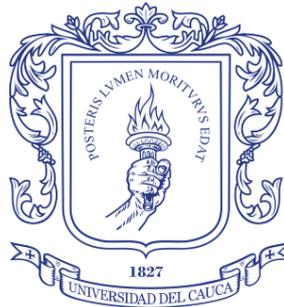


# **Diseño e implementación de una aplicación móvil para determinar el estado de frenado en un vehículo**



Universidad  
del Cauca

**YEFER EDUAR MACA LEDEZMA**

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
POPAYÁN, COLOMBIA

2017

# **Diseño e implementación de una aplicación móvil para determinar el estado de frenado en un vehículo**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Físico**

**YEFER EDUAR MACA LEDEZMA**

Director:

Ingeniero. PhD. Rubiel Vargas Cañas

Línea de Investigación:

Procesamiento Digital de Señales

Grupo de Investigación:

Sistemas Dinámicos de Instrumentación y Control - SIDICO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
POPAYÁN, COLOMBIA  
2017

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Director \_\_\_\_\_  
PhD. RUBIEL VARGAS CAÑAS

Jurado \_\_\_\_\_  
Ing. EDUARDO ANDRÈS CAÑOLA SOTELO

Jurado \_\_\_\_\_  
Ing. MARIO ANDRÈS CÒRDOBA GONZÀLES

Lugar y fecha de sustentación: Popayán, 18 de Septiembre de 2.017

## Agradecimientos

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos:

En primer lugar a Dios por ser mi guía y fortaleza en cada paso de mi vida, porque hiciste realidad este sueño anhelado. A mi madre por haberme brindado la oportunidad de estudiar, por su esfuerzo, dedicación y entera confianza.

A la UNIVERSIDAD DEL CAUCA por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi director de trabajo de grado, Rubiel Vargas Cañas por sus esfuerzos y gran dedicación, quien, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. De igual forma agradecer por sus aportes personales de acuerdo a su visión crítica en muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docentes, por sus consejos, que me han ayudado a formarme como persona.

También me gustaría agradecer a mis profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena a mi formación, por sus consejos, su enseñanza y más que todo por su amistad.

A los integrantes de la empresa CDA, el gerente Jesús Alberto Solarte y subgerente Rosa Amparo Ledezma, por brindarme su apoyo y permitirme hacer uso de las instalaciones de la empresa para la realización del proyecto, a todos los inspectores pertenecientes a dicha institución, en especial a Edison Leandro Largo por su colaboración, disposición, paciencia a Mauro German Collazos por compartir su conocimiento y experiencia.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## Resumen

Haciendo uso de las nuevas herramientas informáticas como la tecnología móvil, se diseña un prototipo encaminado a la evaluación del estado de frenado de un vehículo automóvil de tipo liviano, con el fin de reducir los accidentes de tránsito ocasionados por fallas en el sistema de frenos, donde se ven involucrado pérdidas y/o lesiones humanas, pérdidas materiales, procesos legales entre otras.

El objetivo es diseñar e implementar una aplicación para un dispositivo móvil Android, que permita apreciar el estado de frenado de un automóvil, mediante la evaluación de la eficacia y el desequilibrio de frenado. Estos ítems se calculan mediante la utilización de sensores ubicados cerca de las ruedas de los vehículos, encargados de leer las variables físicas presentes en el frenado, los datos obtenidos son procesados basándose en fundamentos matemáticos para ser mostrados al usuario de manera eficiente y sencilla.

El tratamiento de datos se realiza utilizando en conjunto, un sistema Arduino y el sistema Android. En el sistema Arduino se adecuan y se procesan los datos obtenidos por los sensores, el sistema Android se centra en mostrar los resultados al usuario, para esta etapa se hace uso de la plataforma de programación app inventor la cual es elegida gracias a su fácil uso, su eficiencia al amostrar los resultados además de ser un software libre.

La comunicación entre el Smartphone y la tarjeta Arduino se realiza mediante comunicación bluetooth, con el fin de no incomodar al usuario con conexiones inalámbricas y contando con la garantía que ofrece este sistema de comunicación.

La verificación del diseño se realiza en un CDA (centro de diagnóstico automotor) que cuenta con el equipo necesario para realizar las pruebas y poder calibrar de forma adecuada el sistema.

**Palabras clave: Android, Eficacia, Desequilibrio, Arduino, Sensores, App Inventor, Smartphone, Bluetooth.**

## Abstract

Making use of new computer tools such as mobile technology, a prototype is designed to evaluate the braking state of a light-duty vehicle in order to reduce traffic accidents caused by failures in the braking system, where human losses or injuries, material losses, legal processes and others are involved.

The objective is to design and implement an application for an Android mobile device, which allows to appreciate the state of braking of a car, by evaluating the efficiency and braking imbalance. These items are calculated by the use of sensors located near the wheels of the vehicles, responsible for reading the physical variables present in braking, the data obtained are processed based on mathematical fundamentals to be shown to the user in an efficient and simple way.

The data processing is done using together, an Arduino system and the Android system. In the Arduino system are adapted and processed the data obtained by the sensors, the Android system focuses on showing the results to the user, for this stage is made use of the app inventor programming platform which is chosen thanks to its easy use , Its efficiency in sampling the results in addition to being free software.

The communication between the Smartphone and the Arduino card is made by means of bluetooth communication, in order not to disturb the user with wireless connections and having the guarantee offered by this communication system.

The verification of the design is done in a CDA (automotive diagnostic center) that has the necessary equipment to carry out the tests and to be able to calibrate the system properly.

**Keywords: Android, Efficiency, Imbalance, Arduino, Sensors, App Inventor, Smartphone, Bluetooth.**

# CONTENIDO

Agradecimientos .....	V
Resumen .....	V
Lista de Figuras .....	IX
Lista de Símbolos y abreviaturas .....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 CONTEXTO .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.5.1 Objetivo General .....	4
1.5.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 METODOLOGÍA.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.1.1 Sistema de frenos .....	7
2.1.2 Frenos de emergencia .....	8
2.1.3 Frenos principales .....	8
2.1.3.1 Frenos mecánicos.....	8
2.1.3.2 Frenos neumáticos .....	9
2.1.3.3 Frenos hidráulicos .....	9
2.1.4 Asistencia en el frenado.....	11
2.1.5 Evaluación del estado de los frenos.....	12
2.2 PROCESAMIENTO DE SEÑALES.....	14
2.2.1 Adquisición de datos .....	14
2.2.2 Adecuación (filtrado) .....	14
2.2.2 Procesamiento de Digital señales .....	15
2.3 DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES.....	16
2.3.1 Sistema operativo Windows phone. ....	16
2.3.2 Sistema operativo iOS .....	17
2.3.4 Sistema operativo Android.....	17
2.4 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN .....	19
2.4.1 Investigaciones en el ámbito Internacional.....	19
2.4.2 Investigaciones en el ámbito Nacional.....	21
2.4.3 Investigaciones en el ámbito Regional.....	23
2.5 ANÁLISIS DE LA LITERATURA .....	24
3. METODOLOGÍA.....	29

---

3.1	INTRODUCCIÓN .....	29
3.2	REQUERIMIENTOS.....	29
3.3	DISEÑO .....	30
3.4	IMPLEMENTACION .....	38
3.5	PROCESAMIENTO.....	42
3.5	COMPROBACIÓN.....	45
4.	RESULTADOS.....	48
4.1	INTRODUCCIÓN .....	48
4.2	ADQUISICIÓN DE DATOS .....	48
4.2.1	Fuerza .....	48
4.2.2	Angulo .....	53
4.2.3	Velocidad.....	55
4.3	ADECUACIÓN DE SEÑAL .....	56
4.3.1	Fuerza .....	56
4.3.2	Inclinación.....	56
4.3.3	Aplicación Android .....	58
4.4	Metodología de Evaluación.....	61
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
5.1	CONCLUSIONES .....	68
5.2	TRABAJO FUTURO .....	70
5.3	RECOMENDACIONES .....	70
5.4	CONTRIBUCIONES .....	71
5.4.1	Ponencias en Eventos Nacionales.....	71
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	71
7.	ANEXOS .....	74
7.1	CERTIFICADO PARTICIPACIÓN EN CONGRESO .....	74

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.1</b> vehículos de prueba latinncap[4].....	2
<b>Figura 1.2</b> iteraciones de Mobile Development Process Spiral.....	5
<b>Figura 2.1</b> sistema de frenos [13].....	8
<b>Figura 2.2</b> freno de estacionamiento [15].....	8
<b>Figura 2.3</b> Frenos hidráulicos [15].....	10
<b>Figura 2.4</b> frenos de disco [15].....	10
<b>Figura 2.5</b> Freno de tambor [15].....	11
<b>Figura 2.6</b> Frenometro.....	13
<b>Figura 2.7</b> Procesamiento de Señales.....	14
<b>Figura 2.8</b> procesamiento digital de señales.....	15
<b>Figura 2.9</b> Logotipo windows Phone.....	16
<b>Figura 2.10</b> Logotipo de iPhone.....	17
<b>Figura 2.11</b> Logotipo Android.....	17
<b>Figura 3.1</b> Adquisición de datos.....	29
<b>Figura 3.2</b> Fuerzas que actúan en el frenado [29].....	30
<b>Figura 3.3</b> Celda de carga de 5kg.....	39
<b>Figura 3.4</b> Modulo HX711.....	39
<b>Figura 3.5</b> Sensor MPU6050.....	40
<b>Figura 3.6</b> Sensor efecto Hall.....	41
<b>Figura 3.7</b> Bluetooth HC-06.....	41
<b>Figura 3.8</b> Arduino mega.....	42
<b>Figura 3.9</b> Entorno de programación de Arduino.....	43
<b>Figura 3.10</b> Bloques app inventor.....	44
<b>Figura 3.11</b> Visualizador app Inventor.....	45
<b>Figura 3.12</b> Prueba de Frenos.....	47
<b>Figura 4.1</b> Calibración fuerza.....	48
<b>Figura 4.2</b> Calibración celda uno.....	50
<b>Figura 4.3</b> Calibración todas las celdas.....	52
<b>Figura 4.4</b> Calibración MPU5060.....	54
<b>Figura 4.5</b> Verificación de velocidad.....	55
<b>Figura 4.6</b> vectores de fuerza.....	56
<b>Figura 4.7</b> Calibración de Angulo.....	57
<b>Figura 4.8</b> Código para cálculo del ángulo.....	58
<b>Figura 4.9</b> Configuración celular.....	59
<b>Figura 4.10</b> Icono aplicación.....	59
<b>Figura 4.11</b> Conexión bluetooth.....	60
<b>Figura 4.12</b> App de Android.....	60
<b>Figura 4.13</b> Frenometro.....	61
<b>Figura 4.14</b> Vehículo de prueba.....	62
<b>Figura 4.15</b> Celda de carga en rueda trasera izquierda.....	62
<b>Figura 4.16</b> Celda de carga en rueda delantera izquierda.....	63
<b>Figura 4.17</b> Instalación del sensor de velocidad.....	64
<b>Figura 4.18</b> Prueba en frenometro.....	64
<b>Figura 4.19</b> Software del frenometro.....	65

## Lista de Tablas

<b>Tabla 2.1</b> Resumen de investigaciones a nivel internacional. ....	24
<b>Tabla 2.2</b> Resumen de investigaciones a nivel nacional. ....	25
<b>Tabla 2.3</b> Investigaciones a nivel regional. ....	27
<b>Tabla 4.1</b> Calibración celda uno.....	49
<b>Tabla 4.2</b> Error relativo para calibración de celdas. ....	51
<b>Tabla 4.3</b> Calibración de las cuatro celdas.....	51
<b>Tabla 4.4</b> Errores relativos de las cuatro celdas.....	53
<b>Tabla 4.5</b> Calibración del Angulo. ....	54
<b>Tabla 4.6</b> Verificación de velocidad. ....	55
<b>Tabla 4.7</b> Resultados prueba de frenos. ....	66
<b>Tabla 4.8</b> Resultados del prototipo. ....	67

# Lista de Símbolos y abreviaturas

## Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$A$	Aceleración	$m/s^2$	E.c 3.15
$a_{max}$	Deceleración máxima en el frenado	$m/s^2$	E.c 3.17
$C_x$	Coeficiente aerodinámico	1	
$D$	Desequilibrio de frenado	1	E.c 3.21
$E$	Eficacia de frenado en porcentaje	1	E.c 3.20
$E_f$	Eficacia de frenado	1	E.c 3.17
$F$	Fuerza de frenado	$kg(m/s^2)$	Ec. 3.13
$F_1$	Fuerzas respecto al eje X	$kg(m/s^2)$	E.c 3.2
$F_2$	Fuerzas respecto al eje Y	$kg(m/s^2)$	E.c 3.1
$F_d$	Fuerza de frenado del eje delantero	$kg(m/s^2)$	
$F_t$	Fuerza de frenado del eje trasero	$kg(m/s^2)$	
$F_{max}$	Fuerza máxima de frenado	$kg(m/s^2)$	E.c 3.18
$F_{min}$	Fuerza mínima de frenado	$kg(m/s^2)$	E.c 3.18
$F_f$	Fuerza de frenado	$kg(m/s^2)$	E.c 3.28
$G$	Centro de inercia del vehículo	1	Figura 3.7
$G$	Gravedad	$m/s^2$	
$H$	Altura del vehículo respecto al suelo	m	
$I_r$	Momento de inercia de las ruedas	$kg \cdot m^2$	
$I_G$	Momento de inercia del vehículo	$kg \cdot m^2$	
$l_1$	Distancia de G al eje delantero	m	
$l_2$	Distancia de G al eje trasero	m	
$L$	Distancia entre ejes	m	
$M_a$	Momento aerodinámico	$N \cdot m$	Figura 3.7
$M_d$	Momento de rodadura eje delantero	$N \cdot m$	Figura 3.7
$M_t$	Momento de rodadura eje trasero	$N \cdot m$	Figura 3.7
$M$	Masa del vehículo	kg	
$N$	Sumatoria de las fuerzas normales	N	
$N_d$	Fuerza normal en el eje delantero	N	E.c 3.4
$N_t$	Fuerza normal en el eje trasero	N	E.c 3.5
$N$	Numero de vueltas registradas por sensor efecto hall	1	E.c 3.41
$P$	Peso	N	
$R_a$	Resistencia aerodinámica	N	
$r_r$	Radio de la rueda	m	
$S$	Distancia recorrida	m	
$S_e$	Superficie efectiva	$m^2$	
$S_{PT}$	Distancia de parada, incluido tiempos de reacción	m	E.c 3.30
$S_p$	Distancia de parada	m	E.c 3.29
$T$	Tiempo	s	E.c 3.33
$t_p$	Tiempo de parada	s	E.c 3.37
$t_{PT}$	Tiempo total de parada	s	E.c 3.39
$t_{p1}$	Equivalente a $t_{PT}$	s	E.c 3.38
$t_{rc}$	Tiempo de reacción del conductor	s	
$t_{rs}$	Tiempo de reacción del sistema	s	
$V$	Velocidad	$m/s$	

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$V_1$	Velocidad inicial	$m/s$	
$V_2$	Velocidad final	$m/s$	

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
$\mu_c$	Coefficiente de adherencia rueda-superficie del suelo	1	E.c 3.15
$\mu_{max}$	Coefficiente de adherencia máximo	1	E.c 3.16
$\rho_{aire}$	Densidad del aire	1	
$\Theta$	Inclinación de la superficie del suelo		Figura 3.7

### Subíndices

Subíndice	Término
A	Aerodinámico
D	Delantero
E	Efectiva
F	Fuerza
G	Centro de gravedad
Max	Máximo
min	Mínimo
P	Parada
PT	Parada total
R	Radio
Rc	Reacción conductor
Rs	Reacción sistema
T	Trasero

### Abreviaturas

Abreviatura	Término
App	Application
IDE	Entorno de desarrollo integrado
SO	Sistema operativo
ABS	Anti-lock Brake System
EBD	Electronic Brake Direction
DAQ	Data Acquisition
PIM	personal information manager
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
BES	BlackBerry Enterprise Server
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts
GPS	Global Position System
IMU	Inertial Measurement Units
SMS	Short Message Service
GSM	Global System for Mobile
MEMS	MicroElectroMechanical Systems
CDA	Centro Diagnostico Automotor

# 1.INTRODUCCIÓN

## 1.1 CONTEXTO

La inseguridad vial es una problemática de salud pública que a nivel mundial supone la pérdida de más de 1,2 millones de vidas y causan traumatismos no mortales a cerca de 50 millones de personas cada año, convirtiéndose en la primera causa de muerte de personas entre los 15 y 29 años [1]; En Colombia los accidentes causan cerca de siete mil muertes al año y es la segunda causa de muerte violenta en el país[2], además de la gran cantidad de personas lesionadas, este tipo de accidentes generan pérdidas económicas tanto para el ente particular como para el estado, y problemas jurídicos que puedan presentarse por estos hechos. Los accidentes de tránsito están ligados a varios factores, entre los que se encuentran las fallas mecánicas de cualquiera de los múltiples sistemas que compone el vehículo como el sistema de frenos, sistema de gran importancia encargado de contrarrestar la cantidad de movimiento que pueda tener un vehículo que se desplaza a cierta velocidad. Los accidentes ligados a fallas mecánicas en los frenos pueden ocurrir por fallas abruptas como el rompimiento de una manguera que transporta líquido de frenos o por carencia de conocimiento del estado del sistema que está ligado al mantenimiento del mismo[2].

En la actualidad existen vehículos que cuentan con sistemas de frenos muy sofisticados capaces de brindar seguridad a la hora del frenado como por ejemplo el caso del sistema de frenos con antibloqueo ABS(Anti-lock Brake System)[3] que es un sistema de múltiples dispositivos electrónicos para controlar el frenado de las ruedas, impidiendo su bloqueo en frenadas fuertes y sobre todo en pisos de baja adherencia [3], sin embargo, en el mercado también se comercializan vehículos de gama baja que no cuentan con un sistema que permita mantener una idea general del estado del sistema de frenos inclusive algunos considerados como vehículos no seguros, según el Programa Latinoamericano de Evaluación de Carros LatinNCAP [4] , encargado de hacer el análisis de seguridad a los vehículos existentes en el mercado latino americano (Figura 1.1) donde, los vehículos más vendidos en esta región no cuentan con los estándares recomendados de seguridad [4], lamentablemente son los vehículos que más abundan en las vías de Colombia debido a su fácil adquisición; es por esto que se hace necesario el desarrollo de sistemas de monitoreo preventivo que permitan mejorar la seguridad de los automóviles, y así disminuir el número de

accidentes provocados por fallas en el sistema de frenos y aportar a mejorar el estado de los vehículos en cuanto a este sistema.



