



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA
MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE LA PROFUNDIDAD DE LA BANDA
DE RODADURA DE LOS BUSES DE PASAJEROS”.**

AUTOR: Benavides Pazmiño Christian Ramiro

DIRECTOR: Ing. Carlos Segovia

IBARRA - ECUADOR

2019

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "**CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE LA PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA DE LOS BUSES DE PASAJEROS**" presentado por el señor: **BENAVIDES PAZMIÑO CHRISTIAN RAMIRO** con número de cédula 171434292-8, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 22 días del mes febrero del 2019.

NOMBRE:



Atentamente

Ing. CARLOS SEGOVIA MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de texto completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	171434292-8		
APELLIDOS NOMBRES:	BENAVIDES PAZMIÑO CHRISTIAN RAMIRO		
DIRECCIÓN:	Av. Antonio Jaramillo Oe 633 y Mariscal Sucre		
EMAIL:	crbenavidesp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	023102744	TELÉFONO MÓVIL:	0984628441
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Construcción de un dispositivo para la medición automática de la profundidad de la banda de rodadura de los buses de pasajeros.		
AUTOR:	BENAVIDES PAZMIÑO CHRISTIAN RAMIRO		
FECHA:	22 de febrero del 2019		

PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	ING. CARLOS SEGOVIA MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, BENAVIDES PAZMIÑO CHRISTIAN RAMIRO con cédula de identidad Nro. 171434292-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de febrero de 2019

AUTOR



Firma

BENAVIDES PAZMIÑO CHRISTIAN RAMIRO

Nombre completo

171434292-8

C.C.



CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **BENAVIDES PAZMIÑO CHRISTIAN RAMIRO** con cédula de identidad Nro. 171434292-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE LA PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA DE LOS BUSES DE PASAJEROS**. Que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi Condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Benavides Pazmiño Christian Ramiro

Nombre completo

171434292-8

C.C.

Ibarra, a los 22 días del mes de febrero de 2019

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado a mis padres, hermana y todas las personas de mi familia, quienes, con sus consejos y el apoyo brindado, han logrado guiarme por el camino correcto, con el fin de convertirme en una persona de bien.

Benavides Pazmiño Christian Ramiro

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha brindado sólidos conocimientos para desempeñarme en el campo profesional. Así como, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, que me han brindado su sabiduría y experiencias en el transcurso del día a día.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE FIGURAS	xi
ÍNDICE TABLAS	xiii
ÍNDICE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Delimitación	2
1.4.1 Temporal	2
1.4.2 Espacial	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo general.	3
1.5.2 Objetivos específicos.	3
1.6 Justificación.	3
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO.	5
2.1 Análisis de la actual ley de tránsito	5
2.2 Conceptos importantes de la ley de tránsito	8
2.2.1 Contravenciones	8
2.2.2 Delitos	8
2.3 Principales causas para los accidentes de tránsito	8
2.3.1 Relacionado al vehículo	8
2.3.1.1 Neumáticos	8
2.3.1.2 Estructura del neumático	10
2.3.1.3 Tipos de construcción	11
2.3.1.4 Neumático diagonal	11
2.3.1.5 Neumático radial	12
2.3.1.6 Nomenclatura	14
2.3.1.7 Desgaste	15
2.3.1.8 Tipos de desgaste irregular de los neumáticos	16
2.3.1.9 Presión de los neumáticos	17
2.3.1.10 Banda de rodadura	18

2.3.2	Relacionado a la carretera	18
2.3.2.1	Condiciones de las carreteras	19
2.3.3	Relacionado al clima	21
2.3.3.1	Clima con neblina	21
2.3.3.2	Clima con lluvia	22
2.3.4	Relacionado al conductor	22
CAPÍTULO III		24
3.	METODOLOGÍA	24
3.1	Selección de elementos para del dispositivo de medición	24
3.2	Problemática actual	24
3.2.1	Dispositivo manual	24
3.2.1.1	Proceso de medición manual	25
3.2.2	Gama de medidores de rodadura	27
3.2.2.1	Medidor digital	27
3.2.2.2	Medidor plástico	27
3.3	Elementos para la construcción	28
3.3.1	Principales opciones para el lector	28
3.3.1.1	Sensor Láser	29
3.3.2	Principales configuraciones	29
3.3.2.1	Modo reflectivo	29
3.3.2.2	Modo de barrera	30
3.3.2.3	Sistemas de reconocimiento de posición laser	30
3.3.2.4	Sistema de triangulación	30
3.3.2.5	Sistema de medición de tiempo	31
3.3.3	Sensor infrarrojo	32
3.3.3.1	Principales configuraciones del sensor	32
3.3.4	Sensor de ultrasonido	33
3.3.4.1	Fórmula del cálculo de distancia	33
3.3.4.2	Principales configuraciones	34
CAPÍTULO IV		35
4.	LA PROPUESTA	35
4.1	Construcción del dispositivo de medición	35
4.2	Descripción del funcionamiento del dispositivo	35
4.3	Descripción de los elementos del dispositivo	36
4.3.1	Placa Arduino Uno	36
4.3.1.1	Características	36
4.3.1.2	Descripción de los pines de Arduino Uno	37
4.3.2	Raspberry pi 3 modelo b	38
4.3.2.1	Características	38
4.3.3	Sensor Infrarrojo SHARP GP2Y0A02YK0F	39
4.3.3.1	Funcionamiento	40
4.3.3.2	Especificaciones para el montaje	41
4.3.4	Módulo convertidor de voltaje step up XL6009	42

4.3.4.1 Especificaciones técnicas	43
4.3.4.2 Aplicaciones	44
4.3.5 Driver L298N para motores DC y paso a paso	44
4.3.6 Fuente de poder	44
4.3.7 Cámara web	45
4.3.7.1 Especificaciones	46
4.4 Ensamblaje de los elementos en el dispositivo	46
4.5 Programación	50
4.5.1 Sublime text 3	50
4.5.2 Apache	51
4.5.3 PHP	51
4.5.4 Arduino (programación)	52
4.5.5 Lenguaje C y C++	52
4.5.6 Python	52
4.6 Presupuesto para la construcción del dispositivo	53
CAPÍTULO V	54
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PUESTA A PUNTO	54
5.1 Puesta a punto para la medición del dispositivo	54
5.2 Proceso de funcionamiento del dispositivo	59
5.3 Pruebas de campo	60
5.4 Resultados de las pruebas	61
5.4.1 Pruebas en neumáticos delanteros	62
5.4.2 Pruebas en neumáticos traseros externos	62
5.4.3 Pruebas en neumáticos traseros internos	62
5.4.4 Análisis de resultados	63
5.5 Cálculo de error del dispositivo	64
CAPÍTULO VI	65
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.1 Conclusiones	65
6.2 Recomendaciones	66
Bibliografía	67
Anexos	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.		PÁGINA
2.1	Neumático nuevo	9
2.2	Sección transversal de un neumático radial	10
2.3	Estructura de un neumático diagonal	11
2.4	Modificación de la banda de rodadura durante la marcha neumático	12
2.5	Capas de la carcasa diagonal	12
2.6	Estructura de un neumático radial	13
2.7	Modificación de la banda de rodadura durante la marcha neumático radial	13
2.8	Capas de la carcasa radial.	14
2.9	Sistema de nomenclatura en neumáticos.	14
2.10	Neumático desgastado	15
2.11	Desgaste central	16
2.12	Desgaste lateral	16
2.13	Desgaste plano	17
2.14	Testigos de desgaste	18
2.15	Peralte	20
2.16	Carreteras de primer orden	21
3.1	Escala del profundímetro manual	25
3.2	Encerado del instrumento	25
3.3	Toma de medida de la banda	26
3.4	Medición final	26
3.5	Medidor digital	27
3.6	Medidor plástico	27
3.7	Emisor y receptor láser	29
3.8	Modo Reflectivo	30
3.9	Modo de Barrera	30
3.10	Sistema de triangulación láser	31
3.11	Tiempo de vuelo láser	31
3.12	Sensor infrarrojo	32
3.13	Sensor de ultrasonido	33
3.14	Espectro del ultrasonido	33
3.15	Reflexión en objetos por ultrasonido	34
4.1	Diagrama de flujo del proceso de medición	36
4.2	Elementos y conexiones del Arduino Uno	37
4.3	Elementos y conexiones del Raspberry Pi 3	39
4.4	Triangulación del infrarrojo	40
4.5	Variación del voltaje en función de la distancia	41
4.6	Conexiones del sensor Sharp	41

4.7	Pin de carga de señal del sensor en el Arduino Uno	42
4.8	Convertidor de voltaje Step Up	43
4.9	Conexiones a la tarjeta driver L298N	44
4.10	Fuente de poder DC	45
4.11	Cámara web Rayants C-009	46
4.12	Tarjeta Raspberry Pi 3 modelo B	47
4.13	Tarjeta Arduino Uno	47
4.14	Driver L298N	48
4.15	Módulo step up XL6009	48
4.16	Sensor Infrarrojo	49
4.17	Luces LED alta potencia	49
4.18	Dispositivo de medición terminado	50
4.19	Esquema de funcionamiento de Apache	51
5.1	Ingreso de la IP hacia el Raspberry Pi	53
5.2	Servidor Apache	53
5.3	Ingreso al programa Neumáticos.	54
5.4	Pantalla de inicio del programa	54
5.5	Campos requeridos para iniciar análisis	55
5.6	Inicio del primer análisis	55
5.7	Análisis de datos	56
5.8	Generando reporte de análisis	56
5.9	Reporte final del análisis	57
5.10	Opciones para imprimir	57
5.11	Base de datos por fechas de análisis	58
5.12	Base de datos recuperada	58
5.13	Diagrama de flujo del dispositivo	59
5.14	Análisis al neumático trasero de la unidad	60
5.15	Número municipal de circulación	60
5.16	Ubicación neumáticos delanteros	62
5.17	Ubicación neumáticos traseros externos	63
5.18	Ubicación neumáticos traseros internos	64
5.19	Análisis de resultados de mediciones	66
A1.1	Pantalla de inicio de la aplicación líneas 1-33	69
A1.2	Pantalla de inicio de la aplicación líneas 33-48	70
A2.1	Script para buscar reportes por fechas	71
A3.1	Análisis de imágenes	72
A4.1	Reporte de resultados líneas 1-33	73
A4.2	Reporte de resultados líneas 33-48	74
A5.1	Lectura desgaste neumáticos	76
A5.2	Lectura desgaste neumáticos (continuación)	78
A6.1	Tríptico lado A	82
A6.2	Tríptico lado B	83

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.		PÁGINA
2.1	Contravenciones.	5
2.2	Contravenciones muy graves.	6
2.3	Contravenciones muy graves por conducir bajo el efecto de alcohol o drogas.	7
2.4	Coeficiente de adherencia de neumáticos en la carretera	19
2.5	Coeficiente de adherencia entre neumático y tipo de carretera.	20
2.6	Límites de velocidad en buses de pasajeros.	23
3.1	Comparativa de sensores de medición de distancia	28
4.1	Especificaciones de la cámara web rayants C-009.	36
4.2	Presupuesto para la construcción del dispositivo	53
5.1	Clasificación de los neumáticos por el dispositivo de medición	61
5.2	Cálculo de error del dispositivo	64

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	PÁGINA
[3.1] Cálculo de la distancia tiempo de vuelo láser	31
[3.2] Cálculo de la distancia de propagación del ultrasonido	34
[5.1] Fórmula para el cálculo de error del dispositivo	64

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.		PÁGINA
I.	Programación PHP (Pantalla de inicio de la aplicación líneas 1-33)	69
II.	Programación PHP (Buscar reportes por fechas)	71
III.	Programación PHP (Análisis de imágenes)	72
IV.	Programación PHP (Reporte de resultados)	73
V.	Programación Arduino (Lectura desgaste neumáticos)	75
VI.	Resultados de mediciones neumáticos delanteros	79
VII.	Resultados de mediciones neumáticos traseros externos	80
VIII.	Resultados de mediciones neumáticos traseros internos	81
IX.	Tríptico de funcionamiento	82

RESUMEN

Luego de realizado el estudio de la ley de tránsito y las medidas que podrían reducir los accidentes de tránsito especialmente de los buses, se hace más evidente la incorporación del dispositivo de medición en terminales o en controles de campo que ayudaran a reducir las tasas de accidentes. Realizado el análisis metodológico de las diferentes opciones electrónicas, y evaluando sus diferentes características, se seleccionó los mejores elementos para su construcción, y obteniendo como resultado un dispositivo que brindara siempre resultados invariables. Una vez concluida la construcción ya se puede dar una solución tecnológica a la medición manual de la banda de rodadura, que está sujeta a errores, estos debidos a factores humanos, fallas de los instrumentos manuales, debido a desgaste o factores como el clima. Para las pruebas de campo se utilizó la flota de buses la Compañía Pichincha que luego del análisis de resultados de los neumáticos delanteros de los buses podemos decir que el 65% de ellos se encuentran en buen estado, un 25% en estado medio y un 10% no cumplen la norma. En los neumáticos traseros externos se encontró que, el 50% de ellos se encuentran en buen estado, el 40% están en estado medio y el 10% no cumple la norma. Los resultados de los análisis en los neumáticos traseros internos indican que el 27.5% se encuentran en buen estado, un 45% en estado medio y el 27.5% no cumplen la norma por desgaste. Estos resultados nos indican que los neumáticos en buen estado siempre están colocados en la parte delantera del bus donde funciona el sistema de dirección del bus. Mientras que los neumáticos con mayor desgaste se los encuentra en la parte trasera interna del bus.

ABSTRACT

Once realized the study of transit law and actions given by authorities that could reduce traffic accidents, especially by buses, it becomes more evident the incorporation of the measuring device in terminals or control fields that will help to reduce accident rates. Once methodological analysis of many different electronic options was completed, and evaluating their different specs, the best configuration on elements were selected to build the device, and as a result, a device that provided invariable results was got it.

Once the construction of the device was completed, it could give a technological solution to manual measurement of the tread, which is subject to faults, mostly due to human factor, fails on manual instruments, natural wear in tools and factors like weather.

Field tests were done in The Pichincha Bus Company's fleet, analyzing the results on the front tires of buses, we can say that 65% of them were in good condition, 25% in average state and 10 % do not meet standard regulations. In external rear tires were found that 50% of them were in good condition, 40% were in average condition and 10% do not meet standards. As a results of analyzes on internal rear tires indicates that 27.5% were in good condition, 45% in average state and 27.5% do not meet standards for wear.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador las altas tasas de accidentabilidad especialmente en los buses de pasajeros han cobrado la vida de muchas personas, un alto grado de esta tasa de mortalidad se debe a factores mecánicos, que con un simple control de las unidades se podría evitar.

Los controles de la banda de rodadura de los neumáticos, actualmente se los realiza con instrumentos mecánicos, y de forma manual; los mismos que no entregan garantía de ser precisos o que no presentan desgastes debido a su uso, o se ven influenciados por factores como el clima o el factor humano que dependiendo de quién lo realice puede tener una diferente apreciación de los resultados.

Para dar una solución a esta problemática se hace necesaria la construcción del dispositivo que entre sus características está la de entregar resultados confiables y que al estar en un servidor web puede ser visualizado por cualquier persona o por autoridades que deseen hacer controles.

Luego de realizar el análisis de las diferentes opciones de sensores se determina que el sensor infrarrojo es la mejor opción en cuanto a confiabilidad y economía, excluyendo el uso del sensor láser por su alto costo y el sensor de ultrasonido por su reducida confiabilidad.

Los elementos para procesar la información son el Raspberry Pi 3 modelo b y el Arduino Uno, estas tarjetas están conectadas por un puerto digital para trabajar en conjunto el Arduino y el sensor infrarrojo para obtener la lectura de la medición de la banda de rodadura y el Raspberry Pi para activar las rutinas de la cámara web la cual aplica filtros en escala de grises y un filtro de bordes.

Los resultados pueden ser fácilmente visualizados en cualquier móvil, tablet, portátil solo se necesita una conexión a internet y un navegador web, estos resultados también son almacenados en la memoria interna del Raspberry Pi para luego ser recuperados mediante la misma interfaz web por fechas específicas.

Durante las pruebas de campo el dispositivo se comporta de forma satisfactoria y brinda los resultados requeridos en cuanto a confiabilidad y fluidez de la interfaz web.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el Ecuador la tasa de accidentes ha sido elevada por muchos años cabe añadir que luego de la reforma a la ley de tránsito, la tasa de accidentes para el 2015 bajó a un 8%, debido a operativos y controles (ANT, 2015, pág. 4). Por otro lado se espera que para el 2016 esta tasa se siga reduciendo, de tal forma que el control tanto en seguridad activa y pasiva como en un control de las personas sean más estrictos.

En las terminales de buses el tiempo para realizar la medición en los neumáticos es reducido. Lo que impide realizar un control exhaustivo y preciso.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tasa de accidentes en buses es alta, a pesar de las acciones de las autoridades. Esto es un problema social, ciertamente se han implementado medidas como revisión técnica vehicular de las unidades, alcoholímetros y la medición de la banda de rodadura todo esto ha logrado reducir los accidentes de carretera hasta cierto punto. Cabe añadir que un alto porcentaje de los accidentes, es debido a la pérdida de adherencia de los neumáticos sobre todo en carreteras mojadas.

Por otra parte la implementación de este dispositivo pretende por tanto reducir el factor humano en la medición, y así evitar variaciones al momento de realizar la medición. Para el control se utilizan herramientas manuales que están sujetas a desgaste y falsas mediciones debido al clima.

Es evidente que los organismos de control de la movilidad ejercen un papel fundamental en la reducción de la tasa de accidentes, en efecto están en la facultad de implementar controles y multas, que en gran medida ayudaran a que los conductores se preocupen del mantenimiento de sus unidades.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La implementación de controles más efectivos, sobre todo en terminales, y con la ayuda de este dispositivo se reducirá la tasa de mortalidad que por cada 100 mil habitantes en 2014 fue de 14,49, mientras que en 2015 fue de 12,94 por lo que la

medición de la profundidad de los neumáticos es necesaria para seguir reduciendo esta tasa.

Con la implementación de este dispositivo en el control efectivo de los neumáticos en buses de pasajeros, estamos cumpliendo con el objetivo de: Mejorar la calidad de vida de la población puesto que con estos controles se reduce la tasa de accidentes y crea carreteras más seguras para todos.

La proyección de este dispositivo en el control de la banda de rodadura es muy grande puesto que reduce los tiempos de medición al igual que al integrar una base electrónica presenta una confiabilidad superior a una medición realizada por el elemento humano y con herramientas manuales.

1.4 DELIMITACIÓN

1.4.1 Temporal.

Este proyecto se llevó a cabo desde septiembre del 2017 hasta junio del 2018.

1.4.2 Espacial.

El proyecto se llevó a cabo en la flota de buses de la Cooperativa de transporte Pichincha de Quito.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Construir un dispositivo para la medición automática de la profundidad de la banda de rodadura de los buses de pasajeros.

1.5.2 Objetivos Específicos.

Investigar bibliográficamente sobre la ley de tránsito, la normativa INEN y los dispositivos electrónicos de medición automática de la profundidad de la banda de rodadura de neumáticos en buses de pasajeros en el Ecuador.

Construir el prototipo.

Analizar los resultados en pruebas de campo.

1.6 JUSTIFICACIÓN

La construcción de este dispositivo pretende ayudar a la sociedad en conjunto a través de un control más efectivo en cuanto a las unidades de buses de pasajeros pues este es un eje sensible del transporte, siendo de uso masivo y que diariamente es utilizado.

Si este dispositivo contribuye a bajar la tasa de accidentabilidad en el Ecuador tal como lo están haciendo ya las medidas para reformar la Ley Orgánica de Transportación, sería un gran avance en esta área puesto que en la actualidad todo se desea hacer con rapidez y sin pérdida de tiempo.

Se espera su uso y posterior incorporación a la rutina de control efectivo en terminales de buses de pasajeros reduciendo los tiempos y con la confiabilidad que este dispositivo supone.

Una vez en uso el dispositivo se estaría satisfaciendo dos problemas que se encuentra actualmente al medir la banda de rodadura que son por un lado la medición se volverá automatizada, sin la intervención del ser humano, y por otro la forma en que actualmente es realizada la medición que es de forma manual alejando así la simple apreciación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS DE LA ACTUAL LEY DE TRÁNSITO

La actual ley de tránsito fue reformada en el año 2014, por la Asamblea Nacional con lo cual se ha visto muchos cambios en lo que respecta a multas, infracciones y sanciones esta reforma se dio con el espíritu de garantizar la vida de los pasajeros y transeúntes que a diario se transportan por las diferentes vías del Ecuador.

