Placa Arduino, según Fernández (2022), indica que es un dispositivo electrónico que contiene un microcontrolador el cual permite que el usuario grabe un conjunto de instrucciones, las cuales son escritas utilizando un lenguaje de programación y que depende de un entorno llamado Arduino IDE, que sirve para guardar, editar y eliminar las funciones. Este dispositivo contiene una interfaz de entrada la cual permite conectar otros dispositivos electrónicos a la vez, de la misma forma Arduino dispone de una interfaz de salida, que se encarga de transmitir información a otros dispositivos como pantallas o altavoces.

En la tabla 1 se muestra una comparativa en la cual se analizó los parámetros de cada placa Arduino para incorporar en el sistema informático.

**Tabla 1**

*Análisis placas Arduino*

Placa	Arduino uno	Arduino nano	Arduino mega	Arduino micro	Arduino mini
<b>Voltaje</b>	5 V	5 V	5 V	5 V	5 V
<b>Pines digitales</b>	14	14	54	20	14
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328P	ATmega328P	ATmega2560	ATmega328P	ATmega328P
<b>Pines analógicos</b>	6	6	16	12	8

Para el sistema de detección de somnolencia se utilizará la placa Arduino nano debido a su tamaño reducido y por la disponibilidad de la misma en el mercado.

Los sensores son dispositivos capaces de detectar varios tipos de magnitudes, como magnitudes físicas y químicas, que son transformadas por medio del sensor a variables eléctricas (Jecrespom, 2019). Según Solectro (2021), los sensores más utilizados actualmente son de obstáculos, de temperatura, de humedad, de presión, de sonido, de posición espacial, de frecuencia de luz y de velocidad.

En la tabla 2, se muestra una comparación de los sensores de obstáculos y selecciona los más adecuados para el desarrollo del sistema informático.

**Tabla 2**

*Análisis sensores de obstáculos*

	Sensor de Obstáculos Módulo KY-033	Sensor de Obstáculos Módulo KY-032	FC-51 Sensor De Obstáculos Reflectivo Infrarrojo	Sensor De Obstáculos Infrarrojo Modelo YXB034
<b>Voltaje de funcionamiento</b>	3.3 a 5 V	3.3 a 5 V	3.3 a 5 V	3.3 a 5 V
<b>Distancia de detección</b>	10 cm	2 a 40 cm	2 a 30 cm	2 a 40 cm
<b>Corriente de trabajo</b>	20 mA	20 mA	20 mA	20 mA

Se escogió el sensor de obstáculos infrarrojo FC-51, debido a la disponibilidad. Tiene una distancia de detección suficiente para reconocer los ojos del conductor y permite la incorporación de forma más eficiente en el prototipo tipo gafas, que contendrán toda la parte del sistema de detección de somnolencia. Adicionalmente, también se tomó en cuenta un sensor infrarrojo, debido a que estos pueden ser utilizados tanto en la luz como en la obscuridad.

Para establecer la conexión entre la parte electrónica y la aplicación móvil se ha incorporado el módulo de Bluetooth. No se ha seleccionado un módulo Wi-Fi, ya que este módulo necesita que se esté conectado el dispositivo a una red estable, además de tener inconvenientes en el envío y recepción de datos.

Como un dispositivo de alarma se ha escogido el dispositivo de sonido Buzzer, ya que este emite altas frecuencias de sonido y es un dispositivo bastante accesible.

Entornos de desarrollo de aplicación móvil. En la tabla 3 se realiza una comparativa entre los diferentes entornos de desarrollo de móvil que servirá para controlar el sistema de detección de somnolencia, se tomó como parámetros la compatibilidad con la placa Arduino nano, la comunicación serial y la comunicación por medio de Bluetooth.

**Tabla 3**

*Entornos de desarrollo móvil*

Entorno	Compatibilidad con la placa Arduino nano	Configuración módulo Bluetooth	Comunicación serial con la placa Arduino nano
Unity	×	✓	×
App Inventor	✓	✓	✓
Xamarin	×	✓	×
Ionic	×	✓	✓
Flutter	×	✓	×
Python	×	✓	×

App Inventor es el entorno de desarrollo seleccionado, debido a que este es compatible con la placa Arduino nano y permite la comunicación tanto serial como Bluetooth de la misma.