**Figura 1.1** vehículos de prueba latinncap[4].

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria automotriz ha sido de gran importancia para el desarrollo de la sociedad, y en las últimas décadas se ha visto un incremento a nivel mundial de esta industria y Colombia no ha sido ajeno a este crecimiento, en el primer bimestre de 2017 se matricularon 35.146 unidades nuevas en el país de las cuales 30.616 corresponden a vehículos familiares [5], recientemente se ha facilitado obtener cualquier tipo de vehículo, en especial aquellos de gama baja por su bajo costo tanto al adquirirlo como al mantenerlo lo cual ha conllevado al crecimiento desmesurado de los vehículos en las calles. A pesar de los importantes avances tecnológicos, la cantidad de accidentes viales, incluyendo víctimas fatales, es excesivamente alta. En el 2016, murieron 6.437 personas (aproximadamente el 3% del total de las muertes registradas en Colombia) a causa de accidentes de transporte terrestre inclusive secuelas[6].

La prevención de accidentes y la integridad física de las personas está ligado, entre otros aspectos, a el estado del sistema de frenado, el cual es parte esencial en un automóvil, razón por la cual las grandes industrias productoras de automóviles invierten millones de dólares en obtener un sistema de frenado lo más fiable posible, aun así, es preocupante la gran cantidad de accidentes que son provocados por fallas en estos sistemas. Y es que, aunque las grandes industrias automotrices constantemente invierten con especial cuidado en los sistemas de frenos, también es cierto que aquellos vehículos que cuentan con lo último en tecnología en confort o en seguridad traen con ellos un valor agregado significativo a la hora de acceder a estos,

por ello las personas en general optan por comprar vehículos nuevos económicos o vehículos de segunda mano de modelos muy viejos o recientes, ya sea de un tipo u otro, estos en una alta probabilidad no cuentan con un apoyo tecnológico que permita estar al tanto del estado de los frenos, asimismo la mayoría de personas o conductores no cuentan con una capacitación idónea para saber el estado de sus frenos de una forma a priori, se debe considerar que los componentes del sistema de frenado son diversos y además todos ellos se deterioran, lo que hace necesario una revisión periódica.

El mal estado de los frenos está ligado a diferentes variables, por este motivo la Ley Colombiana adoptó la medida de realizar al menos una revisión de los vehículos una vez al año. La revisión técnico mecánica incluye entre las diferentes pruebas un diagnóstico del estado de los frenos calculando la eficacia de frenado y desequilibrio de frenado entre ruedas del mismo eje; esta evaluación se realiza en condiciones controladas, que simulan el comportamiento en carretera, una o más revisiones dentro del año queda criterio a dueño del vehículo y a su criterio de seguridad.

Sin embargo, dada la importancia de este sistema, todos los vehículos automotrices deberían contar con un mecanismo de monitoreo del estado de los frenos que indique al conductor cuando empieza a presentarse una situación irregular que pueda desencadenar una avería del sistema. No obstante, actualmente hay pocos sistemas que me permitan conocer de manera sencilla y además de bajo costo, el estado de los frenos y asimismo que puedan ser montados en cualquier tipo de vehículo, ayudando a prevenir posibles situaciones irregulares que se desencadenen en circunstancias fatales.

### **1.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Considerando las necesidades de la sociedad y las consecuencias que conlleva el vasto crecimiento de la población con automóviles, lo cual ha implicado el incremento de accidentes de tránsito en las vías colombianas, y basado en estos fundamentos se plantea la siguiente pregunta.

¿Cómo se podría apoyar, desde un punto de vista tecnológico, estrategias para prevenir accidentes de tránsito ocasionados por problemas en el sistema de frenado del vehículo?

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar una aplicación móvil para conocer, en tiempo real, el estado del sistema de frenos de un automóvil liviano.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Obtener un modelo matemático que permita calcular la eficacia y desequilibrio del sistema de frenado de un automóvil.
- Desarrollar un hardware y software que permita adquirir y estimar las variables físicas presentes en el proceso de frenado de un automóvil, con el fin de obtener los comportamientos desde diferentes regímenes de la física, presentes en el proceso de frenado.
- Ejecutar pruebas y ajustes de funcionamiento de software-hardware.

## 1.5 METODOLOGÍA

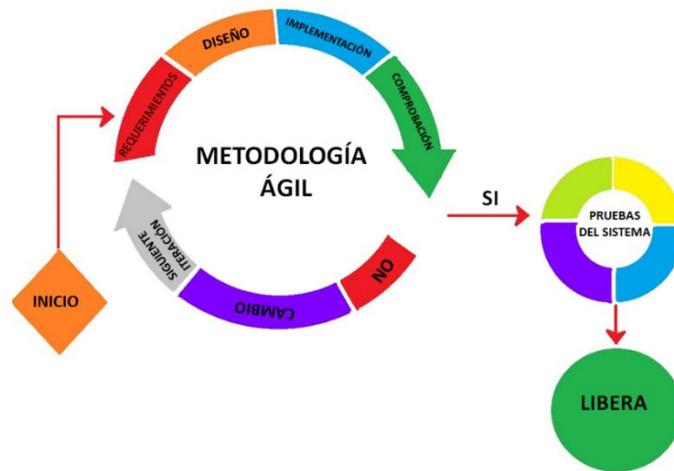
En este trabajo se propuso el diseño e implementación de un prototipo capaz de monitorear el sistema de frenos de un vehículo, con el fin de determinar la eficacia y desequilibrio del frenado para diagnosticar una posible falla del sistema y se desarrolla siguiendo un modelo de metodología ágil para desarrollo de software (Figura 1.2), las cuales constituyen una buena solución para proyectos a corto plazo, en especial, aquellos proyectos en dónde los requisitos están cambiando constantemente, un ejemplo de esto son las aplicaciones para dispositivos móviles, debido a que éstas tienen que satisfacer una serie de características y condicionantes especiales, tales como: canal, movilidad, portabilidad, capacidades específicas de las terminales, entre otras, teniendo presente que existen muchas aplicaciones para dispositivos móviles que operan en diferentes sistemas operativos IOs, Android, BlackBerry y Windows Mobile [7][8].

Para este trabajo se utilizó la metodología de desarrollo rápido en espiral:

Que utiliza el modelo de desarrollo propuesto por Boehm en 1988 [7]. Es muy utilizado para aplicaciones complejas de computación, este se desarrolla en una serie de

liberaciones incrementales. Durante las iteraciones tempranas, la liberación incremental podría ser un prototipo o un modelo de papel. Las iteraciones posteriores suelen elaborar versiones más completas del sistema, es un modelo evolutivo e implica un acercamiento iterativo a la creación del software [9][10].

Esta metodología implica un ciclo en el cual están conectadas las siguientes iteraciones (figura1.2):



**Figura 1.2** iteraciones de Mobile Development Process Spiral

**Inicio:** se determinan los requisitos del sistema y se identifican usuarios, tareas y contextos en los que se utilizará la aplicación. Luego, se definen y priorizan los atributos de facilidad de uso y se identifican métricas para cada atributo; se dibuja un prototipo de la interfaz de aplicación y se realiza la prueba del prototipo, los desarrolladores podrán utilizar diferentes técnicas de usabilidad para medir el valor de cada atributo [7].

**Requerimientos:** El equipo de desarrollo recogerá más datos y requisitos, explorará si hay más usuarios potenciales, tareas y contextos en los que se utilizará la aplicación. A continuación, los atributos de usabilidad se redefinen y son priorizados, como resultado, los desarrolladores alterarán las métricas para acomodar los requisitos añadidos; en el diseño se realiza un prototipo de alta fidelidad de la interfaz y se realizan las pruebas, utilizando técnicas de usabilidad para cada atributo, la calificación se compara con los resultados de la iteración anterior [7].

**Diseño:** En esta etapa se pueden identificar y priorizar los atributos de usabilidad con mayor claridad utilizando los resultados de la iteración anterior; se desarrolla el diseño de todo el sistema y se realiza la versión alfa con sus respectivas pruebas, el equipo de desarrollo compara los resultados con la calificación de la iteración anterior [7].

**Implementación:** los resultados de la iteración anterior son utilizados para identificar y dar prioridad a los atributos de facilidad de uso; se desarrolla la versión beta y se libera para su evaluación por parte del cliente [7] [9].

**Comprobación:** se desarrolla el producto final; se realiza una evaluación de facilidad de uso, la calificación de cada atributo se calcula y se compara con la calificación de la fase anterior. Una alteración en el producto final se realiza sobre la base de los resultados y se libera al producto de ser afirmativa la aceptación, de necesitar ajustes o correcciones se reinicia el ciclo [7].

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1.1 Sistema de frenos

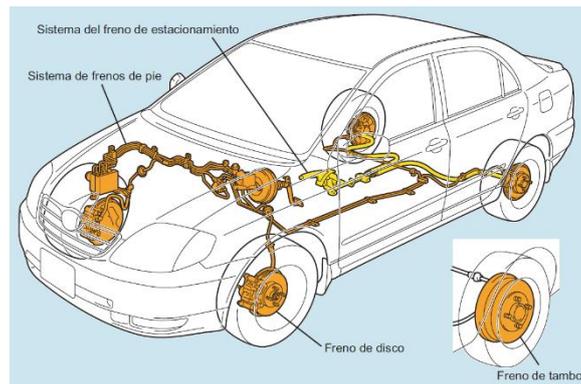
Un vehículo automotor cuenta con diferentes sistemas, y entre ellos el sistema de frenos cumple una de las más importantes tareas. El propósito principal de los frenos es disminuir la velocidad en un auto que se desplaza bajo control del conductor y que es acelerado con la fuerza y potencia de un motor a combustión interna y decelerado con la resistencia del mismo pero en especial con el accionamiento de los frenos. Considerando el tamaño y peso, el vehículo no se detiene inmediatamente debido a la inercia que este tiene, por eso y para disminuir o anular la velocidad se utilizan frenos instalados en las cuatro ruedas, debido a esto es considerado el mecanismo más importante ya que la seguridad y la vida de quienes viajan en el vehículo dependen de él.

Los frenos deben responder de la manera más idónea a la solicitud del conductor, y para ello estos deben ser tanto sensibles como graduales para modular la velocidad y asegurar la detención total del vehículo, en general la exigencia de los frenos deben tener[11]:

- Seguridad de funcionamiento al 100%
- Alto confort de frenado
- Alta resistencia térmica y mecánica
- Resistencia a la corrosión

Los frenos en esencia trabajan por rozamiento entre una parte móvil solidaria a las ruedas y otra parte fija solidaria a la estructura del auto, al accionarse los frenos y la parte fija se aferra a la parte móvil y por fricción se consigue desacelerar el automóvil, un sistema de frenos se considera eficaz cuando el vehículo se detiene en un tiempo y una distancia mínima sin que se bloquen las ruedas y se pierda estabilidad [11] [12].

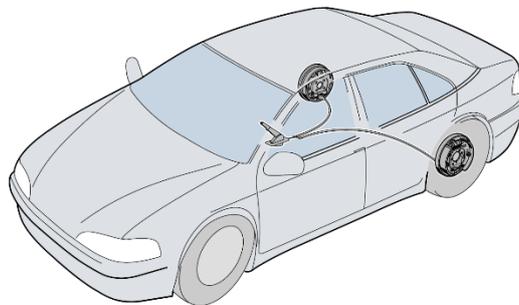
Por reglamento los automóviles deben contar por lo menos en su equipamiento con dos tipos de frenos, los frenos principales que son accionados por el pedal en el pie, y los frenos de emergencia o estacionamiento (figura 2.1).



**Figura 2.1** sistema de frenos [13]

## 2.1.2 Frenos de emergencia

Los frenos de emergencia o estacionamiento se utilizan como apoyo a los frenos principales y se utiliza cuando el vehículo se encuentra estacionado, en carros livianos los frenos de emergencia son generalmente de guaya (figura 2.2) y algunos carros modernos vienen con control electrónico. En vehículos grandes estos pueden ser neumáticos. Los frenos de emergencia usualmente están instalados en las ruedas traseras y generalmente son accionados de forma manual. El freno de estacionamiento se aplica mediante una palanca, pedal o una varilla de tracción [14].



**Figura 2.2** freno de estacionamiento [15].

## 2.1.3 Frenos principales

En los vehículos se tienen tres tipos de frenos principales, los frenos mecánicos, frenos neumáticos y los hidráulicos, a continuación se hace una descripción de ellos.

### 2.1.3.1 Frenos mecánicos

En un sistema de frenos obsoleto en el cual al presionar el pedal de freno un cable transmite la fuerza para detener el vehículo, estos tipos de frenos pasaron a la historia

cuando los vehículos empezaron a desarrollar mucha más potencia, por ende se alcanzaban mayores velocidades y por este motivo para lograr detener el vehículo se necesitaba de un gran esfuerzo físico, esto incurrió en la desaparición de este tipo de frenos y en la evolución hacia los frenos hidráulicos [12].

### **2.1.3.2 Frenos neumáticos**

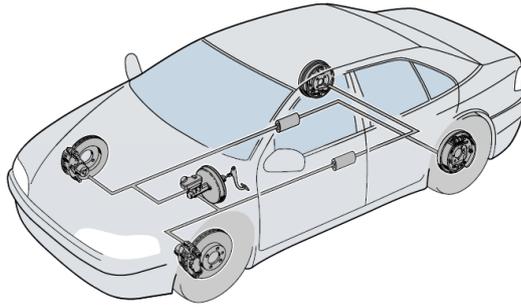
Este sistema de frenos funciona por medio de aire comprimido, se utilizan principalmente en vehículos grandes y pesados como tracto mulas, volquetas, camiones. Su funcionamiento se basa en pistones que son accionados por medio de aire comprimido, estos pistones actúan como prensas neumáticas contra los tambores o discos de frenos [12] [14].

### **2.1.3.3 Frenos hidráulicos**

Los frenos hidráulicos están presentes en la mayoría de vehículos con especial interés en los tipos livianos. Este sistema transmite la fuerza del pedal de freno desde el cilindro maestro a través de las tuberías de acero y mangueras hasta los frenos de las cuatro ruedas utilizando como medio un fluido especialmente hecho para frenos (figura 2.3), este líquido es la principal característica que los diferencia de los demás tipos de sistemas de frenos, el líquido utilizado debe tener unas características muy especiales, el fluido es una mezcla de éteres de poliglicol, donde sus principales características deben ser .

- Punto de ebullición alto.
- Punto de congelación alto.
- No ser corrosivo con las partes que componen el sistema.

En los frenos hidráulicos se pueden encontrar dos tipos, los frenos de tambor y los de disco, generalmente en los vehículos más recientes se utilizan frenos de disco en el eje delantero y los de tambor en eje trasero, esto es debido a que los frenos de disco son más eficientes y en el eje delantero se transmite la mayor energía cinética del movimiento del vehículo, pero se pueden utilizar de un solo tipo sin mayor inconveniente.



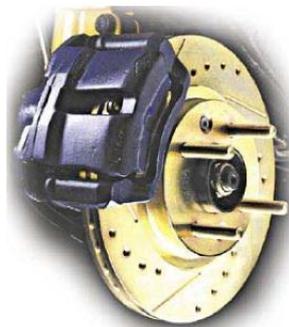
**Figura 2.3** Frenos hidráulicos [15].

## Frenos de disco

Existen diferentes sistemas pero básicamente todos tienen el mismo principio constan de un disco, donde la composición básica del material es una fundición gris modular de grafito laminar, que contiene entre 92% y 93% de hierro, además otros componentes básicos como el silicio, magnesio, que componen el 7% u 8% del disco [15].

Este disco gira anclado a la rueda junto al disco se encuentra una pinza sujeta a una parte independiente del giro de la misma (Figura 2.4), cuando no se acciona el freno la pinza se encuentra separada del disco; al accionarse el pedal, el esfuerzo es transmitido hacia la pinza mediante un servofreno (amplificador de fuerza). Unos émbolos empujan la pinza hacia el disco creando fricción y provocando la desaceleración del vehículo [11].

La ventaja de este sistema es que los discos por estar en el exterior son ventilados, lo cual provoca que se calienten menos y por ello no necesiten alguna complicada forma de refrigeración a diferencia de los otros sistemas, esto debido a que la energía cinética que lleva el vehículo debe de disiparse en forma de calor.



**Figura 2.4** frenos de disco [15].

## Frenos de tambor

Haciendo alusión a su nombre, estos constan de un tambor de acero o de hierro sujeto a la rueda de forma tal que gira simultáneamente (Figura 2.5), en su interior, junto al semieje, están las dos pastillas. La presión hidráulica ejercida desde el cilindro maestro, causa que el cilindro de rueda presione las pastillas contra las paredes interiores del tambor, produciendo el descenso de velocidad correspondiente [11].



**Figura 2.5** Freno de tambor [15].

### 2.1.4 Asistencia en el frenado

Para mejorar la seguridad en el proceso de frenado se han diseñado sistemas que ayudan en este proceso, los cuales tienen la función de proporcionar la mejor ayuda posible al conductor para reducir los riesgos, estos sistemas evitan en gran medida que los vehículos pierdan el control en distintas situaciones de frenado, algunos de estos sistemas son:

#### **Antiblock Braking System (ABS) [12]**

El sistema antibloqueo ABS es un dispositivo de regulación en el sistema de frenos que evita el bloqueo de las ruedas al frenar, evitando así la inestabilidad del vehículo permitiendo un control óptimo de la conducción de este, convirtiéndolo en uno de las más importantes implementaciones en el vehículo en cuanto a seguridad se trata, recordemos que en el caso del bloqueo de las ruedas delanteras los automóviles no obedecen el mando del volante perdiéndose el control total del automóvil, además este sistema permite detener el vehículo a una menor distancia.

Los sistemas antibloqueo eficaces deben cumplir para su buena regulación los siguientes criterios [12] [16] [17]:

- Mantenimiento de la estabilidad de marcha mediante la formación de las suficientes fuerzas de guía laterales en las ruedas traseras.
- Mantenimiento de la capacidad de dirección preparando las suficientes fuerzas de guía laterales en las ruedas delanteras.
- Acortamiento de recorrido de frenado con respecto al frenado con bloqueo, por medio de la utilización óptima del arrastre de fuerza entre neumáticos y calzada.
- Adaptación rápida de la presión de frenado a los diferentes coeficientes de arrastre de fuerza.
- Garantía de amplitudes de regulación del par de frenado pequeñas, para evitar vibraciones del mecanismo de traslación.
- Alto confort mediante raciones pequeñas del pedal y nivel reducido de ruidos de los actuadores.

