



**Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga
máxima permitida en un vehículo pick-up**

Chicaiza Chasi, Valmir Ariel y Morocho Tatayo, Jordan Xavier

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro, M.Sc.

24 de agosto del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos

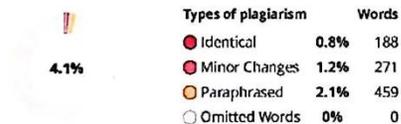


CHIZAIZA - MOROCHO_TESIS FINAL.do...

Scan details

Scan time: August 24th, 2023 at 16:25 UTC Total Pages: 89 Total Words: 22195

Plagiarism Detection



AI Content Detection



🔍 Plagiarism Results: (42)

🌐 **Circuitos de fluidos y dirección - Páginas de Flipboo...** 0.6%

<https://anyflip.com/ybfil/uoag/basic/151-200>

arnaubou_95

Quick Upload Explore Features Example Support Contact Us FAQ Help
Document Prici...

Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro

C.C.: 171848293-6



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **"Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick-up"** fue realizado por los señores **Chicaiza Chasi, Valmir Ariel** y **Morocho Tatayo, Jordan Xavier**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de agosto de 2023

Ing. Paredes Gordillo, Cristian Alejandro

C.C.: 171848293-6



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Chicaiza Chasi, Valmir Ariel y Morocho Tatayo, Jordan Xavier** con cédulas de ciudadanía N° **0550023675** y **1722943212** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **"Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick-up"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de agosto de 2023


Chicaiza Chasi, Valmir Ariel
C.C.: 0550023675


Morocho Tatayo, Jordan Xavier
C.C.: 1722943212



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Nosotros, **Chicaiza Chasi, Valmir Ariel** y **Morocho Tatayo, Jordan Xavier** con cédulas de ciudadanía N° **0550023675** y **1722943212** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick-up”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 24 de agosto de 2023


Chicaiza Chasi, Valmir Ariel
C.C.: 0550023675


Morocho Tatayo, Jordan Xavier
C.C.: 1722943212

Dedicatoria I

Este trabajo quiero dedicarlo en primer lugar a mi familia, a mis padres Sixto e Irma ya que ellos han sido el motivo por el cual todo esto es posible, han sido siempre mi mejor guía y consejeros ya que me han inculcado que a pesar de que las situaciones sean difíciles, solo perseveran las personas que continúan hasta el final, esto me ha ayudado a poner todo mi empeño hasta alcanzar los objetivos que me he planteado; padres, lo logramos esto va por y para ustedes.

A mi hermana Mabel, que este trabajo sea una guía para lo que planees para ti, también que a futuro seas mejor de lo que fui, creo en tu capacidad y sé muy bien que alcanzaras grandes cosas.

A Jessica, por las veces que estuviste a mi lado cuando más lo necesitaba animándome a continuar, siendo mi ejemplo y una fuente de inspiración para poder seguir adelante gracias a todo eso no me derrumbé y al contrario tomé más fuerza.

A mi persona, ya que todo empezó como una ilusión y ahora después de tanto esfuerzo, dedicación, noches sin dormir, días en los que parecía que no lo iba a lograr, se pudo alcanzar este objetivo, a mi yo de la época en la que entré a esta prestigiosa Universidad, todo tu esfuerzo valió la pena, siempre pudiste y finalmente se logró.

Chicaiza Chasi Valmir Ariel

Dedicatoria II

El presente trabajo de integración curricular quiero dedicar especialmente a mis padres Marco Morocho y Nelly Tatayo, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo mi trayecto académico y también en toda mi vida, gracias a ustedes es que ahora me encuentro logrando una meta más en mi vida personal. Este logro es de ustedes también, los amo mucho.

A mi hermano Michael quien es mi mejor compañía y juntos somos el orgullo de nuestros padres. Quiero que este logro lo tomes como motivación para que culmines de igual manera tu profesión. Te quiero hermano.

A mis abuelitos Francisco, Flor, Lucrecia y Manuel que en paz descanse, ustedes han sido como mis segundos padres porque me han brindado los mejores consejos y me han ayudado en todo sentido. Son una gran guía para el sendero de mi vida y por eso les tengo un especial cariño.

