



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE REGISTRO Y  
VISUALIZACIÓN DE LA VELOCIDAD REAL DE UN VEHÍCULO EN  
CIRCULACIÓN

AUTOR

Jhonatan Andrés Villarroel Porras

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE REGISTRO Y  
VISUALIZACIÓN DE LA VELOCIDAD REAL DE UN VEHÍCULO EN  
CIRCULACIÓN

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos  
para optar por el título de Ingeniero en Redes y Telecomunicaciones.

Profesor Guía

MSc. Jorge Luis Rosero Beltrán

Autor

Jhonatan Andrés Villarroel Porras

Año

2018

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Diseño y construcción de un sistema de registro y visualización de la velocidad real de un vehículo en circulación, a través de reuniones periódicas con el estudiante Jhonatan Andrés Villarroel Porras, en el semestre 2018 – 1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Jorge Luis Rosero Beltrán

Máster en Ciencias con Especialidad en Automatización

CI: 1803610185

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Diseño y construcción de un sistema de registro y visualización de la velocidad real de un vehículo en circulación, del estudiante Jhonatan Andrés Villarroel Porras, en el semestre 2018 - 1, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Iván Ricardo Sánchez Salazar

Magister en Calidad Seguridad y Ambiente

CI: 1803456142

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Jhonatan Andrés Villarroel Porras

CI: 1717673881

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por el apoyo que he recibido en mi vida personal, estudiantil y profesional. Además, agradezco a la Universidad de las Américas por direccionarme con catedráticos de tan alto nivel que han ayudado en mi crecimiento profesional, aportando en mis conocimientos de tal manera que puedo competir en un mundo lleno de retos y oportunidades.

## DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de titulación a mis padres por permitirme crecer profesionalmente en una universidad de gran categoría con excelentes catedráticos que han impartido sus conocimientos para formarme en un mundo de alta competencia.

## RESUMEN

Tanto como para los entes controladores como para los usuarios finales tener un control sobre la velocidad de circulación de un vehículo ha presentado una problemática por varios años. Esta situación ha generado varios inconvenientes legales, materiales y personales evidenciando que no se cuenta con un dispositivo confiable de medición y alerta de la velocidad en la que se encuentra circulando un vehículo.

Por tal razón en este proyecto se va a realizar el diseño y construcción de un sistema de registro y visualización de la velocidad de un vehículo en circulación.

Para empezar con los conceptos básicos que intervienen en el desarrollo del proyecto y con el estudio de los dispositivos electrónicos que son elegidos en la construcción del prototipo. Este análisis permite decidir qué tipo de sensores, plataforma base, pantallas, etc., ofrece el mejor resultado al proyecto a implementarse.

Una vez realizado el análisis completo de los materiales que se utilizaron, se procede a la construcción del prototipo de medición.

El prototipo, capaz de mostrar una información confiable es puesto a prueba analizando los resultados con los parámetros establecidos en los límites de velocidad en los sectores urbanos, perimetrales y en carreteras largas.

Obteniendo resultados positivos con respecto a los dispositivos de medición tradicionales, velocímetro del vehículo.

La construcción de un dispositivo de medición de bajo costo y de componentes tecnológicos al alcance de todo público es una solución de gran impacto al consumidor.



## **ABSTRACT**

As much for the controlling entities as for the end users, having control over the speed of a vehicle has presented a problem for several years. This situation has generated several legal, material and personal disadvantages evidencing that there is no reliable measuring device and warning of the speed at which a vehicle is circulating.

For this reason, in this project the design and construction of a system for recording and visualizing the speed of a vehicle in circulation will be carried out.

To begin with the basic concepts that intervene in the development of the project and with the study of the electronic devices that are chosen in the construction of the prototype. This analysis allows to decide what type of sensors, base platform, screens, etc., offers the best result to the project to be implemented.

Once the complete analysis of the materials that were used is carried out, the measurement prototype is constructed.

The prototype, capable of showing reliable information, is put to the test by analyzing the results with the parameters established in the speed limits in the urban, perimeter and long road sectors.

Obtaining positive results with respect to traditional measuring devices, vehicle speedometer.

The construction of a low-cost measurement device and technological components within the reach of any public is a solution of great impact to the consumer.

## INDICE

1. Capítulo I Introducción.....	1
1.1. Alcance.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos .....	3
2. Capítulo II Marco teórico .....	4
2.1. Velocidad .....	4
2.2. Aceleración.....	5
2.3. Velocidad Instantánea .....	5
2.4. Velocímetro .....	6
2.5. Tacómetro.....	7
2.6. Odómetro .....	8
2.7. Efecto Hall .....	9
2.8. Sensores magnéticos .....	10
2.9. Sensor basado en efecto hall.....	10
2.10. Sensores ópticos .....	11
2.11. Microcontroladores.....	12
2.12. Arduino.....	13
3. Capítulo III Análisis de la mejor alternativa de implementación basado en el uso de tecnologías y su funcionalidad.....	16
3.1. Monitoreo de velocidad .....	16
3.1.1. Control de velocidad o autocrucero.....	16
3.1.2. Limitador de velocidad .....	17
3.1.3. Conmutador, accionamiento de embrague .....	18

3.2. Sensores de medición de velocidad.....	18
3.2.1. Sensores inductivos .....	19
3.2.2. Sensores magnéticos.....	20
3.2.3. Sensores ópticos.....	22
3.2.4. Sensores de velocidad con encoder .....	23
3.3. Comparativo de sensores de velocidad .....	24
3.3.1. Ambiente de implementación del prototipo .....	24
3.3.2. FODA de sensores inductivos.....	25
3.3.3. FODA de sensores ópticos .....	25
3.3.4. FODA de sensores magnéticos .....	26
3.3.5. FODA de sensores con encoder .....	27
3.3.6. Conclusión de sensores de velocidad.....	27
3.4. Generación del campo magnético .....	28
3.4.1. Imán de neodimio.....	28
3.5. Plataforma base del proyecto .....	28
3.5.1. Soluciones actuales del mercado acopladas a las necesidades del proyecto.....	29
3.5.2. Raspberry Pi .....	29
3.5.3. BeagleBone.....	30
3.5.4. Sharks Cove.....	32
3.5.5. Elección de la plataforma base en base a los análisis de soluciones en el mercado .....	33
4. Capitulo IV Diseño e implementación del sistema.....	33
4.1. Preliminar.....	33
4.1.1. Plataforma base .....	34
4.2. Diagrama lógico del prototipo .....	36
4.3. Método para el cálculo de la velocidad.....	37
4.3.1. Objeto de pruebas.....	37
4.4. Programación de placa base Arduino Uno .....	39
4.4.1. Contador de vueltas .....	39

4.4.2. Cálculo de la velocidad .....	40
4.4.3. Diagrama de flujo de código de programación .....	41
<b>5. Capítulo V Pruebas de funcionamiento del prototipo y presentación de resultados .....</b>	<b>42</b>
5.1. Implementación de dispositivos.....	42
5.1.1. Alimentación eléctrica .....	42
5.1.2. Incorporación de imán de neodimio .....	43
5.1.3. Diagrama electrónico .....	44
5.1.4. Escenario de pruebas .....	45
5.2. Pruebas en vehículo Hyundai Tuscon .....	56
5.2.1. Pruebas en movimiento.....	58
<b>6. Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>63</b>
6.1. Conclusiones.....	63
6.2. Recomendaciones .....	64
Referencias.....	66
Anexos .....	68

## 1. Capítulo I Introducción

En el presente proyecto se describe la necesidad de contar con un dispositivo confiable de medición y alerta de la velocidad en circulación ya que hace algunos años los vehículos contaban con un velocímetro que funcionaba mediante un cable tensionado mismo que iba conectado a la caja de transmisión que reflejaba la velocidad media en la que se encontraba circulando, este mecanismo presentaba desgaste y corrosión al uso; mediante el paso de los años este tipo de mecanismo fue reemplazado por un sensor de efecto hall que de igual forma muestra en el velocímetro la velocidad media en la que se encuentra circulando el vehículo.

En la actualidad se pueden encontrar varios proyectos en los que proponen el control de la velocidad de un vehículo en la que se encuentran circulando, en el proyecto de Vintimilla. (2014), en el que propone un sistema de alerta de velocidad máxima basado en el posicionamiento del vehículo obtenido mediante un GPS, mismo que reporta a una aplicación desarrollada para un dispositivo móvil Android. Así mismo existen proyectos similares que tienen un impacto mecánico para controlar la velocidad en la cual se encuentra circulando el vehículo. Tal como es el caso de, Espinosa, & Sandoval. (2013), en este proyecto propone la construcción de un sistema que limita la velocidad de circulación de un vehículo al detectar la presencia de lluvia, está solución define un sistema que va dirigido principalmente al sistema mecánico ya que corta la emisión de combustible a ciertos cilindros del motor. De forma similar en el trabajo de graduación de Castro. (2015), menciona el uso de microcontroladores (PIC's), y una alerta sonora para informar cuando el vehículo motorizado sobrepase los límites establecidos en la ciudad de Ambato.

Varios estudios utilizan la georeferenciación como método de medición de la velocidad del vehículo, para así poder controlar la misma; tal es el caso de Guerrero. (2013), que mediante el uso de redes GPRS mide la velocidad de los

vehículos de transporte público y privado, para así establecer un control en la velocidad que se encuentran circulando.

En el proyecto propuesto se pueden encontrar varias soluciones para solventar el problema, no solamente electrónicas si no también mecánicas. Este es el caso del proyecto de Arteaga. (2014), que textualmente propone “El diseño y construcción de un limitador de velocidad para vehículos livianos...” y “controlados por un módulo electrónico que permite crear ciclos completos de combustión manteniendo una mezcla esquiométrica”.

En el presente proyecto se construye una solución de un sistema de alerta visual y sonoro, el cual a diferencia de los proyectos antes mencionados es una solución simple en el que se utilizan dispositivos de bajo costo, además de estar disponible a cambios en caso de existir variables en los cálculos de todos sus componentes. El propósito del dispositivo es que captar la velocidad del vehículo y mostrar en una pantalla adaptada al tablero que mediante un sistema de alerta visual y sonora informe al conductor cuando sobrepase los límites de velocidad establecidos. Para la implementación de este sistema no es necesario realizar modificaciones mecánicas y es una solución de muy bajo costo en cuanto a las bondades del mismo.

### **1.1. Alcance**

El presente proyecto propone la construcción de un prototipo informativo visual y sonoro que se adapte al vehículo; este dispositivo se conecta a un sensor de velocidad colocado en el área del aro de la rueda posterior del vehículo que tiene comunicación directa a un sistema microcontrolado el cual muestra en una pantalla la velocidad de circulación del automotor.

### **1.2. Justificación**

Según la Ordenanza 445 del 22 de agosto 2013, en cual menciona que: “Se aprobó el procedimiento de sanción de contravenciones de tránsito cometidas en el Distrito Metropolitano de Quito detectadas por medios y dispositivos

tecnológicos de control de tránsito con los que cuenta la Agencia Metropolitana de Tránsito”, para lo cual se implementaron distintos dispositivos de control de velocidad en diversas calles y avenidas de la ciudad de. Cita tomada de: *Concejo Metropolitano de Quito. (2013). Ordenanza. 22 de agosto de 2013.*

Actualmente los vehículos cuentan con un velocímetro que muestra la velocidad media en la que se encuentra circulando, este medio presenta diferencias con los dispositivos de control de velocidad instalados en las vías del Distrito Metropolitano de Quito, presentando inconsistencias con los registros evidenciados y malestares en la comunidad.

Para la problemática antes mencionada se presenta la necesidad de contar con un dispositivo electrónico adicional a los sistemas tradicionales encontrados en todos los vehículos para informar al conductor sobre la velocidad en la que se encuentra circulando y alertar si sobrepasa los límites de velocidad establecidos por los organismos de regulación.

El conjunto de componentes que conforman el dispositivo de información, visualización y alerta de la velocidad de circulación ayuda a tener un control sobre los límites de velocidad establecidos, además se va a contar con un dispositivo electrónico amigable con el usuario que le ayude a tomar acciones correctivas en caso sobrepase estos límites.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar y construir un prototipo que permita registrar, mostrar y alertar la velocidad en la que se encuentra circulando un vehículo y límites de velocidad establecidos mediante el uso de un sistema microcontrolado.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Análisis de la mejor alternativa de implementación basado en el uso de tecnologías y su funcionalidad.

- Diseñar e implementar un sistema microcontrolado para el registro, visualización y alerta de la velocidad de un vehículo.
- Evaluar el correcto funcionamiento del prototipo a través de pruebas de velocidad contrastadas con un vehículo.

## 2. Capítulo II Marco teórico

En este capítulo se hace un resumen de las definiciones más importantes con las que se va a desarrollar el proyecto. Estos estudios son fundamentales en la construcción del dispositivo de medición.

### 2.1. Velocidad

La velocidad es una magnitud física de carácter vectorial y, como tal, se representa mediante flechas que indican la dirección y sentido del movimiento que sigue un cuerpo y cuya longitud representa el valor numérico o módulo de la misma, es decir expresa la distancia recorrida de un objeto por una unidad de tiempo esto depende del desplazamiento, es decir, de los puntos inicial y final del movimiento, y no como la rapidez, que depende directamente de la trayectoria. La velocidad se representa por el símbolo  $v$ , sus dimensiones son  $[L]/[T]$  (longitud/tiempo) y su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el metro por segundo ( $m/s$ ). (Coronado, 2013)

Se puede calcular mediante la expresión:  $v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$  **(Ecuación 1)**

Donde:

- $v$ : Módulo de la velocidad del cuerpo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el metro por segundo ( $m/s$ )
- $\Delta r$ : Módulo del desplazamiento. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el metro ( $m$ )
- $\Delta t$ : Tiempo empleado en realizar el movimiento. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el segundo ( $s$ ).



## 2.2. Aceleración

La aceleración, es la variación de la velocidad de un objeto por unidad de tiempo. Como lo menciona Sepúlveda “La aceleración es la razón de cambio en la velocidad respecto al tiempo. Es decir, se refiere a cuán rápido un objeto en movimiento cambia su velocidad.” Se representa por (a) Sus dimensiones son  $[LT^2]$ , (longitud / tiempo al cuadrado), y su unidad en el Sistema Internacional es  $m/s^2$ .