Para seleccionar la base de datos para el Sistema de Detección de Somnolencia se tomó en cuenta como factores más importantes las funcionalidades en la nube, debido a que la aplicación necesita que el registro de usuarios y el almacenamiento de usuarios sea visto en tiempo real, por cualquier usuario que disponga del sistema. Otro factor importante también fue la compatibilidad con el entorno de programación App Inventor. Así como, la seguridad que tengan en el manejo de la información y que sean de fácil acceso. En la tabla 4 se muestra un análisis de las diferentes bases de datos.

**Tabla 4**

*Análisis de bases de datos*

Base de datos	Funcionamiento en la nube	Escalabilidad en la nube	Compatibilidad con App Inventor
Firestore	✓	✓	✓
Azure SQL	✓	✓	✗
Google Cloud	✓	✓	✗
SQL Lite	✗	✗	✓
PostgreSQL	✗	✗	✗

La base de datos de Firestore cumple con todos los parámetros establecidos y es la única que es compatible o que puede ser utilizada en el entorno de App Inventor.

## Materiales y métodos

Para obtener información, que permita justificar el desarrollo de un sistema de detección de somnolencia, fue necesario realizar una investigación con enfoque cuantitativo en donde se estableció una población específica que son los conductores de taxis de una cooperativa de la ciudad de Tulcán. Por la cantidad se determinó la muestra, a la cual se aplicó una encuesta, los resultados principales se indican desde la figura 1 hasta la figura 5.

## Tipo de investigación

Arias E. (2020) menciona que la investigación exploratoria se enfoca en estudiar un determinado fenómeno que no ha sido estudiado a profundidad antes. Además, se exploran aspectos nuevos y ya existentes del mismo. Enfocándose en obtener información que permita comprender el tema a profundidad, tomando en consideración que este tipo de investigación se aplicó desde el planteamiento del problema de investigación, y permitió entender el tema a profundidad y resaltar los aspectos más importantes que puedan ser utilizados para llevar a cabo la investigación.

La investigación descriptiva se enfoca en describir una situación o fenómeno del cual se está realizando una investigación. Además, busca dar información sobre el cómo, cuándo y dónde, sin entrar en aspectos del por qué ocurre dicho fenómeno (Mejía, 2020). Con este tipo de investigación se recopiló información acerca del estado de somnolencia y de los síntomas que presenten las personas que lo padecen. Información utilizada para realizar el sistema informático.

Con la investigación bibliográfica se obtiene, recopila, explica y analiza información sobre el objeto de estudio de la investigación. La información se recopilará por medio de libros, fuentes documentales, artículos, hemerografía, registros audiovisuales, entre otros (Zorrilla, 2021). Se utilizó este tipo de investigación, ya que el sustento de esta investigación será toda la información recolectada de tesis de repositorios de la Universidad de Guayaquil y la Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Peruana Cayetano Heredia y la Universidad Católica de Colombia. Además de artículos e investigaciones de la Unión de Mutuas, Clínica Somno, OMS, SAS. Todas orientadas al estado de somnolencia, los accidentes de tránsito y sistemas informáticos para la detección de enfermedades.

## Población y muestra

La población de esta investigación está definida por los 241 conductores de taxis de una cooperativa de la ciudad de Tulcán. Tomando en cuenta que, al momento de realizar la encuesta, la población se encontraba con restricciones de movilidad por COVID-19, se utilizará un error muestral del 7% y un nivel de confianza del 93%. Para el cálculo de la muestra se utilizará la fórmula mencionada por Arias (2006):

$$n = \frac{N * Z^2 * c * p * q}{(N - 1) * e^2 + Z^2 * c * p * q}$$

Donde:

$Z^2_c = 1.81$  si el nivel de confianza es de 93%

$e$  = Error muestral del 7%

$p$  = Probabilidad de éxito 0.5

$q$  = Probabilidad de fracaso 0.5

$N$  = Población total 241

Por consiguiente:

$$n = \frac{241 * 1.81^2 * 0.50 * 0.50}{(241 - 1) * (0.07)^2 + (1.81)^2 * 0.50 * 0.50}$$

$n = 99$

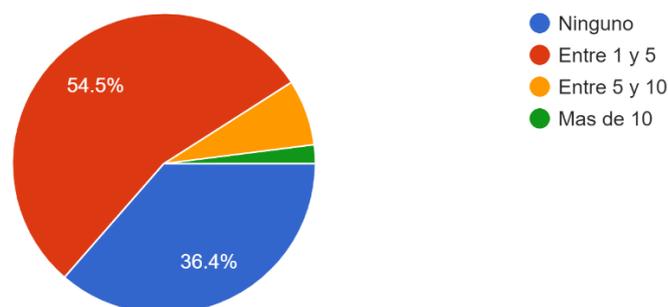
## Resultados y discusión

Algunos resultados del proceso investigativo, en la figura 1, muestran que el 54,5% de los conductores de taxis han sufrido durante el último año entre 1 y 5 accidentes de tránsito, en menor medida el 7,1% de los conductores han sufrido entre 5 y 10 accidentes de tránsito y el 2% han sufrido más de 10 accidentes de tránsito, durante el último año. De acuerdo con los resultados obtenidos se demuestra que la mayor parte de los conductores de taxis ha sufrido al menos un accidente de tránsito en el último año.

### Figura 1

*Accidentes de tránsito sufridos por los conductores de taxis*

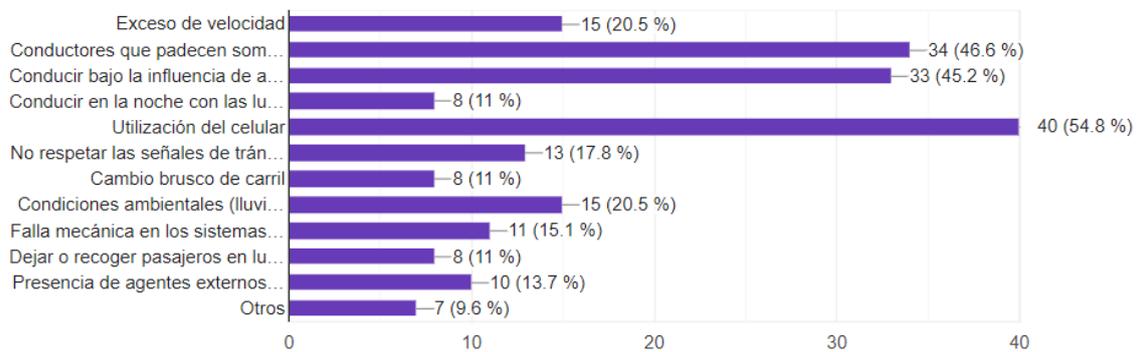
¿Cuántos accidentes de tránsito a sufrido durante el último año?  
99 respuestas



En la figura 2. Las causas por las que los conductores de taxis han sufrido accidentes de tránsito son: el uso del celular con un 54,8%, somnolencia con un 46,6%, por conducir bajo la influencia del alcohol o alguna sustancia un 45,2% y en menor medida también han sido causados por condiciones ambientales, exceso de velocidad, fallos mecánicos, agentes externos, no respetar señales de tránsito y cambios bruscos de carril. Adicionalmente, los conductores indican que los accidentes también son causados por no respetar el pare y fallo de frenos de otro conductor.