A mis tíos y tías quienes han complementado los consejos de mis padres y los han ayudado en todo lo que alguna vez nos ha hecho falta para que haya podido culminar este logro académico, de igual manera me han dado los mejores consejos y siempre los he tomado en cuenta, gracias a ello me encuentro logrando esta meta.

A mis primos menores quienes me toman como un ejemplo a seguir, quiero que este logro sea una motivación para ustedes también, y a mis primos mayores quienes fueron un ejemplo para mí, su logro me ayudó a no rendirme y seguir hasta el final. Gracias por todos los momentos que convivimos, los aprecio mucho.

A toda mi familia les dedico este gran logro, gracias por sus bendiciones y oraciones pidiéndole a Dios que me ayude en toda mi carrera universitaria.

Morocho Tatayo Jordan Xavier

Agradecimiento I

En este punto quiero agradecer principalmente de todo corazón a Dios ya que en todo este trayecto me ha brindado sabiduría para poder cumplir con mis actividades académicas y también me ha cuidado día a día para poder llegar a este momento el cual tanto he anhelado desde que empecé este trayecto.

Agradecer a mis padres Sixto e Irma, por todos estos años en los que se han esforzado por siempre darme lo necesario, por no faltarme con su cariño, muestras de apoyo, ánimo y sobre todo con su amor incondicional, gracias por darme la oportunidad de salir adelante, por sus consejos para superarme, sinceramente los amo mucho.

Gracias a mi hermana que ha estado muchas veces acompañándome en este proceso, supliendo mi ausencia en casa por las ocasiones que he tenido que cumplir con mis actividades y muchas veces ayudándome y reconfortándome para seguir adelante hasta el final, te quiero mucho.

A mi pareja Jessica, le agradezco demasiado por acompañarme y ser parte de este logro, quien iba a pensar que juntos alcanzaríamos este objetivo, muchas gracias por todo lo que haces y haz hecho por mí, por ayudarme y motivarme a esforzarme siempre un poco más y por enseñarme el valor de la responsabilidad, gracias por soportarme en mis peores momentos. Te amo demasiado.

Y por último agradecer a todas las personas que vieron y fueron parte de este proceso, familiares, amigos y conocidos, cada uno de ellos aportaron en cierta manera para que pueda alcanzar este objetivo.

Chicaiza Chasi Valmir Ariel

Agradecimiento II

Quiero agradecer en primer lugar a Dios quien me cuida y me escucha en los momentos buenos y malos en los que me he encontrado en este trayecto académico. Gracias por darme la salud, sabiduría y vida para lograr culminar este proyecto de integración curricular.

A mis padres queridos Nelly y Marco y mi hermano Michael, quienes a pesar de la distancia siempre están conmigo, no me dejan solo y me brindan su bendición para darme fuerza y motivación para no rendirme en todos mis objetivos que los he cumplido y faltan por culminar.

A toda mi familia que alguna vez me brindaron su apoyo incondicional para continuar con mis metas y no rendirme.

A mis pequeños Jeicy y Dasky, y que a pesar de que ya no están conmigo los llevo en mi corazón a mis queridos Roxo y Princesa, que con su compañía fiel me acompañaron en aquellos días de desvelo y me transmitieron sus vibras positivas y amor, son mi vida.

A mis amigos Esteban y Royer, con quienes supimos convivir y hacernos compañía en todo este trayecto académico a pesar de estar alejados gran parte del tiempo de nuestros familiares. Formamos una nueva familia y supimos apoyarnos mutuamente para cumplir este logro que tenemos en común.

Al Ingeniero Cristian Paredes quien me supo guiar con su conocimiento y aporte para que el proyecto de integración curricular lo hayamos culminado de la mejor manera posible.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE por formarme para ser un buen profesional. Y a todos los docentes que me compartieron de su conocimiento y experiencia que también me ayudan para formarme como una persona de bien.