### **Electronic Brake Direction (EBD)**

El sistema EBD o EBV es un sistema electrónico de reparto de frenado que permite determinar la fuerza que se aplica a cada rueda para detener el vehículo en una distancia mínima sin que se pierda estabilidad, este trabaja en combinación con el sistema ABS, estos mecanismos o sistemas se encuentran especialmente en vehículos de tracción delantera y garantizan una óptima presión de frenado en las ruedas traseras. Al frenar a fondo en los vehículos de tracción delantera, las ruedas traseras tienden a perder adherencia, por lo que el sistema EBV en estos casos transmite una presión de frenado menor al eje trasero, de frenar normalmente se transmite una mayor presión [16].

Es un sistema electrónico de estabilidad y de asistencia a la frenada de emergencia, este dispositivo electrónico se encarga de aumentar la presión de frenado cuando el vehículo detecta una frenada de emergencia, su objetivo principal es que los conductores sean capaces de responder a situaciones críticas deteniendo los vehículos en la menor distancia posible, en ciertas ocasiones los indicadores de emergencia se activan para avisar a los demás conductores de la frenada de emergencia esto depende mucho del modelo y fabricante del vehículo [18].

#### **2.1.5 Evaluación del estado de los frenos.**

En los vehículos automotores el estado del sistema de frenado se puede verificar de una forma directa, midiendo su eficacia y desequilibrio, estos datos son obtenidos de

forma mecánica y en condiciones controladas mediante un equipo especializado “frenometro” (Figura 2.6) [19].



**Figura 2.6** Frenometro.

## Eficacia

La eficacia se considera como la relación en porcentaje de la suma de las fuerzas de frenado respecto al peso total que gravita sobre las ruedas [20], lo que se puede calcular como:

$$E=100(F/P)G \quad (2.1)$$

En donde,  $E$  es el valor de la eficacia en porcentaje [%],  $F$  la suma de todas las fuerzas de frenado, en Newton [N] y  $P$  la masa total del vehículo vacío [kg] por gravedad [9.81 m/s<sup>2</sup>]. Lo que indirectamente da a conocer la eficacia de frenado de un automóvil es el grado de la deceleración que se produce en el vehículo al frenar.

## Desequilibrio

Es la diferencia de esfuerzos de frenado entre las ruedas de un mismo eje (ecuación 2.2). La medida del desequilibrio se efectúa por cada eje, y se halla como porcentaje de la rueda que frena menos,  $F_{min}$ , respecto a la que frena más,  $F_{max}$ . Se toma, para cada rueda, como esfuerzo de frenado, el valor máximo. Un mal desempeño en el desequilibrio de frenado puede provocar que bajo diferentes panoramas de manejo, fácilmente se pueda perder el control en la dirección del vehículo durante el frenado.

$$D=100((Fmax-Fmin)/(Fmax)) \quad (2.2)$$

En donde,  $F_{max}$  es el valor máximo registrado entre las dos ruedas del mismo eje y  $F_{min}$  el valor mínimo registrado entre las dos ruedas del mismo eje.

## 2.2 PROCESAMIENTO DE SEÑALES

El análisis de señales se concentra en la representación, transformación y manipulación de estas, conocido como procesamiento de señales (figura 2.7), su estudio se basa en etapas típicas adquirir, adecuar, procesar y mostrar un resultado basado en una señal [21] [22][23].



Figura 2.7 Procesamiento de Señales

### 2.2.1 Adquisición de datos

Un dato es una representación simbólica, ya sea numérica, alfabética, grafica etc. De un atributo o característica de una entidad, el dato no tiene sentido en sí mismo, pero convenientemente tratado se puede utilizar en la realización de cálculos o tomo de decisiones para un fin determinado, para ello se puede usar una placa de adquisición de datos o placa DAQ (Data Acquisition) es una placa dedicada principalmente a la conversión de múltiples señales analógicas a digital (A/D), con funciones de “puesta en rango”, temporización y memoria para un correcto muestreo. También disponen de entradas y salidas digitales con propósitos de sincronización, captación de eventos, temporización, activación de salidas, selección de canales externos etc. Pueden contar además con salidas analógicas (conversión D/A) [30].

### 2.2.2 Adecuación (filtrado)

Un filtro es un dispositivo selectivo de frecuencia que se utiliza para limitar en alguna forma el espectro de una señal dentro de una gama específica de frecuencias. Donde ciertas componentes de frecuencia son amplificadas mientras que otras son atenuadas o rechazadas. Esta selectividad en frecuencia es lo que comúnmente se denomina “filtración”. Desde este punto de vista, los filtros básicos pueden ser pasa bajo, pasa alta, pasa banda y eliminador de banda. [23].

## Filtro pasa bajo

Son los filtros que únicamente dejan pasar frecuencias que están por debajo de una determinada frecuencia.

## Filtro pasa alto

Son filtros destinados a dejar pasar señales cuyas frecuencias sean mayores que un valor mínimo, denominado frecuencia de corte del filtro.

## Filtro pasa banda

Son filtros diseñados para dejar pasar a su salida un determinado grupo de señales, cuya frecuencia se encuentran dentro de la banda de paso del filtro, eliminando o atenuando el resto de las frecuencias.

### 2.2.2 Procesamiento de Digital señales



Figura 2.8 procesamiento digital de señales.

La mayoría de las señales en ciencia e ingeniería tienen una naturaleza analógica, es decir, tanto las variables independientes de las funciones que las representan como sus valores son continuos, este tipo de señales pueden ser tratadas directamente utilizando sistemas analógicos, como por ejemplo filtros pasivos o analizadores de frecuencia. El procesamiento digital (figura 2.8) requiere transformar las señales de entrada a un formato digital, esto ocurre en la etapa de conversión analógica-digital (A/D). Luego la señal digitalizada es tratada desde un computador, pasando por sistemas empujados basados en microcontroladores, hasta circuitos digitales específicos diseñados para realizar las tareas de procesamiento deseadas por lo que se hace necesario utilizar herramientas de software muy complejas, cuyo uso se ha visto facilitado por el aumento de potencia de los computadores personales y su fácil acceso a ellos [23] [24].

El último paso del procesamiento digital consiste en convertir la salida digital ya procesada en una señal analógica, es decir un convertidor digital-analógico (D/A); En aplicaciones de análisis de señal, la última etapa puede no ser necesaria, cuando la información a extraer se obtiene directamente de las representaciones digitales[24].

## **2.3 DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES**

Los Smartphone o teléfonos inteligentes surgieron a finales de los años noventa, son la evolución de los teléfonos celulares tradicionales con unas características muy avanzadas y útiles para la sociedad de hoy en día, como la posibilidad de instalar en el dispositivo un sistema operativo completo, con aplicaciones para realizar diversas tareas y trabajar con grandes cantidades de datos, enviar correos electrónicos, conectarse a Internet, tomar fotos, comunicarse a través de Wi-Fi y Bluetooth, etc. Inclusive comparándose con un computador portátil, pero con las características propias de los teléfonos celulares [25].

Según el DANE los indicadores de uso de TIC de los colombianos, en 2016 para el total nacional, el 72,1% de las personas de cinco y más años de edad reportaron tener teléfono celular, mientras que en 2015 fue del 71,5% [26], esto demuestra la utilidad de este producto para la sociedad.

En el mercado existen tres sistemas operativos líderes para los Smartphone, los cuales se presentan a continuación:

### **2.3.1 Sistema operativo Windows phone.**

Windows phone es un sistema operativo móvil desarrollado por Microsoft (figura 2.9), como sucesor del sistema operativo Windows Mobile. Fue presentado en el Mobile World Congress de Barcelona el 15 de Febrero de 2010.



**Figura 2.9** Logotipo windows Phone.

Una de las novedades más característica fue la interfaz de usuario, denominada “Metro” [27]. Se basa en unos simples pero efectivos mosaicos dinámicos que

muestran información útil al usuario de manera limpia y ligera. Así la navegación por el sistema es mucho más fluida. También se estrenó un nuevo concepto llamado HUB, un lugar donde centralizar acciones y agrupar aplicaciones por actividad. En el sistema operativo se pueden encontrar el HUB de imágenes, de contactos, de Office o de Xbox Live. Por ejemplo el HUB de contactos es más que una libreta de direcciones, también muestra las últimas publicaciones, tweets y fotos de amigos [27].

### 2.3.2 Sistema operativo iOS



**Figura 2.10** Logotipo de iPhone.

La compañía Apple (Figura 2.10) lanzó al mercado en 2007 su sistema operativo iOS con una gran calidad en sus múltiples aplicaciones. iOS se deriva de Mac OS X, que a su vez está basado en Darwin BSD, y por lo tanto es un sistema operativo Unix. iOS cuenta con cuatro capas de abstracción: la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de "Servicios Principales", la capa de "Medios" y la capa de "Cocoa Touch" [27].

### 2.3.4 Sistema operativo Android



**Figura 2.11** Logotipo Android.

Android (Figura 2.11) en la actualidad se puede considerar como el producto líder a nivel mundial. Este es un sistema operativo que puede ser adoptado por cualquier fabricante de celulares y permite realizar tareas que se asemejan a una PC, como

navegar la web, leer emails, descargar aplicaciones y algunas otras funcionalidades, también cuenta con Google Play donde se encuentran miles de aplicaciones de todo tipo con categorías que van desde juegos hasta aplicaciones de tráfico, de salud, utilidades y muchos más [28].

Como Android es la base es una base de este trabajo, a continuación se citaran algunos entornos de programación de aplicaciones en Android.

## **Java**

Java es el lenguaje que más se utiliza para programar aplicaciones Android ya que Google ha escogido este código para dar soporte a aquellas personas y empresas que deseen realizar aplicaciones de forma “nativa” en la plataforma de Android.

Es muy fácil encontrar información en la red sobre este lenguaje de programación, en donde, el entorno de desarrollo oficial es Eclipse [29].

## **Basic 4 Android**

Esta plataforma de programación para aplicaciones Android está basado en el lenguaje de programación VisualBasic. Es un lenguaje más gráfico y no tan abstracto como Java, es decir, es más sencillo de entender para una persona que no esté muy en contacto con el mundo de la programación. No es el mismo lenguaje de Microsoft, pero su sintaxis es la misma. Uno de los grandes inconvenientes de esta plataforma es que se debe pagar para poder utilizarla [29].

## **Titanium**

La plataforma Titanium es una de las plataformas más activas, busca solventar estos problemas, proponiendo un entorno de programación con un lenguaje común (JavaScript), capaz de interpretar el código fuente dándole el formato necesario para que los compiladores de iOS, Android, Windows, BlackberryOS, etc., puedan comprenderlo y generar los instaladores para que la aplicación pueda ser desplegada en cada uno de los sistemas operativos [30].

## **App Inventor**

Esta plataforma de desarrollo está basada en un lenguaje de desarrollo gráfico, donde no se tiene que escribir código, tan solo se arrastran bloques identificados con la acción que se necesita hacer. Con esto se consigue que cualquier persona pueda

programar su aplicación Android sin necesidad de aprender algún código de programación. Esta plataforma de desarrollo fue impulsada por Google con el fin de que más personas se unieran a la familia de Android. Esta herramienta usa el navegador como centro principal de trabajo, y almacena todo esto en servidores que están disponibles cada vez que se entra a internet. A principios de agosto de 2011 Google anunció que ya no mantendría esta aplicación, pero que la haría código libre destinado a la educación. Una semana después el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), una institución de educación superior privada situada en Cambridge, Massachusetts (EE.UU.), anunció que se haría cargo del proyecto. Por lo que el 31 de diciembre de 2011 App Inventor de Google dejó de funcionar y el 4 de marzo de 2012, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) volvió a poner el proyecto en Internet, su gran ventaja es el ser completamente gratuito [29].

## **2.4 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

En la actualidad se desarrollan investigaciones e innovaciones en entorno a dos temas en particular, la industria automotriz y las aplicaciones para teléfonos inteligentes, a continuación presentan algunos trabajos de interés relacionados con estas temáticas.

### **2.4.1 Investigaciones en el ámbito Internacional**

En el ámbito internacional existen muchas investigaciones, con respecto a la tecnología automotriz ligada a las aplicaciones móviles entre ellas se tiene.

- **SYSTEM A FlexRay/CAN Vehicle Communication Network for an Anti-LockBraking System Based on X-by-Wire Technology [31].**

Trabajo del Departamento de Informática e Ingeniería de la Información, Universidad Nacional de Formosa, Taiwan del año 2013.

La ideal principal del proyecto consiste en crear un modelo de un controlador de ABS y además de construir y probar la seguridad activa de un coche simulado, para esto hace uso de una red de comunicación de vehículo flexRay y CAN, se aprovecha las nuevas características de los dispositivos móviles desarrollando una aplicación para teléfonos Android que por medio de bluetooth transmite datos como la velocidad de las ruedas y los valores de deslizamiento presentes en una frenada.

➤ **Unsafe Driving Detection System using Smartphone as Sensor Platform [32].**

Trabajo del departamento de informática, G.H.R.I.E.T, Pune, India del año 2014

Este trabajo toma el tema de la seguridad vial, estudiando la conducción insegura como conducir bajo influencia del alcohol, y diseñan un sistema que ayuda a la detección precoz y alerta de las maniobras peligrosas en el vehículo el Sistema completo requiere un teléfono móvil con su acelerómetro incorporado y sensor de orientación, instalando un programa en el teléfono móvil, se obtienen lecturas en base al sensor de aceleración y los compara con patrones de conducción inseguras, extraído de pruebas reales de conducción.

➤ **SYSTEM AND METHOD TO ADJUST INSURANCE RATE BASED ON REAL-TIME DATA ABOUT POTENTIAL VEHICLE OPERATOR IMPAIRMENT [33].**

Patente de estados unidos número 8, 930,269 B2 del año 2015.

Consistía en el desarrollo de un sistema por computador que facilita la supervisión de un conductor de vehículo, del medio que rodea el vehículo, y / o las fuerzas que actúan sobre el vehículo durante su operación, capaz de determinar el desgaste físico del conductor (por ejemplo, distraído, somnolencia), registrar los datos obtenidos del conductor para su posterior análisis, y envía los datos a un servidor para su análisis.

➤ **Accident identification system with SMS notification [34].**

Departamento de Ciencias de la Computación e Ingeniería Padmabhooshan Vasantdada Patil Institute Of Technology, Bavdhan india, año 2014.

Consistía en el desarrollo de un dispositivo capaz de detectar cualquier accidente automovilístico, por medio de ocho sensores digitales M.U.C colocados en diferentes partes del vehículo, tan pronto se detecta cualquier accidente se produce una alerta y envía un SMS de emergencia. El sistema cuenta con GPS y GSM para identificación del lugar del accidente.

➤ **Android Smartphone Application for Driving Style Recognition[35].**

Trabajo del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Tecnología de la Información del Instituto de Tecnología de los Medios, Alemania año 2013.

Diseñan una aplicación en teléfonos Android para el reconocimiento del estilo de conducción y así poder mejorarlo, presentan una solución de fusión de sensores, basado en las lecturas del acelerómetro, magnetómetro y giroscopio. Al mostrar sugerencias después de cada mala maniobra y una puntuación para la unidad capaz de guardar las ubicaciones GPS durante la conducción, y poder comparar su estilo a otras personas.

## **2.4.2 Investigaciones en el ámbito Nacional**

A nivel nacional también se cuentan con diferentes investigaciones realizadas en especial en trabajos de grado con referencia a la industria automotriz y entornos de desarrollo de aplicaciones móviles.

- **Desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles bajo plataforma Android para la consulta de las rutas del sistema de transporte masivo Transmetro de la ciudad de Barranquilla implementando realidad aumentada y sistemas de posicionamiento global [36].**

Trabajo de investigación como requisito de grado realizado en la universidad de la costa del programa de ingeniería en sistemas del año 2012.

Analizando la problemática que se daba debido al rápido crecimiento y el constante cambio en las rutas de acceso, y que no se alcanzaba en su mayoría a actualizar la información a todos los ciudadanos de la ciudad de Barranquilla y a los habitantes de municipios aledaños que diariamente utilizan este sistema de transporte, optaron por desarrollar una aplicación para dispositivos móviles bajo plataforma Android para la consulta de las rutas del sistema de transporte masivo Transmetro de la ciudad de Barranquilla implementando realidad aumentada y sistemas de posicionamiento global.

- **Diseño de un algoritmo para la detección automática de huecos en vías vehiculares de la ciudad de Bogotá [37].**

Trabajo de investigación de la universidad militar nueva granada en el 2015, especialización en geometría.

El proyecto a desarrollo con el fin de mejorar el proceso de captura de la ubicación de los huecos de Bogotá donde el ciudadano participe activamente, usando en su teléfono inteligente una aplicación que captura de manera automática las coordenadas del GPS cuando se presenta una variación significativa en el acelerómetro del teléfono inteligente. De esta forma diseñaron un modelo matemático para la detección automática de zonas de alta densidad de daños en la superficie del pavimento de la malla vial en la ciudad de Bogotá, usando los sensores del acelerómetro y GPS del dispositivo móvil Android.

- **Diseño e implementación de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares (HC, CO y CO<sub>2</sub>), desarrollado bajo la plataforma Android [38].**

Trabajo de investigación desarrollado en la universidad de surcolombiana, ingeniería electrónica año 2015.

Con el propósito de aportar al mejoramiento ambiental, realizaron un estudio para el diseño e implementación de un analizador básico de gases vehiculares (CO, CO<sub>2</sub> y HC) con comunicación inalámbrica e interpretación de mediciones en dispositivos con sistema operativo Android, que contaba con un sistema embebido que opera bajo la plataforma de Arduino capaz de llevar a cabo las diferentes tareas en el proceso de medición de gases, y transmisión por WIFI de los datos entre el equipo y el dispositivo móvil del usuario.

- **Guía de tránsito [39].**

Trabajo presentado como opción parcial para optar al título de tecnólogos informáticos de la universidad de Manizales año 2015.

Desarrollaron un proyecto, en el que crearon una fuente primaria de información para todas aquellas personas, transeúntes, conductores, comunidad educativa, escuelas automovilísticas entre otros, que requieren información relacionada con las señales reglamentarias y las normas de tránsito que rigen en el territorio nacional Colombiano.

- **Implementación de un sistema de supervisión de vehículos en la ciudad de Bogotá [46].**

Trabajo de grado presentado para optar al título de ingeniero en automatización de la universidad de La salle, año 2015.

Atendiendo a la necesidad de combatir los robos constantes de vehículos en la ciudad de Bogotá, presenta el diseño e implementación de un sistema de seguridad para vehículos, apoyándose en un dispositivo móvil con plataforma Android. El proyecto consiste en la implementación de un sistema de supervisión de vehículos, usando como herramienta la tecnología móvil, con la integración de circuitos electrónicos, usando la comunicación bluetooth y las redes móviles. Generando una conexión inalámbrica entre los circuitos actuadores dentro del vehículo y un ente externo, para así lograr realizar acciones dentro del vehículo.

### **2.4.3 investigaciones en el ámbito Regional.**

A nivel regional encontramos trabajos de investigación que pueden ocupar algunos de los temas de interés.