**Figura 2**

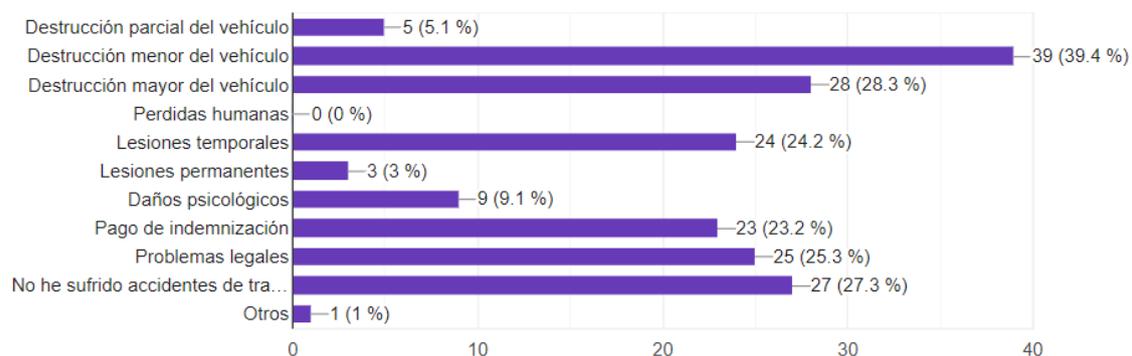
Causas de los accidentes de tránsito



La figura 3 muestra que las consecuencias de los accidentes de tránsito en mayor medida fueron destrucción menor del vehículo con un 39,4%, la destrucción mayor del vehículo con un 28,3%, problemas legales con un 25,3%, lesiones temporales con un 24,2%, pago de indemnización un 23,2% y en menor medida se encuentra las lesiones permanentes, daños psicológicos y destrucción parcial del vehículo. Adicionalmente, ninguno de los conductores indicó haber sufrido de pérdidas humanas como consecuencia del accidente de tránsito.

**Figura 3**

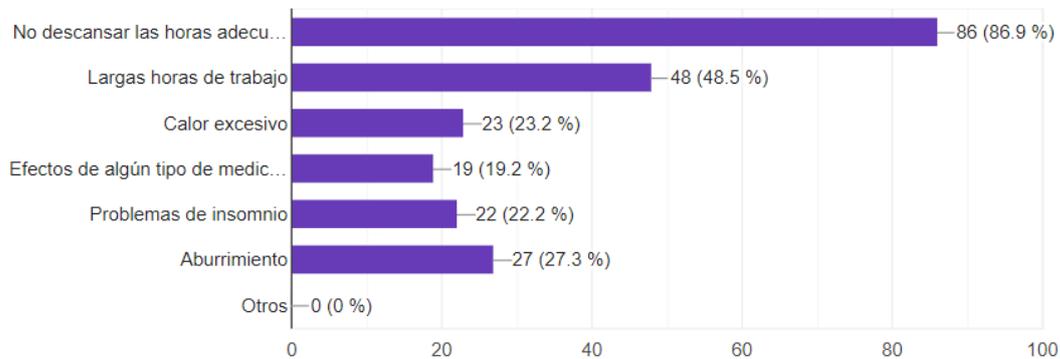
Consecuencias de los accidentes de tránsito



La figura 4 indica que el 86,9% de los conductores de taxis piensan que la somnolencia se produce por no descansar las horas adecuadas, un 48,5% de los conductores creen que es por las largas horas de trabajo; mientras que, en menor medida hay conductores que creen que se produce por calor excesivo, efectos de algún medicamento, aburrimiento y problemas de insomnio.

## Figura 4

*Percepción de causas de la somnolencia.*



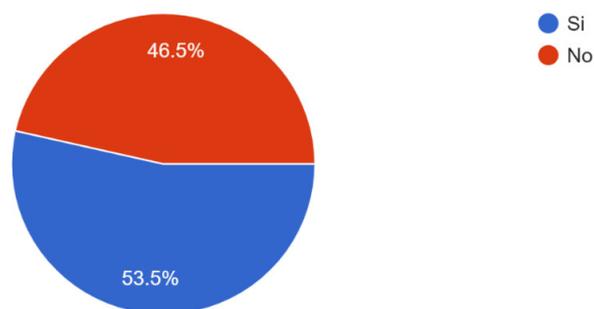
La figura 5 indica que el 53,5% de los conductores de la cooperativa de taxis Atahualpa han sufrido accidentes de tránsito debido a la somnolencia y un 46,5% de los conductores no han sufrido accidentes de tránsito debido a esta causa, con lo que se determina como al sistema de detección de somnolencia como un aporte a reducir el número de accidentes por esta condición al conducir.