Morocho Tatayo Jordan Xavier

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria I	6
Dedicatoria II	7
Agradecimiento I.....	8
Agradecimiento II.....	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	16
Índice de tablas.....	20
Resumen.....	21
Abstract	22
Capítulo I: Marco metodológico.....	23
Antecedentes investigativos	23
Planteamiento del problema.....	24
Justificación e importancia	25
Objetivos.....	26
<i>Objetivo general.....</i>	26

<i>Objetivos específicos</i>	27
Hipótesis	27
VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
<i>Variable independiente</i>	27
<i>Variable dependiente</i>	27
Metodología de desarrollo	27
<i>Método inductivo</i>	27
<i>Método Deductivo</i>	28
<i>Método estadístico</i>	28
<i>Método experimental</i>	28
Capítulo II: Marco teórico	29
Cargas en un vehículo	29
Sistema de suspensión convencional	30
<i>Suspensión rígida</i>	30
<i>Elementos en el eje trasero</i>	31
Vehículo de tipo Pick-Up.....	33
<i>Tipos</i>	33
Capacidad de carga.....	35
Capacidad de carga útil	36
Introducción al Arduino	37
<i>Ventajas sobre otras plataformas</i>	37

Placa electrónica Arduino.....	39
<i>Estructura de la programación</i>	39
<i>Protocolos de comunicación serie</i>	40
Sensores medidores de distancia y presión	42
<i>Consideraciones de selección</i>	42
<i>Sensores de presión</i>	43
<i>Sensores medidores de distancia</i>	45
Capítulo III: Diseño y construcción del sistema	50
Diseño del sistema	50
<i>Necesidades</i>	50
<i>Requerimientos</i>	51
<i>Restricciones</i>	51
Planes de diseño	52
<i>Alternativas de Diseño</i>	52
<i>Análisis de opciones</i>	57
<i>Selección de alternativa de diseño</i>	57
Diseño final	58
Descripción del proyecto.....	59
<i>Carga externa en el vehículo</i>	60
<i>Recopilación de datos</i>	60
<i>Procesamiento de datos</i>	61

<i>Monitoreo de datos, Alertas y Control</i>	61
Diseño de los sistemas a implementar	61
<i>Diseño de alarma temprana</i>	62
<i>Diseño del sistema de monitoreo</i>	65
<i>Diseño del sistema de control</i>	65
<i>Diseño del circuito eléctrico del sistema</i>	67
<i>Diseño de procesos del software</i>	69
<i>Diseño de la placa PCB para el sistema</i>	71
Construcción e implementación del sistema	73
<i>Selección de materiales</i>	74
Construcción del sistema	84
<i>Construcción del sistema de monitoreo</i>	84
<i>Construcción de alerta temprana</i>	86
<i>Construcción del sistema de control</i>	89
<i>Construcción de circuitos eléctricos y electrónicos</i>	89
Implementación de sistemas	95
<i>Implementación del sistema de monitoreo</i>	95
<i>Implementación del sistema de alerta</i>	96
<i>Implementación del sistema de control</i>	97
<i>Implementación de la placa PCB y circuito final</i>	98
Capítulo IV: Validación del sistema y análisis de resultados	101

Protocolo de operación del sistema implementado	101
<i>Protocolo de operación del sistema de alerta temprana</i>	<i>102</i>
<i>Protocolo de operación del sistema de monitoreo.....</i>	<i>107</i>
<i>Protocolo de operación del sistema de control.....</i>	<i>110</i>
Validación del sistema implementado	112
<i>Prueba de correlación peso - distancia.....</i>	<i>112</i>
<i>Prueba de báscula</i>	<i>115</i>
<i>Prueba de activación de corte de combustible.....</i>	<i>116</i>
Análisis de resultados	118
<i>Análisis de la ecuación del sistema</i>	<i>118</i>
<i>Evaluación de la calibración del sistema</i>	<i>120</i>
<i>Análisis del tiempo de repuesta del sistema de control</i>	<i>121</i>
Capítulo V: Marco administrativo	122
Recursos.....	122
<i>Recursos humanos.....</i>	<i>122</i>
<i>Recursos tecnológicos.....</i>	<i>122</i>
<i>Recursos materiales</i>	<i>123</i>
Financiamiento	124
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones.....	125
Conclusiones.....	125
Recomendaciones.....	127