- **Diseño y construcción de un sistema electrocardiográfico con conexión inalámbrica a Smartphone que sirva como soporte en el diagnóstico de arritmias e infartos de miocardio**[40].

Trabajo para optar al título de ingeniero físico de la universidad del cauca del año 2014.

Presentaron el diseño e implementación de un electrocardiógrafo de bajo costo con interfaz a un computador personal donde se realiza el despliegue, procesamiento y análisis de las señales obtenidas, además se cuenta con la posibilidad de desplegar de forma gráfica las señales en un dispositivo móvil con sistema operativo Android

- **Sistema prototipo de pagos móviles para transacciones utilizando tecnología NFC en dispositivos con sistema operativo Android**[41].

Trabajo para optar al título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones de la universidad del cauca del año 2015.

Se desarrolla un sistema prototipo de pagos móviles independiente de entidades bancarias y/o telecomunicaciones utilizando la tecnología NFC en dispositivos móviles con sistema operativo Android.

- **Uso de técnicas de realidad aumentada en dispositivos Android para soportar el tratamiento de trastornos en el proceso auditivo central[42].**

Trabajo para optar al título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones de la universidad del cauca del año 2014.

Este trabajo buscó desarrollar un prototipo que hiciera uso de técnicas de realidad aumentada para ayudar a tratamientos en los trastornos del procesamiento auditivo central, para ello realizan análisis de las herramientas y dispositivos actuales que sirven de soporte para la realidad aumentada.

- **Impacto de la técnica de acceso en el desempeño de las redes vehiculares Vanet[43].**

Trabajo para optar al título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones de la universidad del cauca del año 2014.

Se enfoca en modelar ambientes vehiculares con el propósito de reducir costos de implementación y obtener resultados significativos en tiempos menores utilizando varias técnicas de acceso para los Vanet, con los cuales se mejoraría el intercambio de información entre nodos y hacerlo más equitativo.

- **Impacto de la velocidad y modelo de movilidad en una comunicación de datos de una red vehicular[44].**

Trabajo para optar al título de ingeniero en electrónica y telecomunicaciones de la universidad del cauca del año 2014.

Se realiza mediante un simulacro el análisis del impacto de la velocidad en una comunicación de datos de una red vehicular, con el fin de determinar como la variación de dichos parámetros afecta a la comunicación en una red Vanet.

## 2.5 ANÁLISIS DE LA LITERATURA

Analizando los trabajos realizados en diferentes partes, se puede resumir:

**Tabla 2.1** Resumen de investigaciones a nivel internacional.

INVESTIGACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
---------------	----------	-------------

SYSTEM A FlexRay/CAN Vehicle Communication Network for an Anti-LockBraking System Based on X-by-Wire Technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se centra en uno de los principales sistema de los vehículos, el sistema de frenos.</li> <li>➤ Transferencia de datos de forma inalámbrica por bluetooth.</li> <li>➤ Se utiliza como medio de visualización un teléfono Android.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utiliza programas con licencias costosas.</li> <li>➤ No es probado en vehículo real, es basado en simulaciones.</li> </ul>
Unsafe Driving Detection System using Smartphone as Sensor Platform	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utiliza como base y único dispositivo, un Smartphone.</li> <li>➤ El tema de investigación es de gran importancia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Depende de unos patrones debidamente establecidos, por lo tanto el software está cerrado y no tiende a evolucionar.</li> </ul>
System and method to adjust insurance rate based on real-time data about potential vehicle operator impairment	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es un sistema complejo, controla las variables exteriores del vehículo y las propias del conductor.</li> <li>➤ Trabaja en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es un sistema costoso.</li> <li>➤ Necesidad de conexión a internet.</li> </ul>
Accident identification system with SMS notification	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Asistencia en la logística de salvamento en los accidentes, por presentar una ubicación del mismo.</li> <li>➤ Gracias al uso de la tecnología GSM permite una mejor cobertura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No tiene incorporado el sistema GSM directamente en el automóvil, depende del celular del conductor y que no garantiza que este prendido en todo momento.</li> </ul>
Android Smartphone Application for Driving Style Recognition	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utiliza la mayor cantidad de sensores posibles para reducir al máximo el ruido.</li> <li>➤ Presenta una serie de advertencias y sugerencia al conductor.</li> <li>➤ Es interactivo y genera gran expectativa gracias a la incorporación de las puntuaciones que se ganan al conducir de manera correcta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dependencia de GPS.</li> <li>➤ Al ser interactivo presenta una ventaja y a la vez una desventaja porque puede ocasionar distracciones que conlleven a un accidente.</li> </ul>

**Tabla 2.2** Resumen de investigaciones a nivel nacional.

INVESTIGACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La utilización de realidad aumentada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Necesidad de datos de internet</li> </ul>

<p>plataforma Android para la consulta de las rutas del sistema de transporte masivo transmetro de la ciudad de barranquilla implementando realidad aumentada y sistemas de posicionamiento global.</p>	<p>como medio para la solución de proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pensar en expandir el programa a otros sistemas operativos como iOS.</li> <li>➤ cualquier persona puede usuario debido a su sencillez.</li> </ul>	<p>todo el tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Gran capacidad del celular.</li> </ul>
<p>Diseño de un algoritmo para la detección automática de huecos en vías vehiculares de la ciudad de Bogotá.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Toma una problemática presente en todo el país.</li> <li>➤ Esta enlazada con las autoridades pertinentes además de brindar información el ciudadano común.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Al depender del GPS no se tiene una gran precisión, necesaria para este tipo de trabajos.</li> <li>➤ Necesita de una gran cantidad de usuarios con la app para que esta de resultado más confiables.</li> </ul>
<p>Diseño e implementación de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares (HC, CO y CO2), desarrollado bajo la plataforma Android.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compromiso ambiental.</li> <li>➤ Permite estar al tanto del estado del automóvil, en especial del motor, de una manera más precisa.</li> <li>➤ En caso de sincronizar el motor de automóvil estos datos son de extrema importancia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Adquisición de los sensores y demás complementos para su desarrollo.</li> <li>➤ No se mostró validación de los resultados.</li> <li>➤ Instalación del sistema.</li> </ul>
<p>Guía de tránsito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Una aplicación de bajo consumo.</li> <li>➤ Una guía educativa disponible para todo nivel de educación.</li> <li>➤ Interactúa con otros sistema pertenecientes a organismos relacionados con transito como es el SIMIT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Constante conexión a internet para consultas de normatividad.</li> </ul>
<p>Implementación de un sistema de supervisión de vehículos en la ciudad de Bogotá.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Propone una solución atractiva para la problemática del robo de automóviles.</li> <li>➤ Utilización de dos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pensado para un consumidor en especial.</li> <li>➤ Dependencia del internet, en caso de caída de red,</li> </ul>

	<p>sistemas de comunicación al mismo tiempo, como es el uso de bluetooth y la conexión por módulo GSM.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Económico comparado con su utilidad.</li> </ul>	<p>el sistema queda sin acceso.</p>
--	---	-------------------------------------

**Tabla 2.3** Investigaciones a nivel regional.

<b>INVESTIGACIÓN</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<p>Diseño y construcción de un sistema electrocardiográfico con conexión inalámbrica a Smartphone que sirva como soporte en el diagnóstico de arritmias e infartos de miocardio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bajo costo de construcción.</li> <li>➤ Permite la visualización de las señales en un teléfono Android.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Necesidad de un médico para entender las gráficas, no muestra recomendaciones.</li> <li>➤ Utilización de labview el cual necesita ser licenciado incrementado el costo.</li> </ul>
<p>Sistema prototipo de pagos móviles para transacciones utilizando tecnología NFC en dispositivos con sistema operativo Android.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Seguridad por ser una tecnología de corto alcance, es más difícil interceptar los datos.</li> <li>➤ Costos de operación más económicos comparados con transacciones bancarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Presenta pérdida de información dependiendo de la red.</li> <li>➤ No interactúa bien con conexiones lentas como GPRS</li> </ul>
<p>Uso de técnicas de realidad aumentada en dispositivos Android para soportar el tratamiento de trastornos en el proceso auditivo central.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utiliza tecnología de realidad aumentada.</li> <li>➤ Se centra en enriquecer la expresión visual y no la auditiva, permitiendo mejorar los problemas tales como adaptación escolar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Consumo de batería.</li> <li>➤ Depende de la cámara del dispositivo móvil y de una buena iluminación.</li> </ul>
<p>Impacto de la técnica de acceso en el desempeño de las redes vehiculares vanet.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es una simulación que permite reducir costos de implementación.</li> <li>➤ Aporte a la seguridad vial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pérdida de paquetes de datos.</li> <li>➤ Dependiendo de la cantidad de usuarios, se incrementan los errores.</li> </ul>
<p>Impacto de la velocidad y modelo de movilidad en una</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Se concentra en determinar una de las</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pérdida de paquetes de datos.</li> </ul>

comunicación de datos de una red vehicular.	variables más importantes en la movilidad vehicular como lo es la velocidad.	➤ Errores en el sistema al presentar gran cantidad de usuarios.
---	--	---

Después de revisar investigaciones realizadas en diferentes países incluyendo Colombia, se aprecia que existen múltiples estudios enfocados a la industria automotriz enlazados con el desarrollo de aplicaciones móviles, en especial con el sistema operativo Android,

Dada la utilidad de los vehículos en la sociedad y la actual necesidad en que se convirtieron los teléfonos celulares, es posible dar soluciones y explicaciones a muchos temas que eran exclusividad de las grandes industrias, a través de la combinación de vehículo-celular, que permiten interactuar con el usuario, compartiendo puntos de vista y soluciones a temas de interés, además de poder socializar y compartir dichas soluciones con todos los individuos mediante internet.

De la misma forma que se ha trabajado en otros sitios, con este trabajo se pretende aportar una mayor seguridad y acceso a información de vital importancia, para contribuir a la prevención de accidentes que se pueden presentar por fallas en el sistema de frenos como el aporte del trabajo “SYSTEM A FlexRay/CAN Vehicle Communication Network for an Anti-LockBraking System Based on X-by-Wire Technology [37]” que se enfoca en el estudio de los frenos. Uno de los conceptos principales que se toma es la seguridad vial, por ende la prevención es un objetivo implícito en este trabajo, en varias investigaciones como en “Accident identification system with SMS notification [40]” se centran en el después de un accidente de tránsito, en cuanto a la investigación presente en este documento una de las motivaciones es evitar estos sucesos.

El uso de las tecnologías celulares es una constante en las investigaciones mencionadas, y en una infinidad de investigaciones realizadas en el mundo, en esta región del país y para no ir muy lejos en la universidad del cauca se han realizado varios proyectos de investigación que incorporan la tecnología Smartphone, encaminadas en varios temas como la salud, es el caso de “Diseño y construcción de un sistema electrocardiográfico con conexión inalámbrica a Smartphone que sirva como soporte en el diagnóstico de arritmias e infartos de miocardio”, ahora se puede sumar el tema de la automotriz que de la mano con el uso de conexiones inalámbricas “bluetooth”, se manifiestan varias ideas interesantes para desarrollar.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el diseño y la implementación de un prototipo encargado de monitorear el sistema de frenos de un vehículo tipo turístico, por lo cual es necesario censar las variables físicas que están presentes en el momento del frenado, como son las fuerzas presentes en el instante que se frena, la velocidad con la que se desplaza el vehículo, el Angulo de inclinación del automóvil, para esto se ve necesario implementar un software y un hardware lo suficientemente robusto para desarrollar esta tarea (Figura 3.1).

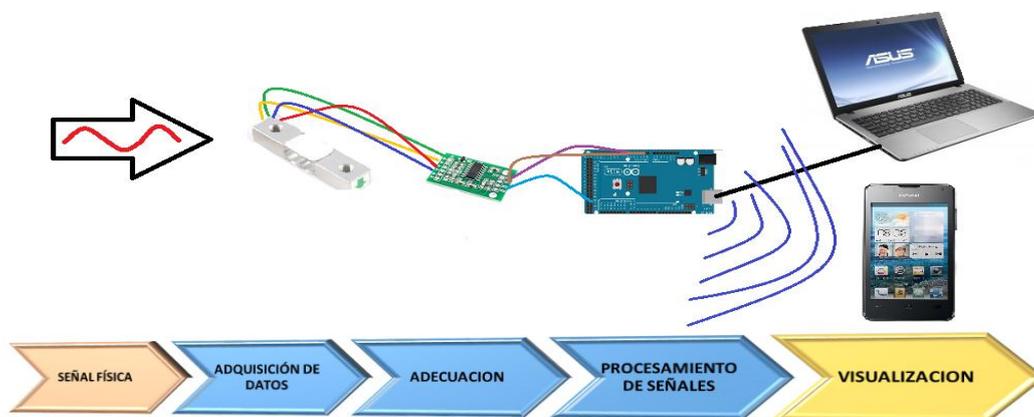


Figura 3.1 Adquisición de datos

### 3.2 REQUERIMIENTOS

El diseño e implementación se realizan basados en algunos requerimientos necesarios para la aceptación del producto.

- Bajo costo de producción.
- Materiales de fácil adquisición.

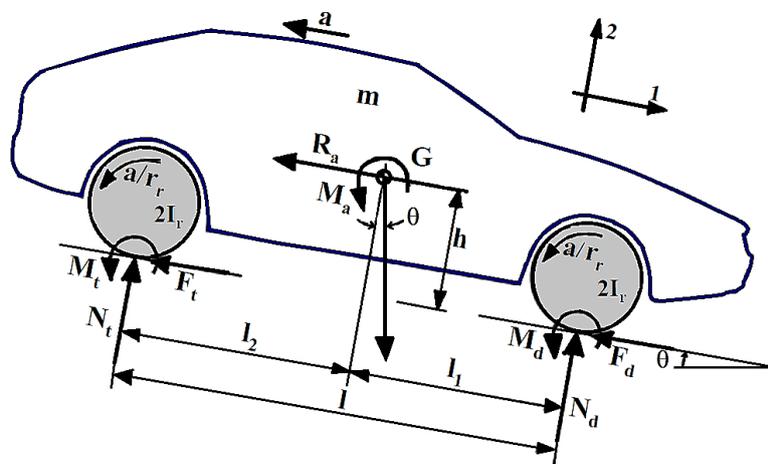
- Fácil instalación del hardware.
- No se interviene o modifica la originalidad del vehículo.
- Interfaz del software con el usuario de fácil uso y fácil interpretación.

Bajo estos criterios se realizará una investigación, que permita apoyar a los conductores para mantener un buen estado de sus automóviles.

### 3.3 DISEÑO

Para el diseño, tanto del hardware como del software, es indispensable el conocimiento de las variables a medir, por ello se describirá en forma breve la física-matemática necesaria para el progreso del proyecto [29][45].

En un vehículo que se desplaza a cierta velocidad intervienen fuerzas y momentos como los que se ven en la figura 3.2, en esta se consideran los ejes de referencia 1 y 2 como sentido positivo de las fuerzas y momentos y el Angulo  $\theta$  creciente en sentido positivo.



**Figura 3.2** Fuerzas que actúan en el frenado [29].

Donde se tiene que:

$a$ = aceleración

$G$ = Gravedad

$m$ = masa del vehículo

$h$ = Altura del vehículo respecto al suelo

$R_a$ = Resistencia aerodinámica

$r_r$ = Radio de la rueda

$M_a$ = Momento aerodinámico

$I_r$ = Momento de inercia de las ruedas

$M_d$ = Momento de rodadura delantero

$N_t$ = Fuerza normal en el eje trasero

$M_t$ = Momento de rodadura trasero

$l_1$ = Distancia de G al eje delantero

$F_d$ = Fuerza de frenado del eje delantero

$l_2$ = Distancia de G al eje trasero.

$F_t$ = Fuerza de frenado del eje trasero.

$l$  = distancia entre ejes

$N_d$ = Fuerza normal en el eje delantero

Aplicando los teoremas vectoriales, por segunda ley de newton se tiene:

$$\sum F_2 = 0 \quad N_d + N_t - m \cdot g \cdot \cos\theta = 0 \quad (3.1)$$

$$\sum F_1 = m \cdot a \quad m \cdot g \cdot \sin\theta - (F_d + F_t) - R_a = -m \cdot a \quad (3.2)$$

$$\sum M_G = \dot{I}_G \quad N_d l_1 - N_t l_2 - (F_d + F_t)h + M_a + M_d + M_t = 4 \frac{I_r}{r_r} a \quad (3.3)$$

De las ecuaciones anteriores (3.1)(3.2)(3.3)se obtiene las fuerzas normales  $N_d$  y  $N_t$

$$N_d = \frac{m \cdot g \cdot l_2 \cdot \cos\theta + \left(m \cdot h + 4 \frac{I_r}{r_r}\right) a + (m \cdot g \cdot \sin\theta - R_a) \cdot h - M_a - M_d - M_t}{l} \quad (3.4)$$

$$N_t = \frac{m \cdot g \cdot l_1 \cdot \cos\theta - \left(m \cdot h + 4 \frac{I_r}{r_r}\right) a - (m \cdot g \cdot \sin\theta - R_a) \cdot h + M_a + M_d + M_t}{l} \quad (3.5)$$

Para simplificar los datos se determinan algunas consideraciones, teniendo en cuenta que la influencia de algunas fuerzas es muy pequeña frente al esfuerzo de frenado, que el sistema de frenos a de transmitir a las ruedas, de este modo se considera:

- Si el terreno es plano el Angulo  $\theta=0$ .

- La resistencia aerodinámica ( $R_a$ ) al igual que el momento aerodinámico ( $M_a$ ) es despreciable, ya que a bajas velocidades no hay gran influencia, siendo un proceso de frenado la velocidad tiende a ser mínima.
- Los momentos de rodadura ( $M_d$  y  $M_t$ ) tienden a ser mínimos, esto por consecuencia a los fenómenos de histéresis que sufre el neumático al rodar y se acrecienta cuando mayor es la velocidad.