El cambio en la velocidad ( $\Delta V$ ) es igual a la diferencia entre la velocidad final ( $V_f$ ) y la velocidad inicial ( $V_i$ ). (Sepúlveda, 2012)

Matemáticamente como:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{(V_f - V_i)}{(t_f - t_i)} \quad \text{(Ecuación 2)}$$

La aceleración puede ser positiva o negativa al aumentar o disminuir su velocidad.

## 2.3. Velocidad Instantánea

La velocidad instantánea es la que presenta un cuerpo, partícula, objeto, etc. en un instante específico mientras se encuentra en un punto determinado en la trayectoria en la que se encuentra circulando. Los radares de velocidad que se encuentra en las carreteras de cualquier lugar del país toman la velocidad instantánea del vehículo ya que necesitan calcular y mostrar los datos en un tiempo infinitamente pequeño en una distancia igual de pequeña.

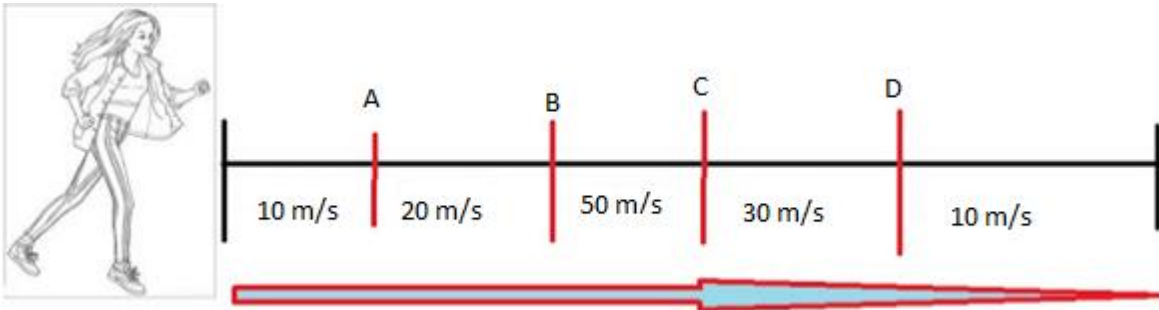
La expresión matemática está dada por:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

- $\vec{v}$ : vector velocidad instantánea, que está dado en su medida dentro del S.I. en  $m/s$

- $\vec{v}_m$ : vector velocidad media, que su medida también es  $m/s$
- $\Delta\vec{r}$ : vector desplazamiento, expresada en metros  $m$  dentro del S.I.
- $\Delta t$ : Intervalo de tiempo, en este caso el intervalo de tiempo tiende a 0, es decir un intervalo de tiempo muy pequeño. La unidad de representación dentro del S.I. es el segundo  $s$ .



*Figura 1.* Representación de la velocidad instantánea

Tomado de: (Cinemática, 2013)

En la Figura 1. Representación de la velocidad instantánea, se observa que la corredora presenta diferentes velocidades en cada punto. Estas velocidades se calculan en un determinado punto por un muy corto plazo de tiempo, estos valores corresponden a la velocidad instantánea que representa en cada uno de estos puntos (A, B, C, D).

## 2.4. Velocímetro



*Figura 2.* Velocímetro tradicional de un vehículo

Tomado de: (Datacuatro, 2015)

Un velocímetro es un instrumento para medir la velocidad instantánea de un cuerpo en movimiento, el velocímetro es un medidor que indica la velocidad de un vehículo de motor u otro medio de transporte. Lo que determina la velocidad es el número de veces que el imán pase cerca de la bobina por unidad de tiempo. Se trata de un sistema mecánico que consiste en la ley de la inducción magnética. El indicador de velocidad suele ser impulsado por el eje de salida de la caja de cambios, cuya velocidad de rotación es proporcional a la del vehículo. La forma más común de un velocímetro depende de la interacción de un pequeño imán fijado al cable con una pequeña pieza de aluminio con forma de dedal fijada al eje del indicador. A medida que el imán rota cerca del dedal, los cambios en el campo magnético inducen corriente en el dedal, que produce a su vez un nuevo campo magnético. El efecto es que el imán arrastra al dedal—así como al indicador—en la dirección de su rotación sin conexión mecánica entre ellos. (Uran, 2012).

## 2.5. Tacómetro

El tacómetro es un dispositivo que fue diseñado para calcular o medir la velocidad de rotación de un cuerpo. Este principio lo utilizan los dispositivos de medición de un vehículo, ya que mide las revoluciones por minuto (RPM) del cigüeñal del motor.



*Figura 3.* Tacómetro de un vehículo tradicional

Tomado de: (Wikipedia, 2014)

Estos dispositivos de medición son empleados para controlar las RPM del vehículo, esto se debe a que cuando existen velocidades altas el funcionamiento del motor acorta su vida útil.

## 2.6. Odómetro

El odómetro es un dispositivo que sirve para indicar la distancia que el vehículo ha viajado, está conformado por un conjunto de ruedas que son visualizadas por ventanillas incorporadas al velocímetro de un vehículo.



*Figura 4.* Odómetro tradicional de un vehículo

Tomado de: De Máquinas y herramientas

El funcionamiento del odómetro está ligado estrictamente al velocímetro del vehículo, ya que la caja de velocidades envía el movimiento al velocímetro a través de un cable flexible conectado a un panel de instrumentos; esta acción permite que un imán gire en el tambor del vehículo, esto permite que la aguja del velocímetro se desplace mientras recibe una oposición del resorte del tambor. Gracias a este mecanismo se aprovecha para que los engranajes transmitan este movimiento a un tambor diferente que moviliza un sistema de ruedas graduadas que muestra la distancia del vehículo, tal como se describe en la Figura 5. Partes de un velocímetro.

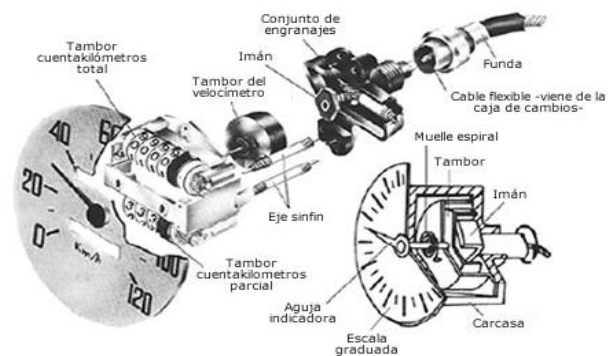


Figura 5. Partes de un velocímetro

Tomado de: (De Máquinas y herramientas, 2012)

## 2.7. Efecto Hall

El efecto fue descubierto por Edwin Hall en el año de 1879, desde su descubrimiento este efecto ha sido utilizado para la investigación de la conducción eléctrica en los diferentes materiales metálicos. Este efecto se produce cuando por un cable por el que se encuentran circulando cargas le aplica un campo magnético transversal, esta fuerza magnética que se ejerce es perpendicular a la velocidad y al campo magnético las cargas que circulan por el cable son impulsadas a un solo lado del conductor, este fenómeno provoca la generación de un voltaje transversal o también conocido como un voltaje hall.

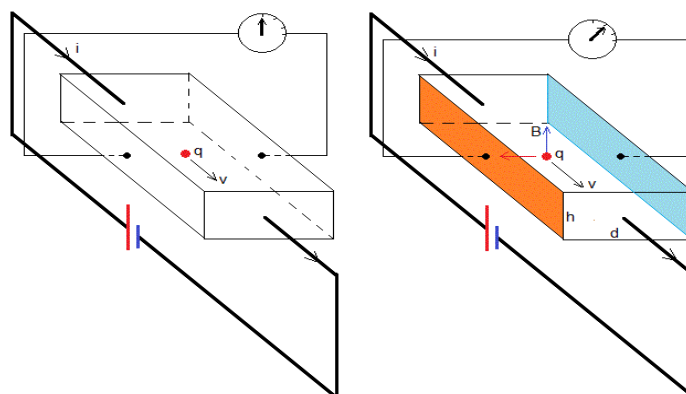


Figura 6. Representación del efecto hall en un material conductor

Adaptado de: (SC, 2016)

En la figura 6, lado izquierdo, se plasma una representación de un material conductor en el que está conduciendo una corriente de intensidad  $i$ . En esta figura se procede a la medición de la diferencia del potencial entre los lados opuestos que será cero. Caso muy diferente, lado derecho, en el que se aplica un campo magnético  $B$  perpendicular a la intensidad de corriente; aquí se observa un que existe una diferencia de potencial entre los lados opuestos del material conductor. (De Luca, 2009)

## **2.8. Sensores magnéticos**

Estos sensores se caracterizan por ser sensibles a los campos magnéticos o líneas de corriente eléctricas, varios de estos sensores son utilizados para la medición de movimientos como los tacómetros basados en efecto Hall o pickups magnéticos. (Vargas, 2012).

Entre la clasificación de los sensores magnéticos existen los sensores mecánicos o tipo reed, generalmente los se los encuentra aplicados en sensores de puertas y ventanas antirrobo, sensores de velocidad de bicicleta, teclados de computadoras, etc. La desventaja de utilizar este tipo de sensores es que son de tamaño muy pequeño y son muy frágiles, razón por la que no le permite manejar grandes tensiones de corriente ya que se pueden fundir los contactos. Los sensores de efecto hall se caracterizan porque en un conductor se encuentra circulando una corriente en un campo magnético que se presenta perpendicular al movimiento de las cargas. Generalmente este tipo de sensores son encontrados en la industria automotriz como, por ejemplo, en los cinturones de seguridad, contadores de revoluciones por minuto del cigüeñal, etc. Las ventajas del uso de este tipo de sensores es que son de bajo costo, son resistentes a altas afectaciones ambientales. (Medina, 2013)

## **2.9. Sensor basado en efecto hall**

Los sensores de efecto hall fueron diseñados en base al principio básico del efecto hall, tensión transversal de un conductor afectado por un campo magnético. Estos

sensores son muy comunes encontrarlos en los vehículos modernos. (Pérez, 2009).

En la fabricación de estos elementos Hall se utilizan semiconductores, reemplazan a los metales, ya que los semiconductores presentan una menor conductividad y esto ayuda a presenciar una mayor aparición de la tensión Hall; adicional que con los semiconductores se puede aprovechar varias ventajas. Algunos de los materiales utilizados en los semiconductores son AsIn (Arseniuro de indio), Sbln (Antimoniuro de indio), Si (Silicio), entre otros.

Los sensores de efecto Hall presentan una ventaja frente a otros sensores sensibles a un campo magnético, esto hace referencia en que la ventaja de los sensores Hall es que tiene su salida independiente a la velocidad de variación del campo detectado.

Algo muy importante que destacar de los sensores Hall es que estos sensores son inmunes a las condiciones ambientales (Humedad, polvo, vibraciones), situación que no sucede con los sensores que constan de un emisor y receptor óptico.

## **2.10. Sensores ópticos**

Este tipo de sensores se caracterizan porque son capaces de detectar diferentes tipos de factores por medio de un lente óptico. Una de las ventajas de este tipo de sensores es que debido a su lente óptico tienen una sensibilidad muy alta, esta característica no le ayuda mucho al momento de su operación ya que su tiempo de vida es muy corto. En su gran mayoría los sensores ópticos son usados en sistemas de seguridad ya que muchos de ellos cuentan con un mecanismo que permite medir la distancia. Estos sensores presentan una gran afectación a las condiciones ambientales, para lo cual no es recomendable usarlos en proyectos que requieren un alto grado de tolerancia a humedad, agua, calor, etc. (Vargas, 2012).

### 2.11. Microcontroladores

Existen varias definiciones de los microcontroladores, una de la más acertada menciona que es un conjunto de circuitos o circuito integrado que consta de un CPU, RAM y ROM, puertos de entrada y salida para periféricos, temporizadores y controlador de interrupciones. Todos estos componentes se encuentran interconectados en el microcontrolador haciendo cumplir la funcionalidad del mismo.

Para que los microcontroladores realicen una función específica, requerimos de un programa especial el cual interprete la necesidad ingresada y la transforme a lenguaje entendible para el microcontrolador.

Las características básicas de un microcontrolador disponen de lo siguiente:

- Entradas Análogas
- Convertidor digital a análogo “DAC”
- Convertidor análogo a digital “ADC”
- Buses
- UART o Serial
- Salidas analógicas “PWM”
- Entradas analógicas
- Puertos de entrada y salida digitales “I/O”
- Oscilador o velocidad del reloj
- Memoria
- Tamaño de palabra

Mismas que se las representan en la figura 7. Diagrama de un microcontrolador.



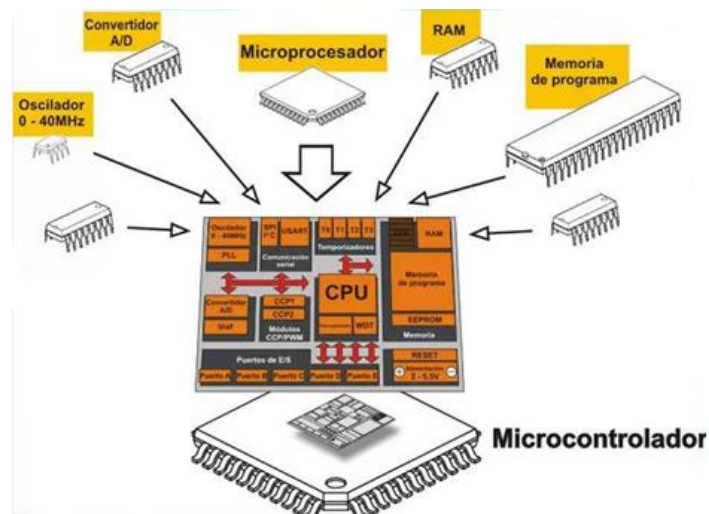


Figura 7. Diagrama de un microcontrolador

Adaptado de: (SlideShare, 2012)

Los microcontroladores se pueden utilizar en varias aplicaciones tales como sistemas de comunicación, industria informática, automoción, sistemas de supervisión, etc.

Generalmente se clasifican por su función o por su longitud de palabra, en cuanto a función se pueden identificar dos grandes grupos: Propósito general o especializados. Por longitud de palabra existen de 4, 8, 16, 32 bits.

Bajo la arquitectura de construcción de los microcontroladores existen varios tipos entre ellos: la arquitectura Von-Neuman, Harvard, CISC, RISC, SISC.