Cabe aclarar que estas multas, infracciones y sanciones están homologadas con el salario básico unificado del trabajador vigente al año por lo que con el aumento del salario cada año las multas también se elevan.

Las tablas 2.1 y 2.2 muestran las contravenciones muy graves que según el artículo 145 establece penas importantes en comparación a una contravención en la cual solo se pierde puntos, en las muy graves se estipula inclusive la prisión y detención del vehículo.

Tabla 2.1 Contravenciones.

Contravenciones	Puntos	Multa	2017	2018
Leves de 1 ^{ra} clase	-1.5	5%	\$18.75	\$19.3
Leves de 2 ^{da} clase	-3	10%	\$37.5	\$38.6
Leves de 3 ^{ra} clase	-4.5	15%	\$56.25	\$57.9
Graves de 1 ^{ra} clase	-6	30%	\$112.5	\$115.8
Graves de 2 ^{da} clase	-7.5	40%	\$150	\$154.4
Graves de 3 ^{ra} clase	-9	50%	\$187.5	\$193
Art. 146.- La reincidencia en la comisión de cualquiera de las contravenciones será sancionada con el doble del máximo de la multa establecida para la contravención.				

Fuente: (Gallegos, 2014, pág. 6)

La Ley de Tránsito en su artículo 138 dice que las contravenciones de tránsito serán leves, graves y muy graves estas se clasifican en:

- a) Leves (primera segunda y tercera clase).
- b) Graves (primera segunda y tercera clase).

Tabla 2.2 Contravenciones muy graves.

Contravenciones muy graves	Puntos	Multas	Prisión	Detención
a) Quien conduzca sin haber obtenido la licencia;	0	\$ 386	3 días	N/A
b) Quien conduzca con licencia anulada, revocada o suspendida, la misma que deberá ser retirada;	-10	\$ 386	3 días	N/A
c) Quien conduzca un vehículo con una licencia de categoría diferente a la exigible para el tipo de vehículo que conduce;	-10	\$ 772	N/A	7 días al vehículo
d) El conductor que faltare de obra a la autoridad o agente de tránsito;	-10	\$ 386	3 días	N/A
e) El conductor, que con un vehículo automotor excediere los límites de velocidad	-10	\$ 386	3 días	N/A
f) Quien conduzca un vehículo prestando servicios de transporte de pasajeros o bienes sin contar con el título habilitante	-10	\$ 772	N/A	7 días al vehículo
g) Quienes participe con vehículos a motor en competencias en la vía pública, sin el permiso correspondiente;	-10	\$ 386	3 días	N/A
h) Quien causare un accidente de tránsito, del que resulte herida o lesionada alguna persona	-10	\$ 772	N/A	7 días al vehículo
Art. 146.- La reincidencia en la comisión de cualquiera de las contravenciones será sancionada con el doble del máximo de la multa establecida para la contravención.				

Fuente: (Gallegos, 2014, pág. 15)

La actual Ley Orgánica de Transporte estipula que los conductores de vehículos no podrán circular con neumáticos fuera de las especificaciones de desgaste que permite el reglamento. Siendo esta una contravención grave de primera clase por lo cual deben someterse a la respectiva multa de \$102 dólares americanos y la pérdida de 6 puntos en la licencia.

Tabla 2.3 Contravenciones muy graves por conducir bajo el efecto de alcohol o drogas.

ART.	CAUSA	PUNTOS	MULTA	PRISIÓN
145.1	Quien condujere un vehículo bajo los efectos de sustancias estupefacientes	-15	\$ 386	30 días
145.2	Conducir un vehículo con una tasa de alcohol mayor a 0.3 e inferior a 0.8 gr/l en sangre	-5	\$ 386	5 días
	Conducir con una tasa de alcohol de 0.8 gr/l o más	-10	\$ 386	15 días
145.3	Quien condujere un vehículo de transporte público, comercial o de carga, con un nivel máximo de alcohol de 0,1 gramos por cada litro de sangre	-30	\$ 772	60 días
La reincidencia será sancionada con la suspensión por un año de la licencia de conducir. Cuando esta reincidencia es por segunda ocasión, la licencia le será revocada definitivamente.				

Fuente: (Gallegos, 2014, pág. 16)

En el artículo 97 se señala que el sistema de licencias se maneja por puntos es decir el conductor inicia con 30 puntos al ser su documento emitido y por cada infracción que este cometa ira perdiendo sus puntos gradualmente hasta llegar inclusive a la pérdida total de todos sus puntos.

Se debe señalar que dichos puntos tienen una vigencia de 5 años que es el tiempo que demora una licencia en caducar por lo que si llega a caducar deberá renovarla. Cuando los conductores pierden sus 30 puntos la licencia de conducir, esta se suspende por 60 días, y el conductor es obligado a realizar un curso en las escuelas de conducción para profesionales aprobadas por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT).

Cuando aprueba el curso el conductor solamente recupera 20 puntos. Si pierde esos 20 puntos será sancionado con 120 días de suspensión y debe tomar nuevamente el curso.

Cuando aprueba solo recuperará 15 puntos. Si vuelve a perder estos 15 puntos su licencia será suspendida por 1 año y tendrá que tomar un curso nuevo para recuperarlos.

2.2 CONCEPTOS IMPORTANTES DE LA LEY DE TRÁNSITO

2.2.1 Contravenciones

El termino contravención se utiliza para aquellos actos que van en contra de las leyes o algo legalmente establecido, y que al incurrir en esto puede representar un peligro tanto al infractor como a los demás.

De acuerdo con el “Art 135.2.- Será sancionado con prisión de 6 meses a un año, suspensión de la licencia de conducir por el mismo plazo, multa de tres a cinco salarios básicos unificados del trabajador en general, quien conduzca un vehículo de transporte público y/o comercial, con llantas lisas o daños mecánicos previsibles” (ANT, 2015, pág. 5).

2.2.2 Delitos

En el “Art.108.- Los delitos son de carácter culposo y conllevan la obligación civil y solidaria de pagar costas, daños y perjuicios, por parte de los responsables del delito” (ANT, 2015, pág. 25)

Entendiéndose con esto que son culpables solidarios tanto el propietario del bus como la operadora cooperativa a la que pertenece, misma que será sancionada con 60 días de suspensión de frecuencia.

2.3 PRINCIPALES CAUSAS PARA LOS ACCIDENTES DE TRANSITO

Existe un sinnúmero de causas por las que se puede causar un accidente de tránsito, pero nos centraremos en las más importantes que son parte de este estudio.

Entre las principales se puede citar fallas mecánicas, negligencia, estado de las vías, mantenimiento preventivo no realizado...

2.3.1 Relacionado al vehículo

Los vehículos son máquinas que sirven para transportación, por lo cual debido a un deficiente mantenimiento como por un uso negligente, pueden presentar desperfectos inclusive por su uso normal, está presente el desgaste de elementos por lo que es de gran importancia, un control de sistemas tan críticos como es la suspensión y los neumáticos.

2.3.1.1 Neumáticos

Este es un elemento esencial para el vehículo puesto que es el único que está en contacto directo con el asfalto de la carretera, estos neumáticos nos deben brindar

un campo de seguridad por lo que es importante mantenerlos siempre en óptimas condiciones ya sea bajo revisiones periódicas o con su remplazo de ser el caso.

Los neumáticos son elementos fabricados con compuestos de caucho cuya principal función es la de entregarle al vehículo, estabilidad, confort y adherencia.

Este neumático es el único punto de contacto con el camino, nótese el punto crítico del trabajo que desempeñan. Sin olvidarnos que dependiendo de su estado se notara el comportamiento de todo el vehículo en carretera.



Figura 2.1 Neumático nuevo

(MICHELIN, 2016, pág. 19)

Entre las principales funciones que debe cumplir el neumático podríamos citar las siguientes:

- La tracción,
- La dirección,
- La estabilidad
- Amortiguación de golpes
- Soporte de cargas

Todas estas funciones son imposibles en un neumático en mal estado que presente cortes, desgaste desigual, deformaciones, grietas o si su presión de inflado no es la correcta.

Otra característica importante en el neumático es su elasticidad misma que le permite resistir enormes esfuerzos al ser utilizado a diario especialmente en buses de transporte de pasajeros. Al mismo tiempo el neumático debe garantizar su durabilidad y que no perderá alguna de sus funciones al estar sometido a este duro trabajo diario es decir siempre debe entregar un agarre correcto sea que circule por una carretera seca o mojada.

2.3.1.2 Estructura del neumático

Dependiendo del tipo de neumático podemos encontrar diferentes estructuras que lo conforman, pero de acuerdo con el trabajo que deberá cumplir se encuentran diferentes especificaciones en cuanto a durabilidad, adherencia y elasticidad factores que ayudan al confort y a la performance.

En la figura 2.2 se observa los diferentes elementos del neumático como son: la banda de rodamiento (1) generalmente de caucho, brinda la unión entre la estructura de la llanta y el asfalto. Su misión es proporcionar adherencia, agarre y frenado. El cinturón (2) está construido de capas de acero que le dan resistencia al neumático, estabilizando la banda de rodamiento. La capa radial (3) es la que contienen la presión de aire. Esta capa es la que recibe todas las fuerzas de la carga, frenado, cambios de dirección. El Costado (4) el caucho del costado está especialmente compuesto para resistir esfuerzos de flexión y la inclemencia del tiempo. Sellante (5) son una o dos capas de un caucho especial preparado para resistir la expansión del aire. El Talón (6) es un conjunto de alambres que dan la forma al neumático esta estructura es de alta resistencia puesto que es la que recibe los impactos y fuerzas del pavimento en conjunto con el caucho adicionalmente ayuda a mantener su forma. El relleno (7) es una mezcla especial de caucho dispuesta para complementar la parte del talón y las paredes internas del neumático cumplen la función del cambio de una zona rígida a una zona más flexible. El ribete (8) es la base para el elemento de la ceja sobre el aro. El Refuerzo (9) es la capa exterior para estabilizar la ceja y su zona respectiva de transición.

Estos son los componentes de los neumáticos, claro que estos varían dependiendo de la marca, el precio, y para el fin que son utilizados.

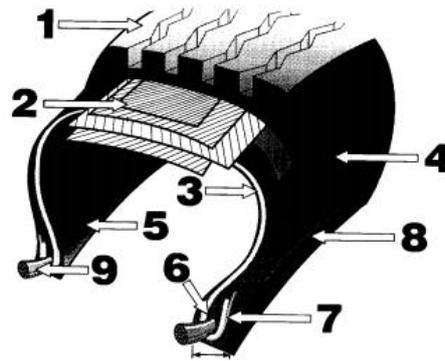


Figura 2.2 Sección transversal de un neumático radial
(Aparicio, 2001, pág. 38)

2.3.1.3 Tipos de construcción

Dentro de la clasificación de los neumáticos, podemos encontrar una gran variedad catalogados mayormente por su construcción y para las condiciones solicitadas para su uso.

2.3.1.4 Neumático diagonal

Este tipo de neumáticos son especialmente utilizados en tareas agrícolas, así como comerciales, pero con la diferencia que estos son utilizados en carreteras sin asfaltar.

La estructura de su carcasa en este neumático se forma mediante cordones alternados, como se aprecia en la figura 2.3, con lo que se obtiene un ángulo de 40 grados en correspondencia al camino por el que se circula, logrado mediante los cordones alternados de su estructura.



Figura 2.3 Estructura de un neumático diagonal
(Hankooktire, 2014, pág. 39)

Como se aprecia en la figura 2.4 los neumáticos diagonales ofrecen una mayor resistencia en curvas cuando se viaja en carreteras no asfaltadas esto debido a su tramado longitudinal formando ángulos que ofrecen resistencia a las curvas y un mejor agarre.

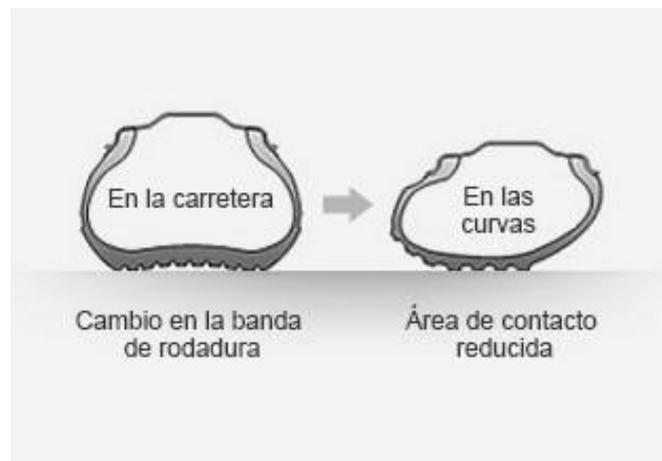


Figura 2.4 Modificación de la banda de rodadura durante la marcha neumático
(Hankooktire, 2014, pág. 22)

En la figura 2.5 se observa el entramado diagonal de los neumáticos esta capa permite flexibilidad sobre todo en las curvas impidiendo la deformación total del mismo y que luego retorne a su forma original.

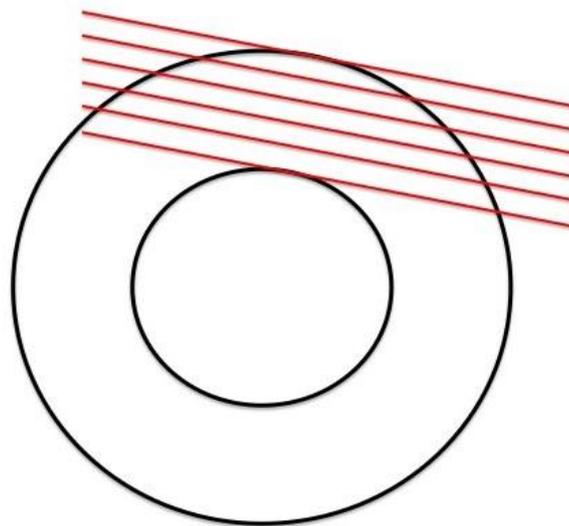


Figura 2.5 Capas de la carcasa diagonal

(Hankooktire, 2014, pág. 33)

2.3.1.5 Neumático radial

Este tipo de neumáticos son ampliamente utilizados en vehículos de turismo, comerciales, camiones y buses.



Figura 2.6 Estructura de un neumático radial
(Hankooktire, 2014, pág. 30)

A diferencia del neumático diagonal el radial posee un entramado perpendicular en referencia a su circunferencia esto le otorga una zona menos plana en comparación con el neumático diagonal que en la práctica eleva su resistencia horizontal. Estos aspectos le dan al neumático radial mejores prestaciones en cuanto a control, seguridad, arranque, rotación, aceleración todos ellos favorecen una conducción en altas velocidades adicionalmente su carcasa y las correas su estructura es de acero.

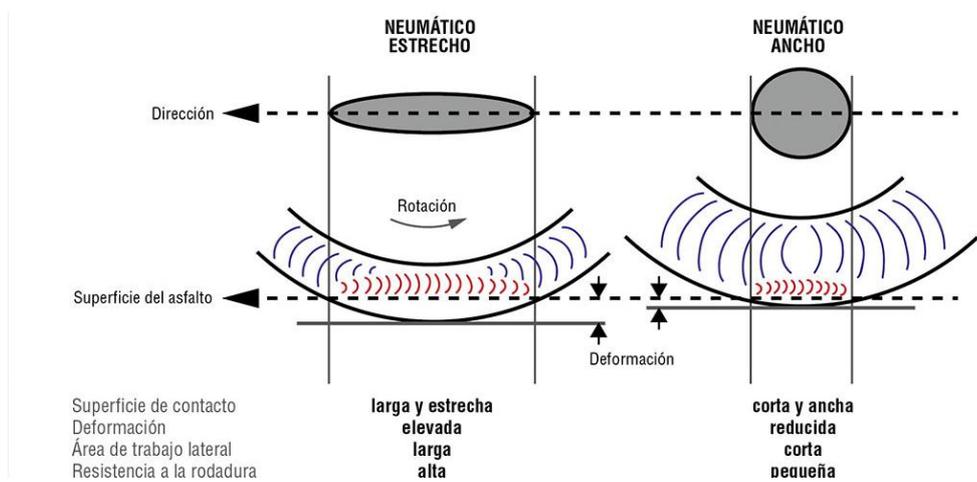


Figura 2.7 Modificación de la banda de rodadura durante la marcha neumático radial.

(Hankooktire, 2014)

El neumático radial brinda una mayor estabilidad durante la marcha especialmente en las curvas donde el neumático tiende a deformarse, pero este neumático al estar diseñado para este tipo de trabajo en curvas y en viajes hace que el conductor casi no sienta diferencia alguna cuando toma una curva a velocidad es decir no existe una diferencia de su zona de contacto como se observa en la figura 2.8 entre la banda de rodadura y la carretera.

Entre sus mayores ventajas cabe mencionar su resistencia al deslizamiento en las curvas y una elevada resistencia de su banda de rodadura.

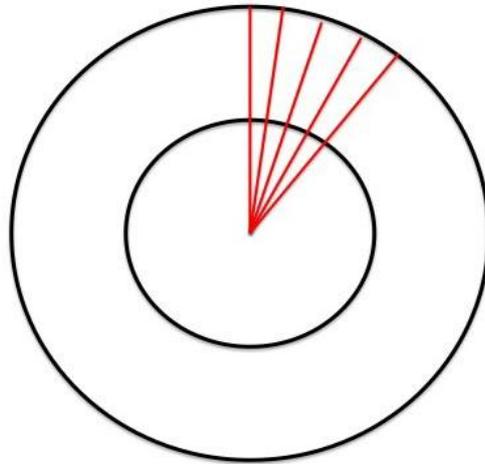


Figura 2.8 Capas de la carcasa radial.
(Hankooktire, 2014, pág. 45)

2.3.1.6 Nomenclatura

Existe dentro de los neumáticos un sistema de nomenclatura figura 2.9 que sirve para designar para qué tipo de trabajo es cada uno. Este sistema de identificación ofrece información vital, siendo entre las más importantes su velocidad máxima de rodadura en carretera, carga efectiva, carga máxima de inflado e información diversa sobre tipo de rin aspectos que son vitales a la hora de seleccionar nuestro neumático, además si se desea ampliar su vida útil se debe tener siempre presentes estos parámetros para así evitar un mal uso por falta de información.

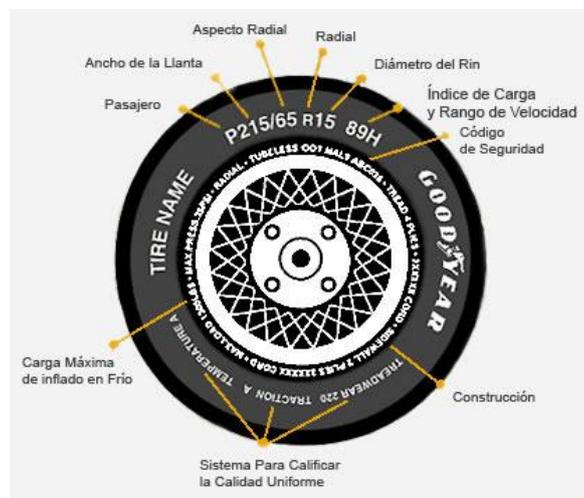


Figura 2.9 Sistema de nomenclatura en neumáticos.
(Goodyear, 2015, pág. 125)

La letra P indica que este neumático es de pasajeros. El 215 en este caso indica su ancho expresado en milímetros. El numero 65 indica que es una proporción del ancho es decir 65%. La letra R indica que es un neumático radial. Y el numero 15 indica que es un aro de 15 pulgadas. El numero 89 indica el índice de carga efectiva por neumático es decir por cada uno 580 Kg.

La letra H indica su velocidad máxima en este caso son 130 km/h. Si el neumático posee las letras DOT indica que ha pasado las regulaciones del Departamento de Transportación de los Estados Unidos. La carga máxima estará expresada en libras o en kilogramos dependiendo su origen. Su presión máxima en PSI o en kPa.

2.3.1.7 Desgaste

El desgaste de los neumáticos es inevitable sea este debido a una mala alineación o una presión de aire incorrecta inclusive trabajo normal estos se degradan debido a su uso diario.

Bajo circunstancias normales los neumáticos deberían desgastarse por igual y su banda de rodadura ir disminuyendo en forma homogénea, pero esto casi nunca sucede, siempre se encuentran sitios donde el desgaste se focalizo, más que otros es decir ocurrió un desgaste irregular.

Si las fallas no se corrigen al momento de cambiar de neumáticos es decir una revisión luego de diagnosticado el problema podría tener como efecto, el desgaste prematuro en los neumáticos nuevos, ocasionando esto un perjuicio tanto económico como de seguridad pues se estaría regresando a las condiciones originales del problema.