Bibliografía	128
Anexos.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Planteamiento del problema</i>	24
Figura 2	<i>Eje rígido propulsor y ballestas</i>	30
Figura 3	<i>Conjunto de ballestas y fijaciones</i>	31
Figura 4	<i>Principio de funcionamiento de las ballestas</i>	32
Figura 5	<i>Principio de funcionamiento del amortiguador</i>	33
Figura 6	<i>Pick-Up, cabina simple</i>	34
Figura 7	<i>Pick-Up, Space Cab</i>	34
Figura 8	<i>Pick-Up, doble cabina</i>	35
Figura 9	<i>Especificaciones de carga de un vehículo Mazda</i>	37
Figura 10	<i>Partes de una placa electrónica Arduino</i>	39
Figura 11	<i>Estructura generalizada de la programación en Arduino</i>	40
Figura 12	<i>Líneas de comunicación serial entre los dispositivos</i>	40
Figura 13	<i>Galga extensiométrica</i>	44
Figura 14	<i>Principio de funcionamiento de un sensor de presión piezoeléctrico</i>	44
Figura 15	<i>Sensor capacitivo de presión con su encapsulado</i>	45
Figura 16	<i>Modo reflectivo de un sensor infrarrojo</i>	46
Figura 17	<i>Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico</i>	46
Figura 18	<i>Sensor TF mini PLUS</i>	47
Figura 19	<i>Distribución de pines del sensor modelo Sharp</i>	48
Figura 20	<i>Funcionamiento del sensor de distancia GY530 VL53L0X</i>	49
Figura 21	<i>Sensor de distancia GY530 VL53L0X</i>	49
Figura 22	<i>Diseño esquemático de la Alternativa 1</i>	53
Figura 23	<i>Diseño esquemático de la Alternativa 2</i>	55
Figura 24	<i>Diseño esquemático de la Alternativa 3</i>	56

Figura 25	<i>Esquema gráfico del sistema en general</i>	59
Figura 26	<i>Esquema de operación</i>	60
Figura 27	<i>Diseño del sistema de alarma temprana</i>	62
Figura 28	<i>Diseño del sistema de alerta sonora</i>	63
Figura 29	<i>Diseño del sistema de alerta visual</i>	64
Figura 30	<i>Diseño del sistema de alerta remota</i>	64
Figura 31	<i>Diseño del sistema de monitoreo</i>	65
Figura 32	<i>Diseño del sistema de control</i>	66
Figura 33	<i>Diagrama eléctrico del sistema implementado</i>	67
Figura 34	<i>Diagrama de flujo de datos del sistema</i>	69
Figura 35	<i>Diseño de la placa PCB para la instalación de componentes</i>	71
Figura 36	<i>Cotas para el diseño del protector de la pantalla HMI</i>	72
Figura 37	<i>Diseño final del protector de la pantalla</i>	73
Figura 38	<i>Arduino MEGA 2560</i>	75
Figura 39	<i>Módulo GSM SIM 808 para Arduino</i>	76
Figura 40	<i>Módulo DFPlayer Mini MP3</i>	77
Figura 41	<i>Altavoz</i>	78
Figura 42	<i>Pantalla HMI Nextion de 4.3 pulgadas</i>	79
Figura 43	<i>Tira LED RGB tipo neón</i>	80
Figura 44	<i>Módulo relé de dos canales</i>	81
Figura 45	<i>Sensor de distancia GY50 VL53L0X</i>	82
Figura 46	<i>Cable flexible eléctrico #18 AWG</i>	83
Figura 47	<i>Base final impresa en 3D de la pantalla HMI</i>	85
Figura 48	<i>Pantalla HMI Nextion fijada en su base</i>	86
Figura 49	<i>Alerta visual</i>	87
Figura 50	<i>Alarma auditiva/sonora</i>	88