## 2.12. Arduino

Son plataformas electrónicas de código abierto capaces de interpretar varios tipos de entradas y convertirlas en varias salidas con alto nivel de respuesta. Están basadas en una placa compuesta por un microcontrolador y un entorno de desarrollo que facilita el uso de este tipo de plataformas electrónicas.

Arduino integra un entorno de desarrollo integrado o como sus siglas en inglés “IDE” (Integrated development environment), que nos proporciona un lenguaje de

programación propio de la marca y un software pre-cargado en la base del procesamiento. Arduino es multiplataforma y se puede ejecutar en Mac, Windows y Linux, a diferencia de la mayoría de microcontroladores que se encuentran atados a los sistemas operativos Microsoft. El software propio de la marca de la plataforma es, “Arduino 1.8.2”, que lo compone un editor de código, un constructor de interfaz gráfica (GUI), un compilador y un depurador, adicional que nos ofrece la posibilidad de cargar programas ya compilados en la memoria flash del hardware de los dispositivos.

Esta plataforma se la puede emplear en el desarrollo de elementos autónomos, conexión de dispositivos, así como orquestador de hardware y software.

Adicional este tipo de plataformas no tienen sus capacidades limitadas, ya que se puede mejorar mediante un “shield”, placas de circuitos que se pueden implementar sobre un arduino para aumentar sus funcionalidades, montándolo sobre la placa principal. Estos “shield” se comunican con la plataforma arduino mediante pines analógicos, pines digitales o por diversos buses como el SPI (Serial Peripheral Interface), protocolo de comunicación serial síncrono de alta velocidad de transmisión full duplex, o por el bus I2C, estándar de comunicación en serie y síncrona de velocidad aceptable de 100 Kbps. Los “shield” tienen una alimentación eléctrica a través de la plataforma Arduino mediante los pines de 5V y GND.

En la Figura 8. Placa arduino uno, se observa cada uno de los componentes que conforman la arquitectura de una plataforma arduino uno, generalmente la gran mayoría de sus modelos se estandarizan a este.

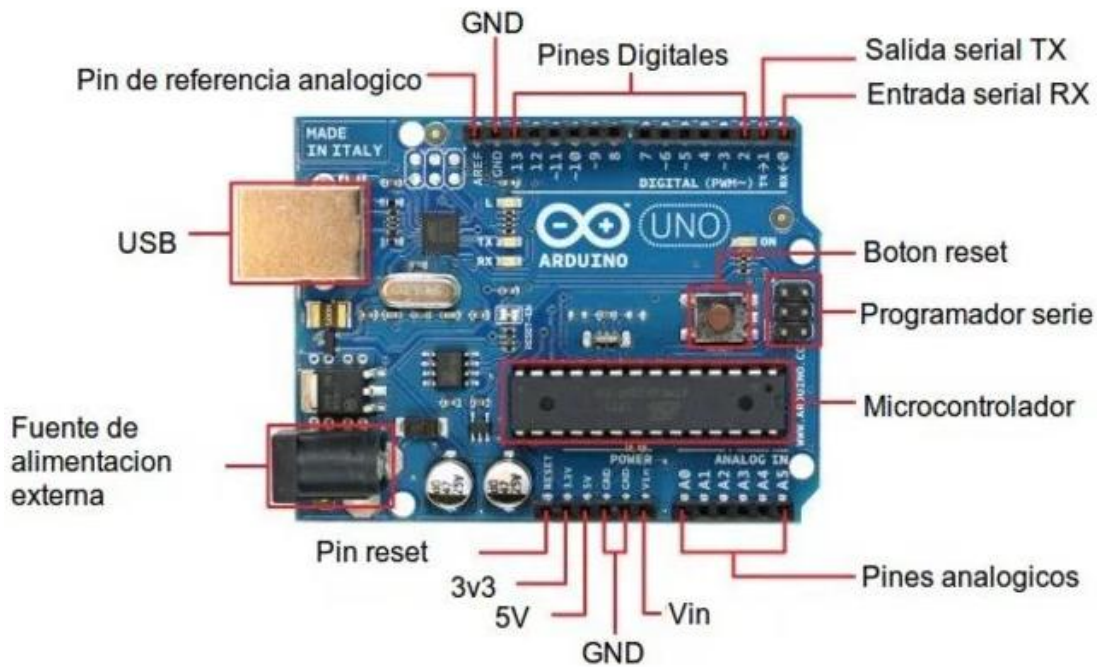


Figura 8. Placa arduino uno

Adaptado de: (Isaac, 2014)

Entre las diferentes plataformas que ofrece la marca Arduino existen varias diferencias en las capacidades de funcionamiento de las mismas. Anexo 1.

A pesar de que existen varias soluciones de medición de la velocidad de circulación de un vehículo, no se cuenta con un sistema de alerta que permita conocer cuando se sobrepasa los límites de velocidad establecidos en donde vivimos. Además, que muchas de estas soluciones con el transcurso del uso presentan fallas e inconvenientes los costos de reparación o una nueva adquisición representan un gasto muy alto, también las soluciones adicionales son muy costosas y varias de ellas no cubren las necesidades actuales.

Para esto se plantea la construcción de un prototipo electrónico para la medición y alerta de la velocidad de circulación y exceso de límites de velocidad permitido en las principales arterias de la ciudad de Quito. La construcción y pruebas del prototipo se detallan en los capítulos siguientes.

### **3. Capítulo III Análisis de la mejor alternativa de implementación basado en el uso de tecnologías y su funcionalidad**

Dentro del capítulo II, se realizó un análisis de la mejor opción para la elección de los dispositivos tecnológicos escogidos en base a comparaciones de las características físicas en el ambiente de operación al cual es expuesto el prototipo.

#### **3.1. Monitoreo de velocidad**

##### **3.1.1. Control de velocidad o autocrucero**

Gran variedad de vehículos cuenta con un regulador de velocidad conocido también como autocrucero que consiste en un sistema que permite controlar la velocidad de circulación del vehículo automáticamente. Este dispositivo tiene un impacto mecánico ya que el conductor configura la velocidad máxima a la que permite llegar al vehículo y el dispositivo “autocrucero” controla la válvula de mariposa de gases de la aceleración evitando que el conductor presione continuamente el acelerador.

Este dispositivo posee una gran ventaja al ayudar a conservar la concentración ya que al tener un control de la velocidad de circulación el conductor no desvía su atención al velocímetro y tener que corregir la velocidad. El sistema se desactiva cuando el conductor aplasta el pedal de freno o el pedal del embrague, este es un mecanismo de seguridad, o cuando el conductor desea ganar un poco más de velocidad al presionar el pedal del acelerador.

En la figura 9, se puede evidenciar el funcionamiento esquemático del control de velocidad o autocrucero.

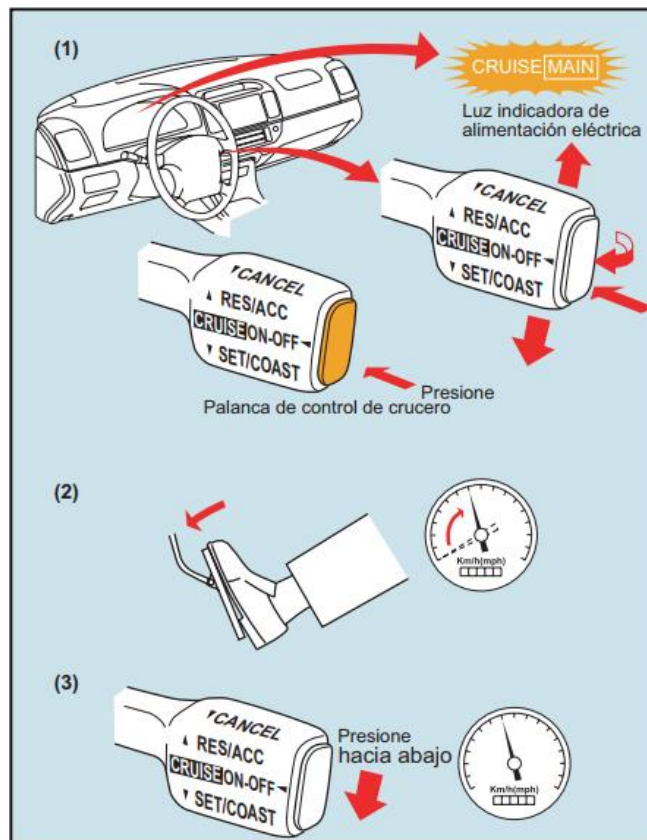


Figura 9. Funcionamiento de control de velocidad o autocruceo

Adaptado de: (Mecánico Automotriz, 2015)

### 3.1.2. Limitador de velocidad

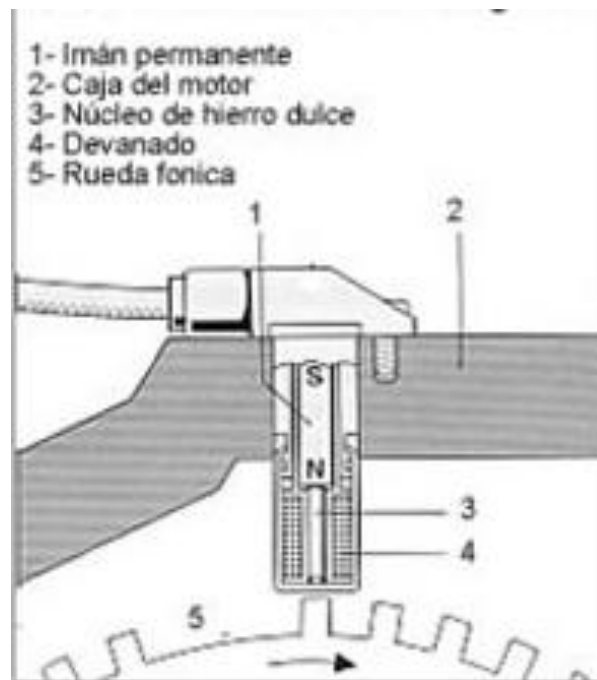
En la actualidad las ensambladoras de vehículos modernos incorporan el limitador de velocidad, la función del limitador de velocidad no mantiene presionado el acelerador a la velocidad configurada, esta función desactiva o anula la acción de presión al pedal del acelerador cuando se llega al límite prefijado y aunque se pise con más presión el pedal del acelerador el vehículo mantendrá la velocidad máxima configurada.

Esta función se desactiva como mecanismo de seguridad cuando el conductor presiona hasta el fondo el pedal del acelerador.

### 3.1.3. Conmutador, accionamiento de embrague

Los dispositivos de conmutación de accionamiento del embrague son modificaciones mecánicas que se incorporan al soporte del pedal. Estos dispositivos son analógicos de servicio mecánico, muchos de estos dispositivos han incorporado sensores de tipo hall.

Los conmutadores basados en sensores de tipo hall se componen de una rueda dentada y un sensor de efecto hall comprendidas en un pequeño dispositivo que corta la emisión del campo magnético cada vez que la rueda dentada pasa sobre el sensor.



*Figura 10.* Ejemplo de sensores de efecto hall en cigüeñal del vehículo

Adaptado de: (Aficionados a la mecánica, 2016)

### 3.2. Sensores de medición de velocidad

En el mercado ecuatoriano se pueden encontrar diversos sensores que sirven para la medición de velocidad que se detallan a continuación.

### 3.2.1. Sensores inductivos

Estos sensores fueron unos de los primeros sensores de velocidad de rotación antes de que exista un desarrollo de tecnología magnética para medición de velocidades.

Estos dispositivos se componían de tres partes:

1. Un imán colocado en una posición fija
2. Un componente fijo de hierro.
3. Una bobina.

Cuando gira una estructura dentada sobre el detector del imán se envía a la bobina una tensión que es proporcional a la variación del flujo magnético, este flujo está en función al tiempo.

Los costos de fabricación de este tipo de sensores inductivos eran relativamente bajos y tenían alta estabilidad a perturbaciones como la estática y pasividad eléctrica.

Aunque estos sensores no eran muy útiles para velocidades relativamente lentas ya que dependían de la señal de rotación.



*Figura 11.* Sensores inductivos de velocidad de rotación

Tomado de: (Industria Directa, 2016)

### 3.2.2. Sensores magnéticos

A diferencia de los sensores inductivos, estos sensores detectan velocidades mucho más estáticas ya que la señal de salida de estos sensores es casi independiente a la rotación del cuerpo de medición solamente depende de un campo magnético.

Los sensores magnéticos o basados en el principio hall se pueden elaborar en pequeños tamaños y garantiza una confiabilidad mayor. Actualmente en los vehículos modernos cuentan con un sensor de efecto hall que funciona de la siguiente manera:

Existe un imán (general mente de neodimio) colocado en una posición fija, al otro extremo se encuentra el sensor de efecto hall que capta el campo magnético proporcionado por el imán. Una rueda dentada encargada de la rotación del objeto a medición corta el campo magnético enviando una captación nula a la presencia del campo magnético. Este funcionamiento se lo ilustra en la figura 12.