Figura 2.10 Neumático desgastado
(MICHELIN, 2016, pág. 75)

2.3.1.8 Tipos de desgaste irregular de los neumáticos

Un desgaste mayor en el centro de la banda de rodadura indica que la presión de inflado es superior a la que recomienda el fabricante.



Figura 2.10 Desgaste central

(García, 2016, pág. 68)

Desgaste de los laterales de la banda de rodadura del neumático indica que la presión de inflado del neumático es menor a la recomendada por el fabricante razón por la cual el neumático se hunde en el centro y los laterales rozan con mayor presión a los costados



Figura 2.11 Desgaste lateral

(García, 2016, pág. 71)

Desgaste diagonal de la banda de rodadura se presenta a 45° es muy poco habitual, y si aparece se presenta solamente en las ruedas izquierdas.

Desgaste transversal de la banda de rodadura indica que el neumático está mal balanceado. La solución llevar a un centro de balanceo y someter a las maquinas correspondientes.

Desgaste plano de la banda de rodadura se produce al frenar bruscamente y se bloquean las ruedas y estas se arrastran sobre la carretera sin ningún tipo de control.



Figura 2.12 Desgaste plano
(García, 2016, pág. 86)

2.3.1.9 Presión de los neumáticos

La presión en los neumáticos es un tema muy importante, puesto que una presión incorrecta podría llevar desde un elevado consumo y un aumento en las emisiones de CO₂ hasta un desgaste desigual prematuro y una pérdida de adherencia.

Cualquier neumático con un 20% de presión por debajo de la que recomienda el fabricante se traduce en un 20% de pérdida de vida útil. Esto quiere decir que si los neumáticos fueron diseñados para durar 40.000 Km tendríamos una pérdida de 8.000 Km.

Para evitar esto se puede seguir los siguientes consejos:

- Seguir las normas del fabricante del vehículo o del neumático
- Realizar las comprobaciones cuando los neumáticos estén fríos.
- Cuando los neumáticos ya están calientes, hay que añadir 0,3 bares a la presión recomendada por los fabricantes.
- No desinflar en ninguna circunstancia un neumático caliente.

- Aunque estén inflados con nitrógeno hay que comprobar frecuentemente la presión y el estado del neumático.

2.3.1.10 Banda de rodadura

La banda de rodadura es la encargada de brindar adherencia y agarre al vehículo sin importar si se encuentra en carreteras de primero o segundo orden adicionalmente si la vía esta seca o mojada.

El labrado que presenta la banda de rodadura posee esa configuración para evitar en clima de lluvia el aquaplaning puesto que esa disposición ayuda a evacuar el agua del área de contacto con el asfalto que cuando ya es muy bajo el labrado este pierde dicha capacidad.

En el Ecuador de acuerdo con la norma INEN 011 “Los indicadores de desgaste de la banda de rodamiento deben permitir advertir visualmente cuando la profundidad de las cavidades o estrías correspondientes a la banda de rodamiento se hayan reducido a 1,6 mm, con una tolerancia de (+0,6/-0,0 mm)” (INEN, 2014, pág. 14).



Figura 2.13 Testigos de desgaste
(MICHELIN, 2016, pág. 22)

2.3.2 Relacionado a la carretera

Aunque en la actualidad las carreteras son de primer orden en su gran mayoría no se puede descartar como una causa para un accidente en la carretera, aunque pueda ser por factores externos a esta como podrían ser falta de iluminación, trabajos en la carretera, algún accidente que dejó escombros u obstáculos en la carretera.

2.3.2.1 Condiciones de las carreteras

La condición de la carretera juega un importante papel en lo que tiene que ver a la adherencia y maniobrabilidad de los vehículos, pues esta podría estar húmeda, o seca o contaminada con objetos extraños.

De acuerdo con la condición de la carretera esta puede presentar una predisposición a la adherencia cuando un vehículo frena puesto que dependiendo del estado de la carretera se pierde o se gana un coeficiente de rozamiento.

Cuando la carretera esta mojada las condiciones de manejo cambian drásticamente de cuando están secas ya que esto provoca un aumento en la distancia de frenado en un 40%

Como se puede apreciar en la tabla 2.4 los neumáticos gastados poseen una mayor adherencia que los nuevos, claro siempre y cuando la carretera está seca.

Tabla 2.4 Coeficiente de adherencia de neumáticos en la carretera

Velocidad km/h	Estado de los neumáticos	Piso seco	Mojado. Altura de agua aprox. 0.2mm.	Lluvia fuerte. Altura del agua aprox. 1mm	Charcos de agua de aprox. 2mm
50	Nuevos	0.85	0.65	0.55	0.50
	Gastados	1.00	0.50	0.4	0.25
90	Nuevos	0.80	0.60	0.3	0.05
	Gastados	0.95	0.20	0.1	0.05
130	Nuevos	0.75	0.55	0.2	0
	Gastados	0.90	0.20	0.1	0

Fuente: (Garibaldi, 2015, pág. 89)

Todo lo contrario, sucede cuando está mojado puesto que la falta de labrado en la banda de rodadura impide que se evacue el agua entre el neumático y la carretera inclusive llegando a tener aproximadamente 2 mm. de agua un coeficiente de 0, es decir el vehículo se encuentra sufriendo el fenómeno denominado “aquaplaning”.

Un grave problema que se genera cuando el neumático pierde adherencia no es por la mayor distancia para frenar, sino que se pierde el control del vehículo.

Cuando el vehículo empieza a deslizarse se pierde todo control sobre este por lo que el vehículo que posee una tendencia a mantener la trayectoria que tenía cuando empezó a deslizarse lo que puede llevar sin lugar a dudas a un accidente.

En la tabla 2.5 se aprecia en cambio la pérdida de adherencia debido a la carretera por la que circula vemos por ejemplo que la mejor superficie la que brinda una mayor adherencia es la de asfalto y hormigón sin olvidarnos que son bajo condiciones secas

Tabla 2.5 Coeficiente de adherencia entre neumático y tipo de carretera.

Superficie	Valores máximos μ_{max} .	Valores de deslizamiento μ_d .
Asfalto y hormigón secos	0.8-0.9	0.75
Asfalto mojado	0.5-0.7	0.45-0.6
Hormigón mojado	0.8	0.7
Grava	0.6	0.55
Tierra seca	0.68	0.65
Tierra húmeda	0.55	0.4-0.5
Nieve dura	0.2	0.15
Hielo	0.2	0.07

Fuente: (Aparicio, 2001, pág. 125)

El peralte es una parte significativa en una carretera, este se entiende como la elevación de la parte exterior, en relación, con la parte interior como se observa en la figura 2.15 estos están contruidos, en función de su radio y la velocidad que está permitida en la vía.

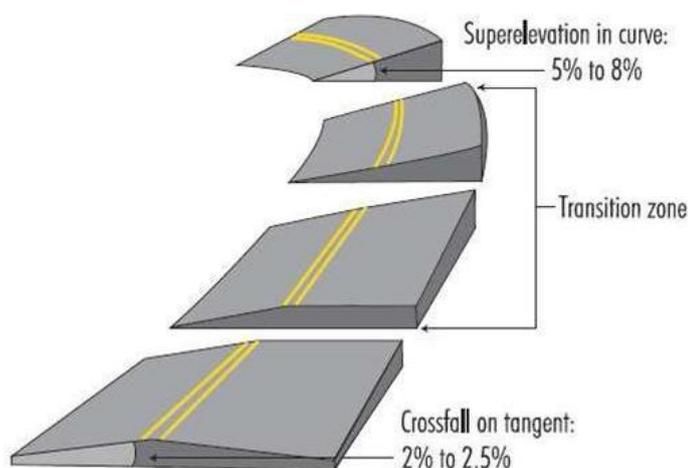


Figura 2.14 Peralte
(Tecnocarreteras, 2014, pág. 18)

Cuando un vehículo toma una curva especialmente en altas velocidades este tiende a seguir en línea recta es ahí cuando actúa el peralte contrarrestando esas fuerzas y provocando así el giro

El desarrollo en cuanto a construcción de carreteras y vías en el Ecuador ha sido sin precedentes pues antiguamente casi todas las carreteras presentaban baches, carreteras inconclusas lo que ha permitido en gran medida a la reducción de accidentes.



Figura 2.15 Carreteras de primer orden.

(Ciudadano, 2014, pág. 18)

2.3.3 Relacionado al clima

El Ecuador posee tres regiones y en cada una de ellas el clima es muy cambiante a la mañana se puede tener mucho sol sin embargo a la tarde nada impide que se desate una tormenta es por esta circunstancia tan impredecible que se debe tener muy en cuenta al momento de tomar precauciones para evitar un accidente de tránsito especialmente si se presenta una lluvia o si cambia a una niebla.

2.3.3.1 Clima con neblina

Este fenómeno se produce en zonas altas del Ecuador y cuando se presenta tiende a reducir la visión y la conducción es por esto que se debe considerar los siguientes consejos:

- Nunca utilizar luces altas ya que estas reflejan el haz de luz con la neblina y reducen aún más la visibilidad
- Se debe reducir la velocidad al ingresar a la neblina para tener un mejor tiempo de reacción.
- Mantener cierta distancia con los vehículos que van adelante y así evitar algún accidente si el otro vehículo frena inesperadamente.

2.3.3.2 Clima con lluvia

Los principales consejos para conducir bajo condiciones de lluvia son los siguientes:

- Se debe prender las luces intermitentes o de parqueo para ser más visible a los otros vehículos
- Se debe reducir la velocidad en 20 Km/h a la velocidad límite establecida en las diferentes vías.
- Mantener una distancia prudencial entre vehículos si está circulando a 40 Km/h necesita 10 m. para lograr una frenada segura
- No realizar movimientos bruscos pues los neumáticos bajo lluvia pierden hasta un 50% de su adherencia con el asfalto
- Por último, no pasar con velocidad sobre charcos de agua esto puede producir que se pierda el control del vehículo si los neumáticos no están en buenas condiciones.

2.3.4 Relacionado al conductor

El conductor es un elemento determinante en esta ecuación es el encargado de dirigir el vehículo. En él está la responsabilidad de velar por sus pasajeros inclusive su propia vida está en juego de ahí la importancia de tener profesionales al volante especialmente en buses de pasajeros.

Cuando el conductor está en exceso de velocidad una simple maniobra mal hecha podría causar un accidente aún más si su unidad no se encuentra en óptimas condiciones especialmente sus neumáticos los cuales a grandes velocidades pierden adherencia y perder el control del vehículo es mucho más fácil.

En la tabla 2.6 se observa las diferentes multas estipuladas según la contravención que va desde una multa, pérdida de puntos y en el caso de ser una contravención muy grave inclusive se puede pagar con prisión dependiendo la falta a la que se incurrió.

Tabla 2.6 Límites de velocidad en buses de pasajeros.

TIPO	ÁREA	LÍMITES	RANGO MOD. k/h	CONT. GRAVE 1 ^{ra} Clase – k/h Art. 142. g	CONT. MUY GRAVE Art. 145. e
	Urbano	40 k/h	10	Entre 40-50	Más de 50
	Perimetral	70 k/h	30	Entre 70-100	Mas de100

TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS	Rectas en carreteras	90 k/h	25	Entre 90-115	Más de 115
	Curvas en carreteras	50 k/h	15	Entre 50-65	Más de 65
SANCIONES:				Multa: \$ 115.8 Puntos: -6	Prisión: 3 días Multa: \$ 386 Puntos: -10

Fuente: (ANT, 2015, pág. 12)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 SELECCIÓN DE ELEMENTOS PARA EL DISPOSITIVO DE MEDICIÓN

La construcción del dispositivo electrónico ciertamente es una necesidad, más aun luego de la investigación realizada en el marco teórico, por lo cual las gestiones y procesos en el caso de la medición de los neumáticos deben realizarse de forma breve y precisa.

Se realizó la construcción del dispositivo siguiendo un sistema comparativo entre las diferentes opciones electrónicas que nos ofrece el mercado, y un orden específico, de tal forma que si el aparato fuera duplicado en el futuro se obtenga el mismo dispositivo, que mide eficazmente la rodadura de los buses de pasajeros y con un margen de fiabilidad muy alto.

3.2 PROBLEMÁTICA ACTUAL

En la actualidad en el Ecuador la medición se realiza de forma manual con los problemas ya conocidos de esta práctica, por lo tanto es necesario conocer el funcionamiento de estos dispositivos manuales de medición para luego comprender el grado de fiabilidad superior que brinda el dispositivo electrónico para la medición de banda de rodadura.

3.2.1 Dispositivo manual

El dispositivo manual de medición de banda de rodadura es la herramienta que actualmente se utiliza, sin embargo también se podría utilizar un vernier (pie de rey) el cual posee un profundímetro, estos dos instrumentos de medición poseen fallas de percepción por parte de la persona que los utiliza obteniendo siempre diferentes mediciones dependiendo de quién realiza la medición, evidentemente de esta forma pierde su efectividad y confiabilidad para esta tarea.

3.2.1.1 Proceso de medición manual

Para realizar el proceso de medición se necesita del profundímetro manual, instrumento generalmente utilizado por las autoridades encargadas del control de neumáticos tanto en las calles como en terminales de buses

Esta herramienta posee una escala regulada en pulgadas y milímetros.



Figura 3.1 Escala del profundímetro manual
(Tirerack.com, 2016, pág. 28)

El siguiente paso es encerar el instrumento que significa que llevarlo a cero, los parámetros de medición esto se realiza empujando la escala en una superficie plana.



Figura 3.2 Encerado del instrumento
(Tirerack.com, 2016, pág. 29)

A continuación, se coloca en la superficie del neumático en la banda de rodadura siempre tratando de evitar los abultamientos o zonas prominentes dentro de la banda que darían una falsa medición, en lo posible buscar una superficie uniforme y que tenga consistencia con el resto del neumático.



Figura 3.3 Toma de medida de la banda
(Tirerack.com, 2016, pág. 30)

Como paso final se obtiene la medida mirando la escala, cabe recalcar que para obtener datos confiables realizando la medición con este instrumento se debe repetir la medición por lo menos una 5 veces para luego crear una pequeña base de datos y finalmente con una media matemática entregar el resultado final.



Figura 3.4 Medición final
(Tirerack.com, 2016, pág. 31)

Como se puede apreciar este es un proceso que toma mucho tiempo y si se desea más precisión se debe repetir varias veces lo que vuelve el diagnóstico bastante ineficiente.

Adicionalmente existen numerosos aparatos de medición digitales y manuales que realizan el mismo trabajo el factor común entre todos estos dispositivos o aparatos

es que todos son de alguna forma mecánicos es decir poseen elementos sujetos a desgaste que de no ser calibrados entregarán mediciones erróneas.

3.2.2 Gama de medidores de rodadura

En el mercado existe una infinidad de dispositivos para la medición entre los más importantes podemos señalar los siguientes.

3.2.2.1 Medidor digital

La única diferencia con el instrumento manual es su escala digital, no obstante utiliza un palpador mecánico para realizar la medición



Figura 3.5 Medidor digital
(Terapeck, 2016, pág. 8)

3.2.2.2 Medidor plástico

Este elemento al contrario de los anteriores es menos confiable debido a su construcción y materiales, que están mucho más expuestos al desgaste y susceptibles a cambios con el clima.



Figura 3.6 Medidor plástico
(Terapeck, 2016, pág. 12)

3.3 ELEMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Para la construcción del dispositivo se tomó en cuenta un estudio de las principales opciones para el elemento de medición directo para lo cual se realizó un estudio comparativo entre sus cualidades de precisión, velocidad de respuesta, rangos de medición y por supuesto el factor económico.

El elemento de medición primario es el sensor de distancia que es el encargado de tomar las medidas, es por esto que se lo debe seleccionar correctamente. En la tabla 3.1 se observa las principales características de los distintos sensores afines a nuestro proyecto, de lo cual se deriva el resultado que es la selección del sensor infrarrojo que es el más adecuado.

Tabla 3.1 Comparativa de sensores de medición de distancia

Sensores	Confiabilidad	Interferencia por calor o colores	Sensibilidad a la luz	Costo
Láser	Alta	No	No	Alto
Infrarrojo	Alta	No	No	Medio
Ultrasonido	Baja	Alta	SI	Bajo

3.3.1 Principales opciones para el lector

En el mercado existe una amplia variedad de sensores y lectores ópticos que permiten la medición de la banda de rodadura, pero está claro que se debe distinguir entre sus debilidades y fortalezas y elegir el más adecuado para el dispositivo.

- Sensor láser
- Sensor infrarrojo
- Sensor de ultrasonido

3.3.2 Sensor Láser

El sensor láser es utilizado en un amplio rango de actividades puesto que es muy versátil en su utilización como por ejemplo en la medicina, la industria, la defensa militar, en la ingeniería civil, la arquitectura, tratamientos estéticos es decir está presente en casi todos los sectores de la industria tanto pública como privada.

Propiedades del láser:

- Posee un haz de luz muy intenso

3.3.3.2 Modo de barrera

En el modo barrera el haz de luz es interrumpido por algún objeto lo que impide el paso de la luz desde el transmisor hacia el receptor

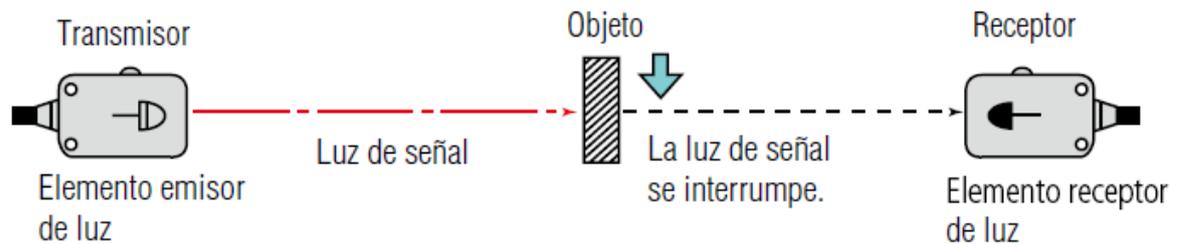


Figura 3.9 Modo de Barrera

(Keyence, 2015, pág. 14)

3.3.3.3 Sistemas de reconocimiento de posición láser

Este tipo de sensores láser detecta el posicionamiento de determinados objetos para este fin utiliza dos sistemas de reconocimiento estos son dos mediante triangulación y el otro por la medición del tiempo

3.3.3.4 Sistema de triangulación

Para la triangulación el emisor envía un haz de luz láser luego esta luz es reflejada por algún objeto para luego ser concentrada en el lente receptor creando de esta forma una imagen cuando la distancia cambia y esta es reflejada en ángulos diferentes tal como se muestra en la figura 3.11.

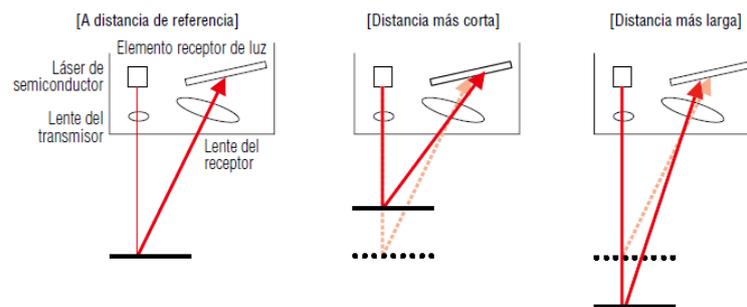


Figura 3.10 Sistema de triangulación láser

(Precimeter, 2016, pág. 76)

3.3.3.5 Sistema de medición de tiempo

Es también conocido como tiempo de vuelo (TOF) y este logra medir la distancia de un objeto en base al tiempo desde que el haz de luz láser es emitido hasta que este retorna al sensor.