Figura 51	<i>Relé de la bomba de combustible</i>	89
Figura 52	<i>Placa PCB construida para su implementación en el circuito</i>	90
Figura 53	<i>PCB final con sus componentes</i>	91
Figura 54	<i>Esquema de esfuerzos ejercidos sobre el eje trasero</i>	92
Figura 55	<i>Identificación de cables</i>	93
Figura 56	<i>Conducción del cable hacia la cabina del vehículo</i>	93
Figura 57	<i>Soportes para sensores de distancia</i>	94
Figura 58	<i>Aislamiento del sensor con resina epoxi</i>	95
Figura 59	<i>Instalación de la pantalla y base</i>	96
Figura 60	<i>Instalación del sistema de alerta</i>	97
Figura 61	<i>Instalación del circuito para el sistema de control</i>	98
Figura 62	<i>Instalación de sensores en el chasis del vehículo</i>	99
Figura 63	<i>Conexión de los sensores</i>	100
Figura 64	<i>Sistema de alerta en condición del nivel 1 de carga</i>	102
Figura 65	<i>Sistema de alerta en condición de nivel 2 de carga</i>	103
Figura 66	<i>Subsistema de alerta en condición de nivel 3 de carga</i>	104
Figura 67	<i>Alertas visuales del sistema en condición de nivel 4 de carga</i>	105
Figura 68	<i>Primera alerta de comunicación remota en condición de nivel 4 de carga</i>	106
Figura 69	<i>Segunda alerta de comunicación remota en condición de nivel 4 de carga</i>	107
Figura 70	<i>Presentación de bienvenida al usuario</i>	108
Figura 71	<i>Presentación de los parámetros de operación de carga externa</i>	109
Figura 72	<i>Presentación de monitoreo del peso por cada rueda trasera</i>	110
Figura 73	<i>Interfaz de control de usuario-sistema</i>	111
Figura 74	<i>Prueba de correlación peso-distancia</i>	113
Figura 75	<i>Valor del peso total del vehículo medido en la báscula industrial</i>	116
Figura 76	<i>Muestra cronometrada del tiempo de activación de corte de combustible</i>	118

Figura 77 *Curva característica de la función distancia-peso del sistema*.....119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Tipos de sensores en función de su aplicación</i>	43
Tabla 2	<i>Evaluación de opciones posibles para la construcción del proyecto</i>	57
Tabla 3	<i>Datos técnicos Arduino MEGA 2560</i>	75
Tabla 4	<i>Datos técnicos del módulo GSM SIM 808 para Arduino</i>	76
Tabla 5	<i>Datos técnicos del módulo DFPlayer Mini MP3</i>	77
Tabla 6	<i>Datos técnicos de la pantalla HMI Nextion modelo NX4827T043</i>	79
Tabla 7	<i>Datos técnicos módulo relé de dos canales</i>	81
Tabla 8	<i>Datos técnicos del sensor GY530 VL53L0X</i>	83
Tabla 9	<i>Datos técnicos del cable eléctrico flexible #18 AWG</i>	84
Tabla 10	<i>Rangos establecidos del nivel de carga en el que se encuentra el vehículo</i>	101
Tabla 11	<i>Recopilación de datos de relación peso-distancia</i>	113
Tabla 12	<i>Recopilación de datos de la prueba de báscula</i>	115
Tabla 13	<i>Prueba 1 de activación de corte de combustible</i>	117
Tabla 14	<i>Prueba 2 de activación de corte de combustible</i>	117
Tabla 15	<i>Evaluación de calibración del sistema implementado</i>	120
Tabla 16	<i>Análisis del tiempo de respuesta de la activación del corte de combustible</i>	121
Tabla 17	<i>Recursos humanos</i>	122
Tabla 18	<i>Recursos tecnológicos</i>	123
Tabla 19	<i>Recursos materiales</i>	123
Tabla 20	<i>Financiamiento</i>	124