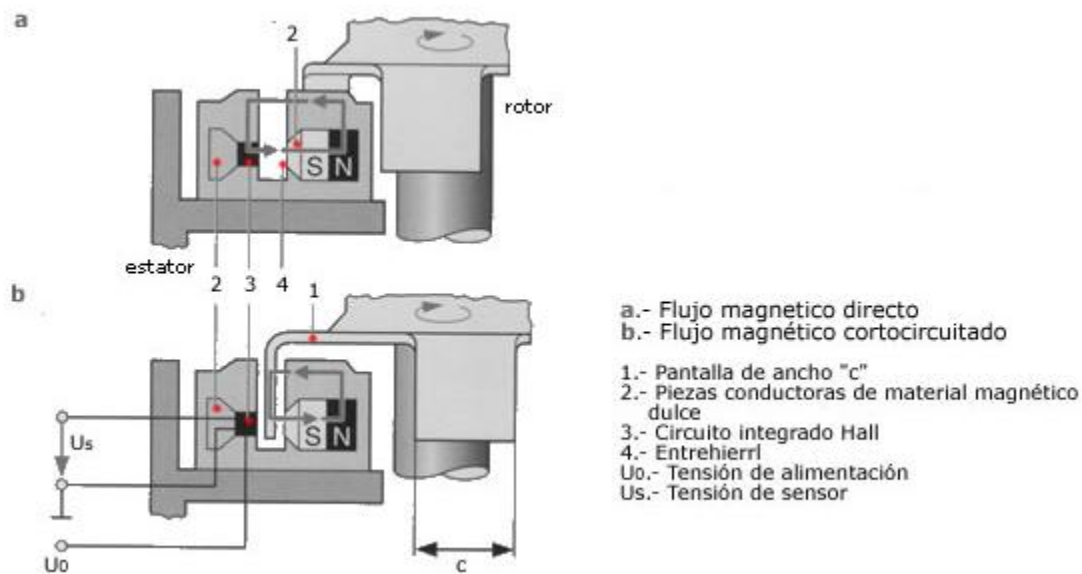


Figura 12. Funcionamiento de un sensor de efecto hall

Adaptado de: (Aficionados a la mecánica, 2013)



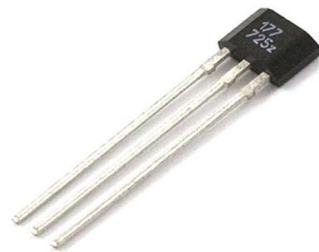
Cuando el sensor de efecto hall capta un campo magnético vertical a su posición genera un voltaje de salida que es proporcional al producto de las magnitudes del campo magnético y de la corriente recibida. Poseen alta exactitud en los datos procesados así como alta sensibilidad en el campo de captación, son estables a diferentes ambientes de temperaturas variables generando alta confiabilidad en los resultados presentados.

En la clasificación de los sensores de tipo hall, se encuentran sensores con salida digital directa o con procesadores de señal analógica – digital. Dentro del diseño de estos tipos de sensores se encuentran con captadores de sensibilidad ajustable permitiendo percibir el campo magnético a mayor o menor distancia según sea la necesidad de la aplicación.

El pequeño tamaño y la gran resistividad a situaciones ambientales en exteriores hacen de este sensor una solución recomendable para el presente proyecto.

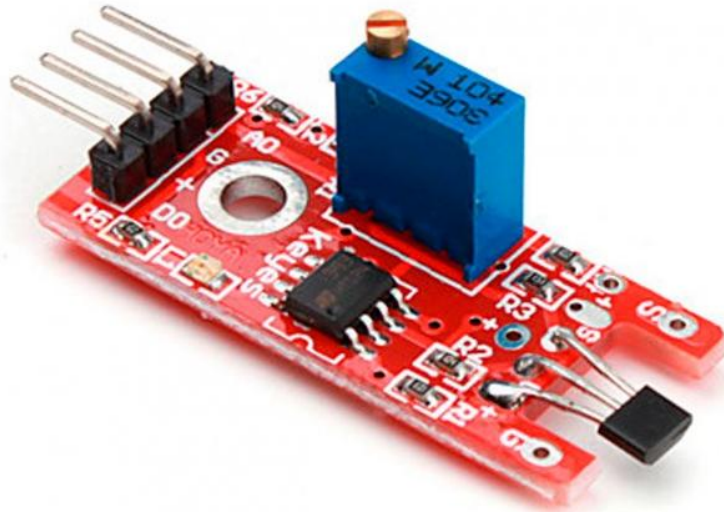
La mayoría de los sensores de tipo hall presentan de tres a cuatro pines de conexión correspondientes a la salida digital (DO), pin de alimentación eléctrica (5 voltios), pin de conexión a tierra (GND). Sensores con distintos complementos o usos poseen un pin de salida analógica (AO).

En la figura 13 y figura 14 se puede apreciar dos tipos de sensores, el primero un sensor US1881 de alta sensibilidad y salida digital y el segundo un sensor KY-024 con potenciómetro de sensibilidad incluido.



*Figura 13.* Sensor de efecto hall US1881

Tomado de: (Electronica Lab, 2016)



*Figura 14.* Sensor de efecto hall ky-024 con potenciómetro de sensibilidad incluido y convertidor de señal analógica a digital

Adaptado de: (Teckmicro Ecuador, 2016)

### 3.2.3. Sensores ópticos

Estos sensores utilizan un lente óptico para captar diversos datos o factores mediante la interacción de la luz. Una de sus mayores desventajas es que los sensores ópticos poseen una gran fragilidad dado que sus componentes dependen de situaciones favorables para su correcta funcionalidad.

Gran parte de estos sensores son utilizados para calcular proximidad o circuitos de seguridad mediante cercanía de sus componentes.

Para el cálculo de velocidad rotacional es necesario acoplar un optointerruptor que es un dispositivo compuesto por un diodo LED que tiene la función de emisor infrarrojo y un fototransistor, ambos están colocados a muy poca distancia, aproximadamente 3 milímetros, uno frente al otro. De esta manera el optointerruptor puede detectar cuando un cuerpo obstruye la comunicación directa de ambos dispositivos.

En la figura 15, está identificado el optointerruptor con el esquema eléctrico del circuito interno.

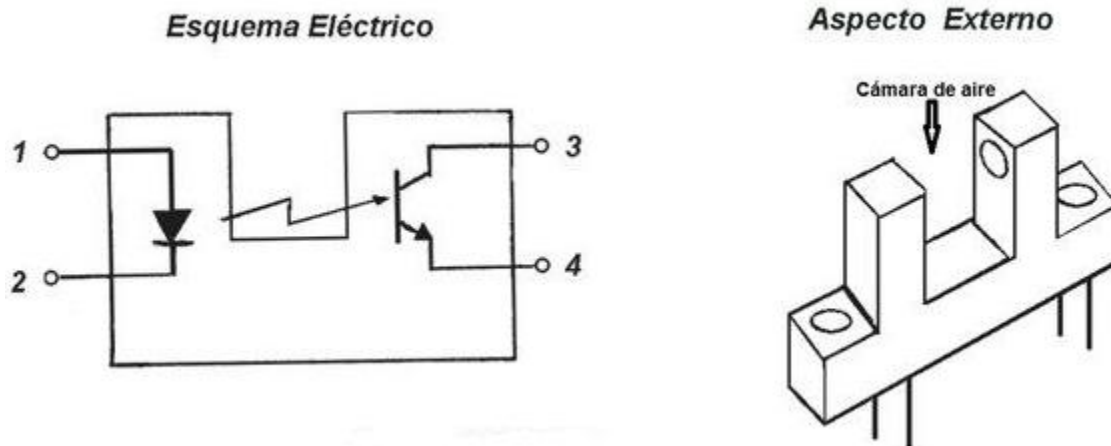


Figura 15. Esquema general de un optointerruptor

Adaptado de: (Área tecnológica, 2015)

### 3.2.4. Sensores de velocidad con encoder

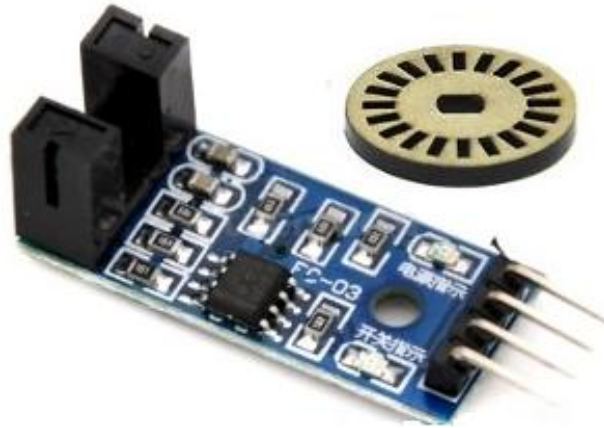
Estos sensores cuentan con un encoder que utiliza una señal eléctrica que indica la posición angular de un eje que describe la velocidad de rotación. Sus componentes están asociados a un disco de distintos materiales, generalmente vidrio o plástico, que se encuentra codificado (modificaciones en el disco con partes huecas) permitiendo el paso de luz emitida por el sensor que en su mayoría es una luz infrarroja.

Este disco describe un movimiento rotacional el cual obstruye el paso de luz así el sensor capta este cambio y genera pulsos digitales en cada recepción de luz produciendo una secuencia que permite calcular la velocidad.

Al depender de la incorporación del disco codificado de material sensible a las situaciones ambientales a la que estará expuesto el sensor presenta una dificultad al momento de incorporar el sensor en ambientes externos, ya que al ser un

dispositivo relativamente pequeño puede sufrir daños y afectar el cálculo del resultado buscado.

Este sensor cuenta con una salida digital, un pin de alimentación de 3,3 o 5 voltios y un pin de instalación a tierra (GND). En la figura 16, se presenta un sensor de velocidad con encoder típico en el mercado con el disco codificado.



*Figura 16.* Sensor de velocidad con encoder y disco codificado de plástico de 20 ranuras

Adaptado de: (Teckmicro Ecuador, 2016)

### **3.3. Comparativo de sensores de velocidad**

Para elegir la mejor opción aplicable para el diseño del prototipo se realizó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) de cada sensor en un ambiente descrito a continuación.

#### **3.3.1. Ambiente de implementación del prototipo**

El sensor debe adaptarse a condiciones ambientales variables dado que la posición escogida es el aro de la llanta posterior derecha del vehículo de pruebas, mismo que estará expuesto a temperaturas variables con diferentes factores externos como humedad, agua, tierra, polvo, contacto con objetos desconocidos y aun así ser capaz de transmitir una información veraz e integra.