De esta forma se describen las ecuaciones (3.4) y (3.5) como.

$$N_d = \frac{m \cdot g \cdot l_2 + \left(m \cdot h + 4 \frac{I_r}{r_r}\right) a}{l} \quad (3.6)$$

$$N_t = \frac{m \cdot g \cdot l_1 - \left(m \cdot h + 4 \frac{I_r}{r_r}\right) a}{l} \quad (3.7)$$

Analizando las inercias de las ruedas, la masa del conjunto formado por el neumático, llanta y dispositivo de frenado que serán los elementos en rotación, es muy bajo frente a la masa total ( $m$ ) del vehículo, por tanto se observa que el termino  $4(I_r/r_r)$  es aproximadamente del orden del uno por ciento del valor que asume el producto  $m \cdot h$ , por tanto:

$$\left(m \cdot h + 4 \frac{I_r}{r_d}\right) a = m \cdot h \cdot a \quad (3.8)$$

De esta forma se reescriben las ecuaciones (3.6) y (3.7) como.

$$N_d = \frac{m \cdot g}{l} \left(l_2 + h \cdot \frac{a}{g}\right) \quad (3.9)$$

$$N_t = \frac{m \cdot g}{l} \left(l_1 - h \cdot \frac{a}{g}\right) \quad (3.10)$$

Bajo las mismas consideraciones se replantean las ecuaciones (3.1) y (3.2) como.

$$N_d + N_t = m \cdot g \quad (3.11)$$

$$F_d + F_t = m \cdot a \quad (3.12)$$

Tomando a  $\mu_c$  como la adherencia entre el neumático y la superficie, la máxima fuerza de frenado  $F$  que se puede obtener será:

$$F = \mu_c \cdot N \quad (3.13)$$

Dónde:  $F = F_d + F_t$  y  $N = N_d + N_t$ .

Remplazando las ecuaciones (3.11) y (3.12) en la ecuación (3.13), se obtiene:

$$m \cdot a = \mu_c \cdot m \cdot g \quad (3.14)$$

Por tanto la máxima deceleración que se puede obtener al frenar viene limitada por la adherencia que existe entre el neumático y la superficie en el momento de la frenada (Ecuación (3.15)):

$$a = \mu_c \cdot g \quad (3.15)$$

Uno de los criterios para valorar el comportamiento de frenado es la Eficacia de frenado, esta considera las fuerzas de frenado como únicas fuerzas retardadoras del movimiento del vehículo, imponiéndose la condición de que ninguna rueda alcance aisladamente las condiciones de bloqueo, de esta forma la deceleración máxima que puede lograrse es:

$$a_i = \mu_{max} \cdot g \quad (3.16)$$

En el frenado real es imposible alcanzar el anterior límite, ya que es imposible lograr el reparto óptimo de frenado en cualquier condición. En consecuencia, si se considera que la deceleración máxima que alcanza el vehículo es  $a_{max}$  la eficacia del frenado se define por la relación:

$$E_f = \frac{a_{max}/g}{\mu_{max}} \quad (3.17)$$

El coeficiente de adherencia  $\mu_{max}$  depende de la superficie donde se encuentre el vehículo, para el asfalto es de 0.8.

$E_f$  indica el rendimiento cuando el vehículo utiliza el coeficiente disponible de la adhesión de la superficie de rodamiento para frenar. Entonces cuando,  $E_f < 1$ , la deceleración es menor que la máxima alcanzable, resultando en una innecesaria distancia de parada mayor.

Como el “frenado”, “el factor de arrastre” y “la fuerza retardadora de frenado” significan lo mismo, se define también como el grado de eficacia que es el aprovechamiento del coeficiente de adherencia y está dado por[45]:

$$e = \frac{F_{max}}{\mu} \quad (3.18)$$

Donde sabemos que:

$$\mu = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{\text{fuerza de frenado}}{\text{fuerza por peso que actúa sobre la rueda}} \quad (3.19)$$

Se tiene que la eficacia ( $E$ ) es la relación en porcentaje de la suma de las fuerzas de frenado ( $F$ ), respecto al peso total vacío de un vehículo ( $P$ ):

$$E = 100 \left( \frac{F}{P} \right) \quad (3.20)$$

Otro criterio a evaluar es el Desequilibrio, es la diferencia de esfuerzos de frenado entre las ruedas de un mismo eje.

$$D = 100. \left( \frac{F_{max} - F_{min}}{F_{max}} \right) \quad (3.21)$$

Distancia de frenado, si se considera que el conjunto de fuerzas retadoras al movimiento del vehículo, se puede establecer qué;

$$a = \frac{E_f + P. \operatorname{sen}\theta + P. \mu_c + R_a}{P/g} \quad (3.22)$$

Considerando que  $S$  es la distancia recorrida se tiene:

$$a. ds = V. dV \quad (3.23)$$

Integrando:

$$S_{V_1-V_2} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{V dv}{a} \quad (3.24)$$

Sustituyendo la ecuación (3.22) en la (3.24):

$$S_{V_1-V_2} = -\frac{P}{g} \int_{V_1}^{V_2} \frac{V dv}{E_f + P. \operatorname{sen}\theta + P. \mu_c + R_a} \quad (3.25)$$

Donde  $F_f$  y  $\mu_c$  son independientes de la velocidad tenemos:

$$S_{V_1-V_2} = \frac{P}{2 \cdot C \cdot g} \cdot \text{Ln} \frac{E_f + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c + C \cdot V_1^2}{E_f + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c + C \cdot V_2^2} \quad (3.26)$$

Con:

$$C = \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot S_e \cdot C_x \quad (3.27)$$

$$F_f = E_f \cdot \mu_c \cdot P \quad (3.28)$$

La distancia hasta detenerse ( $V_2=0$ ) el vehículo es:

$$S_p = \frac{P}{2 \cdot C \cdot g} \cdot \text{Ln} \left[ \frac{C \cdot V_1^2}{E_f \cdot P \cdot \mu_c + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c} \right] \quad (3.29)$$

Desde que surge una circunstancia imprevista que obliga a frenar, hasta que el conductor actúa sobre el pedal del freno, transcurre un tiempo, llamado de reacción del conductor  $t_{rc}$ , cuyo valor está estimado entre 0.5 y 2s.

Desde que se inicia la acción sobre el sistema de frenos hasta que este actúa con la fuerza requerida en las diferentes ruedas, transcurre otro tiempo ( $t_{rs}$ ) denominado de reacción del sistema, que suele tomar un valor del orden de 0.3 s; en consecuencia, el cálculo de la distancia de parada desde que ocurre el acontecimiento que hace decidir frenar el vehículo viene dado por:

$$S_{pT} = S_p + V_1 \cdot (t_{rc} + t_{rs}) \quad (3.30)$$

El tiempo de frenado se puede calcular de la siguiente manera:

$$d_t = \frac{dV}{a} \quad (3.31)$$

Sustituyendo la ecuación (3.22) en la (3.31):

$$t = -\frac{P}{g} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{F_f + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c + C \cdot V^2} \quad (3.32)$$

Desarrollando la integral;

$$t = -\frac{P}{ga} [tg^{-1}A \cdot V_1 - tg^{-1}B \cdot V_2] \quad (3.33)$$

Donde:

$$A = [C \cdot (F_f + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c)]^{1/2} \quad (3.34)$$

$$B = \left( \frac{C}{F_f + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c} \right)^{1/2} \quad (3.35)$$

Despreciando la resistencia aerodinámica:

$$t_1 = -\frac{P}{g} \cdot \frac{1}{F_f + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c} \cdot (V_1 - V_2) \quad (3.36)$$

El tiempo de parada es:

$$t_p = -\frac{P}{A} \cdot tg^{-1}B \cdot V_1 \quad (3.37)$$

$$t_{p1} = -\frac{P}{g} \cdot \frac{V_1}{F_f + P \cdot \text{sen}\theta + P \cdot \mu_c} \quad (3.38)$$

Añadiendo los tiempos de reacción se obtiene:

$$t_{pT} = t_p + (t_{rc} + t_{rs}) \quad (3.39)$$

$$t_{PT} = t_{p1} + (t_{rc} + t_{rs}) \quad (3.40)$$

Considerando el análisis matemático, se destacan las ecuaciones (3.20)(3.21), donde se describe la eficacia de frenado y el desequilibrio de frenado [20].

### **3.4 IMPLEMENTACION**

Lo primero es la selección de materiales teniendo en cuenta la necesidad, su fácil adquisición y el costo. Posteriormente se procederá al desarrollo del hardware siguiendo los pasos necesarios para su desarrollo como son la adquisiciones datos o de las señales, la adecuación, y el procesamiento de los datos (Figura 3.1), Por ello se seleccionan sensores adecuados encargados de medir las variables involucradas y transferirlas a la tarjeta y/o servidor para su interpretación, posteriormente se desarrolla un software que interprete y procese la información, que a su vez interactúe con el usuario para la apreciación de los sucesos involucrados.

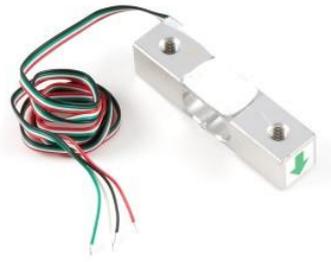
#### **3.4.1 Adquisición de datos**

La primera etapa para la realización del proyecto consiste en determinar, las variables a medir y la forma de extraerlas para su interpretación. Se determinó que las variables físicas más importantes que interfieren en el proceso de frenado de un vehículo son principalmente la fuerza, la velocidad, la aceleración, el Angulo de inclinación. Por consiguiente se estableció la utilización de los siguientes sensores para la obtención de las variables.

#### **Celda de carga [46]**

La celda de carga permite medir la fuerza que se presenta en el momento de la frenada. Una celda de carga es un transductor con la capacidad de convertir una fuerza en una señal eléctrica. La fuerza que se desea medir, deforma el material del sensor. Y por medio de medidores de deformación (galgas) obtenemos una señal eléctrica con la cual podemos obtener el valor de la fuerza.

Para la realización del trabajo se utilizó una celda de carga con un solo punto de 5kg, la cual es fácil de adquirir a un precio muy económico, esta se puede asegurar por medio de tornillos en cada extremo de la celda (Figura 3.3), la aplicación de fuerza debe aplicarse en el sentido de la flecha que se encuentra dibujada en un extremo de la celda.



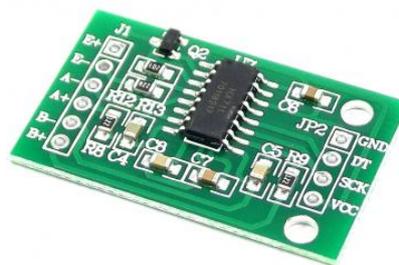
**Figura 3.3** Celda de carga de 5kg.

La fuerza que se produce debido al frenado se transmite a la celda de carga por medio de un resorte, para evitar cualquier daño que se le pueda ocasionar a la celda.

### **Módulo HX711 [47]**

El módulo HX711 (Figura 3.4) es un transmisor de la celda de carga, que permite una interface entre la celda de carga y el microcontrolador, permitiendo amplificar la señal y posibilita leer la fuerza de manera sencilla.

Internamente se encarga de la lectura del puente wheatstone formado por la celda de carga, convirtiendo la lectura analógica a digital con su convertor A/D interno de 24 bits.



**Figura 3.4** Modulo HX711.

### **Módulo MPU6050 [48]**

La variación de la aceleración es una de las variables presentes en proceso de frenado que permite dar un estimado del estado en general de los frenos, para determinar la aceleración es utilizado un acelerómetro que internamente tienen un MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) que de forma similar a un sistema masa

resorte permite medir la aceleración, un acelerómetro por si solo en la medición crea errores, cuando se ve expuesto a giros rotacionales, por eso se hace necesario un trabajo en conjunto con giroscopio. En el mercado se pueden encontrar dispositivos que tienen integrado tanto el acelerómetro como el giroscopio como es el caso del MPU5060 (Figura 3.5).

EL MPU6050 es una unidad de medición inercial o IMU (Inertial Measurement Units) de 6 grados de libertad donde combina un acelerómetro de 3 ejes y un giroscopio de 3 ejes.

El vehículo no siempre se encuentra sobre una superficie plana, por esto se hizo necesario medir el Angulo de inclinación en diferentes terrenos, para este caso también sirve el MPU5060.

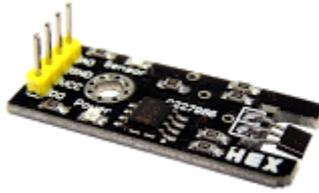


**Figura 3.5** Sensor MPU6050.

## **Modulo Sensor de efecto Hall**

Para medir la velocidad se hace uso de un sensor de efecto hall, este es un dispositivo que permite realizar mediciones de campo magnético. Este tipo de sensores tienen la ventaja de poder realizar mediciones a distancia, son inmunes al ruido y al polvo, convirtiéndolos en sensores adecuados para el desarrollo de la investigación.

El módulo utilizado fue el C227986 (Figura 3.6), con él se miden las revoluciones de cada rueda, contando los pulsos que se dan en cada vuelta utilizando un campo magnético (imán).



**Figura 3.6** Sensor efecto Hall.

### **Modulo bluetooth HC-06 [49]**

Se presenta la necesidad de emparejar el dispositivo móvil con la tarjeta de adquisición de datos Arduino, utilizando un módulo bluetooth se soluciona esta necesidad, el módulo HC-06 (Figura 3.7) se comunica utilizando comunicación serial, lo que permite establecer una dialogo inalámbrico confiable y seguro entre el celular y la tarjeta, permitiendo así la entrega de los datos obtenidos y procesados por Arduino al dispositivo móvil el cual es el encargado de la interacción con el usuario, con toda la comodidad que implica una conexión inalámbrica.



**Figura 3.7** Bluetooth HC-06

### **3.4.2 Adecuación de la señal**

Una vez tomadas las medidas mediante los sensores, la adecuación de las señales se realizan mediante la utilización de Arduino, plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) [23] basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar.

Las variables entregadas por los sensores son manipuladas totalmente desde el entorno de Arduino. Arduino utiliza una versión reducida y mucho más sencilla de

manejar que el lenguaje C, en la cual está basada [50]. El Arduino utilizado es Arduino mega 2560 (Figura3.8).

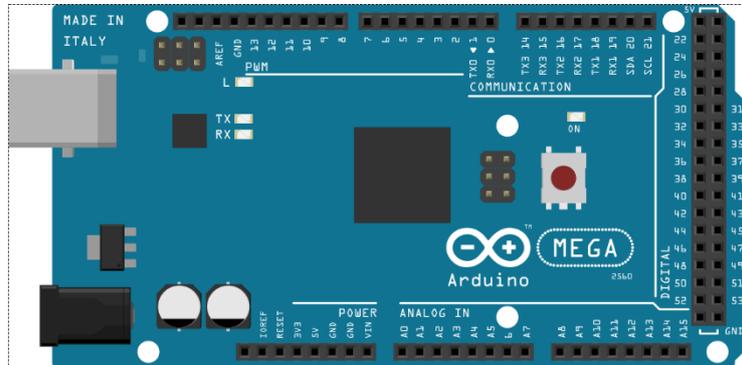


Figura 3.8 Arduino mega.

### 3.5 PROCESAMIENTO

Después de determinar los principales eventos físicos que interfieren en la actividad de frenado del vehículo, se procede hacer el procesamiento de los datos adquiridos mediante los sensores y leídos por la tarjeta Arduino, para esto se hace uso del entorno de desarrollo integrado IDE (software) de Arduino [50][51], el cual es un lenguaje de programación sencillo basado en lenguaje C (figura 3.9).



Por último se trabaja en la visualización de los resultados, el cual está a cargo de un dispositivo móvil (Smartphone). Para el desarrollo de la aplicación móvil se hace uso del entorno de programación app inventor, una herramienta de muy fácil uso y que cuenta con los atributos necesarios para crear una interfaz suficiente y de fácil comprensión para el usuario. Para la creación de la aplicación se tendrán en cuenta algunos requerimientos para entregar un app deseada, como son:

### ➤ **Funcionalidades de la App**

Se tuvieron en cuenta las variables importantes a mostrar, como son velocidad, Angulo de inclinación del vehículo, eficacia de frenado y desequilibrio entre ruedas del mismo eje.

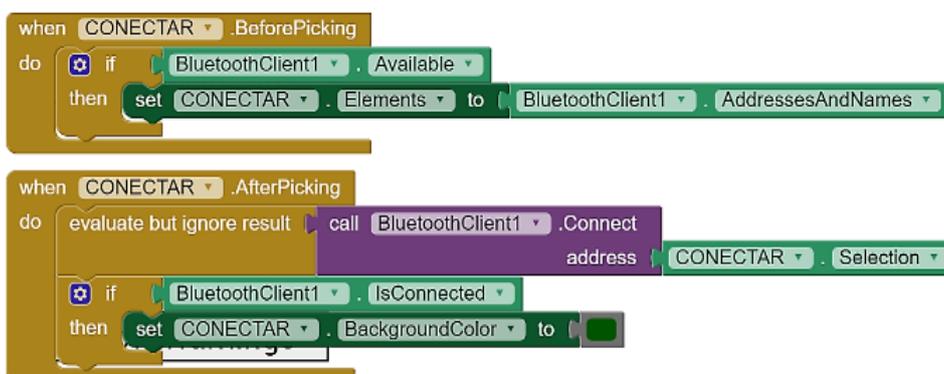
### ➤ **La apariencia**

Se considera el entorno grafico de tal manera que no sea molesto para los usuarios.

### ➤ **El diseño**

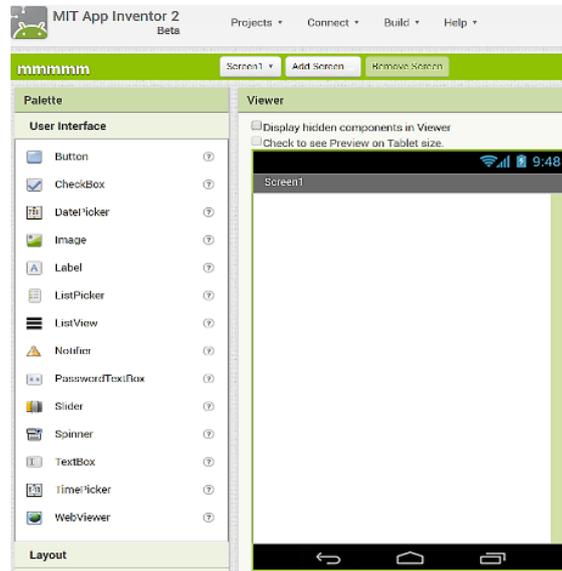
Se presta atención a la interacción entre usuario y el software, de tal forma que no sea complicado su uso e interpretación.

La comunicación entre e.l Arduino y el celular se realiza mediante la comunicación bluetooth, App inventor permite de manera sencilla acceder al bluetooth del celular, y programarlo por medio de bloques (figura 3.10), para emparejarlo con el modulo del mismo tipo, conectado al Arduino.



**Figura 3.10** Bloques app inventor.

La aplicación recibe los datos enviados por Arduino y los muestra en el teléfono celular, App inventor cuenta con un visualizador (figura 3.11) que permite ver la app inclusive antes de programar sus funciones.



**Figura 3.11** Visualizador app Inventor.

### 3.5 COMPROBACIÓN

Durante el desarrollo del prototipo se realizaron pruebas individuales a cada sección del proyecto, con el fin de garantizar un correcto funcionamiento en la etapa final.