## Figura 5

*Accidentes de tránsito por causa de la Somnolencia*

¿Alguna vez usted sufrió un accidente de tránsito debido a el estado de somnolencia?

99 respuestas



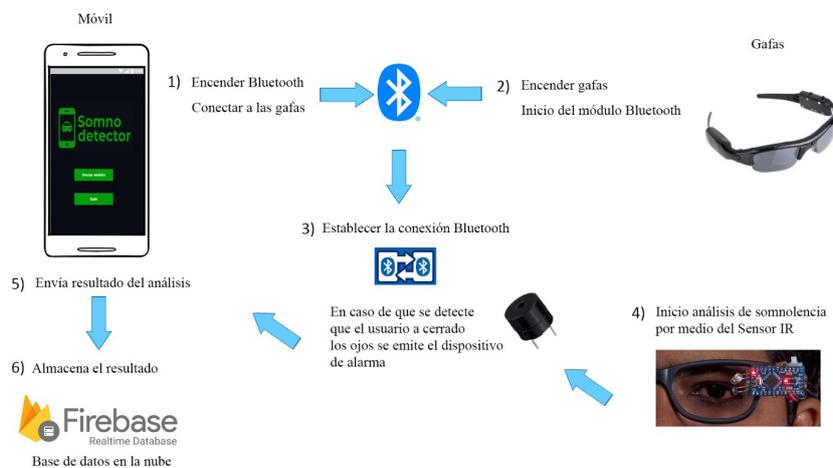
## Propuesta de sistema de detección de somnolencia

### Arquitectura del sistema

A continuación, se muestra la arquitectura del sistema, tomando en cuenta las interacciones del usuario con la aplicación móvil y respectivamente con la placa de Arduino Nano y la base de datos en Firebase.

**Figura 6**

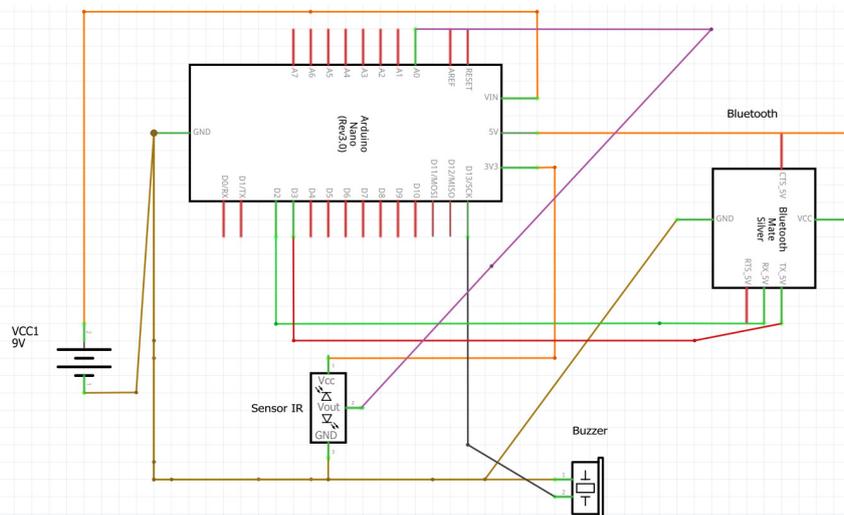
*Arquitectura del sistema informático de detección de Somnolencia.*



En la figura 7 se muestra el esquema del circuito, el cual contiene todos los elementos que serán utilizados para el sistema informático como la placa Arduino nano, el dispositivo de alarma Buzzer, el sensor de obstáculos infrarrojo FC-51, el módulo de Bluetooth y la batería, la figura 8 muestra el modelo.