Para el cálculo de la distancia existe una fórmula que es la siguiente:

$$2Y = C \times T$$

[3.1]

Donde

Y= es la distancia recorrida de ida y vuelta

C= la velocidad de la luz

T=el tiempo que se demora en recibir la luz reflejada en el objeto

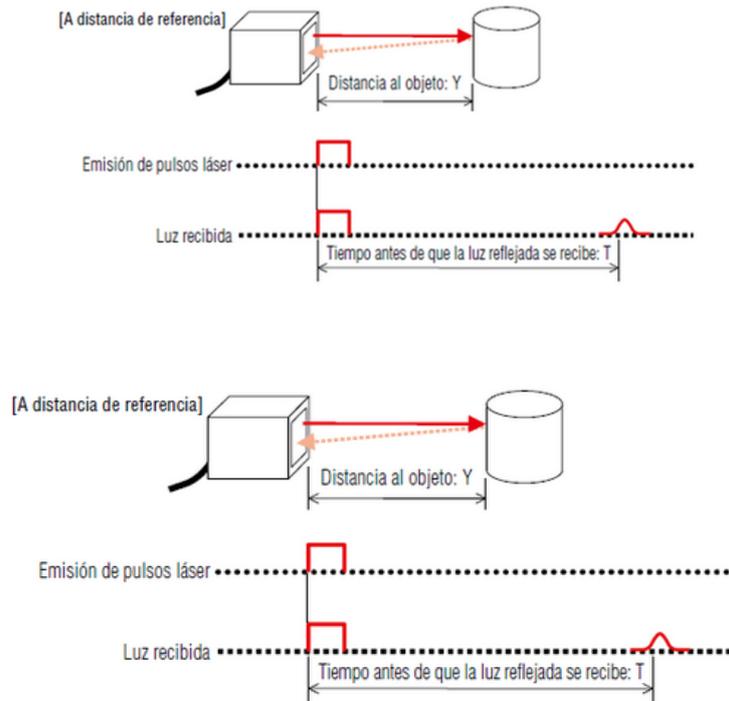


Figura 3.11 Tiempo de vuelo láser

(Precimeter, 2016, pág. 86)

3.3.3 Sensor infrarrojo

Esencialmente, consiste en un emisor de señal infrarroja (un LED) y un fototransistor. Si ambos apuntan hacia el mismo lado, tenemos un sensor reflectivo, dado que el fototransistor será estimulado cuando la luz del LED se refleje sobre una superficie. (Zabala, 2007, pág. 152)



Figura 3.12 Sensor infrarrojo

(Zabala, 2007, pág. 152)

3.3.3.1 Principales configuraciones del sensor

Existe un sinnúmero de configuraciones posibles para este sensor, todo depende del tipo de trabajo que va a realizar el sensor entre los principales podemos citar las siguientes:

- Sensores reflexivos:

Esta configuración del sensor cuenta con un lado frontal en el que se instala el LED y su fototransmisor. Esta configuración calcula la radiación originaria del reflejo de la luz enviada por el mismo LED.

- Sensores de ranura:

Se trata de un detector infrarrojo con el mismo principio, pero formado por varios elementos enfrentados que comparten información en tiempo real.

- Sensores modulados:

Este modelo de sensor infrarrojo sigue también el principio de reflexión, aunque usando la emisión de una señal modulada.

- Sensores de barrido:

En este caso, el sensor funciona realizando un barrido horizontal de la superficie reflectante usando señales moduladas.

- Configuración óptica:

Está basado en un único sensor enfrentado a un cristal que genera la imagen de una sección en la región que se va a medir.

3.3.4 Sensor de ultrasonido

El funcionamiento de este sensor está basado en el reflejo de la onda de ultrasonido en algún objeto que impide su paso.



Figura 3.13 Sensor de ultrasonido
(Murillo, 2014, pág. 14)

El ultrasonido son aquellas vibraciones que poseen una frecuencia superior a las que los humanos podemos escuchar estas se generan a partir de los 20 KHz que se movilizan en un medio elástico, en la figura 3.15 se observa el espectro del ultrasonido.

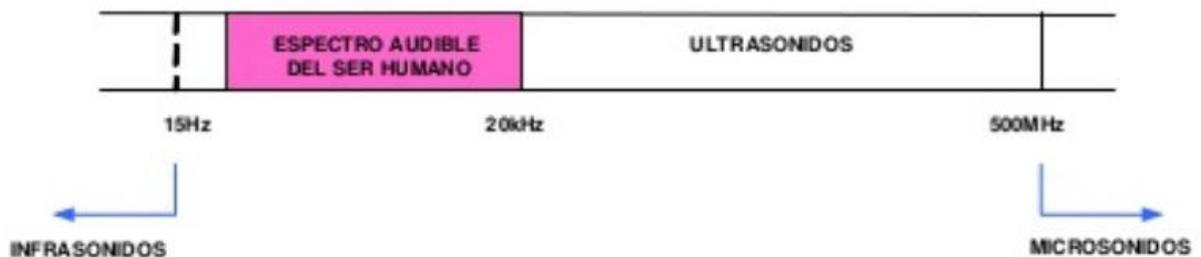


Figura 3.14 Espectro del ultrasonido

(Murillo, 2014, pág. 2)

3.3.4.1 Fórmula del cálculo de distancia

En un medio homogéneo como el aire, la propagación del sonido se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [3.2]$$

Dónde:

C= velocidad de propagación (onda de ultrasonido)

E= módulo de elasticidad (aire= $1,42 \times 10^5$ Pa)

ρ = densidad (aire= $1,225 \text{ kg/m}^3$ a la presión atmosférica normal y a $15 \text{ }^\circ\text{C}$)

3.3.4.2 Principales configuraciones

- Reflexión en objetos móviles:

Sucede cuando la propagación de la señal de ultrasonido se propaga en medios no homogéneos y que poseen un movimiento relativo entre ellos

- Interrupción de señal ultrasónica:

Se produce cuando algún objeto impide el libre paso de la señal

- Reflexión en objetos inmóviles:

Se debe a la reflexión de la señal entre dos objetos que mantienen una distancia fija es decir no se mueven uno del otro. Como se observa en la figura 3.16

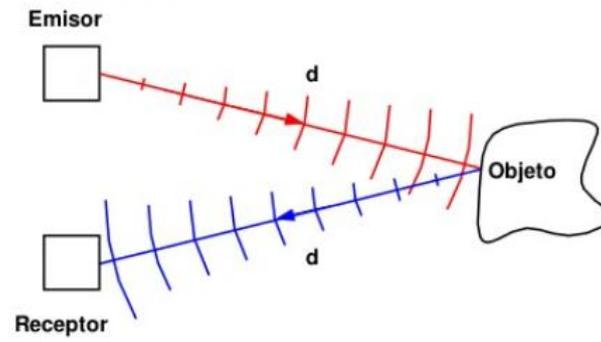


Figura 3.15 Reflexión en objetos por ultrasonido
(Murillo, 2014, pág. 15)

CAPÍTULO IV

4. LA PROPUESTA

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO DE MEDICIÓN

En el capítulo anterior se conocieron los diferentes elementos de medición, puesto que son los más adecuados para el aparato y luego por supuesto se seleccionó el más idóneo para la construcción del dispositivo.

También se trató la implementación del sensor con la tarjeta Raspberry y el Arduino. Se detalla cada uno de ellos esencialmente para conocer sus características principales y su función en el dispositivo.

Luego de completado el dispositivo se procedió a realizar las pruebas de campo necesarias para determinar su grado de seguridad en cuanto a resultados determinando si el neumático se encuentra en condiciones óptimas de circulación de acuerdo con la norma RTE. INEN 011 “NEUMÁTICOS” que establece los requisitos que debe cumplir el neumático para circular en un vehículo de pasajeros.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

El sensor infrarrojo realiza la tarea de obtener datos luego de que este emite un haz de luz infrarroja y es recibida en su receptor, este envía los datos al Arduino que a su vez los envía al Raspberry pi el cual mediante un lenguaje de programación los analiza.

El funcionamiento del dispositivo se puede explicar mediante un diagrama de flujo como se observa en la figura 4.1

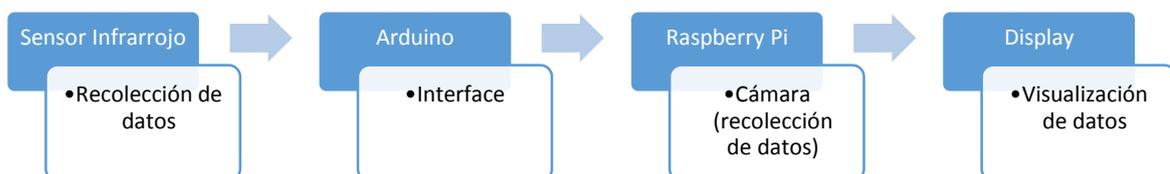


Figura 4.1 Diagrama de flujo del proceso de medición.

Adicionalmente a los datos que envía el sensor de infrarrojo al Arduino, el Raspberry recibe los datos de la cámara, que al mismo momento que el sensor realiza el barrido para la recolección de datos, esta toma una fotografía la cual es analizada mediante algoritmos en el Raspberry pi.

Cuando el programa analiza estas dos fuentes de datos realiza una fusión de datos y se obtiene un resultado que nos indica si el neumático está en buenas condiciones o si por el contrario no está en circunstancias operativas. Cabe señalar que el resultado es una media de los dos datos puesto que el neumático presenta diferencias en su desgaste debido a muchos factores ya analizados en el capítulo dos

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO

A continuación, se analiza las características y el funcionamiento de cada uno de los elementos que componen el dispositivo.

4.3.1 Placa Arduino Uno

Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de electrónica en proyectos multidisciplinarios (Aranda, 2014, pág. 62).

La placa Arduino posee entradas digitales y analógicas, las cuales le permiten realizar múltiples tipos de operaciones, es decir podemos interactuar con luces LED, trabajar con sensores, activar y desactivar motores, inclusive elementos más complejos como objetos con GPS o GSM.

El Arduino al trabajar con una fuente (open source) nos permite construir nuestro propio Arduino y realizar cambios en el tanto en su programación como en sus componentes sin ningún problema de derechos de autor (Aranda, 2014, pág. 68).

4.3.1.1 Características:

- Microcontrolador ATmega328.
- Voltaje de entrada 7-12V.
- 14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).
- 6 entradas análogas.
- 32k de memoria Flash.
- Reloj de 16MHz de velocidad (Aranda, 2014, pág. 68).

Las principales partes del Arduino se pueden apreciar en la figura 4.2 tanto sus entradas y sus salidas.

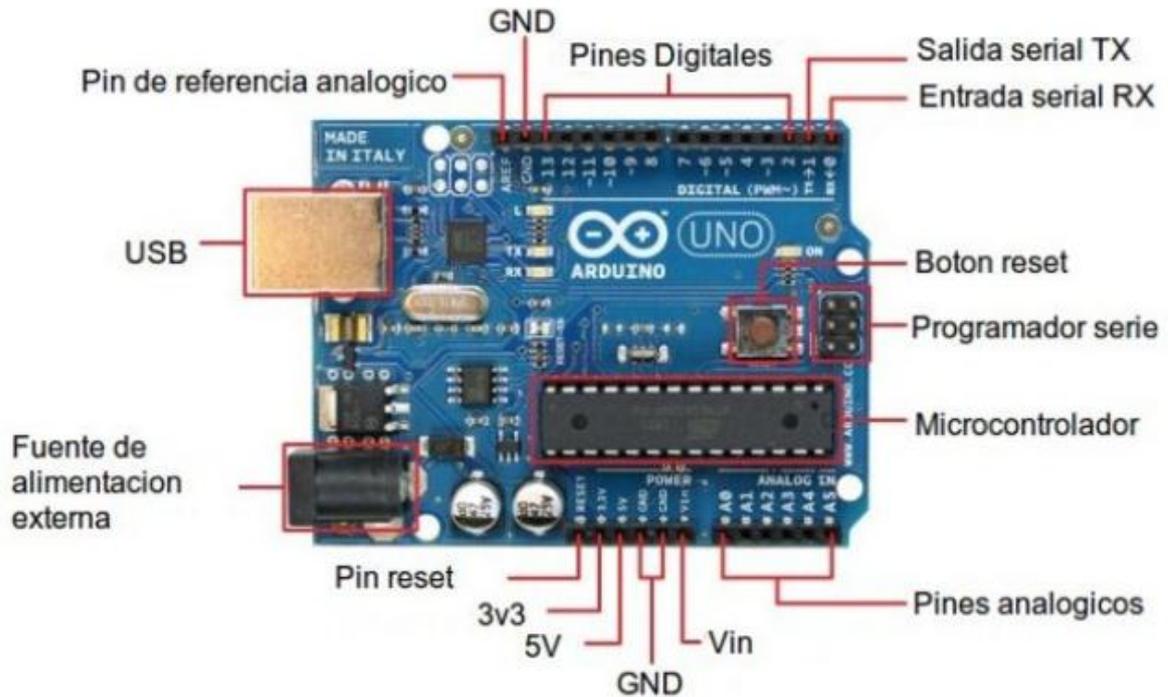


Figura 4.2 Elementos y conexiones del Arduino Uno
(Aranda, 2014, pág. 68)

4.3.1.2 Descripción de los pines de Arduino Uno.

- Pin VIN:

Este pin alimenta la conexión con otro dispositivo, la tensión será regulada a 5v.

- Pin GND:

El pin GND es la tierra.

- Pin 5v:

Este pin permite la alimentación de la placa mediante, siempre que tengamos la fuente externa regulada a 5v.

- Pin 3.3v:

Este pin alimenta 3.3V se utilizan para alimentar dispositivos que necesitan una tensión baja (Calaza, 2015, pág. 54).

Los pines a utilizar para la comunicación con el Raspberry Pi y el Arduino son la salida serial TX y la entrada serial RX

4.3.2 Raspberry pi 3 modelo b

La Raspberry pi 3 es una placa de computadora, pero en miniatura, la cual se comporta como una de tamaño normal al principio se lanzó como una plataforma para la enseñanza en las escuelas por la Universidad de Cambridge en el Reino Unido, pero a partir del 2012 se empezó a comercializarla.

Su principal ventaja es que se puede comportar como un computador normal incluso cuando no posee sus accesorios como base para su funcionamiento puesto que se la comercializa sola dejando al usuario la libertad de conectar sus periféricos de preferencia (Raspberry PI, 2018, pág. 125).

4.3.2.1 Características

- Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU
- 1GB RAM
- BCM43438 Wireless LAN and Bluetooth Low Energy (BLE) on board
- 100 Base Ethernet
- 40-pin extended GPIO
- 4 USB 2 ports
- 4 Pole stereo output and composite video port
- Full size HDMI
- CSI camera port for connecting a Raspberry Pi camera
- DSI display port for connecting a Raspberry Pi touchscreen display
- Micro SD port for loading your operating system and storing data
- Upgraded switched Micro USB power source up to 2.5A (Raspberry PI, 2018, pág. 128).

Como se puede apreciar en sus características técnicas posee un hardware que le permite desempeñarse con velocidad en las actividades que se le encomiende.

Como se puede apreciar en la figura 4.3 estas son sus partes principales.

Esta placa de alta tecnología es la encargada de realizar todos los procesos que lleva acabo el dispositivo, pues es el que recibe los datos del Arduino y la cámara los procesa y los envía a sus respectivos periféricos para su visualización.

En la Raspberry se utilizarán los 40 pines de conexiones en este caso los pines 11 y 12 para la comunicación con el Arduino estos realizaran las tareas de envío de

señales para que el Arduino active el motor paso a paso (Raspberry Pi, 2018, pág. 146).

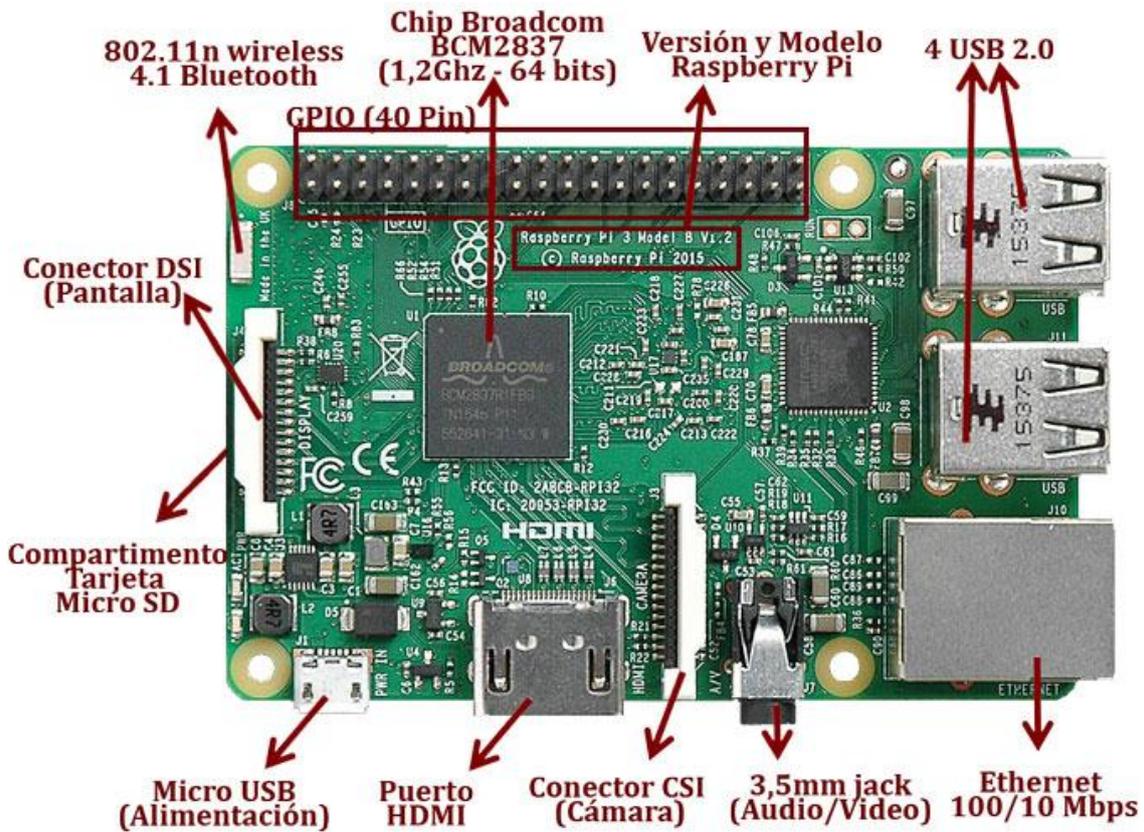


Figura 4.3 Elementos y conexiones del Raspberry Pi 3
(Aranda, 2014, pág. 58)

4.3.3 Sensor Infrarrojo SHARP GP2Y0A02YK0F

Este sensor realiza mediciones ópticas de objetos a distancia, está conformado con un emisor infrarrojo de LED y un receptor que detecta la posición, además posee un chip que realiza el cálculo de distancia convirtiendo las distancias en valores analógicos.

Este sensor se encarga de escanear la superficie del neumático mientras este hace un barrido y convierte estos datos en tensión analógica que es recibida por el Arduino a través de sus entradas analógicas y después ser interpretados como valores de distancias (Borangui, 2015, pág. 213).

Este sensor es poco sensible a la luz, al color y a la temperatura del ambiente cosas que afectaban demasiado al sensor de ultrasonido.

El haz de luz del infrarrojo se dispersa en un rango un poco menos ligero que el sensor láser que no se dispersa, sino que posee propiedades cohesivas.

4.3.3.1 Funcionamiento

El sensor envía un haz de luz LED infrarrojo a una onda de 850 nm y una diferencia de +/- 70 nm. Este haz de luz es enviado en forma de pulsaciones para evitar alguna interferencia de la luz ambiente.

El sensor posee un receptor lineal de posicionamiento PSD (position sensitive detection) que es el encargado de recibir la luz reflejada en cualquier objeto en la trayectoria del barrido. Para el cálculo de la distancia en base a la tensión utiliza una triangulación, como se observa en la figura 4.4, en los objetos que se encuentran enfrente del rayo (Borangiu, 2015, pág. 214).

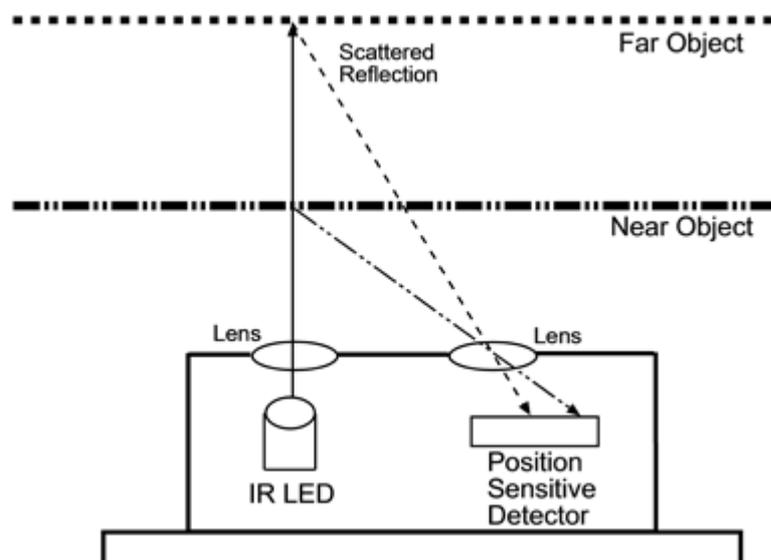


Figura 4.4 Triangulación del infrarrojo

(Borangiu, 2015, pág. 213)

El voltaje de salida nominal es 2.5 V y dependiendo de la distancia del objeto este valor cambia para darnos una tensión analógica para esto el chip del sensor realiza una interpolación de los valores de tensión para obtener la precisión necesaria (Borangiu, 2015, pág. 223).