### 3.3.2. FODA de sensores inductivos

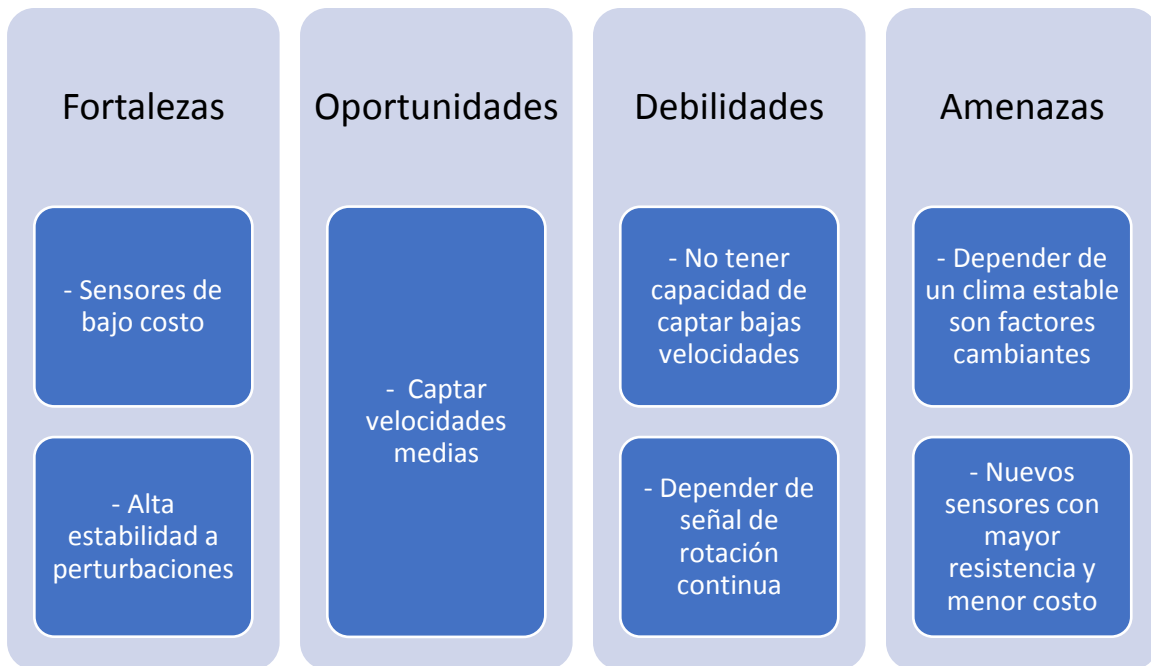


Figura 17. Análisis de los sensores inductivos

### 3.3.3. FODA de sensores ópticos

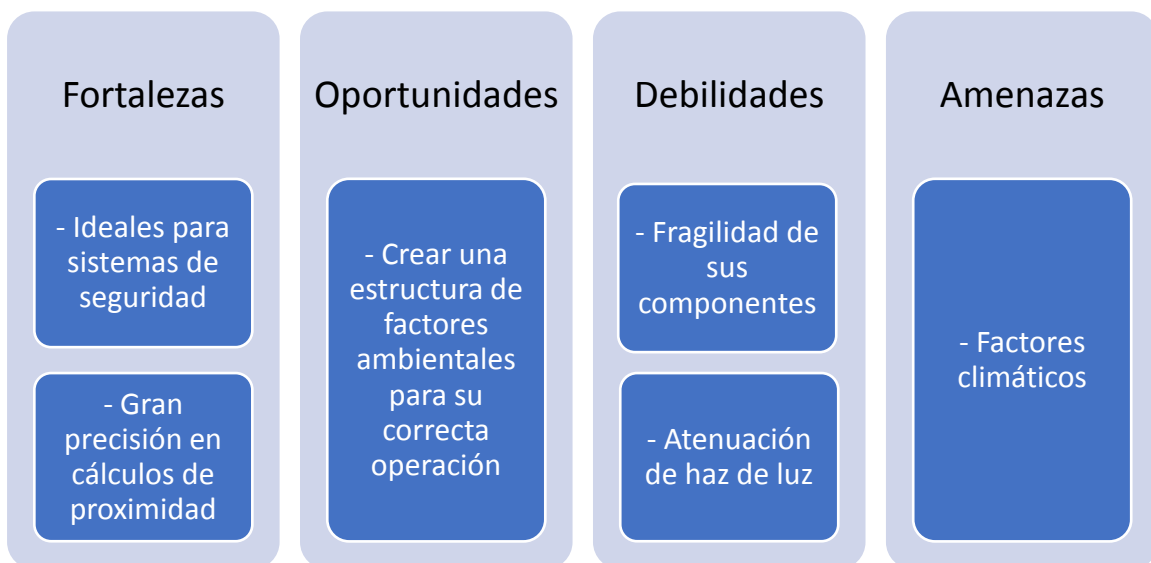


Figura 18. Análisis de los sensores ópticos

### 3.3.4. FODA de sensores magnéticos



Figura 19. Análisis de sensores de magnetismo

### 3.3.5. FODA de sensores con encoder

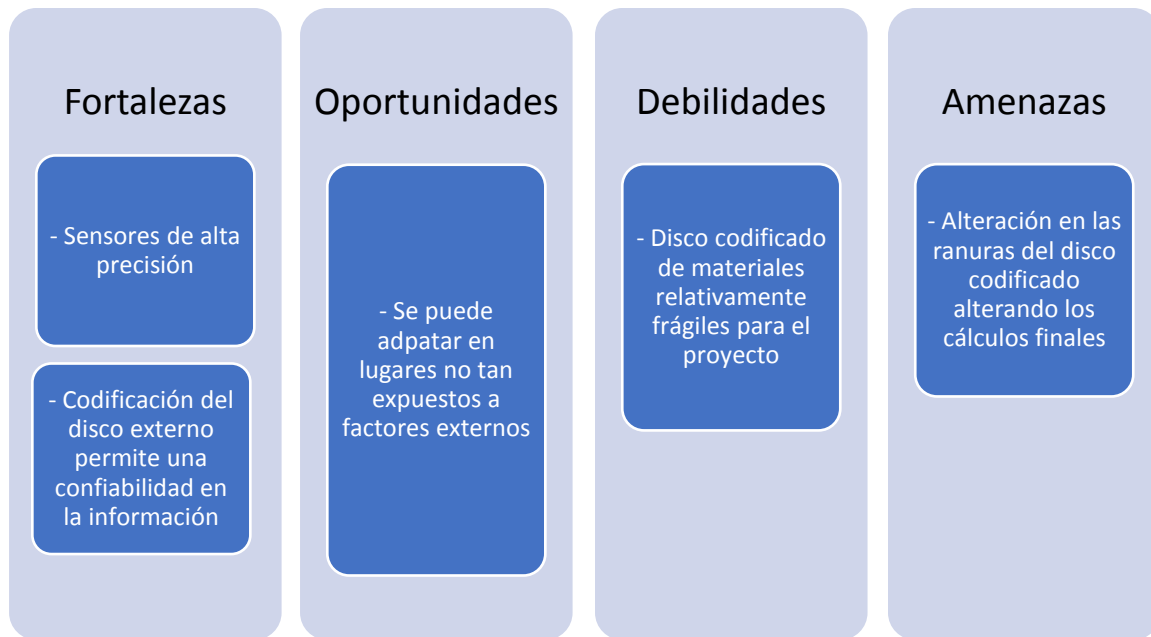


Figura 20. Análisis de los sensores con encoder

### 3.3.6. Conclusión de sensores de velocidad

Considerando el análisis FODA realizado sobre cada solución encontrada para la medición de velocidad rotacional empleada para el cálculo de la velocidad de circulación del vehículo, se presenta como la mejor opción acoplada a las situaciones a las que está expuesta el prototipo el uso de sensores magnéticos de tipo hall.

Dentro de estos sensores se ha escogido el sensor de efecto hall KY-024 que presenta un sensor lineal de tipo hall, con comparador LM393 que nos permite tener dos tipos de salida, una salida analógica (AO) y una salida digital (DO). Adicional este tipo de sensor cuenta con un potenciómetro de distancia en la captación de la sensibilidad el campo magnético que permite alejar del imán montado sobre el aro de la llanta posterior derecha del vehículo de pruebas, con esta conservación de la distancia se evita que factores externos puedan dañar la integridad del sensor (rebote de objetos extraños por rotación de la llanta, factores

climáticos extremos, etc.). Este sensor se presentó como objeto de estudio en la figura 14. Sensor de efecto hall ky-024.

### **3.4. Generación del campo magnético**

Para la generación de la fuente de magnetismo es necesario la incorporación de un imán, de los cuales existen varias clases para lo cual se escogió los imanes de neodimio por su composición y gran generación de un amplio campo magnético.

#### **3.4.1. Imán de neodimio**

Es un imán compuesto por aleaciones de neodimio, boro y hierro. Considerado los imanes más fuertes (de mayor campo magnético), por lo cual son empleados en varios campos industriales.

Estos imanes soportan escenarios ambientales extremos así como altas temperaturas.

Adicionalmente este imán no es conductor en una estructura de aluminio, como es el caso del aro de la llanta del vehículo de pruebas para lo cual no transmite su campo magnético por el material en el que será implementado.

En la figura 21, se representa el imán de neodimio que es implementado en el aro de la llanta.



*Figura 21.* Imán de neodimio

Tomado de: (Linio México, 2014)

### **3.5. Plataforma base del proyecto**

Para la elección de la estructura informática en la que se basó todo el diseño del prototipo es fundamental para el correcto funcionamiento de la solución propuesta. Para lo cual entre varias soluciones presentes en el mercado con características



básicas y soluciones avanzadas se realizó un comparativo en cuanto a la utilidad del prototipo para cubrir las necesidades presentes sin sobrepaso de elecciones tecnológicas innecesarias.

### **3.5.1. Soluciones actuales del mercado acopladas a las necesidades del proyecto**

Actualmente existen varias soluciones electrónicas que cubren las necesidades del prototipo con una amplia variedad de fabricantes en el mercado como la marca Arduino, Raspberry Pi, microcontroladores PIC, Nanode, Waspmode, etc.

Uno de los pioneros en independizar una estructura electrónica completa con un microcontrolador integrado y un entorno de desarrollo proporcionado por la marca es la plataforma open source Arduino, misma que mayormente es usada para proyectos electrónicos por la facilidad en el entorno funcional que ofrece.

A pesar de ser una de las soluciones más populares al momento de seleccionar una tecnología adecuada para la elección de proyectos electrónicos, existen varias soluciones con similares y mayores bondades tecnológicas.

### **3.5.2. Raspberry Pi**

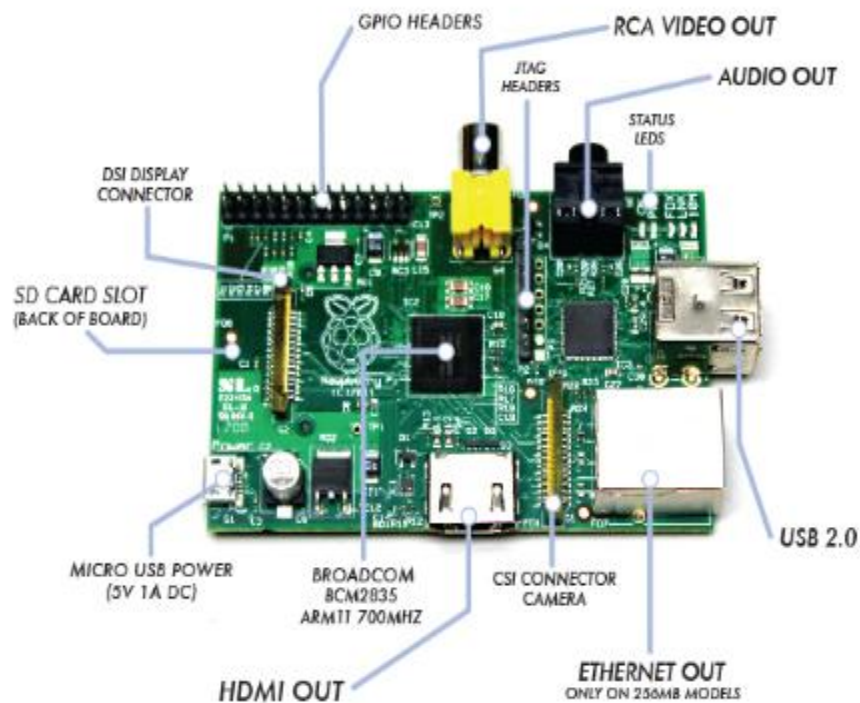
Esta plataforma consiste en ser una mini computadora u ordenador de placa reducida de grandes bondades informáticas de origen británico compuesta por un sistema SoC (System on Chip), tecnología que integra todos los componentes de un computador, Broadcom BCM2835, además cuenta con un procesador central de 700 MHz. Este mini computador cuenta con su propio procesador gráfico (GPU) y una adaptación de ranura para memoria RAM de 512 MB, no dispone de almacenamiento interno pero cuenta con una ranura para el ingreso de una tarjeta SD de capacidad considerable de almacenamiento.

Al igual que las plataformas Arduino no cuentan con una fuente de alimentación eléctrica propia ya que depende de una fuente externa para su funcionamiento.

A pesar de las grandes cualidades tecnológicas que cuenta la plataforma Raspberry Pi, sobrepasa las necesidades del proyecto siendo un gasto

innecesario adaptarlo al diseño de la solución. Este tipo de plataformas es muy frecuente encontrarlas como servidores de capacidad moderada en servicios de telefonía, acceso WiFi, computadores de uso básico de oficina, etc.

En la figura 22, se presenta una plataforma Raspberry con sus principales componentes.



*Figura 22.* Plataforma Raspberry Pi con sus componentes principales

Tomado de: (Raistech, 2015)

### 3.5.3. BeagleBone

Al igual que la plataforma Raspberry Pi, BeagleBone es un pequeño computador con dimensiones similares a las de una tarjeta de crédito en el que ofrece la posibilidad de trabajar con sistemas operativos Linux o Android. A diferencia de las plataformas Arduino, en esta solución se puede cargar un sistema operativo

dándole bondades de un computador operando en un nivel mucho más complejo con funcionalidades más avanzadas.

Cuenta con un procesador ARM A8 que similarmente a Raspberry trabaja a 700 MHz, la diferencia de Raspberry es que cuenta con una memoria RAM incluida de 256 MB y también cuenta con lector de tarjetas SD para el almacenamiento de datos. El costo en el mercado de esta solución rodea los \$ 90 dólares americanos aunque cuenta con una versión más económica con un valor en el mercado ecuatoriano de \$ 50 dólares americanos.

Ambas soluciones cuentan con 65 pines digitales y 7 pines análogos, para el prototipo de medición de velocidad no se requiere una cantidad de pines mayor a 10 pines digitales.

En la figura 23, se observa la ilustración de una plataforma BeagleBone.



*Figura 23.* Plataforma BeagleBone básica

Tomado de: (BeagleBoard, 2017)



### **3.5.5. Elección de la plataforma base en base a los análisis de soluciones en el mercado**

Para el diseño de la solución del prototipo de medición de velocidad de un vehículo en circulación se analizó varias plataformas tecnológicas encontradas en el mercado partiendo del principio de funcionamiento de las plataformas Arduino, pioneras en el mercador en desarrollo de plataformas independientes.

A pesar de encontrar soluciones con un alto nivel tecnológico así como un elevado costo económico en el mercado, se ha escogido la plataforma de marca Arduino modelo UNO como la solución de plataforma base para el diseño y construcción de la solución.

Esta elección se la considera a partir de la tecnológica que ofrece la marca así como la gran cantidad de dispositivos compatibles con la placa. Adicionalmente el sensor de efecto hall KY-024 escogido anteriormente para la captación del campo magnético es compatible con la plata forma Arduino.

Al plantearse construir una solución de bajo costo con materiales presentes en el mercado ecuatoriano, esta plataforma es la opción mejor recomendada para cubrir las necesidades del proyecto y garantizar resultados positivos.

## **4. Capítulo IV Diseño e implementación del sistema**

En este capítulo se detalla el procedimiento del diseño y la construcción del sistema microcontrolado que permite registrar y mostrar la velocidad en la cual se encuentra circulando un vehículo y alertar cuando excede los límites de velocidad establecidos en el Distrito Metropolitano de Quito.

### **4.1. Preliminar**

En la actualidad y al transcurrir de los años los dispositivos de medición de velocidad de circulación de un vehículo han incrementado de manera considerable, por lo que resulta muy fácil conseguir estos dispositivos. A pesar del

gran desarrollo de tecnología, muchos de ellos no se apegan a la realidad y no cumplen con nuestra necesidad.

El prototipo a implementarse es una solución adaptada al diario vivir de los conductores de la ciudad y posee características visuales y sonoras el cual muestra alertas cuando se sobrepasa los límites de velocidad establecido en sectores urbanos, perimetrales y rectas en carreteras. Para esto se han escogido los componentes necesarios para la construcción del prototipo que además de ser suficientes para cubrir la necesidad del proyecto, son de muy bajo costo.

#### 4.1.1. Plataforma base

Ante la amplia gama de microcontroladores y plataformas electrónicas basadas en código abierto, existe una gran lista para tomar como punto de partida para la construcción del prototipo. Pese a que existen proyectos desarrollados con microcontroladores para la medición de la velocidad de un vehículo en circulación, no se ha encontrado una solución desarrollada sobre una plataforma de código abierto con una interfaz simple de desarrollo e interacción. Mediante el método comparativo aplicado en el capítulo dos para la elección de la plataforma base, se escogió la plataforma de marca Arduino modelo UNO, ya que ofrece la cantidad de pines digitales suficientes para la elaboración del proyecto, así como el microcontrolador en el que está basado la solución. En la tabla 1, se describe la totalidad de pines utilizados en el proyecto correspondiente a la pantalla, sensor escogido y fuente sonora.

Tabla 1.

#### *Pines utilizados en plataforma principal*

<b>Pines</b>	<b>Dispositivo</b>
5v, GND, 7, 8, 9, 10, 11, 12	Pantalla LCD 16x2
6, 5v, GND	Sensor efecto hall
3, GND	Buzzer

Como una condición extra al momento de escoger estas plataformas se debe analizar la cantidad de código de programación que se va a ingresar para que el dispositivo, ya que de esto depende la memoria flash de la plataforma.

El microcontrolador es uno de los componentes más importantes de la construcción del prototipo ya que aquí se va a procesar toda la información capturada de los demás componentes.

Como se mencionó anteriormente existen placas con funcionalidades extras que no intervienen al proyecto, para lo que se realizó un comparativo entre diferentes modelos de placas para permitirnos escoger la placa adecuada presentada en el capítulo dos. Además, la plataforma arduino cuenta con un hardware pre armado junto al microcontrolador ofreciendo al usuario una gran interfaz de puertos y periféricos familiar a la simbología y nombres utilizados comúnmente. También cuenta con amplias librerías que facilitan la programación de la plataforma, adicional que es parte de una comunidad “open source”, que permite grandes colaboraciones de miembros expertos en programación permitiendo mejorar la plataforma. Al descargar solamente la aplicación oficial de la plataforma se puede iniciar con la programación, caso contrario con ciertos procesadores que necesitan un IDE y un compilador.