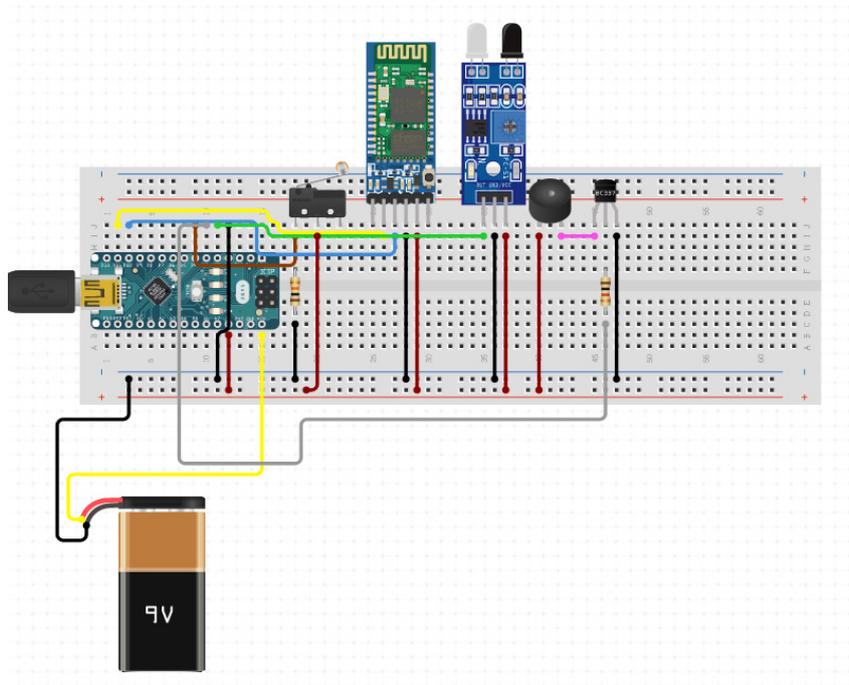
**Figura 7**

*Diagrama del circuito*



**Figura 8**

*Modelo del circuito*



## Pruebas de detección de somnolencia en voluntarios

Para realizar las pruebas del sistema se utilizó 20 voluntarios, se evaluó el momento en que ellos cerraron los ojos y la emisión correcta de la alarma cuando esto sucedió. En todos los casos fue exitosa la prueba.

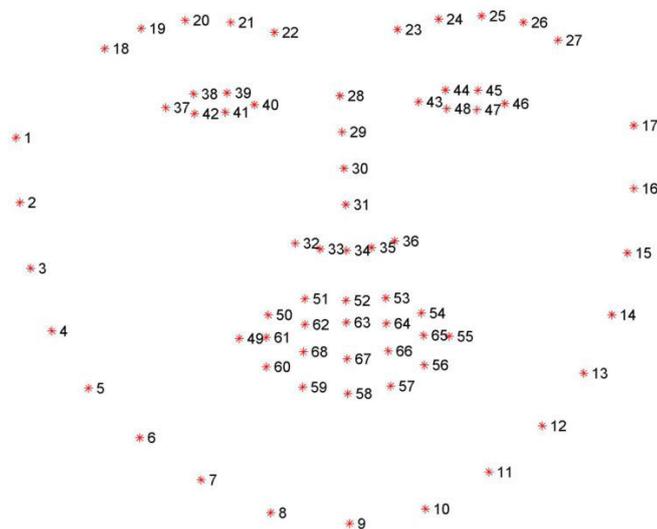


## Discusión

Para la realización de esta investigación se buscó varias alternativas que permitan detectar el estado de somnolencia en un conductor de manera eficiente. Entre estas, se encuentra la utilización de la inteligencia artificial, para la identificación. Se pretendía utilizar un predictor de formas entrenado, que por medio de un reconocimiento de puntos de referencia facial, figura 9, que detectando los ojos del conductor y el algoritmo se encargaría de verificar el número veces que el conductor parpadee por minuto, aplicando el cálculo de longitudes verticales y horizontales figura 10.