En la figura 4.5 se puede observar la variación del voltaje en función de la distancia cabe aclarar que el valor de tensión que se observa a 10 cm es el mismo a 26 cm por lo que es necesario predeterminar una distancia fija a la que se realizan las

mediciones ya que un cambio en esta variable puede ocasionar cambios en la precisión.

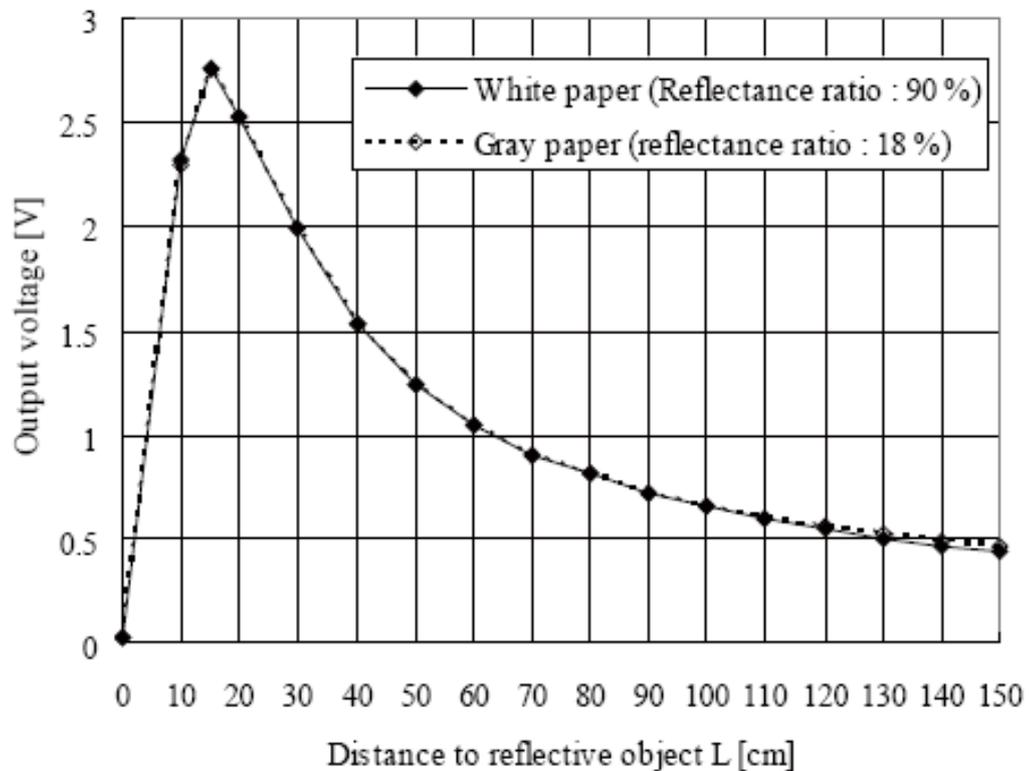


Figura 4.5 Variación del voltaje en función de la distancia
(Borangiu, 2015, pág. 156)

4.3.3.2 Especificaciones para el montaje

Para conectar el sensor al Arduino se observa el voltaje de corriente continua que es de 5 Vcc y la conexión a tierra GND como se observa en la figura 4.6.

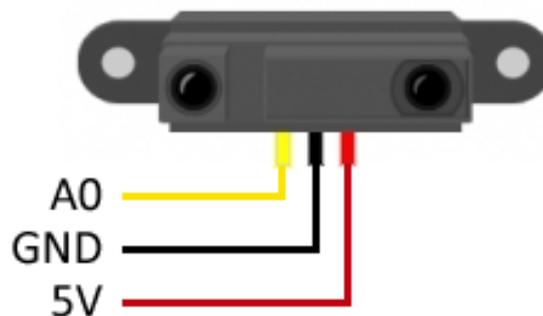


Figura 4.6 Conexiones del sensor Sharp
(Borangiu, 2015, pág. 29)

La conexión a señal en el pin de entrada analógica A0 se realiza siguiendo la figura 4.7

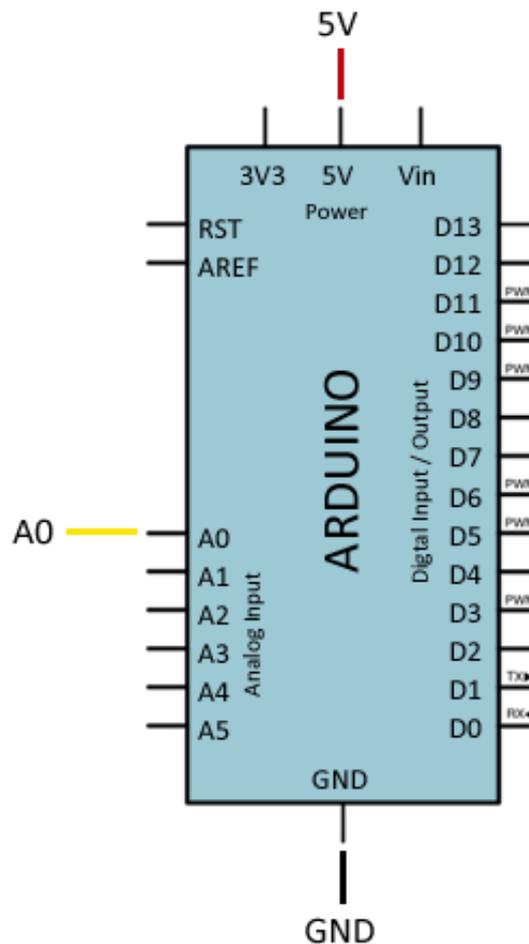


Figura 4.7 Pin de carga de señal del sensor en el Arduino Uno

(Borangiu, 2015, pág. 35)

4.3.4 Módulo convertidor de voltaje step up XL6009

El convertidor de voltaje DC-DC Step-Up 2.5A XL6009 tiene como función entregar un voltaje de salida constante superior al voltaje de entrada frente a variaciones del voltaje de entrada o de carga. Soporta corrientes de salida de hasta 2.5A, voltaje de entrada entre 5V a 32V y voltaje de salida entre 7V a 32V. El voltaje de salida se selecciona mediante un potenciómetro (Naylamp, 2015, pág. 14).

Para el presente trabajo de grado se utiliza para elevar el voltaje de la fuente de poder que es de 5 V a 12 V que es el voltaje con el que trabaja el motor DC del carrito que hace el barrido con el sensor infrarrojo.

Para calibrarlo al voltaje deseado se lo puede regular con un potenciómetro (trimmer) que se puede observar en la figura 4.8.

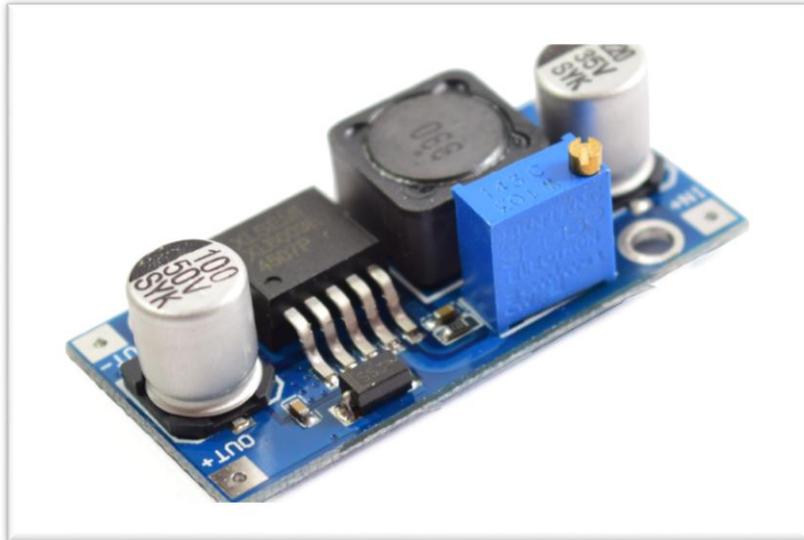


Figura 4.8 Convertidor de voltaje Step Up
(Naylamp, 2015, pág. 13)

4.3.4.1 Especificaciones técnicas

Sus principales especificaciones para un correcto funcionamiento son las siguientes:

- Convertidor DC-DC Boost: XL6009
- Voltaje de entrada: 5V a 32V DC
- Voltaje de salida: 7V a 35V DC
- V. Salida ajustable (Regulable por trimmer)
- Corriente de salida: máx. 2.5A (usar disipador para corrientes mayores a 2A)
- Potencia de salida: 10W
- Eficiencia de conversión: 94% máx.
- Regulación de carga: $S(I) \leq 0.5\%$.
- Regulación de voltaje: $S(u) \leq 0.5\%$.
- Frecuencia de Trabajo: 400KHz
- Protección de sobre-temperatura: SI (apaga la salida)
- Protección de corto circuito: NO
- Protección limitadora de corriente: SI (4A)
- Protección frente a inversión de polaridad: NO

- Dimensiones: 43mm x 20mm x 14mm (Naylamp, 2015).

Se seleccionó este elevador de corriente por su alto grado de fiabilidad al momento de la conversión del voltaje que es del 94%.

4.3.4.2 Aplicaciones

Es ampliamente utilizado en elementos tales como:

- Fuente de 12V a partir de 5V o 3.7V
- Robótica móvil

4.3.5 Driver L298N para motores DC y paso a paso

Con este módulo que posee un chip L298N se controla el motor paso a paso del carrito que realiza el barrido para esto el motor utiliza una cinta transportadora que realiza el trabajo de moverlo a la derecha y a la izquierda (Artero, 2013, pág. 357).

En la figura 4.9 se puede observar las diferentes entradas para alimentar la tarjeta y las salidas para los 2 motores, para el presente trabajo de grado solo se utilizó una salida debido a que solo se cuenta con un motor que realiza el trabajo para lo cual la tarjeta cambia la polaridad del motor y este se desplaza en los dos sentidos según sea el caso.

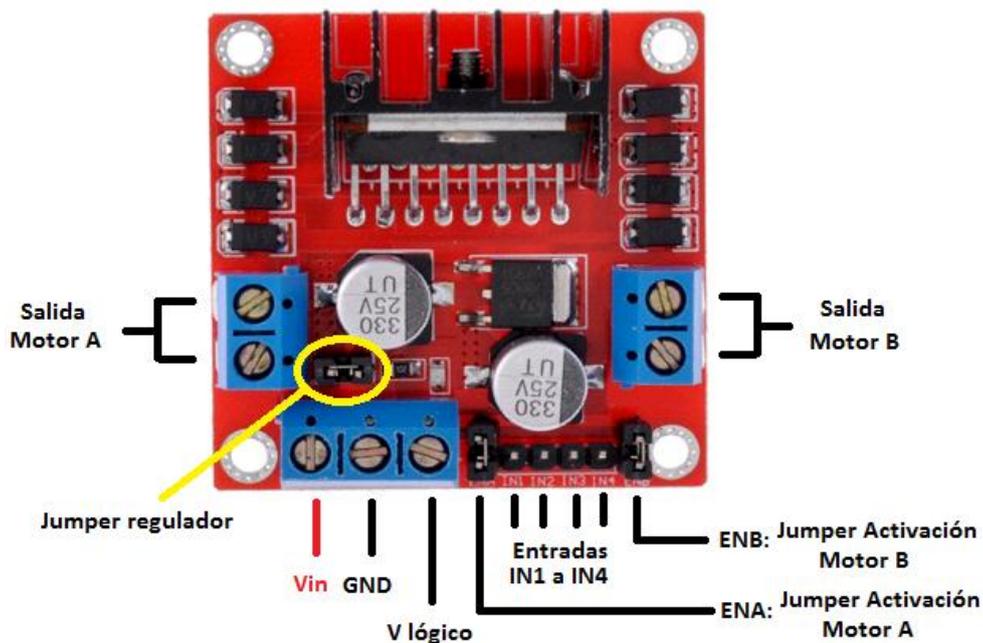


Figura 4.9 Conexiones a la tarjeta driver L298N

(Artero, 2013, pág. 357)

4.3.6 Fuente de poder

Con el objetivo de convertir al dispositivo en una herramienta móvil se utiliza una fuente de poder de 50.000 mAh la cual posee una capacidad de trabajo de 3 horas con todos los elementos del dispositivo trabajando, en la figura 4.10 se observan todos sus elementos y sus salidas de poder, contando con dos salidas USB de 5 V cada una con un amperaje de 1 y 2.1 amperios respectivamente

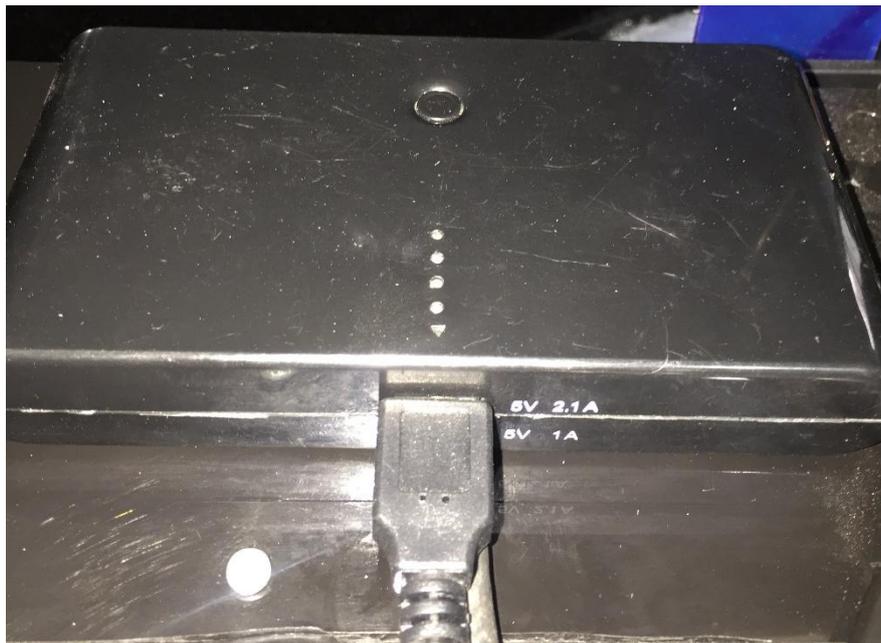


Figura 4.10 Fuente de poder DC

4.3.7 Cámara web

La cámara web es un elemento indispensable en el funcionamiento del dispositivo, está conectada directamente al Raspberry Pi para hacer un proceso de análisis y récord de los neumáticos analizados, además nos deja una base de datos en la cual se puede apreciar luego de pasar por algunos filtros el estado de los neumáticos.

Para el presente trabajo se utilizó la cámara web “RAYANTS C-009 Free-Drive 12.0MP HD Webcam with Night Vision” la misma que cuenta con una resolución de 12 megapíxeles HD y visión nocturna (Rayantis, 2017, pág. 34).

En la figura 4.11 se puede apreciar la lente y los diodos para visión nocturna de la cámara web.



Figura 4.11 Cámara web Rayants C-009
(Rayantis, 2017, pág. 33)

4.3.7.1 Especificaciones

A continuación, se observa en la tabla 4.1 las especificaciones de la cámara web

Tabla 4.1 Especificaciones de la cámara web RAYANTS C-009.

Interface	USB 2.0
Wireless o con cable	Cable
Resolución de Imagen	12MP
Resolución de Video	640 x 480
Fuente de poder	USB 5V
Micrófono	Si
Sistemas Operativos	Win xp, Win7 32, Win7 64, Win8 32, Win8 64

Fuente: (Rayantis, 2017, pág. 33)

4.4 ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS EN EL DISPOSITIVO

Para el ensamblaje del dispositivo se cuenta con los elementos principales que son el Arduino uno y el Raspberry Pi 3 que son los encargados de recibir e interpretar los datos enviados por el sensor y la cámara, utilizando cables de conexión y jumpers que interconectan las diferentes entradas y salidas, puertos analógicos y digitales de los elementos electrónicos.

En la figura 4.12 se observa el Raspberry Pi colocado en la carcasa que contiene los demás elementos electrónicos para un fácil acceso se colocaron todos los componentes en la parte superior cubiertos con una caja contenedora.

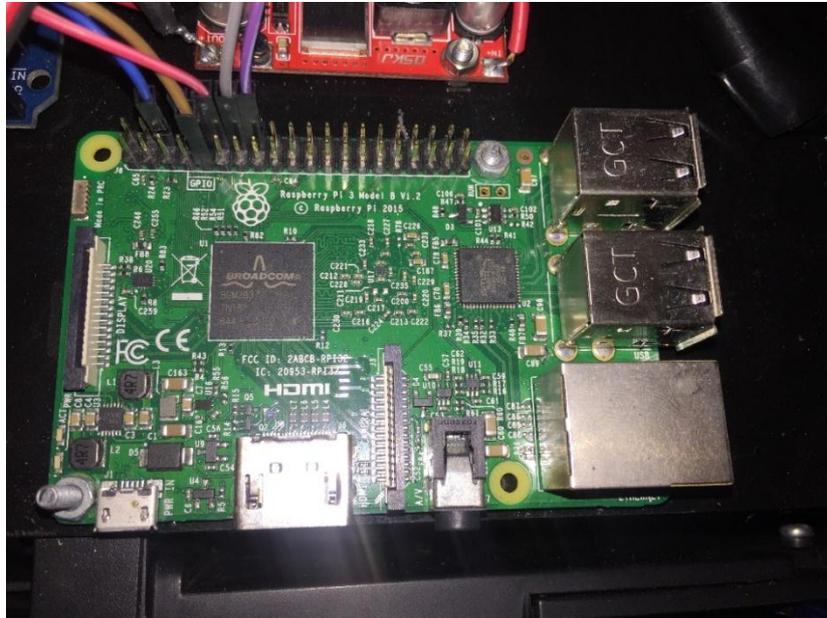


Figura 4.12 Tarjeta Raspberry Pi 3 modelo B

En la figura 4.13 se observa la tarjeta Arduino Uno que es otro elemento esencial para el funcionamiento del dispositivo, ya colocado en la carcasa de elementos.

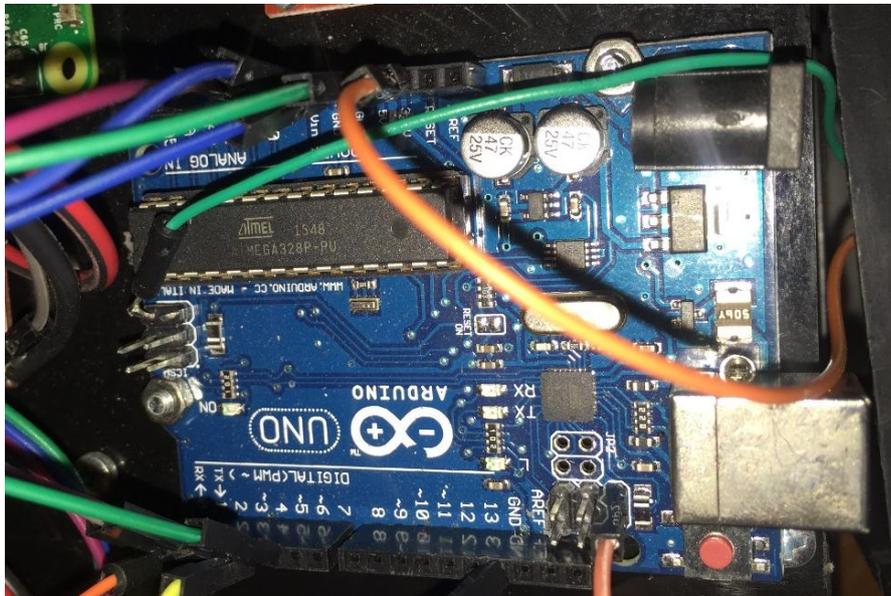


Figura 4.13 Tarjeta Arduino Uno

En la figura 4.14 se observa el emplazamiento y conexión del driver L298N que sirve para controlar el sentido de giro del motor de la cinta que transporta el carrito de barrido del sensor.