La primera sección a evaluar es la mediación de la inclinación de vehículo, para ello se utiliza el módulo MPU5060, los datos del Angulo son procesados por el Arduino y manipulados mediante un programa especial, con el cual se calibra, para tal caso se debe colocar el modulo sobre una superficie plana para su puesta a cero, y realizar diferentes mediciones para comprobar la fiabilidad de este. Con el MPU5060 y su respectivo software se puede medir la aceleración.

La segunda sección consta de la medición de la velocidad, para tal caso se utiliza un sensor de efecto Hall, se mide el tiempo entre los pulsos y se calcula la velocidad.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (3.41)$$

Donde la distancia  $s$  es:

$$s = 2\pi r^2 * n \quad (3.42)$$

Siendo  $r$  el radio de la rueda y  $n$  el número de pulsos, registrados por el sensor de efecto hall en cada vuelta.

La siguiente sección consiste en obtener la fuerza que se genera por motivo de la acción del frenado, para tal motivo se utiliza las celdas de carga, las cuales se calibran de forma individual debido a que cada una tiene un factor de calibración único. Para la calibración se cuenta con diferentes pesos conocidos que sirvan para comparar los valores entregados por las celdas. En esta sección debido a la utilización de resortes para transferir la fuerza del vehículo a las celdas, se hacen mediciones con los resortes acoplados a las celdas de carga.

Después de tener las tres secciones, se implementa un programa que incluyan todos los datos obtenidos de los sensores, incorporando la matemática adecuada para obtener los valores buscados, como son la eficacia y el desequilibrio del vehículo. Posteriormente se transmite toda la información por vía bluetooth hacia un dispositivo móvil para presentar los resultados.

La eficacia y desequilibrio son valores que son medidos por equipos y software especiales, estos son utilizados en los centros de diagnóstico automotor (figura 3.12), accediendo a ellos se verifica o comprueba la veracidad del prototipo diseñado, además permite hacer los ajustes necesarios.



**Figura 3.12** Prueba de Frenos.

El vehículo de prueba se coloca sobre los rodillos y se dispone a realizar la prueba, los rodillos empiezan a girar a una velocidad de 4km/h y en el momento en que el software de la instrucción el conductor del vehículo empieza a frenar de manera sucesiva, posterior a ello los rodillos se detienen y el software muestra los resultados, los resultados obtenidos con los equipos del CDA se comparan con los obtenidos por el prototipo.

## 4.RESULTADOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

Basado en el procedimiento establecido para la realización del trabajo, los resultados se muestran según las etapas de procesamiento de señales, adquisición, adecuación y procesamiento, considerando en cada etapa el desarrollo del hardware y software.

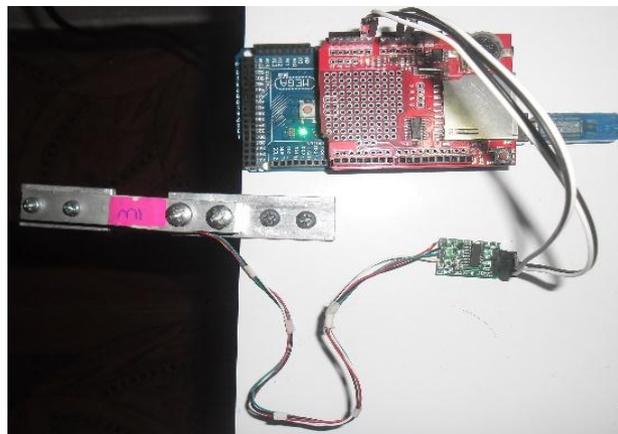
### 4.2 ADQUISICIÓN DE DATOS

Para la adquisición de datos se elaboran montajes independientes para cada tipo de sensor, con el fin de estudiar el comportamiento para la calibración de cada uno de los sensores. Los sensores realizan la lectura de las variables físicas, que posteriormente son analizadas por el software perteneciente a la plataforma Arduino.

#### 4.2.1 Fuerza

Para la medición de la fuerza se utilizaron cuatro celdas de carga, que son ubicadas en las cuatro ruedas del vehículo. Estas celdas se calibran basado en un peso de referencia, obtenido por unas pesas, que son verificadas por medio de una balanza.

Los sensores son asegurados sobre una base, posterior a esto se colocan pesos que se varían en aumento de aproximadamente 50g, los valores mostrados por el monitor son registrados en la Tabla 4.1.



**Figura 4.1** Calibración fuerza.

Los valores de peso entregados por el sensor deben ser tratados, para esto el software diseñado se encarga de hacer un ajuste mediante un factor de calibración, el cual es una constante propia de cada sensor inclusive siendo del mismo tipo. El factor de calibración corre de manera conveniente los valores entregados por el sensor para ajustarlo a los valores deseados o reales, inicialmente se toman pesos de 1kg, 3kg y 4kg para el ajuste, después se verifico la exactitud mediante la toma de diferentes valores hasta un máximo de 4kg, como se muestra en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1** Calibración celda uno.

<b>Celda Numero = 1</b>				
<b>F.C= Factor de calibración</b>				
<b>Numero</b>	<b>Peso referencia (gramos)</b>	<b>Peso registrado con Arduino (gramos)</b>		
		<b>Calibrado a 1000g</b>	<b>Calibrado a 3000g</b>	<b>Calibrado a 4000g</b>
		<b>F.C=-435200</b>	<b>F.C=-437300</b>	<b>F.C=-736200</b>
<b>1</b>	253,6	257	257	256
<b>2</b>	504,5	508	507	505
<b>3</b>	756,0	760	759	756
<b>4</b>	1008,5	1011	1009	1007
<b>5</b>	1261,3	1268	1263	1263
<b>6</b>	1523,3	1530	1524	1523
<b>7</b>	1774,8	1781	1775	1777
<b>8</b>	2045,0	2053	2044	2045
<b>9</b>	2294,6	2299	2290	2293
<b>10</b>	2545,2	2550	2543	2547
<b>11</b>	2797,9	2804	2795	2798
<b>12</b>	3048,3	3053	3043	3045
<b>13</b>	3301,9	3307	3295	3296
<b>14</b>	3555,5	3560	3548	3549
<b>15</b>	3805,8	3808	3794	3800
<b>16</b>	4058,4	4061	4046	4050

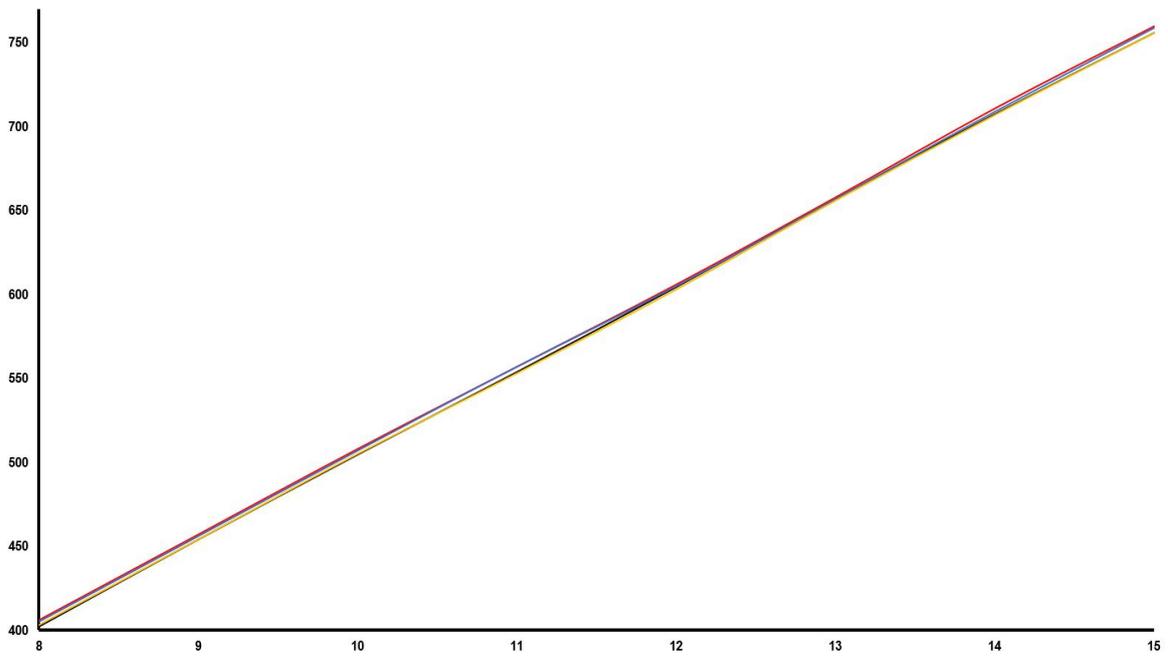
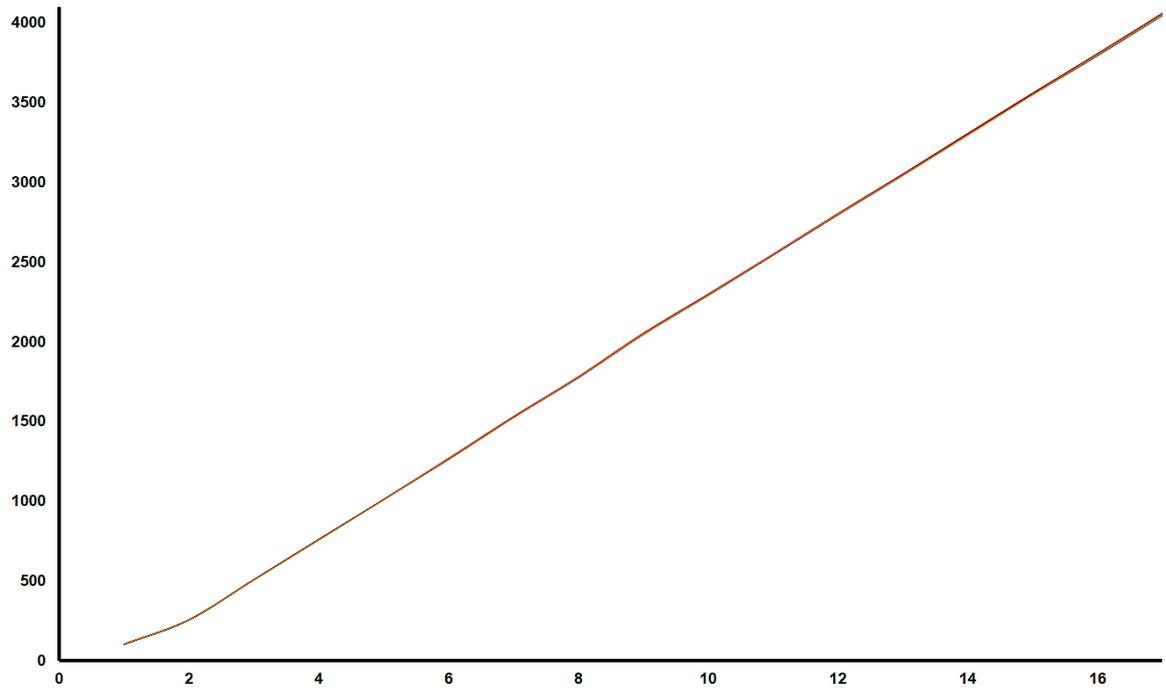


Figura 4.2 Calibración celda uno.

■ Peso de referencia

■ Calibración a 1Kg

■ Calibración a 3Kg

■ Calibración a 4Kg

Según las reglas de propagación de errores, para cada calibración de la celda uno, se obtuvo.

**Tabla 4.2** Error relativo para calibración de celdas.

Valor de calibración	Error relativo
1Kg	6,2%
3Kg	4,2%
4kg	2,5%

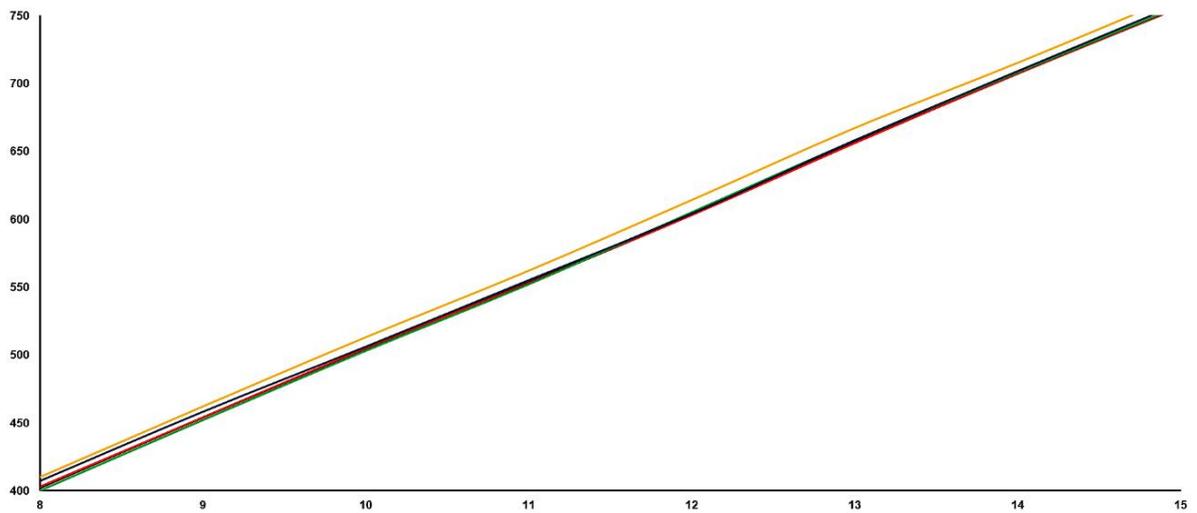
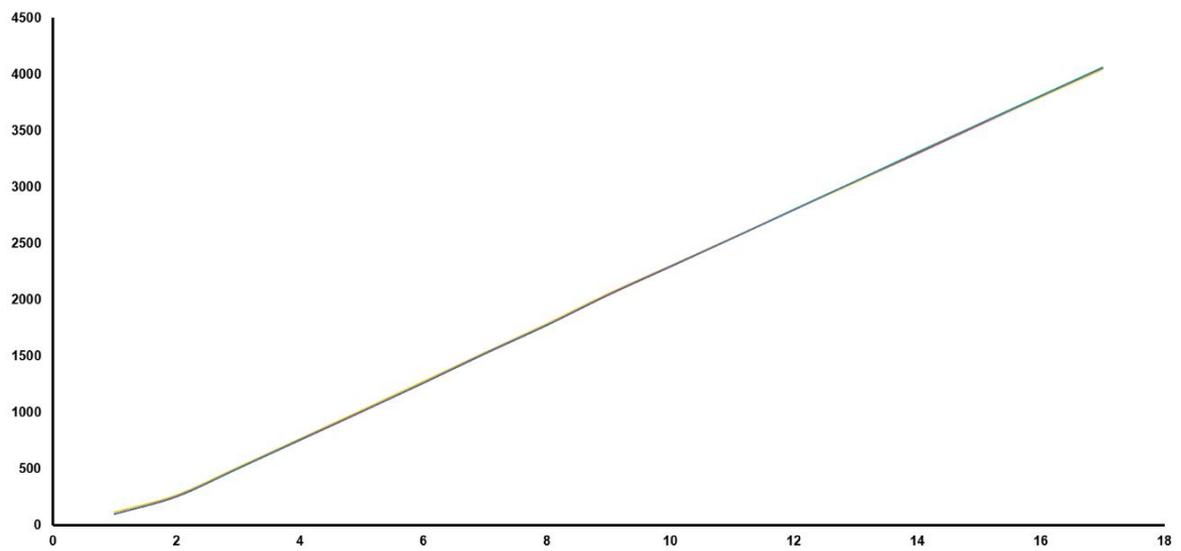
Como se puede observar los valores obtenidos para las diferentes calibraciones mantienen un comportamiento similar, considerándose un error sistemático asociado al factor de calibración utilizado en el software, además se presenta el error personal, estos errores se asocian a la sensibilidad de los sensores, para cada valor medido o peso tomado el último dígito tiende a tener una variación aproximada de  $\pm 3g$  provocando la variación observada en la Figura 4.2.

De esta forma tenemos que los valores que tienen un porcentaje de error mucho menor son los pertenecientes a la calibración de 4kg, por esta razón se toman como base para la calibración de todas las celdas, como se muestra a continuación.

**Tabla 4.3** Calibración de las cuatro celdas

<b>Celdas calibradas a 4000g.</b>					
<b>F.C= Factor de calibración</b>					
Numero	Peso referencia (gramos)	Peso registrado con Arduino (gramos)			
		Celda Numero 1	Celda Numero 2	Celda Numero 3	Celda Numero 4
		F.C= -736200	F.C= -471900	F.C= -434700	F.C= -736200
1	253,6	256	256	266	257
2	504,5	505	503	513	506
3	756,0	756	757	765	759
4	1008,5	1007	1010	1018	1008
5	1261,3	1263	1265	1274	1262
6	1523,3	1523	1525	1531	1526
7	1774,8	1777	1778	1785	1776
8	2045,0	2045	2050	2054	2046

<b>9</b>	2294,6	2293	2296	2299	2296
<b>10</b>	2545,2	2547	2547	2548	2544
<b>11</b>	2797,9	2798	2802	2795	2797
<b>12</b>	3048,3	3045	3053	3040	3049
<b>13</b>	3301,9	3296	3310	3300	3301
<b>14</b>	3555,5	3549	3560	3552	3553
<b>15</b>	3805,8	3800	3811	3795	3804
<b>16</b>	4058,4	4050	4062	4042	4054



**Figura 4.3** Calibración todas las celdas.



Con los datos anteriores, se procedió a la calibración de todas las celdas (Figura 4.3) y el cálculo del error del sistema. Según las reglas de propagación de errores, para las cuatro celdas de carga, se obtuvo.

**Tabla 4.4** Errores relativos de las cuatro celdas.

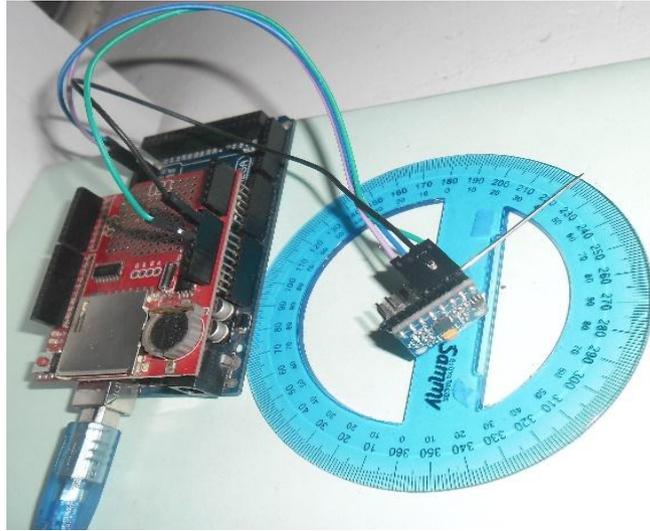
Celdas de carga	Error relativo
1	2,5%
2	3,4%
3	12,7%
4	3,8%

Las cuatro celdas presentan un buen comportamiento con respecto al peso de referencia, la diferencia que se da entre el valor obtenido y el real no representa mayor inconveniente para el desarrollo del proyecto, este se corrige por medio del software gracias a su naturaleza lineal y considerando su rango de operación establecido para las pruebas finales.