En la tabla 2, se realiza un comparativo de tecnologías similares entre la plataforma base escogida y un microcontrolador PIC.

Tabla 2.

*Comparativo entre arduino y PIC en el proyecto*

	<b>Interfaz propia</b>	<b>Atmega328p</b>	<b>Periféricos</b>	<b>Alimentación eléctrica directa</b>	<b>Placa propia</b>	<b>Cumple con el proyecto</b>	<b>Compilador integrado</b>
<b>Arduino UNO</b>	X	X	X	X	X	X	X
<b>PIC</b>	-	x	-	-	-	X	-

El sensor idóneo para la ejecución del proyecto se lo puede escoger entre el sensor M44 o Ky-024, ya que el sensor Ky-024 incorpora en su estructura un comparador Lm393, nos ayuda a solucionar el efecto “Bounce” presentado al momento de realizar los cálculos del número de vueltas. El sensor lineal de efecto hall Ky-024, con comparador Lm393 que permite contar con una salida analógica (AO) y también con una salida digital (DO), este dispositivo está diseñado para calcular la velocidad de un mecanismo en rotación por lo que es de gran utilidad para el proyecto. Este sensor es compatible con la placa arduino y presenta grandes características de resistencia ambiental, ya que el prototipo se encuentra expuesto a diversos factores climáticos es fundamental contar con un dispositivo que no detenga su operatividad al estar presente dichos factores.

#### **4.2. Diagrama lógico del prototipo**

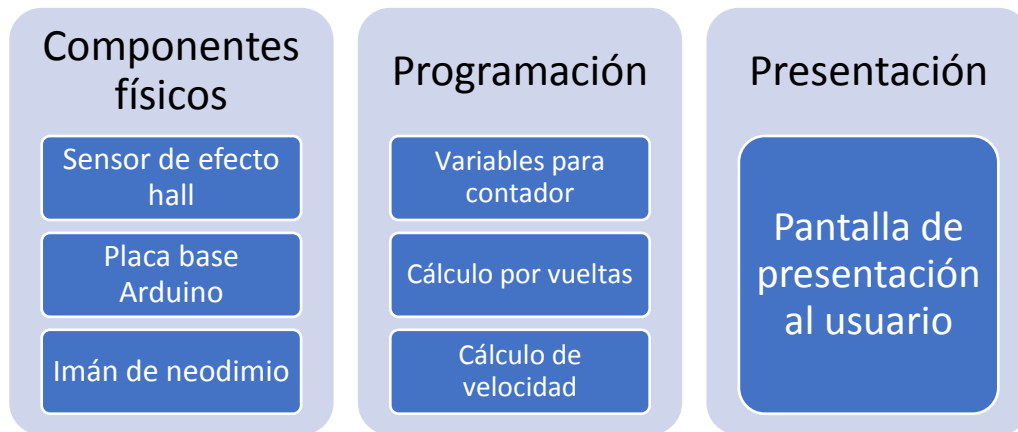
La solución contempla la configuración de los siguientes elementos:

- Elementos del servicio
  - Variables para el contador
  - Cálculo por vueltas
  - Cálculo de velocidad
- Elementos de presentación
  - Pantalla de presentación

El diseño lógico contempla un esquema de arquitectura simple de interpretación para usuarios finales, así como para quienes se encuentren dentro del vehículo, por lo que no se requerirá configurar parámetros adicionales.

La arquitectura a nivel de componentes es la siguiente:





*Figura 25.* Diagrama diseño lógico

### 4.3. Método para el cálculo de la velocidad

Para determinar el mejor método para el cálculo de la velocidad en la que se encuentra circulando el vehículo, se debe cumplir con los siguientes hitos.

#### 4.3.1. Objeto de pruebas

Los datos para el cálculo de la velocidad se toman del aro de la rueda posterior derecha del vehículo de marca Hyundai modelo Tucson Clásico año 2007.



*Figura 26.* Vehículo Hyundai tucson 2007

Tomado de: (Hyundai, 2007)

Estos datos no se tomaron de la goma de la llanta del vehículo ya que al presentar un desgaste después de un determinado periodo de tiempo es un dato variable para el cálculo de la velocidad. Para esto se utilizó el radio del aro de la rueda posterior derecha del vehículo, para los cálculos en el código de programación debe ser un valor fijo, esto con el objetivo de tener un dispositivo de medición exacto de la velocidad de circulación.

Para obtener los datos exactos del objeto a medición, es necesario conocer el perímetro del aro de la llanta posterior derecha del vehículo.

Tabla 3.

*Detalles del vehículo*

<b>Vehículo</b>	<b>Aro de la rueda</b>	<b>Radio</b>
Tucson	Posterior derecho	35 centímetros

Para esto se usa la siguiente ecuación.

$$\text{Perimetro} = 2 * \pi * \text{radio}$$

$$\text{Perimetro} = 2 * 3,1416 * 35\text{cm}$$

**(Ecuación 6)**

Donde:

- radio: es la medida del aro de la llanta del vehículo de pruebas

Con estos principios básicos se puede partir para calcular la velocidad de circulación del vehículo.

En la pantalla presenta la información captada en una adaptación al tablero del vehículo de prueba.

Dentro de la programación del Arduino se van a establecer límites de velocidad los cuales se activan cuando se sobrepasen y notifican al usuario el incumplimiento de los mismos, estos límites están definidos de la siguiente manera.

En la tabla 4, se figuran los límites establecidos para el Distrito Metropolitano de Quito por los entes reguladores.

Tabla 4.

*Límites de velocidad programados en Arduino Uno.*

<b>Límites de velocidad</b>	<b>Sector</b>
50 Km/H	Urbano
90 Km/H	Perimetral
100 Km/H	Rectas en carreteras

#### **4.4. Programación de placa base Arduino Uno**

Generalmente cuando se realiza la medición de un contador de vueltas en una rueda se presenta el fenómeno “Bounce o Rebote”, este fenómeno se presenta cuando en el sensor que se utiliza no responde o presenta un valor mayor en una sola vuelta. Cuando se realiza el conteo en los primeros milisegundos del cálculo se presenta el fenómeno, provocando variaciones, aunque pequeñas, de la señal de entrada. Las variaciones encontradas durante el “Bounce” hacen que los voltajes de “High” y “Low” cambien de forma rápida. (Latorre, 2015)

Para solventar este fenómeno se realiza una comprobación en el PIN de salida del sensor de efecto hall.

##### **4.4.1. Contador de vueltas**

Se procede a la declaración de las variables para la verificación de los estados con un retardo de 1 milisegundos cada una, este retardo en los tiempos se estableció mediante pruebas de funcionamiento ya que por la velocidad de rotación del imán colocado en el aro posterior derecho de la llanta fue muy rápida se requería un menor tiempo de captación para la comparación de los estados, si los estados son iguales la sección del programa que realiza el cálculo de número de vuelta no realiza ninguna acción caso contrario el contador de vueltas aumenta en uno.

#### 4.4.2. Cálculo de la velocidad

Para el cálculo de la velocidad se mide el desplazamiento (tiempo que se demora cada vuelta), para esto se creó un método llamado “velocidad” en el que se mide los tiempos con la función “millis()”, en la que devuelve el número de milisegundos desde que en la placa arduino comenzó a correr el programa. Como se requiere obtener la velocidad calculada en Kilómetros/Horas el resultado obtenido en la variable de “tiempo3”, en milisegundos, se la transforma a horas con la siguiente ecuación.

$$tiempo4 = (((tiempo3/1000)/60)/60) \quad \text{(Ecuación 8)}$$

Donde:

- tiempo3: variable contenedor de resultado de la operación (tiempo2-tiempo1)
- tiempo4: variable contenedor de transformación del resultado de tiempo3, resultado obtenido en la unidad de horas.

El resultado encontrado se divide para mil, el resultado de esta operación da un valor en segundos. Este resultado se divide para sesenta para convertir en minutos y posteriormente ese valor se divide para sesenta para obtener el valor en horas. El valor del perímetro es expresado en metros para lo cual se debe transformar esa unidad a kilómetros para calcular la velocidad, para lo que se divide el perímetro de la rueda para mil. Con este valor se puede encontrar la velocidad dividiendo para la variable del perímetro, como se lo expresa en la siguiente ecuación.

$$velocidad = ((perimetro\_rueda/1000)/tiempo4) \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

- tiempo4: tiempo en horas.
- perimetro\_rueda: medida del aro de la rueda del vehículo

#### 4.4.3. Diagrama de flujo de código de programación

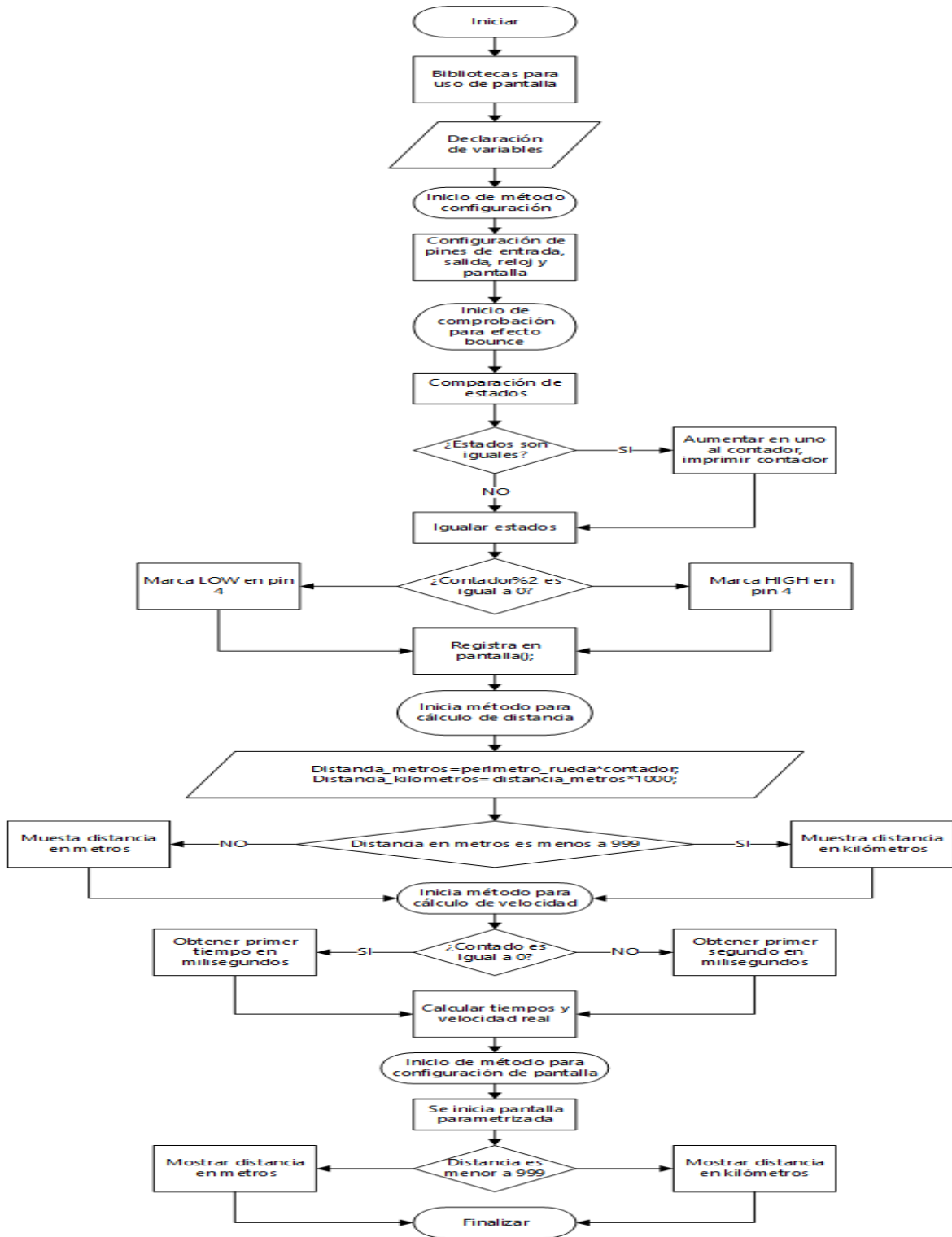


Figura 27. Diagrama de flujo de programa

## 5. Capítulo V Pruebas de funcionamiento del prototipo y presentación de resultados

Dentro del capítulo IV, se realizó las pruebas correspondientes al funcionamiento del prototipo y veracidad de la información presentada frente al velocímetro tradicional del vehículo.

### 5.1. Implementación de dispositivos

La integración de los equipos seleccionados, se la realizó en una tabla de experimentación “protoboard”, misma que nos ofrece un número suficiente de puntos de conexión para la placa base, sensor de efecto hall, alimentación eléctrica de la placa base y pantalla.

#### 5.1.1. Alimentación eléctrica

Dado que la placa base permite un voltaje de fuente externa entre 3.3 y 12 voltios, la solución planteada tendrá una alimentación eléctrica continua tomada de una adaptación de batería de 9 voltios a la placa principal.

La solución planteada tener una fuente de alimentación mediante la adaptación de una batería de 9 V y un plug de 2,1 milímetros, método que será utilizado para las pruebas correspondientes del caso.



*Figura 28.* Plug de 2,1 milímetros

Tomado de: (Stereon, 2012)



*Figura 29.* Batería de 9 voltios

Tomado de: (Ferre Tokio, 2009)

### **5.1.2. Incorporación de imán de neodimio**

Para realizar las pruebas de funcionamiento el imán se adaptó a una hélice de un ventilador, misma que tiene un radio de 8,4 centímetros, simulando el radio del aro de la rueda del vehículo de pruebas como lo indica las figuras siguientes.

El imán debe ser colocado en una posición fija donde no sufra desplazamientos dado que los cálculos dentro de la programación de la placa base tienen valores constantes y este es el encargado de señalar cada vuelta del aro de la rueda, en el caso de las pruebas de la hélice escogida.