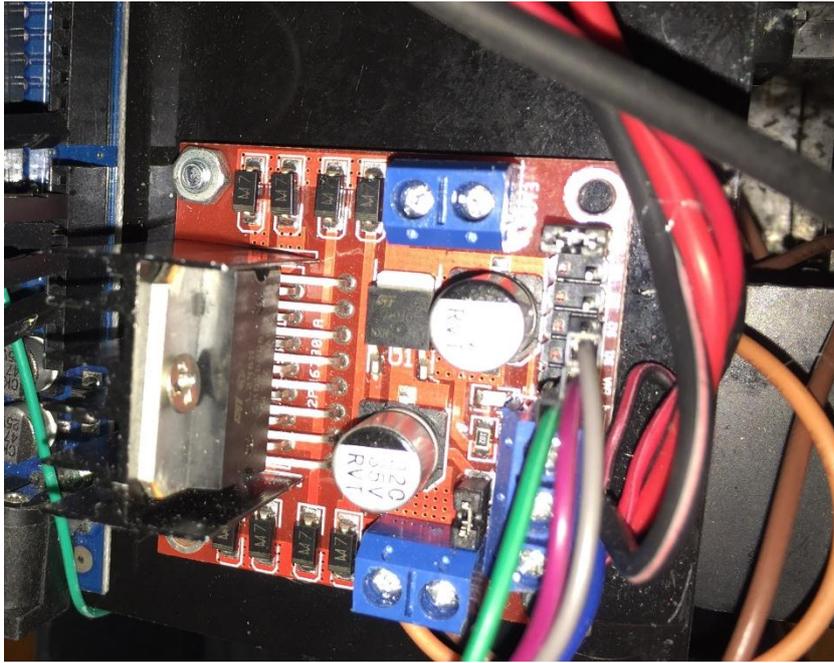


Figura 4.14 Driver L298N

La última placa se la puede observar en la figura 4.15 es un módulo elevador de corriente step up XL6009, este módulo eleva el voltaje de 5V de la fuente a 12V tensión necesaria para la operación del motor DC.

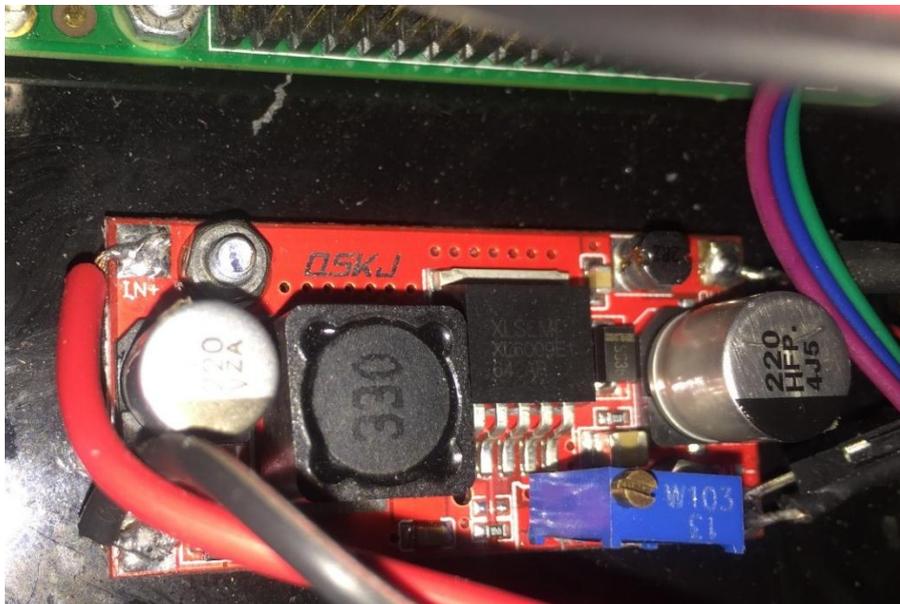


Figura 4.15 Módulo step up XL6009

Luego de tener las 4 placas principales interconectadas, en la figura 4.16 se observa el sensor infrarrojo ya colocado en el dispositivo.

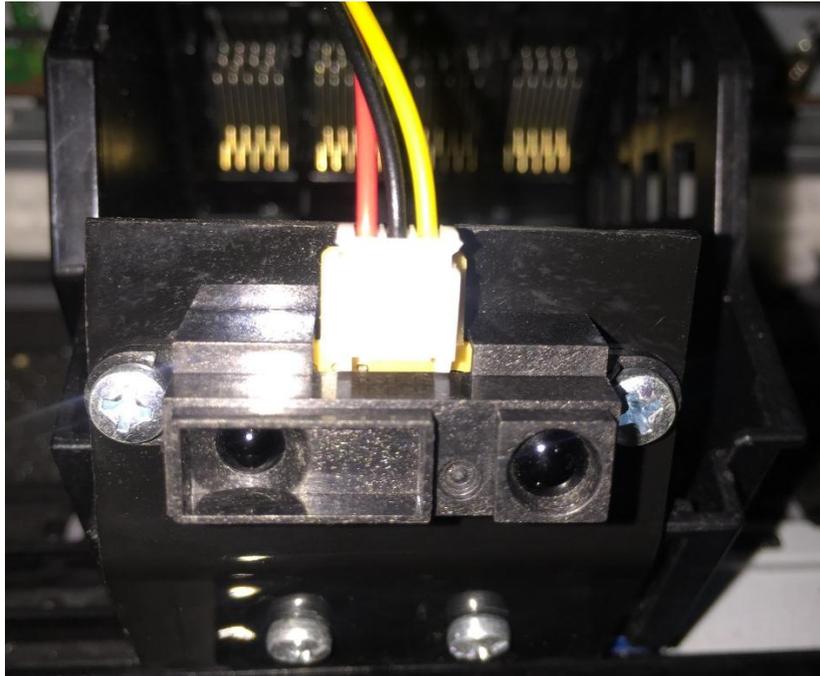


Figura 4.16 Sensor Infrarrojo

Para una correcta visualización de los neumáticos se colocaron dos líneas de leds de alta potencia estas están alimentadas con 12 V y nos permiten tomar las fotografías en cualquier situación de luminosidad ambiental figura 4.17.



Figura 4.17 Luces LED alta potencia

Luego de integrar todos los elementos en la carcasa, como se observa en la figura 4.18 el dispositivo ya se encuentra en condiciones de realizar pruebas de medición en los neumáticos de los buses.

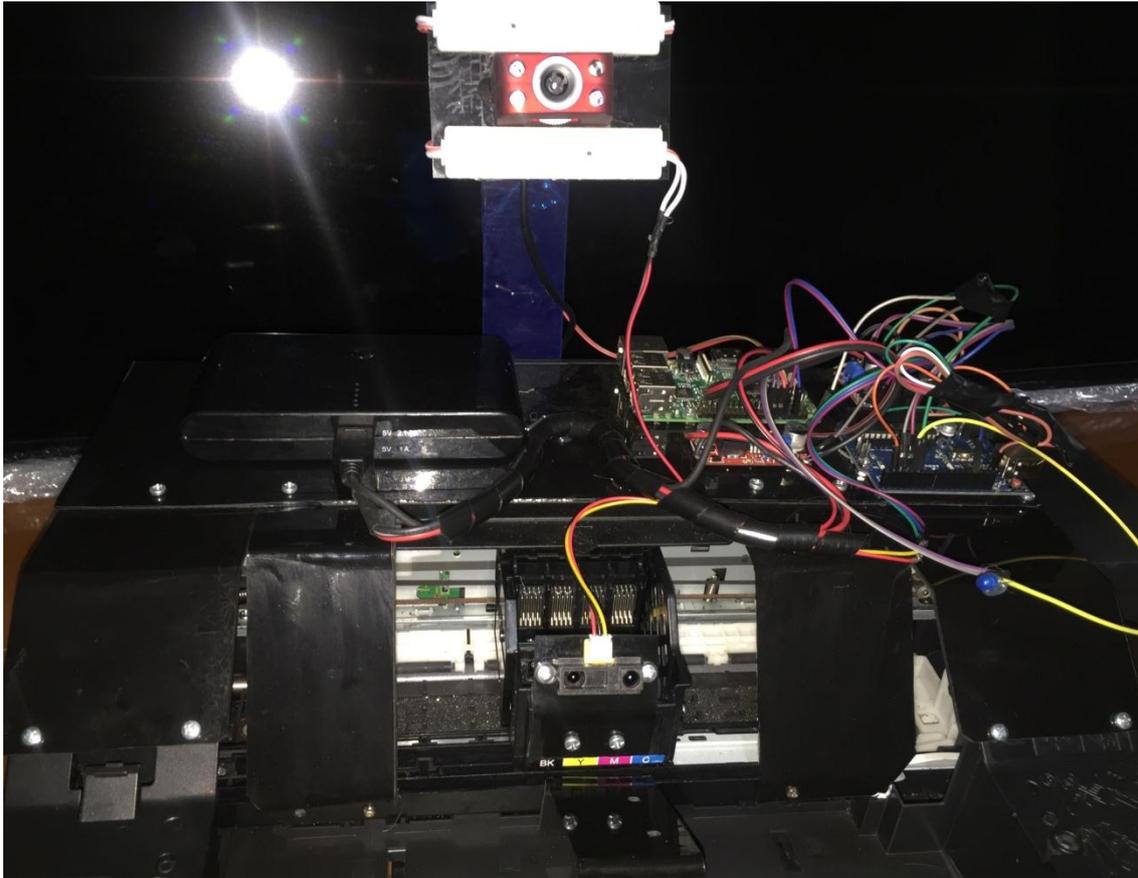


Figura 4.18 Dispositivo de medición terminado

4.5 PROGRAMACIÓN

Para el correcto funcionamiento de las diferentes plataformas que se utilizan para el dispositivo se utilizan programas que permiten enviar órdenes al Arduino y al Raspberry Pi

Entre los principales ítems que se utilizan para realizar la medición y la presentación de los resultados vía web tenemos:

- Sublime text (programación)
- Apache
- PHP
- Arduino (programación)
- Lenguaje C
- Lenguaje C++
- Python

4.5.1 Sublime text 3

Sublime Text 3 es un editor de texto pensado para escribir código en la mayoría de los lenguajes de programación y formatos documentales de texto, utilizados en la actualidad: Java, Python, Perl, HTML, JavaScript, CSS, HTML, XML, PHP, C, C++, etc.... (GONZALES, 2012, pág. 7).

4.5.2 Apache

Apache es un poderoso servidor web, cuyo nombre proviene de la frase inglesa “a patchy server” y es completamente libre, ya que es un software Open Source y con licencia GPL. Una de las ventajas más grandes de Apache, es que es un servidor web multiplataforma, es decir, puede trabajar con diferentes sistemas operativos y mantener su excelente rendimiento (The Apache Software Foundation, 2010, pág. 15).

Para entender lo que es Apache se debe definir lo que es un servidor web. La definición más sencilla de servidor web, que es un programa especialmente diseñado para transferir datos de hipertexto, es decir, páginas web con todos sus elementos (textos, widgets, banners, etc.). Estos servidores web utilizan el protocolo http.

Los servidores web están alojados en un ordenador que cuenta con conexión a Internet. El web server, se encuentra a la espera de que algún navegador le haga alguna petición, como, por ejemplo, acceder a una página web y responde a la petición, enviando código HTML mediante una transferencia de datos en red.

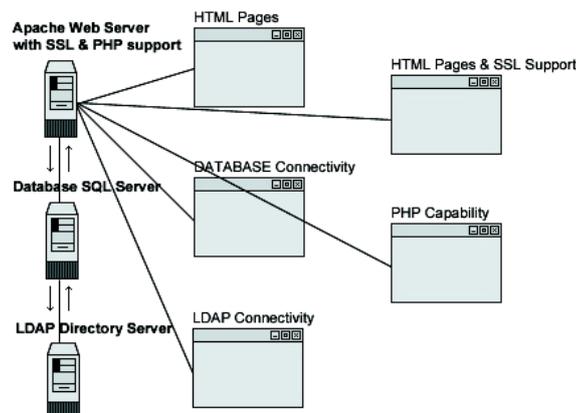


Figura 4.19 Esquema de funcionamiento de Apache
(The Apache Software Foundation, 2010, pág. 12)

4.5.3 PHP

PHP es un lenguaje de programación que sirve mayormente para el desarrollo de aplicaciones web, cabe señalar que es el más utilizado en el mundo. PHP también convierte aplicaciones estáticas a dinámicas es decir que fluyen más rápido, más interactivas.

PHP significa en inglés Hypertext Pre-Processor. Y está enfocado de manera primordial al desarrollo de scripts que luego son interpretados por un servidor en nuestro caso el Apache. (Torres Remon, 2015, pág. 57)

4.5.4 Arduino (programación)

El lenguaje Arduino es decir su programación es muy parecida al lenguaje C o C++ se utiliza la misma sintaxis y las funciones principales con la única diferencia que en el lenguaje Arduino se estructuran funciones propias todas ellas para simplificar el uso. (GOILAV, 2016, pág. 95)

4.5.5 Lenguaje C y C++

El lenguaje C se utiliza para escribir programas de alto nivel y que pueden tener un sinnúmero de fines.

El lenguaje C tiene una ventaja sobre los otros que al compilar su tamaño se reduce significativamente lo que optimiza la ejecución y brinda una mayor velocidad en cualquier plataforma solo en código fuente. (Ceballos, 2015, pág. 10)

El lenguaje C++ se desarrolló tomando como base el lenguaje C, es decir al lenguaje C se le añadieron funciones virtuales, funciones sobrecargadas y operadores sobrecargados. Es por esto que el lenguaje C++ se considera un lenguaje híbrido que en un lado utiliza las características de programación orientadas a la eficiencia por otra parte mejora las capacidades de C. lo que le da a C++ mayor potencia, eficiencia y flexibilidad. (Ceballos, 2015, pág. 13)

4.5.6 Python

El programa Python, a veces es llamado script, es una secuencia de definiciones y comandos. Estas definiciones son evaluadas y los comandos son ejecutados por el intérprete de Python en algo llamado Shell. Por lo general, un nuevo Shell es creado cada vez que comienza la ejecución de un programa. En la mayoría de los casos, una ventana es asociado con el Shell (Guttag, 2016, pág. 8).

4.6 PRESUPUESTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO

Tabla 4.2 Presupuesto para la construcción del dispositivo

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
Raspberry Pi3	Tarjeta electrónica	1	120	120
Arduino	Tarjeta electrónica	1	40	40
Tarjeta Step Up	Elevador de voltaje 5 a 12 V	1	110	110
Sensor Infrarrojo	Toma de lecturas	1	45	45
Cámara Web	Toma de imágenes	1	45	45
Fuente de Poder	5 Voltios	1	80	80
Cables de conexión	Conexión entre elementos	4	5	20
Driver Controlador	Controladora de motor paso a paso	1	140	140
Regletas LED	Iluminación para toma de lecturas	2	25	50
Programación	Horas	100	1	100
Carcasa	Impresora + motores	1	40	40
Cargador	Cargador de batería	1	10	10
			Valor total	800

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PUESTA A PUNTO

5.1 PUESTA A PUNTO PARA LA MEDICIÓN DEL DISPOSITIVO

Para que el dispositivo de medición inicie con su trabajo se deben seguir ciertos pasos en orden que darán como resultado al dispositivo listo para realizar las mediciones.

- Conectar el Raspberry Pi a una red de Internet (puede ser una red pública o privada)
- Con un navegador web cualquiera (puede ser desde una laptop, una tablet, un smartphone) acceder a la dirección IP del Raspberry Pi como se indica en la figura 5.1 en este caso es la 172.20.10.2.

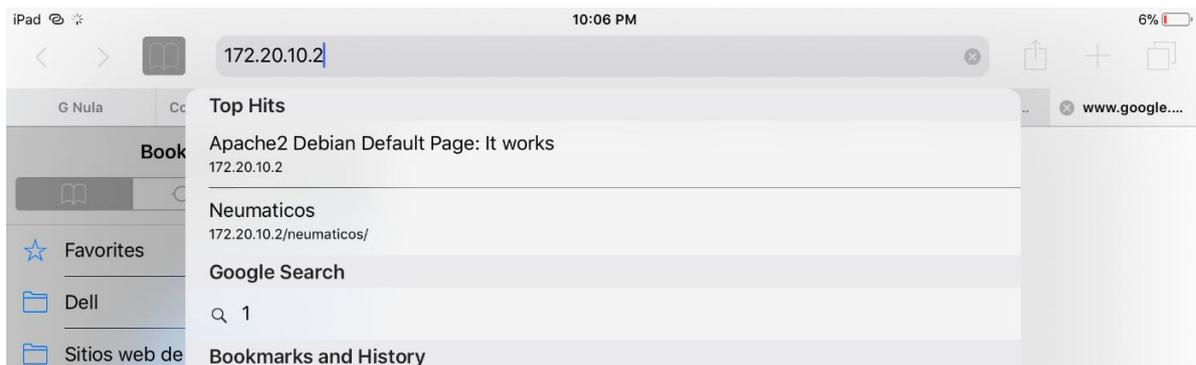


Figura 5.1 Ingreso de la IP hacia el Raspberry Pi

- Luego de ingresar aparecerá la página del servidor Apache lo que significa que el Raspberry Pi está en la red como se observa en la figura 5.2.

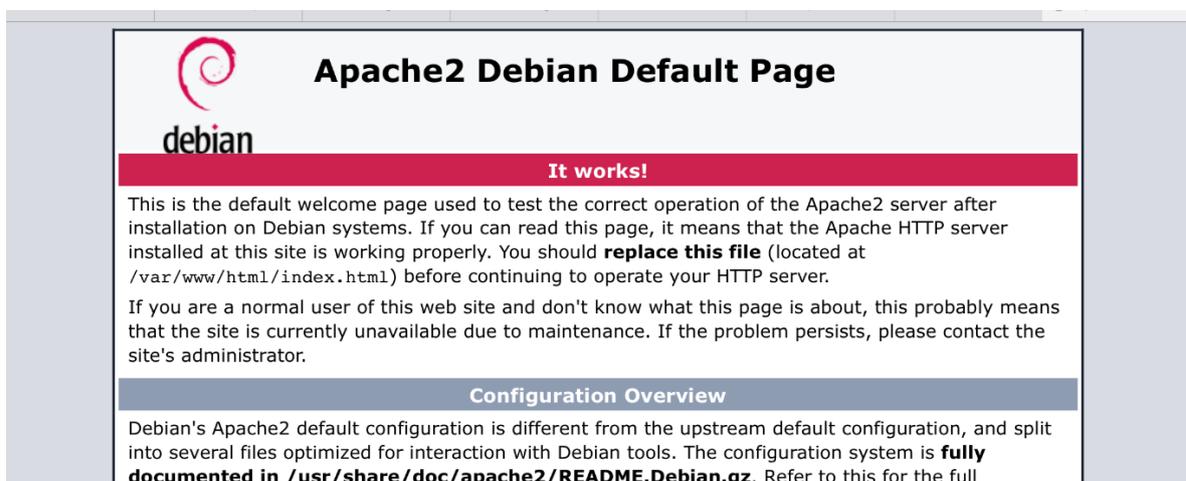


Figura 5.2 Servidor Apache

- Una vez conectado al servidor se coloca lo que está entre paréntesis, a continuación de la IP **“/neumáticos”** lo que da acceso al programa que se encuentra corriendo por default en el Raspberry Pi como se observa en la figura 5.3.

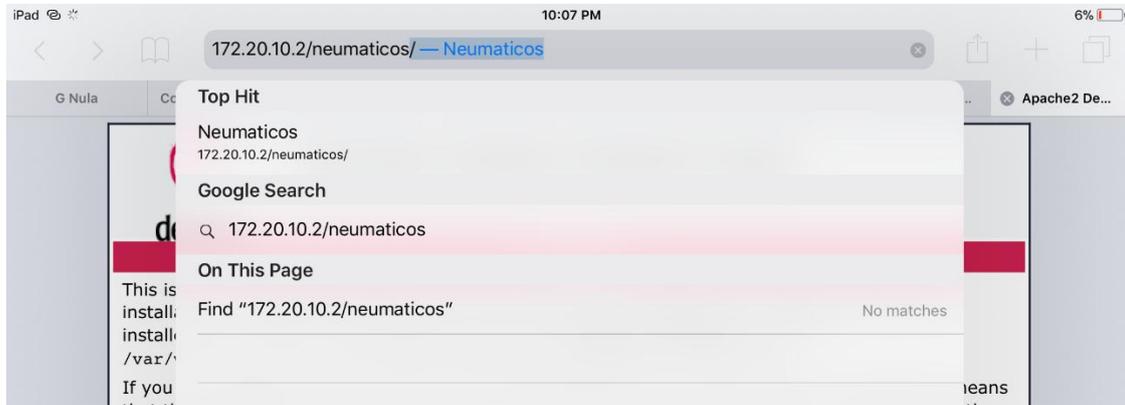


Figura 5.3 Ingreso al programa Neumáticos.