### Figura 9

*Mascara de referencia facial*



### Figura 10

*Cálculo de longitudes verticales y horizontales para determinar el parpadeo*



Esto no se pudo llevar a cabo, debido a varios inconvenientes que se fueron identificando como, por ejemplo, que al momento de incorporar todo este sistema para una aplicación web, la aplicación necesitaba de cantidades masivas de internet para funcionar correctamente y mantener el video streaming de manera estable. Lo cual fue descartado, debido a que, al incorporar este sistema en un taxi, los conductores no disponen de una conexión estable a internet y para identificar correctamente los parpadeos del conductor se necesita de una conexión estable, ya que cada parpadeo sucede en milisegundos y en caso de no disponer de una buena conexión a internet, esto no sería posible.

Se necesita aproximadamente 40,27 Mbps de descarga y de subida 44,42 Mbps para que el sistema funcione de manera correcta al momento de realizar un análisis de somnolencia.

## Conclusiones

- Después de realizar la investigación bibliográfica recopilando información de varios artículos científicos, se encontró todo tipo de información referente a la somnolencia. Entre la que se puede destacar la realización de experimentos para verificar cuál de los síntomas es válido. Luego de la búsqueda de información se identificó que ninguno de los síntomas de la somnolencia es completamente factible para realizar un sistema informático para detectar esta enfermedad, ya que hay varias personas que padecen distintos síntomas e incluso en algunos casos no llegan a padecerlos, ya que esta enfermedad puede llegar a presentarse de diferentes formas en una persona. Es por ello que, se ha considerado solo utilizar como una alternativa contra esta enfermedad el detectar cuándo el conductor mantenga cerrados los ojos por un periodo de tiempo.
- Por medio de la investigación bibliográfica también se determinó varios instrumentos electrónicos, que pueden ser utilizados de manera eficiente para crear un sistema de somnolencia. Entre los que se determinó, el sensor de obstáculos infrarrojo para la detección del movimiento de los ojos del conductor, el dispositivo de alarma Buzzer para emitir un sonido fuerte al conductor en caso de que este cierre los ojos, el módulo de Bluetooth para establecer una conexión directa con la aplicación móvil que se encargue de registrar los resultados del análisis de somnolencia y el Arduino nano ya que por su tamaño reducido es más manejable para implementarlo en unas gafas y además esta placa puede operar de manera eficiente toda la parte electrónica del sistema informático. Adicionalmente, se incorporó al circuito una batería de 9 voltios de litio recargable, para alimentar toda la parte electrónica y un interruptor que permita encender y apagar el sistema para ahorrar energía.
- Una vez identificados todos los elementos que se va a utilizar para el sistema informático, se desarrolló el circuito eléctrico del mismo, permitiendo detectar la somnolencia, por medio de un sensor de obstáculos infrarrojo y así mismo implementando todos estos instrumentos en unas gafas, que permitan tener contacto directo con el conductor y no sean tan intrusivas al momento de realizar el análisis de somnolencia.
- Para completar el sistema de detección de somnolencia se realizó una aplicación móvil, la cual se conecta directamente, por medio de Bluetooth a las gafas y esta permitirá administrar usuarios y operar completamente la parte electrónica del sistema, facilitando registrar los resultados del análisis de somnolencia una vez se haya detectado un evento de somnolencia. Este resultado se guardará en una base de datos en la nube, con su respectiva hora y fecha en la que se haya detectado un evento de somnolencia en el conductor.

## Recomendaciones

- Realizar una capacitación sobre el correcto uso del sistema informático para los conductores de taxis de la ciudad de Tulcán.
- Utilizar baterías de litio recargables con mayor cantidad de miliamperios para tener una mayor duración en la batería.
- Añadir ranuras a los extremos de las gafas para guardar los componentes electrónicos del sistema, ya que estos pueden ser bastante delicados si entran en contacto con otros objetos.
- Utilizar cables UTP flexibles para realizar la conexión de todos los componentes eléctricos, ya que este tipo de cables son bastante manejables al momento de realizar un circuito con limitado espacio.
- Calibrar correctamente el sensor de obstáculos infrarrojo para obtener buenos resultados, al momento de detectar el movimiento de los ojos del conductor.