## 4.2.2 Angulo

El Angulo de inclinación se mide mediante el módulo MPU5060, que garantiza una medida con alta exactitud y precisión. El Angulo que se tiene en cuenta es aquel generado por la superficie donde se encuentra el automóvil (Pitch), tomándose como positivo la apertura en contra de las manecillas del reloj, de tal forma que el vehículo va cuesta arriba.

Para la calibración se realizó un montaje constituido por un transportado que se encontraba fijo a una base, con el modulo puesto de forma conveniente a un pivote que permite el giro en forma angular (Figura 4.4).



**Figura 4.4** Calibración MPU5060.

Las medidas se toman cada 5 grados y se registran en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5** Calibración del Angulo.

	<b>Angulo</b>	<b>Angulo medido con MPU5060</b>	<b>Error relativo</b>
<b>1</b>	0	0	0
<b>2</b>	5	6,14	22,80
<b>3</b>	10	10,98	9,80
<b>4</b>	15	17,54	16,93
<b>5</b>	20	21,15	5,75
<b>6</b>	25	27,09	8,36
<b>7</b>	30	30,97	3,23
<b>8</b>	35	36,12	3,20
<b>9</b>	40	39,16	2,10
<b>10</b>	45	45,87	1,93
<b>11</b>	50	49,69	0,62

Se puede notar que se obtuvo hasta un error de 22.80% en una de las medidas, estos errores se asocian a errores sistemáticos relacionados a los producidos por el observador, nótese que el punto de referencia para la visualización de valor conocido puede cambiar con cada medida, este error es conocido como error de paralaje.

### 4.2.3 Velocidad

Para la medición de la velocidad se utilizó un sensor de efecto hall, su comprobación y calibración se realizan tomando como referencia el tacómetro del vehículo de prueba (Figura 4.5).



**Figura 4.5** Verificación de velocidad.

Este proceso se repitió para diferentes velocidades, mostradas en la siguiente tabla.

**Tabla 4.6** Verificación de velocidad.

Velocidad tacómetro	Velocidad registrada Android	Error relativo
10	9	10%
20	22	10%
30	29	3%
40	38	5%
50	48	4%
60	55	8%

Los errores que se aprecian son provocados en el censo de la señal, asociados a la distancia entre el sensor y el campo magnético, esta distancia tiende a variar en el momento que el vehículo deja de avanzar en línea recta, lo que provoca pérdida de información. También se considera los errores sistemáticos asociados al error de paralaje provocado por el tacómetro analógico y su posible posición.

## 4.3 ADECUACIÓN DE SEÑAL

Los datos obtenidos por los sensores fueron adecuados por medio del software, este se encarga de ajustar los valores, de procesarlos según los métodos matemáticos para cumplir los objetivos planteados.

### 4.3.1 Fuerza

Uno de los métodos para determina la eficacia de frenado y el desequilibrio, es por medio de la lectura de la fuerza que se genera en el proceso de frenado. Después de adquirir los datos por medio de las celdas de carga, los datos de fuerza de las cuatro celdas son almacenados en vectores específicos, declarados en el programa, en cada vector se determina la fuerza con valor máximo, la cual es utilizada para el cálculo de la eficacia y el desequilibrio del frenado (Ecuación 3.20 y Ecuación 3.21 respectivamente).

```

FRENANDO.....
vector 1      vector 2      vector 3      vector 4
-----
0.109         0.000         0.000         0.000
0.108         0.000         0.000         0.000
0.106         0.000         0.000         0.000
0.110         0.000         0.000         0.000
0.110         0.000         0.000         0.000
0.104         0.000         0.000         0.000
0.105         0.000         0.000         0.000
0.108         0.000         0.000         0.000
0.109         0.000         0.000         0.000
0.109         0.000         0.000         0.000

Fuerza1= 0.110Kg  Fuerza2= 0.000Kg  Fuerza3= 0.000Kg  Fuerza4= 0.000Kg

La eficacia es = 0%
Desequilibrio delantero = 100%
Desequilibrio trasero = 100%
-----
 Autoscroll  Ambos NL & CR  115200 baudio

```

Figura 4.6 vectores de fuerza.

### 4.3.2 Inclinación.

Se implementa dos tipos de software en Arduino, el primero está encargado de calibrar el modulo (Figura 4.7).

```

COM6 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)
Sensor iniciado correctamente
Offsets: -5141 652 2129 -91 15 5

Envie cualquier caracter para empezar la calibracion
Calibrando, no mover el modulo MPU5060

promedio: 0 6 15705 10 1 4
promedio: 11 15 16363 5 9 -4
promedio: -12 -6 16379 69 -95 22
promedio: -2 6 16405 -11 5 -6
promedio: 14 -2 16380 -5 1 -2
promedio: 11 -1 16403 -5 -13 1
promedio: -14 9 16384 3 -4 2

```

**Figura 4.7** Calibración de Angulo.

La calibración consistió en ubicar el modulo sobre una superficie plana de forma que el ángulo sea cero, se ejecuta el programa que se encarga de poner a cero el modulo sin que se interfiera el hardware de manera física, la calibración se hace una sola vez.

Un segundo programa lee los datos del módulo y los manipula, con el propósito de mostrar el ángulo de inclinación en grados, pitch. El módulo MPU5060 tiene integrado un acelerómetro y un giroscopio, con el fin de complementarse para corregir los errores que presentan por separado, este complemento debe tratarse o adecuarse en el código para sacar el máximo provecho del dispositivo Figura 4.7. Con el debido manejo este programa nos permite presentar las aceleraciones en los ejes coordenados x,y.

```

ANGULO_1 §
void setup() {
  Serial.begin(115200); //Iniciando puerto serial
  Wire.begin(); //Iniciando la comunicacion I2C
  sensor.initialize(); //Iniciando el sensor

  if (sensor.testConnection()) Serial.println("Sensor iniciado correctamente");
  else Serial.println("Error al iniciar el sensor");
}

void loop() {
  sensor.getAcceleration(&ax, &ay, &az); // Lee las aceleraciones y las guarda en las variables
  sensor.getRotation(&gx, &gy, &gz); // Lee las velocidades angulares y las guarda en las variables
  //NOTA:es necesario dar la direccion de las variables como argumento por eso se usa svariable

  dt = (millis()-tiempo_prev)/1000.0; //calculo del tiempo que ha pasado en segundos
  tiempo_prev=millis();

  //Calcular los ángulos de inclinacion con acelerometro
  float accel_ang_x=atan(ay/sqrt(pow(ax,2) + pow(az,2)))*(180.0/3.14);
  float accel_ang_y=atan(-ax/sqrt(pow(ay,2) + pow(az,2)))*(180.0/3.14);

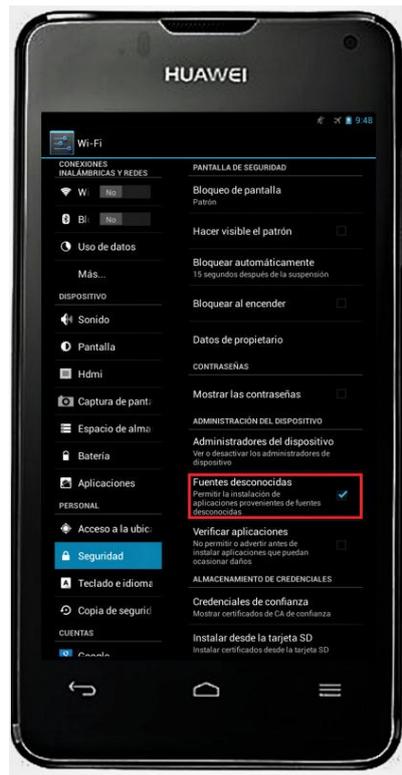
  //Calcular angulo de rotación con giroscopio y el filtro complemento
  //El filtro complemento permite eliminar el drift (ruido)
  ang_x = 0.98*(ang_x_prev+(gx/131)*dt) + 0.02*accel_ang_x;
  ang_y = 0.98*(ang_y_prev+(gy/131)*dt) + 0.02*accel_ang_y;
}

```

Figura 4.8 Código para cálculo del ángulo.

### 4.3.3 Aplicación Android

El desarrollo de la aplicación se realizó en app inventor, el cual otorgo una facilidad al momento de la implementación de la aplicación, gracias a su Programación por bloques, esto permitió la creación de una interfaz sencilla pero a su vez concreta. Posterior al desarrollo de la aplicación vía web, se descargó el archivo en formato apk al computador, y se transmite por cable USB al celular para su instalación, antes de proceder a la instalación se configuro el sistema operativo Android para permitir la instalación de archivos ajenos a Play store, esto se logra activando la casilla “permitir la instalación de aplicaciones provenientes de fuentes desconocidas” que se encuentra en configuración, seguridad, fuentes desconocidas (Figura 4.9).



**Figura 4.9** Configuración celular.

Con la configuración realizada, se instaló la aplicación sin ningún inconveniente.

Para la ejecución de la aplicación se busca el icono y/o nombre de la aplicación en el menú del celular (Figura 4.10).



**Figura 4.10** Icono aplicación.

La aplicación se ejecuta de manera rápida, desplegándose una pantalla con la información de las variables de estudio.

Para la conexión bluetooth, en la parte superior de la pantalla esta la opción de conectar, presionando sobre el link "conectar" se abre una nueva pantalla que muestra un listado de los dispositivos bluetooth vinculados al celular, se selecciona el modulo

acoplado al Arduino (HC-06) y de forma inmediata regresa a la pantalla principal, cambiando la opción de conectar a conectado (Figura 4.11).



Figura 4.11 Conexión bluetooth.

Con la conexión abierta entre el Arduino y el celular se realizaron las pruebas con el prototipo, permitiendo mostrar de manera práctica los datos enviados por el Arduino, como la velocidad, el ángulo de inclinación, la eficacia y el desequilibrio tanto del eje delantero como del eje trasero del vehículo (Figura 4.12).



Figura 4.12 App de Android.

La aplicación tipo apk tiene un peso de 1.51 Mb y ocupa un espacio total de almacenamiento en el sistema Android de 5.77MB, se puede instalar en cualquier versión de Android, gracias a estas características es compatible con la mayoría de teléfonos celulares existentes en el mercado, abarcando desde gama baja hasta gama alta incluyendo Tablets, además esta aplicación no necesita de conexión de datos.

La aplicación se probó instalándose en un celular marca HUAWEI Ascend modelo y300-0151 con sistema operativo Android 4.1 y un procesador Dual-core 1.0GHz además se instaló en una Tablet aprix modelo TAB100i con sistema operativo Android 4.2.2, equipos con características básicas en el mercado de celulares del momento.

#### 4.4 Metodología de Evaluación

El proceso de evaluación se llevó a cabo en la empresa CDA (Centro de Diagnóstico Automotor) Cauca, que se encarga de realizar la revisión técnico-mecánica a vehículos automotores de tipo liviano, pesado y motocicletas, la empresa cuenta con un frenometro de la compañía colombiana Pyxis Technologies, Modelo: asimétrico, serie PX-FA 2004001 (Figura 4.13), que interactúa con un software de la misma empresa, cumpliendo con los lineamientos normativos aplicados en Colombia, este equipo sirvió como referencia para la calibración y ajuste de los parámetros del prototipo planteado en este documento.



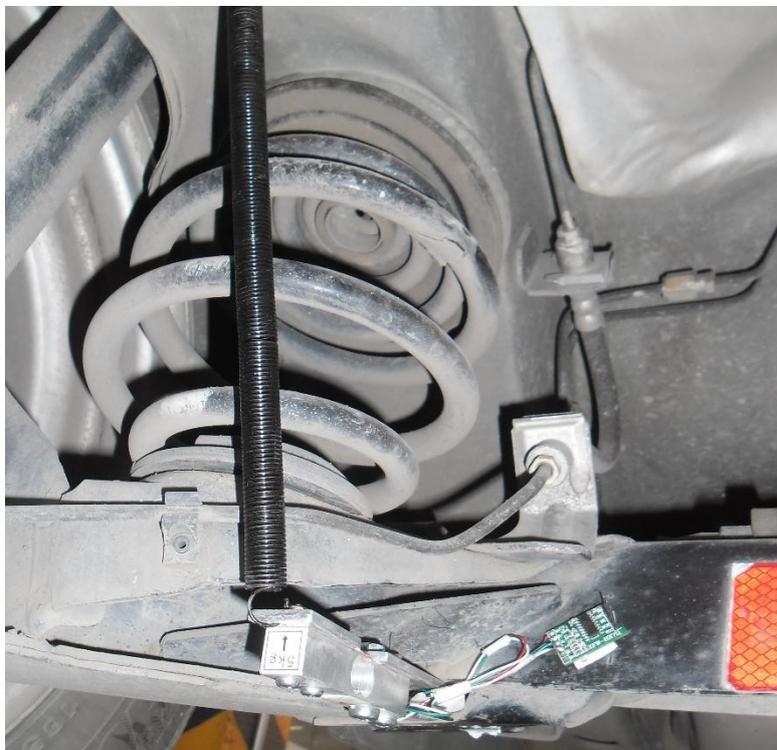
**Figura 4.13** Frenometro.

Las pruebas se realizaron en un Chevrolet corsa 1.4 azul, cuatro puertas tipo sedán (Figura 4.14).



**Figura 4.14** Vehículo de prueba.

Al vehículo se le adaptan los sensores encargados de medir la fuerza en las cuatro ruedas, en las ruedas traseras el sensor se aseguró al eje rígido y se acopla a la carrocería del vehículo por medio de un resorte (Figura 4.15).



**Figura 4.15** Celda de carga en rueda trasera izquierda.

En la parte delantera debido a la dirección de la fuerza se hace un acople de tal forma que el resorte se mantenga por defecto en reposo, generando trabajo solo cuando se está frenando, garantizando que el resorte no pierda sus propiedades por mantenerse estirado demasiado tiempo (Figura 4.16).



**Figura 4.16** Celda de carga en rueda delantera izquierda.

Los resortes se utilizan para transmitir la fuerza evitando una fractura en los sensores, además no presenta una influencia significativa en el sistema de suspensión del automóvil.

Para el censo de la velocidad, se acopla el módulo de efecto hall a la base del templete delantero izquierdo, el imán se instaló sobre el eje, encargado de transmitir el movimiento de la caja de cambios a la rueda (Figura 4.17), se garantizó la distancia que permita tomar la medida sin que se afecte físicamente las piezas electrónicas. Para los cálculos de la velocidad se tomó la medida del diámetro de la rueda.



**Figura 4.17** Instalación del sensor de velocidad.

El MPU5060 se ubicó junto con el Arduino garantizando el ángulo cero, el Arduino se ubica dentro de la bodega del vehículo, evitando que genere incomodidad a los ocupantes, permite que el modulo bluetooth que esta acoplado al Arduino este dentro del rango de alcance al teléfono celular, evitándose desconexiones provocado por obstáculos.

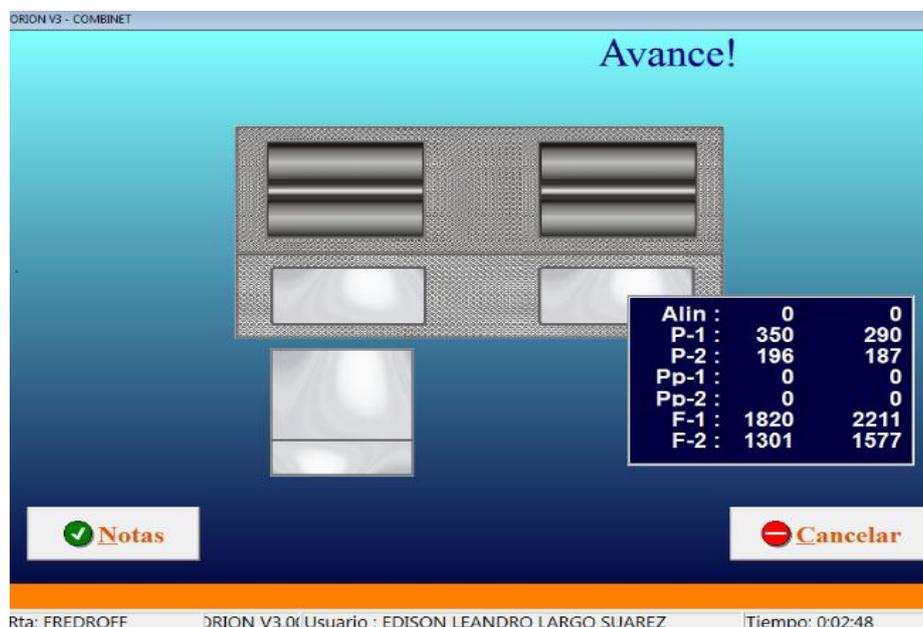
Por último y después de haber asegurado e instalado todos los sensores se procede a las pruebas de calibración y ajuste del sistema, para esto, el automóvil es colocado sobre los rodillos del frenometro (Figura 4.18).



**Figura 4.18** Prueba en frenometro.

El frenometro está conformado por cuatro rodillos anclados al suelo, que son accionados por motores eléctricos, generando una rotación a una velocidad promedio de 4km/h, en medio de cada par de rodillos se encuentran unos rodillos de menor grosor, llamados patines, que registran la velocidad, y la presencia del vehículo. En la carcasa de los motores se hallan conectados ocho sensores encargados de censar las fuerzas que se generan al momento de frenado, los sensores envían una señal eléctrica proporcional a la fuerza de frenado a una tarjeta de adquisición de datos y un software, que interpretan estas señales convirtiéndolas en una lectura numérica que se despliega en una pantalla, el software procesa los valores de peso y fuerza por cada rueda, determinando la eficacia y el desequilibrio de frenado de manera porcentual, atendiendo la norma NTC 5375 [9]. Por normatividad los inspectores encargados de la revisión de los vehículos no pueden tener acceso a los resultados de las pruebas, por esta razón en la pantalla que muestra las instrucciones para la realización de la prueba (Figura 4.19) se dan los valores peso y fuerza por cada rueda, los cuales solo se puede visualizar con permiso del ingeniero encargado. A partir de los valores mostrados en pantalla se calcula los valores de eficacia y desequilibrio o se toman del informe final que entrega el software.

Se siguen las instrucciones brindadas por el software para la realización de la prueba.



**Figura 4.19** Software del frenometro.

El resultado de la prueba de frenado realizado en el CDA se muestra en la tabla (4.7).