- Luego del ingreso, se despliega una página con la información básica para el inicio del programa como se observa en la figura 5.4 en la cual se detalla los parámetros de ingreso de datos los cuales son:
 - Nombre del propietario (privado o de cooperativa de buses)
 - Placa o número de identificación municipal y,
 - Numero de neumáticos a los que se desea analizar

172.20.10.2



CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE LA PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE RODADURA DE LOS BUSES DE PASAJEROS

Benavides Pazmiño Christian Ramiro

Iniciar Análisis

Ver Reportes Anteriores

Figura 5.4 Pantalla de inicio del programa

- Luego se procede a llenar los espacios requeridos como se observa en la figura 5.5 cabe señalar que se debe llenar todos los campos para que el análisis inicie.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
SCIENTIA ET TECNICUS IN SERVITIUM POPULI
AUTÓNOMA DESDE 1988
IBARRA - ECUADOR

CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN
AUTOMÁTICA DE LA PROFUNDIDAD DE LA BANDA DE
RODADURA DE LOS BUSES DE PASAJEROS

Benavides Pazmiño Christian Ramiro

CIA. Pichincha

PHK1688

2

Iniciar Análisis

Ver Reportes Anteriores

Figura 5.5 Campos requeridos para iniciar análisis

- Luego se da inicio el análisis en este caso se seleccionó realizarlo en 2 neumáticos, para lo cual en la primera imagen se detalla el inicio para el primer neumático como se observa en la figura 5.6 y luego se realizará el análisis del segundo luego de dar clic en empezar con el segundo análisis.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
SCIENTIA ET TECNICUS IN SERVITIUM POPULI
AUTÓNOMA DESDE 1988
IBARRA - ECUADOR

Análisis 1º neumático

Empezar

Cancelar

Figura 5.6 Inicio del primer análisis

- Luego se inicia el análisis en este paso se están analizando los datos del sensor y su respectiva imagen.

- A continuación se genera un reporte en PDF con los resultados del análisis (este reporte se aloja en la memoria interna del Raspberry).
- Luego se obtiene el reporte final, figura 5.7 en el cual se puede observar los datos iniciales básicos, así como las imágenes que corresponden a la banda de rodadura la primera real sin filtros, la segunda con un filtro en escala de grises para apreciar de mejor manera el labrado y por último un filtro de bordes que nos indica las superficies más altas y también las más gastadas las cuales carecerán de bordes.



Reporte de Análisis

Nombre del Propietario: Coop. Andina
 Placa: Psg1234
 Número de llantas: 4
 Fecha: 2018-07-04

Llanta # 1



Medida Obtenida: 4.36 mm
 Valor de Análisis: [300492.]-[6708.]

Neumático en estado medio.

Llanta # 2



Medida Obtenida: 6.67 mm
 Valor de Análisis: [300218.]-[6982.]

Neumático en buen estado.

Llanta # 3



Medida Obtenida: 7.93 mm
 Valor de Análisis: [300335.]-[6865.]

Neumático en buen estado.

Figura 5.7 Reporte final del análisis

- Para finalizar el proceso se puede imprimir el reporte enviándolo a una impresora conectada a la red o al dispositivo desde el cual se hace el análisis figura 5.8.

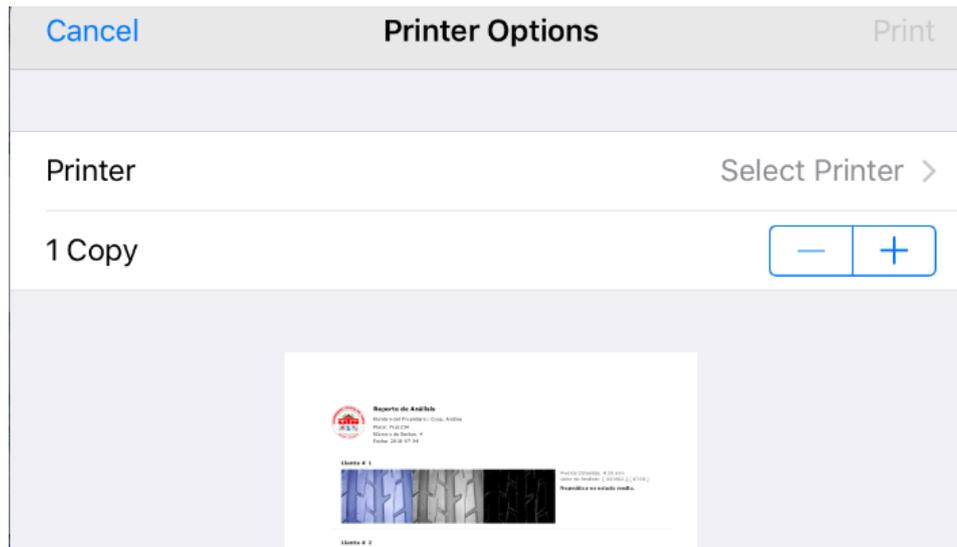


Figura 5.8 Opciones para imprimir

- Adicionalmente en la figura 5.9 se observa el acceso a una base de datos por fechas la cual se guarda en la memoria interna del Raspberry.

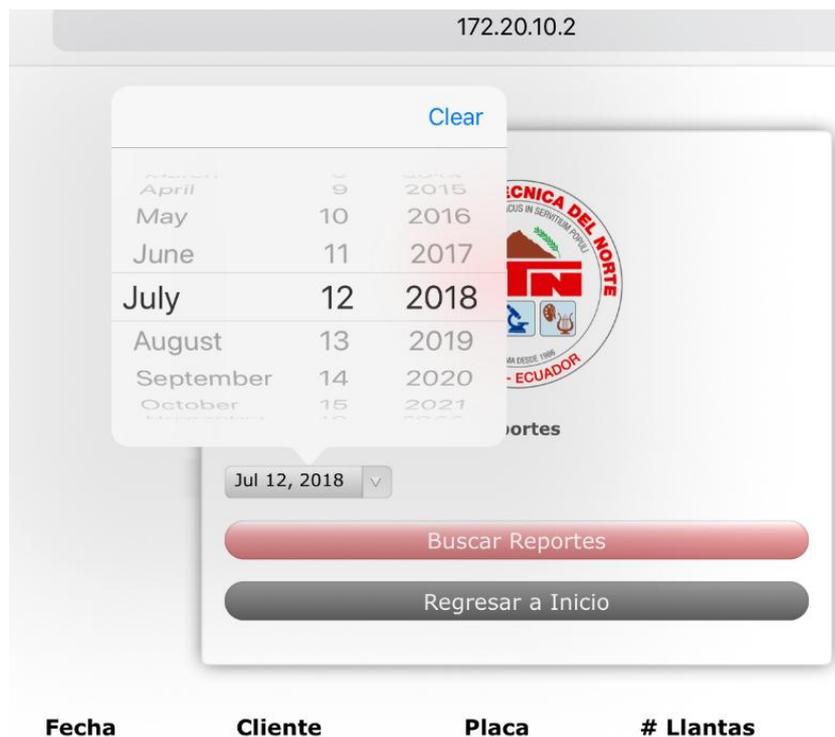


Figura 5.9 Base de datos por fechas de análisis

- En la figura 5.10 se observa la base de datos recuperada de una fecha específica esta base de datos se la puede enviar como correo electrónico, o mediante una hoja de Excel, crear un programa de mantenimiento que le servirá a la flota de buses de pasajeros como un mantenimiento preventivo de sus neumáticos en caso de ya estar en la zona media o baja de uso.



Fecha	Cliente	Placa	# Llantas	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Coop. Andina	Psg1234	4	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Ygf	Ggg	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Gf	Gf	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Gsv	Hsb	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Hdh	Jdhd	2	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Hsg	Hdh	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Gsg	Hdh	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Hsh	Suhd	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Hsh	Bdb	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	hg	ddd	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	hg	ddd	1	Imprimir	Eliminar

Figura 5.10 Base de datos recuperada

5.2 PROCESO DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO

En la figura 5.11 se muestran las conexiones y elementos básicos del dispositivo de medición

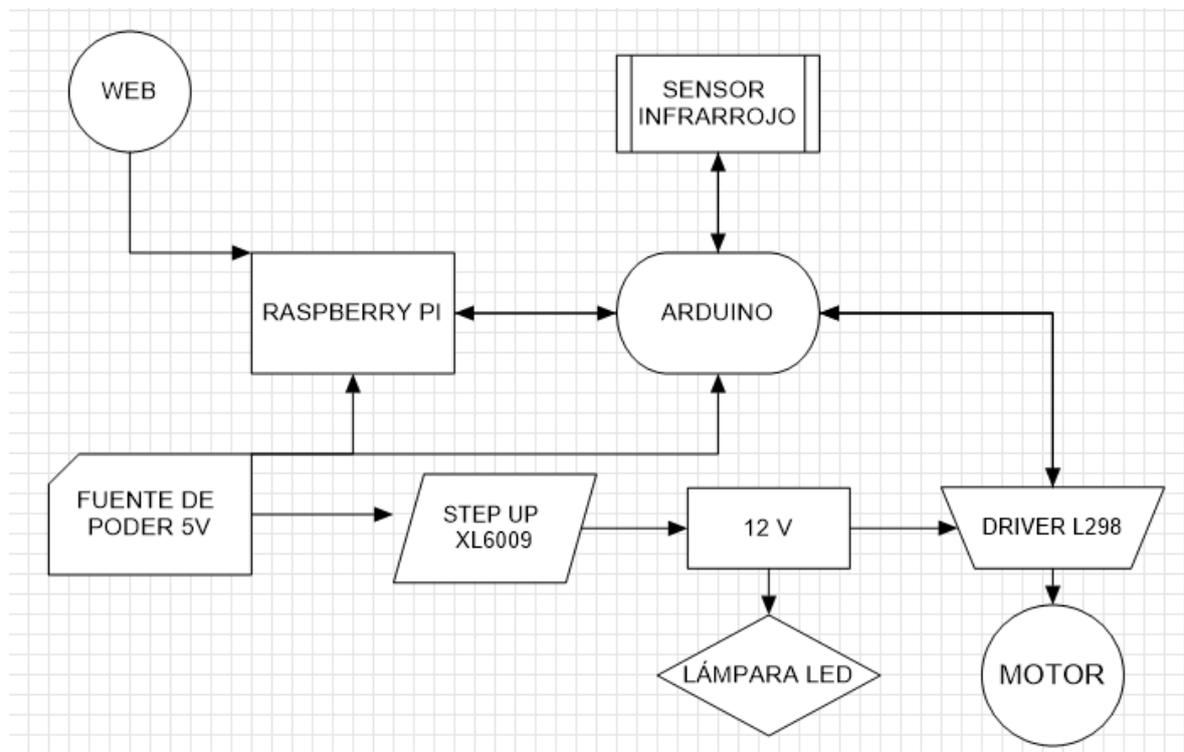


Figura 5.11 Diagrama de flujo del dispositivo

5.3 PRUEBAS DE CAMPO

Para las pruebas de campo se las llevó a cabo en la Compañía Pichincha misma que posee una flota de buses al sur de la ciudad de Quito. Las pruebas se las realizó en la parada de buses.

A lo largo del día las unidades rotan sus turnos lo que brinda la oportunidad de realizar las pruebas de forma aleatoria en los buses.

La primera prueba se la realizó en los neumáticos traseros externos de las unidades como se observa en la figura 5.12.



Figura 5.12 Análisis al neumático trasero de la unidad

Para una fácil identificación se utilizó la identificación municipal en lugar de la placa de la unidad como se observa en la figura 5.13

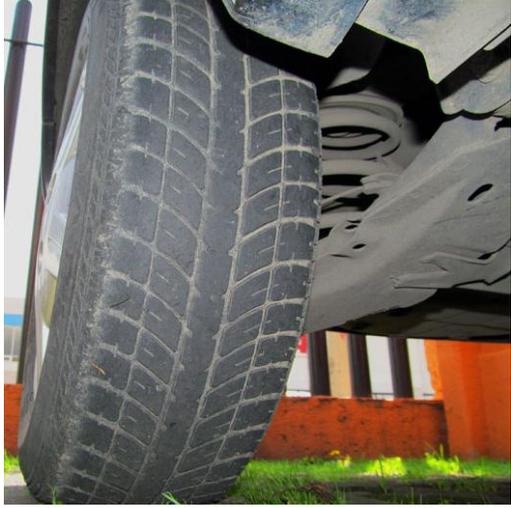


Figura 5.13 Número municipal de circulación

5.4 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Para analizar los resultados en la tabla 5.1 se observa el límite de rangos aceptables para cada clasificación de los neumáticos.

Tabla 5.1 Clasificación de los neumáticos por el dispositivo de medición

Clasificación	Rangos	Fotografía
Bueno	6 – 12	
Medio	1.6 – 5.99	
Malo	0 – 1.6	

5.4.1 Pruebas en neumáticos delanteros

Las primeras pruebas se realizaron en los neumáticos delanteros de las unidades como se indica en la figura 5.14.

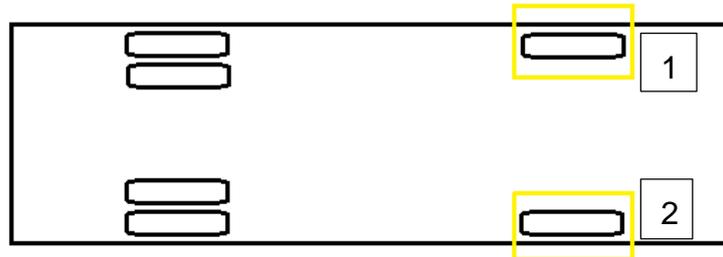


Figura 5.14 Ubicación neumáticos delanteros

En el Anexo VI se observa los resultados de las pruebas en los neumáticos delanteros.

5.4.2 Pruebas en neumáticos traseros externos

Luego se realizó las pruebas en los neumáticos traseros externos en la figura 5.15 se observa su ubicación.

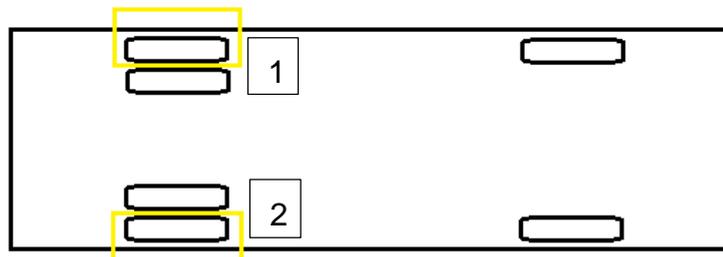


Figura 5.15 Ubicación neumáticos traseros externos

En el Anexo VII se observan los resultados de las mediciones aplicadas a los neumáticos traseros externos.

5.4.3 Pruebas en neumáticos traseros internos

En la figura 5.16 se indica la ubicación de los neumáticos para el proceso de medición.



Figura 5.16 Ubicación neumáticos traseros internos

En el Anexo VII se indican los resultados obtenidos en los neumáticos traseros internos.

5.4.4 Análisis de resultados

Luego de finalizadas las pruebas de campo a todos los neumáticos de los buses se pudo determinar cómo se observa en la figura 5.17 los siguientes resultados.

En la flota de buses en sus neumáticos delanteros se observa un alto número de neumáticos en buenas condiciones esto principalmente a que se suele colocar los mejores neumáticos al frente puesto que son las que dirigen la marcha del bus y se debe evitar cualquier tipo de derrape.

Para los neumáticos traseros externos se nota que se utilizan más neumáticos en buen estado y estado medio especialmente porque son los que están a la vista y en Quito el control de las autoridades es más estricto. Puesto que los buses deben acudir 2 veces al año a la Revisión Técnica Vehicular.

En los neumáticos traseros internos encontramos una gran diferencia con los otros neumáticos, se encontró que existe una mayor tendencia a utilizar neumáticos estado medio quedando los malos y en buen estado en un número similar. Como se dijo antes esto se debe a que estos están alejados de la vista de la persona que utiliza el transporte como de las autoridades.

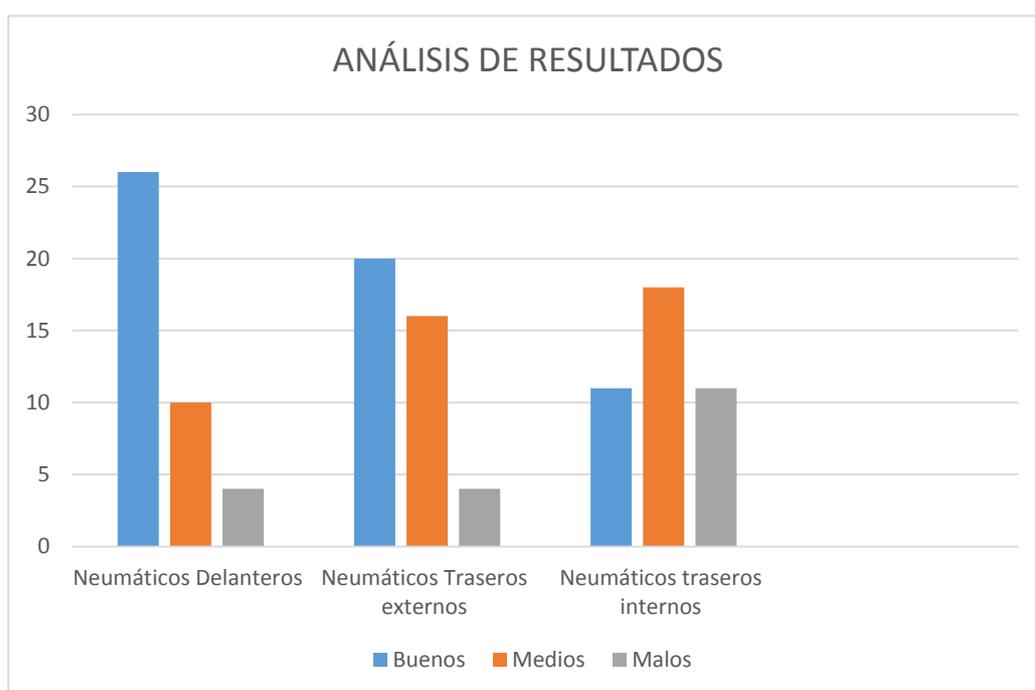


Figura 5.17 Análisis de resultados de mediciones

5.5 CÁLCULO DE PORCENTAJE DE ERROR DEL DISPOSITIVO

Para el cálculo de error del dispositivo se utilizara la siguiente formula:

[5.1]

$$\frac{\text{valor aproximado} - \text{valor real}}{\text{valor real}} = X 100$$

Dónde:

Valor aproximado= valor medido por el dispositivo

Valor real= valor obtenido mediante el uso de un Vernier

Esta fórmula se aplicara en un neumático nuevo y se comparara el resultado de la medición del dispositivo y la medición real utilizando un vernier el resultado será un porcentaje de error del aparato.

Tabla 5.2 Resultados de mediciones neumáticos

PROMEDIO DE RESULTADOS DE LA MEDICIÓN (ERROR)			
Valor aproximado	Valor real	Fórmula aplicada	Promedio final %
8,62	8,5	1,411764706	1,098
8,71	8,5	2,470588235	
8,82	8,5	3,764705882	
8,54	8,5	0,470588235	
8,45	8,5	-0,588235294	
8,49	8,5	-0,117647059	
8,63	8,5	1,529411765	
8,66	8,5	1,882352941	
8,55	8,5	0,588235294	
8,65	8,5	1,764705882	
8,51	8,5	0,117647059	
8,32	8,5	-2,117647059	
8,99	8,5	5,764705882	
8,56	8,5	0,705882353	
8,59	8,5	1,058823529	
8,66	8,5	1,882352941	
8,41	8,5	-1,058823529	
8,57	8,5	0,823529412	
8,61	8,5	1,294117647	
8,43	8,5	-0,823529412	
8,69	8,5	2,235294118	

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- En este trabajo de grado se construyó el dispositivo para la medición automática de la profundidad de la banda de rodadura de los buses de pasajeros.
- Dentro del análisis expuesto de la ley de tránsito se concluyó que esta cumple con el objetivo de reducir los accidentes de tránsito y control del mismo.
- El dispositivo cumple con su objetivo realizó las mediciones, proceso los datos y entregó los resultados, utilizando elementos electrónicos que se encuentran en el mercado nacional.
- Se concluye que luego de las pruebas de campo en los neumáticos y luego de comprobadas las mediciones con un vernier se calculó que el índice de error del dispositivo es del 1.1%.