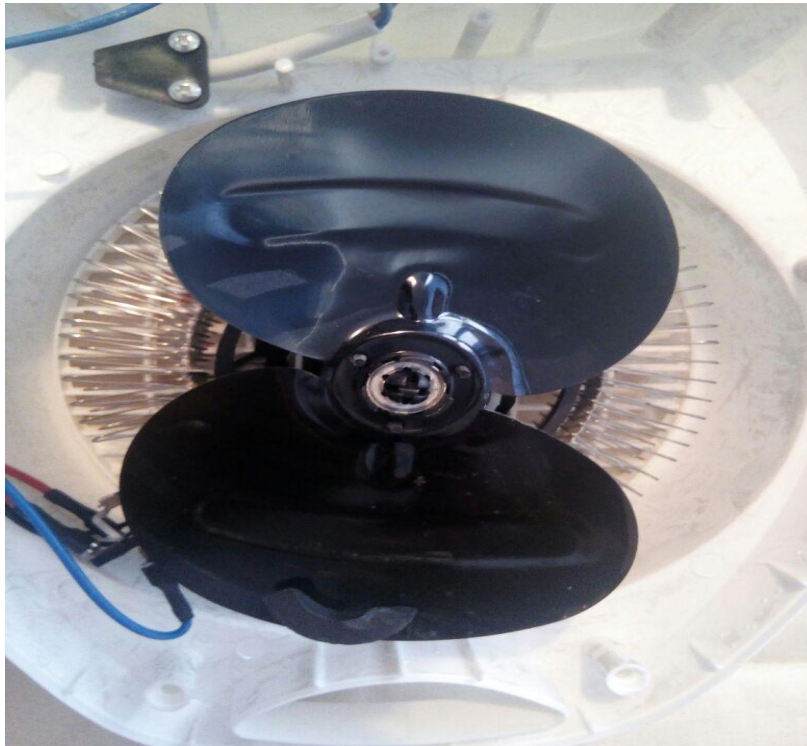


Figura 30. Adaptación de imán a hélice del ventilador

### 5.1.3. Diagrama electrónico

Dentro de este punto se describe el diseño electrónico que constituye en presente proyecto para las pruebas realizadas. En la figura 31. se muestra el diagrama de bloques del sistema electrónico que constituye el prototipo de pruebas de la solución propuesta.

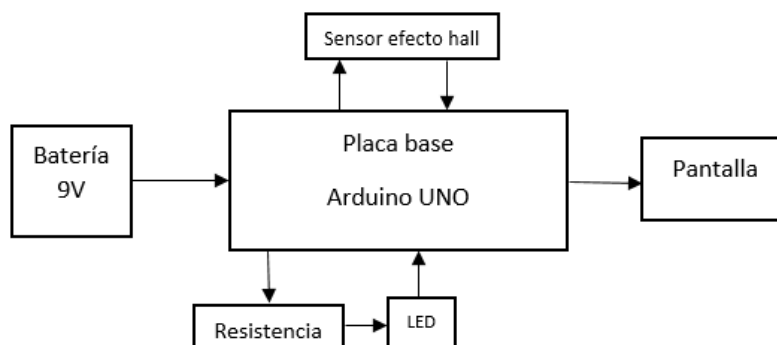


Figura 31. Diagrama de bloques pruebas



El funcionamiento del sistema electrónico es descrito a continuación:

- De la batería de 9 voltios conectado a un plug de 2,1 milímetros sale un cable de alimentación eléctrica que da energía a la placa principal “Arduino UNO”
- Del sensor posicionado en una ubicación cercana al imán colocado en la hélice del ventilador salen cables de conexión a los pines 3 y 4 de la placa base.
- De la placa base se conecta directamente en el protoboard a una resistencia de 220 ohmios.
- A la resistencia está conectado un diodo LED, que se encenderá cada vez que detecte la actividad del sensor, cada vuelta.
- La pantalla que muestra los resultados de los datos obtenidos va conectado directamente a la placa base.

#### 5.1.4. Escenario de pruebas

Para la preparación del escenario de pruebas se adaptó un potenciómetro a un ventilador doméstico para poder variar la velocidad de rotación de las hélices y capturar diferentes registros en la velocidad simulando la rotación del aro de la rueda del vehículo de pruebas. El sensor lineal de efecto hall Ky-024 fue colocado a una distancia no mayor de 1 centímetro para capturar el paso del imán colocado en la hélice del ventilador. En la figura 32. se puede observar la distancia del sensor al imán en rotación.

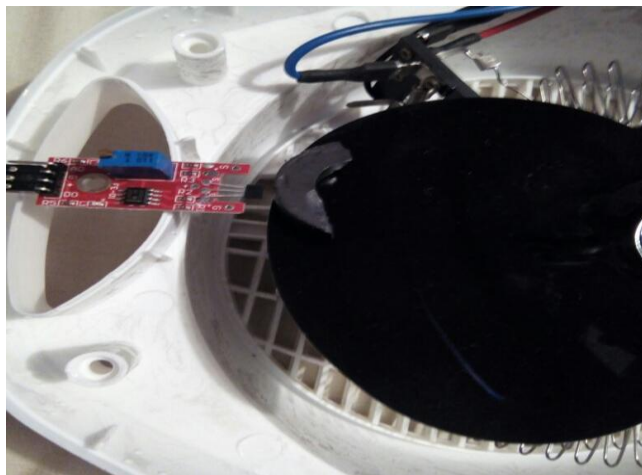


Figura 32. Ubicación física del sensor



```
float pi=3.1416;

float perimetro_rueda=2*pi*(radio_rueda/100); //Metros,

int tiempo1=0;

int tiempo2=0;

int tiempo3=0;

float tiempo4=0;

float velocidad=0;

bool alarma_on = 0; //almacena estado de la alarma

void setup (){

    pinMode(4,OUTPUT);

    pinMode (5, INPUT);

    pinMode(3, OUTPUT);

    Serial.begin(9600);

    lcd.begin(16,2);

}

bool GetSystemState (){

    return true;

}

void loop(){

    primer_estado=digitalRead(5);

    delay(1);

    segundo_estado=digitalRead(5);
```

```
if(primer_estado == segundo_estado){  
  if(primer_estado != tercer_estado){  
    if(primer_estado == HIGH){  
      contador = contador + 1;  
      Serial.print("Vuelta: ");  
      Serial.println(contador);  
      VEL();  
      PantallaLCD();  
    }  
  }  
}  
  
tercer_estado = primer_estado;  
  
if (contador%2 == 0 ) {  
  digitalWrite(4, LOW);  
}  
  
else {  
  digitalWrite(4, HIGH);  
}  
}  
  
void VEL(){  
  if(contador%2 == 0){  
    tiempo1=millis();
```

```
}else {  
    tiempo2=millis();  
}  
tiempo3=abs(tiempo2-tiempo1);  
tiempo4=(((tiempo3/1000.0)/60)/60);  
velocidad=((perimetro_rueda/1000)/tiempo4);  
Serial.print("velocidad= ");  
Serial.println(velocidad);  
if (velocidad >= 50.0 && velocidad < 90.0){  
    Serial.print("Excedió límite de velocidad urbano");  
    digitalWrite(3, HIGH);  
    tone(3, 300, 500);  
}else {  
    if(velocidad >= 90.0 && velocidad < 100.0 ){  
        Serial.print("Excedió límite de velocidad perimetral");  
        digitalWrite(3, HIGH);  
        tone(3, 400, 300);  
    } else { if(velocidad >= 100.0){  
        Serial.print("Excedió límite de velocidad en carretera");  
        digitalWrite(3, HIGH);  
        tone(3, 500, 300);  
    } else {
```

```
    }  
  }  
}  
  
void PantallaLCD(){  
    lcd.clear();  
    lcd.write("V: ");  
    lcd.print(velocidad);  
    lcd.write(" Km/s");  
    if(velocidad >= 50.0 && velocidad < 90.0){  
        lcd.setCursor(0,1);  
        lcd.write("limite urbano");  
    } else {if(velocidad >= 90.0 && velocidad < 100.0 ){  
        lcd.setCursor(0,1);  
        lcd.write("limite perimetra");  
    }else {if(velocidad >= 100.0){  
        lcd.setCursor(0,1);  
        lcd.write("limite carretera");  
    }  
    }  
    }  
    return; }  
}
```

Como se puede observar en el código la variable “perímetro\_rueda”, se realizó el cambio del valor del radio del aro de la llanta posterior derecha con el valor del radio de la hélice del ventilador de pruebas.



*Figura 34. Prototipo básico armado*

En la figura 34, se observa la composición de todos los componentes unidos en la plataforma base arduino, para que la pantalla refleje los valores procesados se realiza la siguiente conexión de pines.

Tabla 5.

*Conexión pantalla LCD 16x2 a placa arduino*

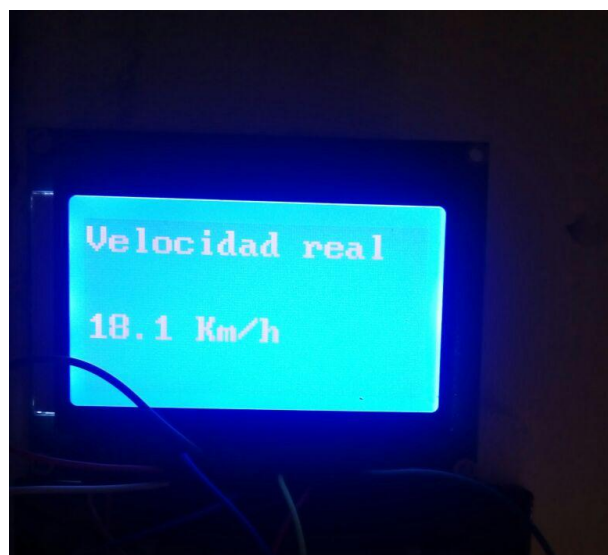
<b>Pines pantalla LCD</b>	<b>Pines Arduino UNO</b>	<b>Protoboard</b>
<b>128 x 64</b>		
VSS	GND	
VDD	5V	
BLA	5V	

---

BLK	GND	
	5V	+
	GND	-
RS	7	
RW	GND	
E	8	
DB4	9	
DB5	10	
DB6	11	
DB7	12	

---

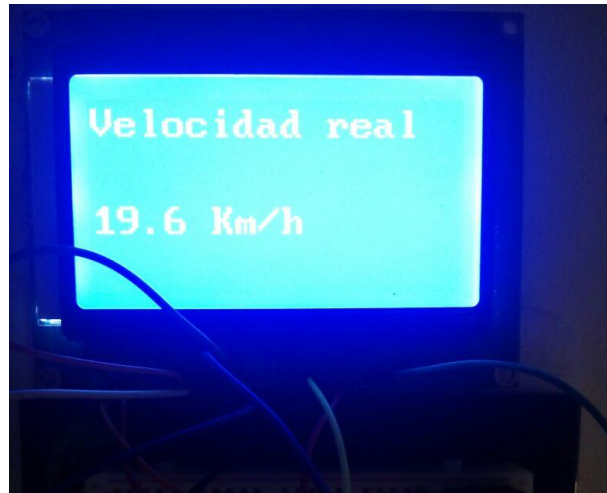
Al momento que la hélice comienza a girar a una baja velocidad el sensor de efecto hall Ky-024 captura el paso del imán registrando una vuelta y enviando la información para el cálculo de la distancia recorrida y posteriormente la velocidad de circulación. En la primera prueba se ajusta el potenciómetro adaptado del ventilador a una velocidad no más de 18 Km/h para el efecto en la pantalla registra una velocidad de 17 a 18 Km/h, como se indica en la figura 35.



*Figura 35.* Primeros resultados a 18 Km/h

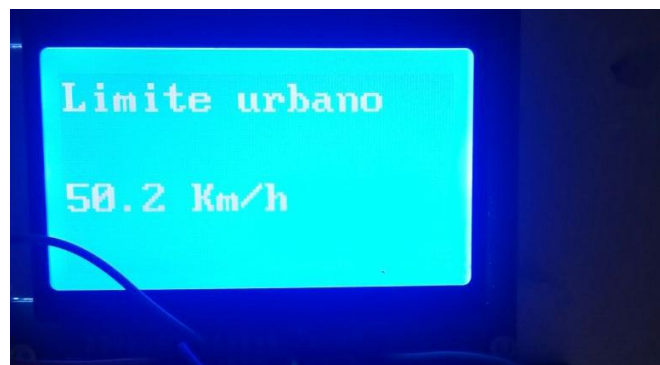


Incrementalmente se aumentó la velocidad de rotación de las hélices del ventilador para lo que se registró en la pantalla un incremento en el registro de la velocidad, como se observa en la figura 36.



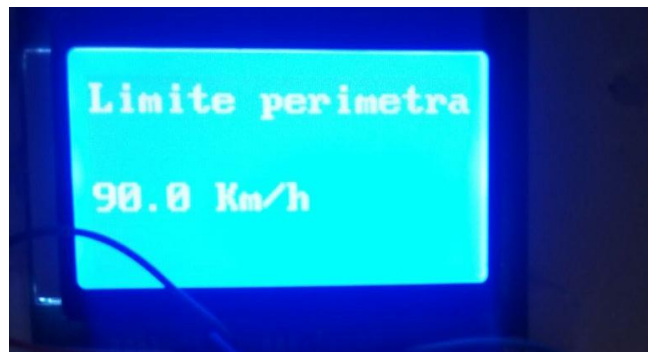
*Figura 36.* Incremento de velocidad

Al momento de sobrepasar el primer límite de velocidad programado, límite urbano, en texto en la pantalla cambia informando que se sobrepasa el límite de velocidad permitido en el perímetro urbano. Figura 37.



*Figura 37.* Registro de exceso de velocidad en límite urbano

Con una mayor rotación de las hélices del ventilador se pudo registrar una mayor velocidad para comprobar la configuración del límite en sectores perimetrales como se puede observar en la figura 38 y figura 39.



*Figura 38.* Primera prueba de exceso de velocidad en límite perimetral



*Figura 39.* Segunda prueba de exceso de velocidad en límite perimetral

Finalmente se realizó las pruebas de exceso de velocidad configurado para carreteras, obteniendo resultados exitosos. En las figuras 40 y 41 se puede evidenciar el cambio de texto al sobrepasar los 100 Km/h configurados como límite de velocidad en carretera.



*Figura 40.* Primera prueba de exceso de velocidad en carretera



*Figura 41.* Segunda prueba de exceso de velocidad en carretera

Al tener una reducción considerable de la velocidad se puede evidenciar en la pantalla de LCD de 128 x 64 el cambio de texto a "Velocidad", texto configurado cuando no se sobrepasa ningún límite configurado. Figura 42.