**Tabla 4.7** Resultados prueba de frenos.

Peso delantero izquierdo	3434 N
Peso delantero derecho	2845 N
Peso trasero izquierdo	1923 N
Peso trasero derecho	1834 N
Fuerza delantero izquierdo	1820 N
Fuerza delantero derecho	2211 N
Fuerza trasero izquierdo	1301 N
Fuerza trasero derecho	1577 N
Fuerza freno de mano lado izquierdo	725 N
Fuerza de freno de mano lado derecho	1046 N
Eficacia de freno de servicio	69 %
Eficacia freno de mano	23 %
Desequilibrio delantero	17 %
Desequilibrio trasero	5 %

Los valores obtenidos en el frenometro se utilizaron como referencia para la calibración y ajuste del prototipo, se ajusta el peso del vehículo, se calibran las fuerzas, para finalmente verificar la eficacia y el desequilibrio de frenado.

La prueba del prototipo desarrollado, se realizó en el parqueadero del CDA y en la variante sur de Popayán, con el desplazamiento del vehículo automotor a diferentes velocidades, no se realizó directamente sobre el frenometro debido a las especificaciones de este y del prototipo, que diferían en algunas condiciones, el prototipo conto con un sensor en una de las ruedas que permitió el registro velocidad, mientras el frenometro realiza la prueba un eje a la vez, es decir mientras le hace las prueba de frenos a las ruedas del eje delantero las ruedas del eje trasero permanecen inmóviles y lo mismo sucede cuando se realiza la prueba al eje trasero las ruedas delanteras permanecen inmóviles y por tanto para el prototipo el vehículo no se desplaza. Otro factor a tener en cuenta es la variación del sentido de las fuerzas, es diferente en el tren trasero cuando el vehículo se desplaza a cuando solo giran las ruedas, en la prueba del frenometro, el vehículo tiende a bajar en la parte trasera cuando se miden las fuerzas del frenado en el tren trasero, en cambio cuando se

encuentra en movimiento el vehículo tiende a subir en la parte trasera en el momento del frenado, y el prototipo fue implementado para medir con esta última condición.

Para la toma de los datos del prototipo, el vehículo se desplazó en lo posible en línea recta y en una superficie plana, para evitar que las fluctuaciones provocadas tanto por el terreno como por las curvas afectaran la medida, debido a la sensibilidad de las celdas de carga, cuando el vehículo es detenido en reiteradas ocasiones mediante la acción de los frenos el dispositivo con sistema operativo Android muestra los datos de eficacia y desequilibrio, que se registraron y posteriormente se compararon con los datos obtenidos en el frenómetro para calcular el error relativo.

**Tabla 4.8** Resultados del prototipo.

Velocidad km/h	Eficacia %		Desequilibrio delantero %		Desequilibrio Trasero %	
	Registrada	Error Relativo	Registrada	Error Relativo	Registrada	Error Relativo
41	54	22	23	35	7	40
29	62	10	15	12	8	60
51	84	22	32	88	11	120
24	57	17	24	41	9	80
43	71	3	20	18	15	200
15	69	0	19	12	10	100
62	88	28	30	76	13	160
39	72	4	8	53	2	60
29	70	1	26	53	6	20

La discrepancia que se genera entre el valor del frenómetro y los valores obtenidos por el prototipo, se debe en gran medida a las condiciones en que se generó la prueba para el prototipo. Para la prueba que se hace con el frenómetro, la velocidad es constante, solo hay rodamiento en las ruedas del eje al que se le está haciendo la prueba, el automóvil siempre se encuentra en el mismo Angulo de inclinación ya que esta sobre una superficie plana, la presión que se genera sobre el pedal de freno es progresivo y hasta el fondo por tanto se da una frenada más uniforme. Mientras que las pruebas que se hicieron con el sistema implementado, presentan condiciones muy diferentes lejos de condicionar una única respuesta, la velocidad era diferente en cada prueba, la inclinación del vehículo presentaba pequeñas variaciones con respecto al terreno, que influenciaron directamente en las fuerzas que registraban los sensores en las etapas de frenado, en el momento del frenado dependiendo de la velocidad se moderaba o modificaba la fuerza con que se frenaba, con el fin de no afectar o averiar componentes del automóvil y de no comprometer la integridad física de los ocupantes.

La prueba de frenos es un diagnóstico general del estado de los frenos, donde se consideran según la norma colombiana NTC5375 [9] dos resultados, buen estado de los frenos o mal estado de los frenos, de esta forma si los vehículos automotores dan como resultado un porcentaje mayor al 50% en la eficacia de frenado y un resultado por debajo del 30% en el desequilibrio el estado de los frenos es bueno, en caso contrario el sistema de frenos no pasa la prueba.

Los resultados obtenidos con el prototipo se mantienen en el rango donde se considera que los frenos están en buen estado al igual que los resultados obtenidos en el frenometro, por tanto con las pruebas realizadas al Chevrolet corsa tanto con el equipo de la empresa como con el prototipo, se demuestra que el sistema de frenos está en óptimas condiciones, dando viabilidad al prototipo implementado.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

El diseño y la implementación de la aplicación móvil que se desarrolló para conocer el estado de frenos de un vehículo liviano, tuvo como enfoque el desarrollo de una App en el sistema operativo Android, lo cual genera que la solución al problema planteado sea mucho más fácil de divulgar, gracias a que el sistema operativo Android en el momento es uno de los más aceptados y acogidos a nivel mundial, además el sistema operativo y las aplicaciones que se pueden implementar gozan de una estabilidad muy alta, lo cual permitió que la App desarrollada en este trabajo, presentara sin problema los requerimientos establecidos, que correspondían a mostrar la eficacia y el desequilibrio en el frenado, en el momento en que el usuario lo deseara, sin la necesidad de acudir a sitios o equipos especializados en el tema.

La fundamentación matemática que corresponde a los parámetros físicos que interfieren en el proceso de frenado de un vehículo se estableció de manera satisfactoria, y esta teoría muestra que hay diferentes métodos prácticos o experimentales para determinar la eficacia y el desequilibrio de frenado, que son parámetros que permiten diagnosticar el estado de los frenos de un vehículo en general, los métodos que se pueden utilizar son, el estudio de la desaceleración del vehículo, la relación de la distancia en la que se detiene el vehículo en el momento del frenado, tiempo de frenado, y estudiado las fuerzas que se generan en el instante en

el que se frena el vehículo, siendo este último la base del prototipo planteado en este documento.

Se logró implementar un hardware cuyos componentes son de uso comercial, fáciles de adquirir, presentan un bajo costo económico, y son de buena calidad, esto permitió construir un prototipo encargado de medir, procesar y adecuar las señales presentes en el proceso de frenado. La instalación de hardware se realiza considerando el diseño propio de los vehículos. El automóvil utilizado para las pruebas presentaba una variación de diseño en las ruedas delanteras, lo que provocó que se realizara un montaje ligeramente diferente para la medición de las fuerzas entre las rueda derecha e izquierda, manteniendo el mismo principio, todo esto provoca que la instalación del prototipo sea tedioso, además se garantizó la no modificación del vehículo en sus partes originales, y se evitó que los componentes instalados generaran obstrucciones o roces con alguna parte del vehículo, evitando daños al vehículo y al prototipo.

El software desarrollado trabajó de manera eficiente, tanto el programa implementado en la plataforma Arduino, que se encargó de procesar las señales obtenidas por los sensores y de procesar la matemática, como la aplicación implementada en sistema operativo Android que permitió visualizar los resultados de una manera fácil y concreta.

Las pruebas de funcionamiento del prototipo terminado, se realizaron en una empresa certificada para realizar prueba de frenos en los vehículos automotores, lo cual permitió verificar la veracidad de los resultados. En las pruebas iniciales los resultados no fueron los esperados, debido a la imposibilidad de determinar algunas variables, como es precisar de manera cuantitativa el estado de la suspensión, teniendo en cuenta que los elementos del vehículo tienen un desgaste debido a su tiempo de vida, esto conllevó a ser algunos ajustes utilizando los valores del frenómetro como referencia, que permitiendo acercarse a los valores reales y esperados.

Las pruebas realizadas para la validación del prototipo son insuficientes, para generar una confianza alta en los resultados, esto se debe a que el tiempo de pruebas es limitado, debido a la dependencia que se tiene de la entidad que facilitó el equipo (frenómetro), no obstante se puede inferir que el prototipo es viable, convirtiéndolo en una alternativa importante para conocer el estado de los frenos en vehículos, aportando a la prevención de accidentes.

## 5.2 TRABAJO FUTURO

Para un futuro se propone:

Determinar el estado de los frenos bajo la utilización de otros métodos, con el fin de determinar cuál método es más viable, entre los métodos estaría utilizar la deceleración y/o medir distancia de frenado.

Mejorar o rediseñar el sistema de censado de la velocidad del vehículo que me permita tener una medida más precisa y estable.

Mejorar la interfaz gráfica de la App de Android y complementar la aplicación con utilidades que aporten a una mejor utilización de los vehículos automotores, como el control de cambio de aceite o de líquido de frenos, consejos que permitan mejorar los hábitos del conductor basándose en su historial.

Explorar soluciones a problemas en otras áreas de los vehículos automotores, como el asunto de la emisión de gases de los automóviles.

## 5.3 RECOMENDACIONES

Revisar con anterioridad el vehículo de prueba, para poder determinar el método para la instalación de los diferentes sensores, considerando que no todos los sistemas son iguales, estos varían dependiendo de la marca, serie y modelo, inclusive en un mismo automóvil difieren en algunos aspectos, por ejemplo, la suspensión del lado derecho al izquierdo en el mismo eje, lo que provoca la realización de modificaciones al prototipo que llegan a afectar las mediciones.

Garantizar que ningún elemento instalado al vehículo rose o interfiera con elementos propios del automóvil, esto genera errores al momento de tomar datos.

Para el censado de la velocidad si se es posible utilizar los sensores ya instalados del vehículo o tomarlos desde la computadora del automóvil, ya que la instalación de un nuevo sistema es bastante complicado, debido a los diferentes grados de libertad que se manejan.

Se debe cerciorar de que los elementos del sistema a instalar no queden muy cerca de piezas del vehículo que generen calor, porque las temperaturas que se generan son bastante altas y afectan los componentes instalados.

## 5.4 CONTRIBUCIONES

### 5.4.1 Ponencias en Eventos Nacionales

Maca Ledezma Yefer Eduar, Caldon Garces Evelio de Jesus, Vargas Cañas Rubiel; Monitoreo del sistema de frenos de un carro mediante una aplicación móvil; V Congreso Nacional de Ingeniería Física; Medellín, Colombia; Septiembre de 2016.

El certificado de participación se puede ver en la sección de Anexos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] *Salve VIDAS- Paquete de medidas técnicas sobre seguridad vial [Save LIVES - A road safety policy package]. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2017. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. .*
- [2] D. Alfonso and V. Castillo, "Comportamiento de muertes y lesiones por accidentes de transporte . Colombia , 2015."
- [3] A. M. Parera, "Frenos ABS en los automóviles." MARCOMBO, Barcelona, pp. 33–41, 1998.
- [4] C. INTERNATIONAL, "Autos más seguros para Latinoamérica Informe de campaña," pp. 1–35, 2016.
- [5] O. D. E. L. Mes, "Informe de modelos de vehículos más matriculados en colombia," pp. 1–10, 2017.
- [6] C. Felipe and P. Lombo, "Estadísticas vitales – eevv 2015 –2016p," pp. 1–20, 2017.
- [7] Y. Daniel and A. Balaguera, "Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles . Estado actual for mobile devices . present state," 2013.
- [8] P. Blanco, J. Camarero, A. Fumero, A. Warterski, and P. Rodríguez, "Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles Introducción al desarrollo con Android y el iPhone," pp. 1–30.
- [9] J. Fitzpatrick and C. Miei, "21 st Century Software Development - An ' On Demand ' Software Engineering Process Perspective," p. 13.
- [10] U. Antonio, N. Santa, and M. Santa, "Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles," *Scielo*, vol. 1, no. 1, p. 35, 2013.
- [11] M. A. Paz Guitian, "MANUAL DE AUTOMOVILES." CIE Dossat 2000 S.L, Madrid, p. 1199, 2004.
- [12] R. Bosch, "MANUAL DE LA TECNICA DEL AUTOMOVIL." REVERTÉ, S.A., Barcelona, p. 893, 1996.
- [13] TOYOTA MOTOR CORPORATION, "DESCRIPCION GENERAL DE LOS FRENOS," pp. 1–2, 2003.
- [14] I. De, "FRENOS DE ESTACIONAMIENTO," pp. 129–144.

- [15] BOSCH, "Sistemas de frenos," pp. 1–22.
- [16] R. E. Soto Solares and B. Palacios Colíndres, "FRENOS ABS," Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006.
- [17] R. C. J. Augusto, "ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA SEGURIDAD ACTIVA EN LOS SISTEMAS DE FRENO Y ESTABILIDAD EN AUTOMOTORES AUTOMOTORES LIVIANOS.," Universidad del Azuay, 2014.
- [18] C. La Mancha, "El control electrónico de estabilidad y el sistema de ayuda a la frenada:," pp. 1–36, 2007.
- [19] S. S. Paula Raquel, "VALIDACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO MOTOCICLETAS Y PARA VEHÍCULOS LIVIANOS," vol. 19, no. 1, pp. 35–44, 2009.
- [20] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), "NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC Ntc 5375," no. 571, p. 37, 2010.
- [21] J. Vignolo Barchiesi *et al.*, "Procesamiento Digital de Señales." Valparaíso, pp. 1–26, 1998.
- [22] J. E. Briceño Márquez, "Principios de las Comunicaciones," pp. 1–607, 2012.
- [23] A. A. Casabella, "GUÍA PARA EL PROCESAMIENTO," Universidad Carlos III de Madrid, 2010.
- [24] J. P. Alvarado Moya, "Procesamiento Digital de Señales," 2011, p. 231.
- [25] T. Pr, C. Final, L. A. Investigaci, and M. S. Alumno, "Dependencia del telefono celular en los jovenes," pp. 1–56.
- [26] DANE, "Indicadores de uso de TIC de los colombianos 2015 - 2016." Bogota, pp. 1–4, 2017.
- [27] F. J. Castellanos de la torre, "Desarrollo de aplicaciones para Windows Phone," Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España, 2013.
- [28] F. J. Cruz Torres, "Desarrollo de aplicaciones para Android," Universidad tecnológica de Querétaro, 2013.
- [29] D. Pérez Pérez, "Aplicación informática para el estudio del sistema de frenos en vehículos de dos ejes," Universitat politècnica de Catalunya, Barcelona, España, 2003.
- [30] D. Rodríguez gonzález *et al.*, "Evaluacion de la Herramienta TITANIUM STUDIO para el desarrollo de Aplicaciones Multidispositivo," Universidad de Oviedo, 2013.
- [31] Y. Sheu, C. Ku, and Z. Wang, "A FlexRay / CAN Vehicle Communication Network for an Anti-Lock Braking System Based on X-by-Wire Technology 2 . General Introduction to the System Design," vol. 14, no. June, pp. 320–334, 2013.
- [32] P. Dhar, S. Shinde, and A. Bhaduri, "Unsafe Driving Detection System using Smartphone as Sensor Platform," vol. 3, no. 3, pp. 65–70, 2014.
- [33] R. Cited, O. City, and R. U.-A. Data, "( 12 ) United States Patent," vol. 1, no. 12, pp. 0–4, 2003.
- [34] S. Vidhate, T. Mamta, M. Jagtap, and R. Janrao, "Accident identification system with SMS notification," vol. Volume 2, no. 2, pp. 376–380, 2014.
- [35] R. Stoichkov, "Android Smartphone Application for Driving Style Recognition," *Lehrstuhl*

*fur Medien. Tech.*, 2013.

- [36] Superintendencia de Industria y comercio, "Reglamento Técnico de Frenos, Resolución Número 4983 del 13 DIC 2011," Bogotá, Colombia, 2013.
- [37] L. M. Santofimio Celis and C. A. Leon Sanchez, "Diseño de un Algoritmo para la Detención Automática de Huecos en vías Vehiculares de la Ciudad de Bogotá," Universidad Militar Nueva Granada, 2015.
- [38] J. J. M. M, A. Gutiérrez, M. Pablo, and M. Arturo, "Diseño e implementación de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares ( HC , CO y CO2 ), desarrollado bajo la plataforma android Design and implementation of a basic gas analyzer for vehicle emissions ( HC , CO , CO2 ), developed under the a," vol. 5, pp. 57–64.
- [39] L. Adriana, G. Posada, L. Clemencia, H. Palacio, and G. L. Gutiérrez, "Guía Transito," Universidad de Manizales, 2015.
- [40] A. R. Munoz Chacon and willian A. Campo Cuaran, "Diseño y construcción de un sistema electrocardiográfico con conexión inalámbrica a Smartphone que sirva como soporte en el diagnóstico de arritmias e infartos de miocardio.," Universidad del Cauca, 2014.
- [41] D. L. Narvaez Jacome and J. L. Ceron Imbachi, "Sistema prototipo de pagos móviles para transacciones utilizando tecnología NFC en dispositivos con sistema operativo Android.," Universidad del Cauca, 2015.
- [42] C. M. Mera Solis and D. A. Rodriguez Rúaes, "Uso de técnicas de realidad aumentada en dispositivos Android para soportar el tratamiento de trastornos en el proceso auditivo central.," Universidad del Cauca, 2014.
- [43] M. R. Valverde Vidal and J. S. Ortega Lopez, "Impacto de la técnica de acceso en el desempeño de las redes vehiculares Vanet.," Universidad del Cauca, 2014.
- [44] D. F. Chavarro Piamba and O. A. Orozco Sarasti, "Impacto de la velocidad y modelo de movilidad en una comunicación de datos de una red vehicular.," Universidad del Cauca, 2013.
- [45] INMLCF - Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, "Accidentes de transporte, 2006," p. 418, 2007.
- [46] M. Load and C. Czl, "Datasheet delda de carga," pp. 1–4, 2012.
- [47] Avia Semiconductor, "24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales," *Hx711*, vol. 9530, no. 592, pp. 1–9, 2016.
- [48] I. Inc., "MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification," *Inven. Inc.*, vol. 1, no. 408, pp. 1–57, 2013.
- [49] L. Guangzhou HC Information Technology Co ., "HC06 Datasheet," no. 13, pp. 1–17, 2011.
- [50] R. Enríquez Herrador, "Guía de Usuario de Arduino," *Univ. Cordoba*, vol. 1, pp. 8–10, 2009.
- [51] Unidad de Innovación, "Comenzando con Arduino," p. 43, 2012.

## 7.1 CERTIFICADO PARTICIPACIÓN EN CONGRESO