## Referencias

- Agencia Nacional de Tránsito . (2022). Estadísticas de siniestros de tránsito. <https://www.ant.gob.ec/estadisticas-siniestros-de-transito/>
- Arias, E. (2020). Investigación exploratoria. <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-exploratoria.html>
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación. [https://issuu.com/fidiasgerardoarias/docs/fidias\\_g.\\_arias.\\_el\\_proyecto\\_de\\_inv\\_896991d0bdcefe](https://issuu.com/fidiasgerardoarias/docs/fidias_g._arias._el_proyecto_de_inv_896991d0bdcefe)
- Barros-Centeno, M. F., González-Castellanos, M. E., Martínez, D., Guantay, C., Correa, L. J., Suarez, M. F., ... & Serra, H. M. (2017). Estudio de la frecuencia de parpadeo y evaluación de la película lagrimal en superficie ocular de cobayos Eye blinking frequency studies and tear film evaluation in guinea pig's ocular surface. *Revista Methodo*, 2(2), 52-54.
- Berejano, P. (2017). Esta nueva tecnología detecta el nivel de somnolencia en conductores. <https://blogthinkbig.com/esta-nueva-tecnologia-detecta-el-nivel-de-somnolencia-en-conductores/>
- Clínica Somno. (2018). Somnolencia. <https://www.somno.cl/somnolencia/>
- Delgado K. (2022) Sistema de detección de somnolencia para los conductores de la cooperativa de taxis Atahualpa de la ciudad de Tulcán [Tesis de pregrado] Universidad Politécnica Estatal del Carchi – Ecuador.
- Fernández, Y. (2020). Arduino. <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Fundación MAPFRE. (2022). Sistema de detección de fatiga. <https://www.fundacionmapfre.org/educacion-divulgacion/seguridad-vial/sistemas-adas/tipos/sistema-de-deteccion-de-fatiga/>

- Ipushima, K., & Jara, E. (2018). Calidad de sueño y somnolencia diurna en conductores. <https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/647/Calidad%20de%20sue%c3%b1o%20y%20somnolencia%20diurna%20en%20conductores%20de%20taxi%20de%20una%20empresa%20privada%20en%20Lima%20Metropolitana%20-%20Santiago%20de%20Surco%2c%202016.pdf?sequ>
- Jecrespom. (2019). Sensores Arduino. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/04/14/sensores-arduino-3/>
- Mayon, E., & Limaquispe, R. (2018). Sistema de detección de somnolencia mediante inteligencia artificial en conductores de vehículos para alertar la ocurrencia de accidentes de tránsito. <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/2327/TESIS-2018-INGENIERIA%20ELECTRONICA-LIMAQUISPE%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mejia, T. (2020). Investigación descriptiva: características, técnicas, ejemplos. <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>
- Oviedo, S. S., Rodríguez, W. E. S., Carlosama, S. T. C., Quinayás, D. Y. I., Ramírez, M. L. A., Mamián, A. Y. M., ... & Pino, Á. Z. (2021). Factores relacionados con la calidad del sueño y la somnolencia diurna en universitarios del suroccidente colombiano. *Duazary*, 18(3), 232-246.
- Pedrozo-Pupo, J. C., Córdoba, A. P., & Campo-Arias, A. (2020). Estructura factorial y consistencia interna de la escala de somnolencia de Epworth. *Revista de la Facultad de Medicina*, 68(2), 183-187.
- Sakre, Y. (2017). Driver Drowsiness Detection System with Gsm Alert using Piezoelectric Sensor. <https://www.ijert.org/research/driver-drowsiness-detection-system-with-gsm-alert-using-piezoelectric-sensor-IJERTCONV5IS01115.pdf>
- Solectro. (2021). Sensores. <https://solectroshop.com/es/blog/que-son-los-sensores-analogicos-todo-sobre-su-funcionamiento-n91>
- Unión de Mutuas. (2017). Fatiga y sueño. <https://www.uniondemutuas.es/wp-content/uploads/2017/11/Distracciones-al-volante-SUEN%CC%83O-CAS.pdf>
- Zorrilla, A. (2021). Investigación documental o bibliográfica. <https://identidadydesarrollo.com/tecnica-de-investigacion-documental-o-bibliografica/>