6.2 RECOMENDACIONES

- Actualizar el dispositivo mediante el uso de mini CPU que cumpla el trabajo del Raspberry y el Arduino en un solo modulo y así ahorrar espacio.
- Reestructurar la actual ley de tránsito para que permita un control más estricto en las terminales de buses del estado mecánico y los conductores.
- Rediseñar el dispositivo para que sea estacionario en un rompe velocidades, y que los buses solo tengan que cruzar sobre él y obtener la medición de los neumáticos automáticamente.
- Implementar un láser de clase 1 para mejorar la precisión.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANT.(2014).AgenciaNacionaldeTránsito.Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/10-contravenciones-de-transito-y-sanciones>
2. Aparicio. (2001). Teoría de los vehículos automotrices . Madrid: Madrid.
3. Aranda, D. (2014). Electrónica - plataformas Arduino y Raspberry PI. Buenos Aires: Fox Andina.
4. Artero, Ó. T. (2013). Arduino : curso práctico de formación. Madrid: RC Libros.
5. Borangiu, T. (2015). Advances in Robot Design and Intelligent Control. Bucarest: Springer.
6. Calaza, G. T. (2015). Taller de Arduino: un enfoque práctico para principiantes.
7. Ceballos, F. J. (2015). C/C++: Curso de programación. Madrid: Ra - Ma.
8. Ciudadano, E. (2014). El ciudadano. Obtenido de <http://www.elciudadano.gob.ec/las-mejores-autopistas-de-suramerica-estaran-en-el-ecuador-video/>
9. DNCTSV,(2016). ANT. Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php/descargable/file/3663-siniestros-mayo-2016>
10. Gallegos. (2014). Obtenido de <http://sinmiedosec.com/multas-de-transito-en-ecuador/>
11. García. (2016). Circulaseguro. Obtenido de <http://www.circulaseguro.com/el-significado-del-desgaste-de-los-neumaticos/>
12. Garibaldi. (2015). Autotecnica. Obtenido de http://www.autotecnicatv.com.ar/autotecnica/index.php?kk_seccion=notas_tecnicas&kk_pagina_n=2
13. Goilav, N. (2016). Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes. Barcelona: ENI.
14. Gonzales, J. (2012). Frontendo. Obtenido de <https://www.frontendo.com/2014/10/manual-pdf-sublime-text-2.html>
15. Goodyear. (2015). Goodyear. Obtenido de http://www.goodyear.cl/tire_know/tire_learn/
16. Guttag, J. V. (2016). Introduction to Computation and Programming Using Python. The MIT Press.
17. Hankooktire. (2014). Hankooktire. Obtenido de <http://www.hankooktire.com/es/services-tips/tire-guide/types-of-tires/by-structure.html>
18. INEN. (2014). Normativa Neumáticos 011. Quito, Pichincha, Ecuador.
19. Keyence. (2015). keyence.com.mx. Obtenido de http://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/laser_light/info/
20. Michelin. (2016). Michelin. Obtenido de <http://www.michelin.es/neumaticos/neumaticos-turismos>
21. Murillo, A. (2014). Slideshare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/boca2212/sensores-ultrasonidos>
22. Naylamp, m. (2015). naylampmechatronics. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/125-convertidor-voltaje-dc-dc-step-up-2p5a-xl6009.html>

23. NuevoDiario. (2014). Nuevo Diario. Obtenido de <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/310231-0-5-gramos-alcohol-sangre-es-riesgoso/>
24. Precimeter. (2016). Precimeter.com. Obtenido de <http://www.precimeter.com/es/products/sensors/triangulation-laser/>
25. Raspberry PI, F. (2018). raspberrypi.org. Obtenido de <https://www.raspberrypi.org/>
26. Rayantis. (2017). Fasttech. Obtenido de <https://www.fasttech.com/category/1199/android-devices>
27. Serna Ruiz Antonio, R. G. (2010). GUÍA PRÁCTICA DE SENSORES. Madrid: creaciones Copyright.
28. Sube, H. J., & Fritsche, L. E. (2003). USA Patente nº US 5245867 A.
29. Tecnocarreteras. (2014). tecnocarreteras. Obtenido de <https://www.tecnocarreteras.es/2014/06/07/conociendo-un-poco-mas-acerca-de-los-peraltes-de-las-curvas/>
30. Terapeack. (2016). Terapeack.com. Obtenido de <http://www.terapeack.com/worth/measurement-accutire-tire-pressure-gauge-digital-pressure-gauge-tire-tread-depth/272296354569/>
31. The Apache Software Foundation. (2010). Apache HTTP Server 2.2 Official Documentation. U.S.: Fultus Corporation.
32. Tirerack.com. (2016). tirerack.com. Obtenido de <http://www.tirerack.com/winter/tech/techpage.jsp?techid=148>
33. Tirewear. (2015). Tirewear.org. Obtenido de <http://www.tirewear.org/how-to-measure-tire-tread-depth/>
34. Torres Remon, M. A. (2015). Desarrollo de aplicaciones web con PHP y MySQL. Lima: Macro.
35. Zabala, G. (2007). ROBOTICA. Mexico: Usershop

ANEXOS

ANEXO I

PROGRAMACIÓN PHP

```

<?php
if (isset($_GET['id'])){
$id = $_GET['id'];
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>Neumaticos</title>
<link rel="stylesheet" href="css/main.css">
<link rel="shortcut icon" type="image/x-icon" href="img/favicon.ico">
</head>
<body>

<div id="reporte">
<div class="cabeza">
<figure></figure>
<div class="title">
<h1>Reporte de Análisis</h1>

<p class="propietario">Nombre del Propietario: ---</p>
<p class="placa">Placa: ---</p>
<p class="num_llantas">Número de Llantas: ---</p>
<p class="fecha">Fecha: ---</p>
</div>
</div>

<ul class="cuerpo" id="llantas">

</ul>

<input type="button" value="Imprimir Reporte" id="imprimir">

```

Figura A 1.1 Pantalla de inicio de la aplicación líneas 1-33

```

<p class="propietario">Nombre del Propietario: ---</p>
<p class="placa">Placa: ---</p>
<p class="num_llantas">Número de Llantas: ---</p>
<p class="fecha">Fecha: ---</p>
</div>
</div>

<ul class="cuerpo" id="llantas">

</ul>

<input type="button" value="Imprimir Reporte" id="imprimir">
<a href="reportes.html"><input type="button" value="Regresar a Reportes"
id="regresar"></a>
</div>

<script>
var id_cliente = '<?=$id; ?>';
</script>
<script src="js/jquery.min.js"></script>
<script src="js/reporte.js"></script>
</body>
</html>
<?php

}

?>

```

Figura A1.2 Pantalla de inicio de la aplicación líneas 33-48

ANEXO II

PROGRAMACIÓN PHP

```

<?php

$respuesta['estado'] = false;

try{
require 'meta.php';

$id_cliente = $_POST['id_cliente'];

$cliente = Meta::Consulta_Unico("SELECT * FROM clientes WHERE
id_cliente=".$id_cliente);

if ($cliente['id_cliente']!=""){
$respuesta['cliente']['nombres'] = $cliente['nombres'];
$respuesta['cliente']['placa'] = $cliente['placa'];
$respuesta['cliente']['llantas'] = $cliente['llantas'];
$respuesta['cliente']['fecha'] = $cliente['fecha'];
}

$consulta = Meta::Consulta("SELECT id_valor, id_cliente, num_llanta, sensor,
camara FROM valores WHERE id_cliente='".$id_cliente.'");

if (count($consulta)>0){
$respuesta['valores'] = $consulta;

$respuesta['estado'] = true;
}
}catch(Exception $e){
$respuesta['estado'] = $e->getMessage();
}

echo json_encode($respuesta);

```

Figura A2.1 Buscar reportes por fechas

ANEXO III

PROGRAMACIÓN PHP

```

<?php

$respuesta['estado'] = false;

try{
// guarda un 1 en el archivo inicia_camara para iniciar proceso de lectura de
sensor y camara en la raspberry
$fp = fopen("inicia_camara.txt", "w");
fwrite($fp, "1");
fclose($fp);

sleep(5); // espera durante 4 segundos hasta que lea el sensor, tome la imagen y
la analice

// guarda un 0 en el archivo para detener la lectura en la raspberry
$fp = fopen("inicia_camara.txt", "w");
fwrite($fp, "0");
fclose($fp);

sleep(3);

// lee dato del sensor
$fp = fopen("sensor.txt", "r");
$respuesta['sensor'] = fgets($fp);
fclose($fp);

// lee dato del procesamiento de la imagen
$fp = fopen("imagen.txt", "r");
$respuesta['imagen'] = fgets($fp);
fclose($fp);

sleep(1);

$respuesta['estado'] = true;
}catch(Exception $e){
$respuesta['error'] = $e->getMessage();
}
echo json_encode($respuesta);

```

Figura A3.1 Análisis de imágenes

ANEXO IV

PROGRAMACIÓN PHP

```

<?php
if (isset($_GET['id'])){
$id = $_GET['id'];
?>

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>Neumaticos</title>
<link rel="stylesheet" href="css/main.css">
<link rel="shortcut icon" type="image/x-icon" href="img/favicon.ico">
</head>
<body>

<div id="reporte">
<div class="cabeza">
<figure></figure>
<div class="title">
<h1>Reporte de Análisis</h1>

<p class="propietario">Nombre del Propietario: ---</p>
<p class="placa">Placa: ---</p>
<p class="num_llantas">Número de Llantas: ---</p>
<p class="fecha">Fecha: ---</p>
</div>
</div>

<ul class="cuerpo" id="llantas">

</ul>

<input type="button" value="Imprimir Reporte" id="imprimir">

```

Figura A4.1 Reporte de resultados líneas 1-33

```
<input type="button" value="Imprimir Reporte" id="imprimir">
<a href="reportes.html"><input type="button" value="Regresar a Reportes"
id="regresar"></a>
</div>

<script>
var id_cliente = '<?= $id; ?>';
</script>
<script src="js/jquery.min.js"></script>
<script src="js/reporte.js"></script>
</body>
</html>
<?php

}

?>
```

Figura A4.2 Reporte de resultados líneas 33-48

ANEXO V

PROGRAMACIÓN ARDUINO

```

#define sensor A0 // Sharp IR GP2Y0A41SK0F (4-30cm, analog)
float auxmin=25;
float auxmax=0;
float auxmin1=25;
float auxmax1=0;

float def=3.0;

float aux;
int n=0;
int st=0;
void setup() {
// put your setup code here, to run once:
pinMode(4,INPUT);//ENTRADA DESDE EL RASPBERRY
pinMode(2,OUTPUT);
pinMode(3,OUTPUT);
pinMode(13,OUTPUT);
digitalWrite(13,HIGH);
analogWrite(5,220);
Serial.begin(9600);
analogWrite(5,218);

//delay(2000);
//barrido();
}

void loop() {
if(digitalRead(4)==HIGH){
proceso();
}
delay(10);
}
void proceso(){
float auxmin=25;
float auxmax=0;
float auxmin2=25;
float auxmax2=0;
float auxmin3=25;
float auxmax3=0;

```

```

n++;
digitalWrite(2,HIGH);
digitalWrite(3,LOW);

for(int x=0;x<=410;x++){
float volts = analogRead(sensor)*0.0048828125; // value from sensor * (5/1024)
float distance = 13*pow(volts, -1); // worked out from datasheet graph
delay(1);
//Serial.println(distance);
if(distance>=auxmax){auxmax=distance;}
if(distance<=auxmin){auxmin=distance;}
}

digitalWrite(2,LOW);
digitalWrite(3,LOW);
//delay(100);

digitalWrite(2,LOW);
digitalWrite(3,HIGH);
for(int x=0;x<=410;x++){
float volts = analogRead(sensor)*0.0048828125; // value from sensor * (5/1024)
float distance = 13*pow(volts, -1); // worked out from datasheet graph
delay(1);
//Serial.println(distance);
if(distance>=auxmax2){auxmax2=distance;}
if(distance<=auxmin2){auxmin2=distance;}
}

digitalWrite(2,LOW);
digitalWrite(3,LOW);
//delay(200);

```

Figura A5.1 Lectura desgaste neumáticos

```

//Serial.print("min:");
//Serial.println(auxmin);

//Serial.print("max:");
//Serial.println(auxmax);

//Serial.print("profundidad:");
//Serial.print((auxmax-auxmin)*10);
//
//
digitalWrite(2,HIGH);
digitalWrite(3,LOW);

for(int x=0;x<=410;x++){
float volts = analogRead(sensor)*0.0048828125; // value from sensor * (5/1024)
float distance = 13*pow(volts, -1); // worked out from datasheet graph
delay(1);
//Serial.println(distance);
if(distance>=auxmax3){auxmax3=distance;}
if(distance<=auxmin3){auxmin3=distance;}
}

digitalWrite(2,LOW);
digitalWrite(3,LOW);

auxmin=(auxmin+auxmin2+auxmin3)/3;
auxmax=(auxmax+auxmax2+auxmax3)/3;
auxmin=auxmin;
auxmax=auxmax;
Serial.print(((auxmax-auxmin)*10)-def);
Serial.println("/");
delay(500);

while(digitalRead(4)==HIGH){
Serial.print(((auxmax-auxmin)*10)-def);
Serial.println("/");
delay(500);
}
while(digitalRead(4)==LOW){
Serial.print(((auxmax-auxmin)*10)-def);
Serial.println("/");
delay(200);
}

```

```
void barrido(){  
digitalWrite(2,HIGH);  
digitalWrite(3,LOW);  
delay(2000);  
digitalWrite(2,LOW);  
digitalWrite(3,LOW);  
delay(2000);  
digitalWrite(2,LOW);  
digitalWrite(3,HIGH);  
delay(2000);  
digitalWrite(2,LOW);  
digitalWrite(3,LOW);  
}
```

Figura A5.2 Lectura desgaste neumáticos (continuación)

ANEXO VI

Resultados de mediciones neumáticos delanteros

Número	Identificación Municipal	Neumático	Medición	Estado
1	1024	1	10.20	Bueno
		2	9.98	Bueno
2	1012	1	1.58	Malo
		2	1.55	Malo
3	1444	1	8.41	Bueno
		2	8.52	Bueno
4	1089	1	5.95	Medio
		2	5.56	Medio
5	1562	1	7.41	Bueno
		2	7.70	Bueno
6	1258	1	7.14	Bueno
		2	7.56	Bueno
7	1099	1	6.36	Bueno
		2	6.57	Bueno
8	1357	1	8.66	Bueno
		2	9.01	Bueno
9	1699	1	8.70	Bueno
		2	8.10	Bueno
10	1425	1	6.98	Bueno
		2	6.69	Bueno
11	1265	1	4.52	Medio
		2	4.65	Medio
12	1378	1	6.28	Bueno
		2	6.45	Bueno
13	1485	1	5.99	Medio
		2	5.29	Medio
14	1211	1	7.31	Bueno
		2	7.72	Bueno
15	1002	1	3.11	Medio
		2	3.09	Medio
16	1245	1	9.25	Bueno
		2	9.11	Bueno
17	1376	1	1.23	Malo
		2	1.46	Malo
18	1326	1	6.10	Bueno
		2	6.23	Bueno
19	1213	1	8.24	Bueno
		2	8.76	Bueno
20	1025	1	5.67	Medio
		2	5.12	Medio

ANEXO VII

Resultados de mediciones neumáticos traseros externos

Número	Identificación Municipal	Neumático	Medición	Estado
1	1024	1	8.18	Bueno
		2	8.37	Bueno
2	1012	1	1.59	Malo
		2	1.45	Malo
3	1444	1	6.01	Bueno
		2	6.23	Bueno
4	1089	1	4.38	Medio
		2	4.88	Medio
5	1562	1	7.60	Bueno
		2	7.75	Bueno
6	1258	1	6.12	Bueno
		2	6.40	Bueno
7	1099	1	8.14	Bueno
		2	8.18	Bueno
8	1357	1	5.97	Medio
		2	5.04	Medio
9	1699	1	5.85	Medio
		2	5.06	Medio
10	1425	1	7.87	Bueno
		2	7.10	Bueno
11	1265	1	5.21	Medio
		2	5.76	Medio
12	1378	1	7.03	Bueno
		2	7.16	Bueno
13	1485	1	3.82	Medio
		2	3.66	Medio
14	1211	1	5.36	Medio
		2	5.09	Medio
15	1002	1	4.44	Medio
		2	4.57	Medio
16	1245	1	6.08	Bueno
		2	6.89	Bueno
17	1376	1	1.37	Malo
		2	1.22	Malo
18	1326	1	7.63	Bueno
		2	7.21	Bueno
19	1213	1	7.36	Bueno
		2	8.05	Bueno
20	1025	1	5.42	Medio
		2	5.44	Medio

ANEXO VIII

Resultados de mediciones neumáticos traseros internos

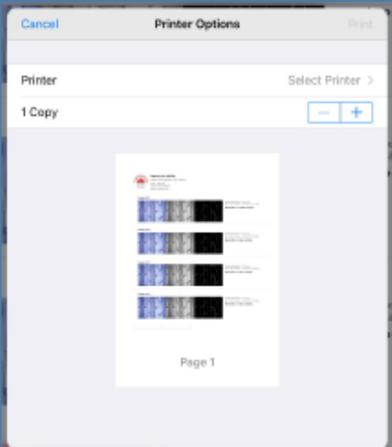
Número	Identificación Municipal	Neumático	Medición	Estado
1	1024	1	4.77	Medio
		2	3.81	Medio
2	1012	1	1.38	Malo
		2	1.52	Malo
3	1444	1	1.48	Malo
		2	6.02	Bueno
4	1089	1	5.90	Medio
		2	6.90	Bueno
5	1562	1	6.77	Bueno
		2	6.22	Bueno
6	1258	1	5.13	Medio
		2	3.99	Medio
7	1099	1	4.75	Medio
		2	5.90	Medio
8	1357	1	4.99	Medio
		2	6.09	Bueno
9	1699	1	8.78	Bueno
		2	6.45	Bueno
10	1425	1	5.17	Medio
		2	1.03	Medio
11	1265	1	1.27	Malo
		2	2.90	Malo
12	1378	1	7.12	Bueno
		2	3.85	Medio
13	1485	1	2.52	Malo
		2	1.66	Malo
14	1211	1	1.30	Malo
		2	3.20	Medio
15	1002	1	6.61	Bueno
		2	4.07	Medio
16	1245	1	3.72	Medio
		2	5.19	Medio
17	1376	1	2.17	Bueno
		2	2.41	Bueno
18	1326	1	5.37	Medio
		2	4.61	Medio
19	1213	1	3.87	Medio
		2	1.44	Malo
20	1025	1	1.39	Malo
		2	1.36	Malo

ANEXO IX

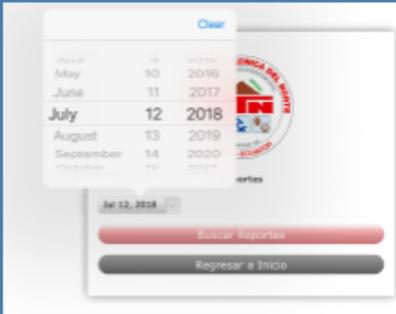
8. Al finalizar se obtiene el reporte del análisis en PDF



9. El reporte se lo puede imprimir seleccionando la impresora disponible



10. Los reportes se guardan en la memoria del Raspberry Pi y se los puede recuperar buscándolos por fechas.



11. Luego se presentan todos los informes y se los puede imprimir o eliminar.



Fecha	Cliente	Placa	# Llantas	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Coop. Andina	Psg1234	4	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Yyf	Ggg	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Gf	Gf	1	Imprimir	Eliminar
2018-07-04	Gsv	Hbb	1	Imprimir	Eliminar

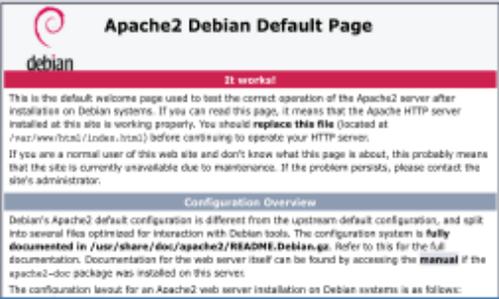

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO
DISPOSITIVO PARA LA MEDICIÓN AUTOMÁTICA DE LA BANDA DE RODADURA DE LOS BUSES DE PASAJEROS

Figura A6.1 Tríptico lado A

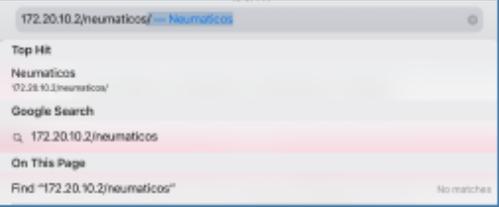
1. En el dispositivo que se desea visualizar se abre el navegador y se coloca la dirección IP. 172.20.10.2



2. Una vez conectado al Raspberry Pi aparecerá la página de bienvenida del servidor Apache



3. Luego se debe ingresar al programa de medición escribiendo "/ neumáticos"



4. Luego de acceder a la página de inicio se debe llenar todos los datos informativos y luego seleccionar el número de neumáticos que se desea analizar.



5. Después de dar click en el botón de Iniciar Análisis se despliega una segunda pantalla que indica el neumático a analizar y darle a empezar.



6. En esta ventana se inicia el análisis del neumático.



7. La siguiente ventana indica que se esta generando el reporte del análisis



Figura A6.2 Tríptico lado B