*Figura 42.* Reducción de velocidad de objeto de pruebas

## 5.2. Pruebas en vehículo Hyundai Tuscon

Para la implementación del prototipo se construyó un contenedor de plástico para en el cual se encuentra la plataforma base, pantalla y todas las conexiones de los dispositivos.

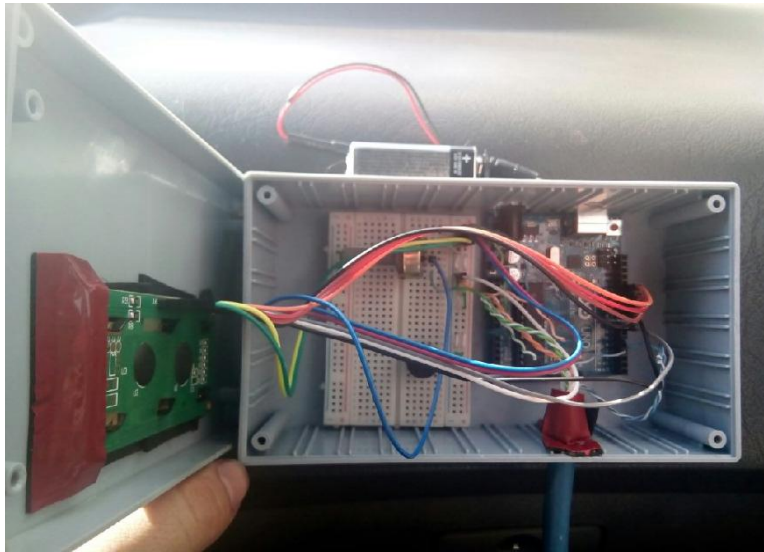
Al percatarse que la pantalla anteriormente escogida GLCD de 128 x 64 representa un gran distractor visual al conductor, se reemplazó por una pantalla de LCD de 16 x 2 que cumple con las mismas características que la anterior pantalla.

En la figura 43, se observa la estructura plástica que contiene los principales dispositivos incorporado al tablero del vehículo. El espacio que ocupa el prototipo es un lugar sin uso que no interviene en el normal funcionamiento del vehículo.

El cableado y conexiones internas se presenta en la figura 44.



*Figura 43.* Estructura plástica que contiene los dispositivos electrónicos



*Figura 44.* Conexiones internas del prototipo

Para la conexión del sensor de efecto hall KY-024, se tendió un cable FTP – UTP desde el interior del vehículo hacia el aro de la rueda posterior derecha en la que se adaptó una estructura metálica en la que descansa el sensor magnético.

Este cable fue seleccionado por su recubrimiento ya que al pasar por generadores de ruido radioeléctrico (Motor, bobinas, ventiladores, etc.) puede interferir la señal captada por el sensor y enviada a la plataforma base.

En la figura 45, se aprecia la instalación creada para el correcto posicionamiento del sensor al imán de neodimio ubicado en el aro de la rueda.



*Figura 45.* Ubicación física del sensor de efecto hall a estructura metálica

### **5.2.1. Pruebas en movimiento**

En las pruebas realizadas en movimiento se pudo constatar que la información captada por el sensor y procesada por el circuito tiene similitud con el registro del velocímetro análogo del vehículo.

Circulando en una calle del perímetro urbano sin exceder el límite establecido (50 Km/h) el prototipo muestra una información correcta con respecto al velocímetro tradicional. En la figura 46, prueba realizada a aproximadamente 45 Km/h, se observa que el prototipo presenta una velocidad de 43,5 km/h.



*Figura 46.* Prueba realizada a menos de 50 km/h

Al sobrepasar el límite establecido en el perímetro urbano, la pantalla presenta un mensaje alertando que se encuentra sobrepasando el límite establecido en perímetros urbanos (50 Km/H), adicional se activa una alarma sonora configurada en tono LA a 440 Hz. En la figura 47, se evidencia el mensaje de alerta al sobrepasar el límite de velocidad.



*Figura 47.* Pruebas a más de 50 Km/h



Nuevamente cuando se corrigió la velocidad a menos de 50 km/h el mensaje en la pantalla desaparece así como la alerta sonora. En la figura 48, es evidenciada la velocidad menor a 50 km/h sin ningún tipo de alerta y comparada con el velocímetro del vehículo en la figura 49.



*Figura 48.* Pruebas de disminución de velocidad del vehículo



*Figura 49.* Velocímetro análogo del vehículo de pruebas



Al sobrepasar los límites establecidos en sectores perimetrales el prototipo responde satisfactoriamente al presentar los configura como se muestra en la figura 50.



*Figura 50.* Exceso de velocidad en límites perimetrales

De igual forma cuando el vehículo ha sobrepasado los límites de velocidad permitidos en las carreteras del Distrito Metropolitano de 100 Km/h, el prototipo de medición de velocidad de circulación de un vehículo responde satisfactoriamente alertando al conductor de forma visual y sonora que ha sobrepasado el límite de velocidad para que así el conductor pueda tomar acciones correctivas en la velocidad del vehículo.

En la figura 51, se muestra la alerta del exceso de velocidad en límites de carretera cuando el vehículo sobrepaso los 100 Km/h.



*Figura 51.* Exceso de velocidad en límites de carretera

Los resultados fueron exitosos en la implementación del prototipo de medición de velocidad de un vehículo en circulación corroborando con un patrón de medición presente en el vehículo, velocímetro tradicional, teniendo una similitud de aproximadamente el 98%. Con la diferencia que al ser un dispositivo digital y con bondades auditivas ofrece mayor ventaja al controlar la velocidad al momento de conducir.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se da a conocer las conclusiones que se obtuvo posterior a las pruebas realizadas con el prototipo de medición de velocidad del vehículo en circulación, así como las recomendaciones que se deben emplear al momento de usar dicha solución.

### 6.1. Conclusiones

Como resultado de la implementación del dispositivo de medición de velocidad de un vehículo en circulación, es posible concluir que los datos que capta el sensor de efecto hall instalado en el aro de la rueda del vehículo es verídica y posterior a ser procesada en la plataforma base muestra, en la pantalla, una información con un margen de error de más menos un kilómetro de diferencia al velocímetro del vehículo en perfecto estado.

Por otro lado, al comparar las velocidades registradas en el dispositivo de medición y el velocímetro tradicional del vehículo de pruebas no se encuentra una gran diferencia, ya que el mismo se encuentra con un correcto funcionamiento.

La ventaja del dispositivo de medición es que, muestra la información de manera digital permitiendo una mejor visualización de la velocidad de circulación y permite una mejor interpretación al usuario final.

En cuanto a la funcionalidad del proyecto en sus parámetros de configuración se aclara que, para solventar el efecto bounce o efecto rebote, que se presenta al ejecutar un conteo de vueltas se realizó una separación de un milisegundo en el pin número seis que se encuentra la entrada digital del sensor de efecto hall Ky-024. Con esta configuración se comprobó que el conteo de vueltas da como resultado una información fehaciente para calcular la distancia recorrida.

Se reemplazó la pantalla que inicialmente se realizaron las pruebas por un display de 16 x 2 ya que, al ser demasiado llamativa por su tamaño, distrae la atención del conductor pudiendo provocar futuros accidentes.

En esta pantalla, de menor tamaño, también presenta los mensajes cuando se sobrepasa los límites de velocidad configurados.

En la etapa de pruebas del prototipo de medición de la velocidad de circulación del vehículo que se realizó con las hélices de un ventilador se concluye que al modificar el radio del objeto de medición los datos que se presentan son concisos al objetivo del proyecto.

El prototipo construido para la medición de la velocidad de circulación de un vehículo puede ser considerado como un producto de comercialización masiva, ya que al ser una solución económica y de alto impacto al conductor representa una inversión en un dispositivo tecnológico que puede prevenir de infracciones de tránsito y precautelar la seguridad del conductor y sus pasajeros.

Por lo tanto, podemos afirmar que el sistema de medición de velocidad de un vehículo en circulación puede ser comparado con los dispositivos de medición de velocidad existentes en el mercado ya que ha quedado demostrado que los datos presentados en el dispositivo son acordes a la realidad.

Finalmente, en la implementación del prototipo al vehículo de marca Hyundai modelo Tucson se evidenció que los datos presentados mantienen similitud con los presentados en el velocímetro tradicional.

## **6.2. Recomendaciones**

Para calcular la velocidad de circulación de un vehículo de mayor o menor tamaño al vehículo de pruebas es necesario conocer el radio del aro de la rueda del mismo para modificar en el código de programación en la variable “perimetro\_rueda” para que los datos presentados sean acordes al vehículo.

A pesar de que los sensores magnéticos de efecto hall poseen una mayor resistencia a las condiciones ambientales, es recomendable colocarle en una ubicación que no sufra golpes o algún tipo de daño ya que podría afectar su funcionalidad.

Para adaptar el prototipo al tablero del vehículo es recomendable crear una caja propia del prototipo para no alterar la estética del vehículo. La solución presentada no ocupa mucho espacio por lo cual se la pueda adaptar a cualquier parte del vehículo.

## Referencias

- Arduino Comunidad. (2016). Aprendiendo Arduino. Recuperado el 13 de noviembre de 2017 de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/09/25/que-es-arduino/>
- Arduino. (2017). *What is Arduino?* Recuperado el 01 de enero de 2018 de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Carletti, E. (2017). Comunicación – Bus I2C. Recuperado el 10 de diciembre de 2017 de [http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion\\_busI2C.htm](http://robots-argentina.com.ar/Comunicacion_busI2C.htm)
- Demaquinasyherramientas. (2012). ¿Qué es un odómetro o topómetro? Recuperado el 27 de enero de 2018 de <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/odometro-tipos-y-usos>
- Fernández, J. (2013). Velocidad Instantánea. Recuperado el 11 de noviembre de 2017 de <https://www.fisicalab.com/apartado/velocidad-instantanea#contenidos>
- Franco, A. (2016). Efecto hall. Recuperado el 27 de enero de 2018 de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/magnetico/hall/hall.html>
- MecanicaMotor. (2012). Qué es un tacómetro. Recuperado el 06 de enero de 2018 de <http://www.mecanicaymotores.com/que-es-un-tacometro.html>
- Navarro, K. (2014). ¿Cómo funciona el protocolo SPI? Recuperado el 22 de diciembre de 2017 de <http://panamahitek.com/como-funciona-el-protocolo-spi/>
- Olivares, F. (2009). Campo magnético-Efecto Hall. Recuperado el 04 de enero de 2018 de <http://cmagnetico.blogspot.com/2009/06/efecto-hall.html>
- Padilla, R. (2010). Velocidad Instantánea. Recuperado el 09 de enero de 2018 de <https://sites.google.com/site/fisicacbtis162/in-the-news/2-4---sistemas-de-unidades-absolutos/4-6---velocidad-instantanea>
- Pallás, R. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. (4.<sup>a</sup> ed.) [versión electrónica] Recuperado el 25 de enero de 2018 de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Eevyk28\\_fVkC&oi=fnd&pg=P](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Eevyk28_fVkC&oi=fnd&pg=P)

R11&dq=sensor+de+efecto+hall+&ots=JWoIY9Jr7j&sig=JCs7COLkeVupM  
LF53P\_C-yobgUk#v=onepage&q&f=false

Rivera, L. (2013). Dispositivos lógicos microprogramables. Recuperado el 09 de  
diciembre de 2017 de  
[http://perso.wanadoo.es/pictob/microcr.htm#que\\_es\\_un\\_microcontrolador](http://perso.wanadoo.es/pictob/microcr.htm#que_es_un_microcontrolador)

Vargas, M. (2012). Sensor magnético, óptico y hall. Recuperado el 20 de  
diciembre de 2017 de  
<http://expoypracticas2bmmarturo.blogspot.com/2012/06/sensor-magnetico-optico-y-hall.html>

## **Anexos**



## Anexo 1. Comparativo de modelos aplicables al proyecto en marca arduino

Modelo	Precio	Descripción	Microcontrolador	I/O Digitales	Entradas analógicas	Reloj	Conectores	Conectores de alimentación	Observaciones
Arduino UNO	\$20,00	Placa robusta de gran capacidad para desarrollo	ATmega328P	14, 6 pueden ser utilizados como PWM	6	Cristal de cuarzo 16 MHz	Conexión USB, con un adaptador de AC/DC o batería	Un conector de alimentación	Botón de reinicio
Arduino Ethernet	\$43,89	Incorpora un WizNet W5100 TCP/IP Ethernet Controller	ATmega328	14	6	Oscilador de cristal de 16 MHz	1 RJ45	Un conector de alimentación	Los pins 10, 11, 12, 13 son de uso exclusivo para la conexión del módulo Ethernet y no se puede utilizar para otra función por lo tanto reduce a 9 el número de clavijas disponibles con 4 salidas PWM
Arduino Due	\$37,40	Primera placa con microcontrolador ARM de 32 bits	Tablero de microcontroladores CPU ARM Cortex-M3 Atmel SAM3X8E	54, 12 pueden ser utilizados como PWM	12	84 MHz	1 USB OTG, 2 DAC (Digital a Analogo), 2 TWI	Un conector de alimentación	Botón de reinicio, botón de borrado
Arduino Leonardo	\$19,80	Es una placa similar a Arduino UNO, con la diferencia que el computador lo puede reconocer como un periférico.	ATmega32u4	20, 7 pueden ser utilizados como PWM	12	16 MHz	Micro USB	Un conector de alimentación	Botón de reinicio
Arduino Micro	\$19,80	Placa más pequeña de toda la marca con USB incorporado	ATmega32u4	20, 7 pueden ser utilizados como PWM	12	16 MHz	Micro USB	Un conector de alimentación	Botón de reinicio
Arduino Mini 05	\$15,40	Placa de poco tamaño que a diferencia de Arduino Nano no dispone de conexión a USB	ATmega168	14, 6 pueden ser utilizados como PWM	8	16 MHz	-	-	Botón de reinicio
Lilypad Arduino Main Board	\$19,95	Placa orientada para proyectos textiles ya que se puede coser a pedazos de tela	ATmega168V	14	6	8 MHz	-	-	-
Arduino 101	\$30,00	Nueva placa de la marca que reconoce gestos y cuenta con un acelerómetro y giroscopio	Intel Curie	14	6	32 MHz	Bluetooth, acelerómetro, giroscopio	Un conector de alimentación	Botón de reinicio, botón de borrado