Resumen

El presente trabajo de titulación aborda el diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo de tipo pick-up desarrollándose mencionado proyecto en un vehículo Mazda modelo BT - 50. El trabajo inicia con una revisión de la literatura actualizada sobre la temática tratada, para tomar como punto de partida a sistemas similares aplicados el vehículo. Seguidamente se desarrolla el diseño conceptual basado en necesidades y requerimientos planteados por los autores, mediante el cual se formulan alternativas para los diferentes componentes. Posteriormente, y una vez definida la mejor opción en base a criterios de evaluación, se realiza el diseño detallado de cada parte que conforma el sistema de alerta temprana, monitoreo y control. Una vez detallada la geometría definitiva para cada parte, se selecciona los componentes, se construye y se implementa el sistema en el vehículo con todas las características y bajo los parámetros definidos en planos y esquemas. A continuación, se realizan las pruebas de validación del sistema, las cuales permiten obtener datos que permiten realizar un análisis de los resultados obtenidos, y de esta manera, emitir conclusiones certeras sobre el sistema implementado en el vehículo. Se implementó un sensor de distancia en componentes posteriores de la suspensión del vehículo pick-up para establecer el rango permisible de carga que puede soportar, siendo monitoreado y mostrados continuamente sus parámetros al conductor, y a su vez, alertando al mismo de ser el caso, mediante alarmas sensoriales y graduales, que permiten que el usuario pueda controlar y corregir inmediatamente el problema. La eficiencia que muestra el sistema implementado tanto en la alerta temprana, el monitoreo y control sobre la carga en camionetas, denota que es adecuada y necesaria su incorporación en de vehículos de carga, permitiendo proteger y prolongar la vida útil de los componentes de la suspensión.

Palabras clave: Vehículo pick-up, geometría de la suspensión, monitoreo de carga, control de la suspensión.

Abstract

The present degree work deals with the design and construction of an early warning, monitoring and control system for the maximum allowable load in a pick-up type vehicle, developing this project in a Mazda vehicle model BT - 50. The work begins with a review of the updated literature on the subject, to take as a starting point similar systems applied to the vehicle. Next, the conceptual design is developed based on the needs and requirements proposed by the authors, through which alternatives for the different components are formulated. Subsequently, and once the best option is defined based on evaluation criteria, the detailed design of each part that makes up the early warning, monitoring and control system is carried out. Once the final geometry for each part is detailed, the components are selected, the system is built and implemented in the vehicle with all the characteristics and under the parameters defined in drawings and schemes. Then, the system validation tests are performed, which allow obtaining data that allow performing an analysis of the results obtained, and thus, issuing accurate conclusions about the system implemented in the vehicle. A distance sensor was implemented in rear suspension components of the pick-up vehicle to establish the permissible range of load that it can support, being continuously monitored and displaying its parameters to the driver, and in turn, alerting him if necessary, through sensory and gradual alarms, which allow the user to control and correct the problem immediately. The efficiency shown by the implemented system both in early warning, monitoring and control over the load in pick-up trucks, denotes that its incorporation in cargo vehicles is adequate and necessary, allowing to protect and prolong the useful life of the suspension components.

Keywords: Control system, Early warning system, Monitoring system, Overload, Premature damage.

Capítulo I

Marco metodológico

En el presente capítulo, se desarrollan los métodos y técnicas usadas por los autores, para el estudio adecuado del proceso de diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick-up. Esto permite el aumento en la eficiencia investigativa y por ende ayuda a alcanzar de manera efectiva los objetivos planteados para esta investigación.

Antecedentes investigativos

Día a día, los transportes de carga sobre todo vehículos pick-up, son muy cotizados debido a su versatilidad en cuanto a conducción, confort y aplicación, ya sea en zonas urbanas y rurales. A nivel internacional (Macea et al., 2013) en su investigación “Evaluación de factores camión de los vehículos comerciales de carga que circulan por la red vial principal colombiana.” Concluyen que, circular por vías urbanas con vehículos de carga, sobrecargados excesivamente, dan como resultado afectaciones a sus sistemas mecánicos, neumáticos y de suspensión, además generan afectaciones viales como accidentes, desperfectos y embotellamientos.

Por otro lado (López & Pardo, 2019) mencionan que los transportes de carga ya sean estos livianos o pesados influyen mucho en la economía de un país por lo que en su mayoría opta por aumentar la relación flete – costo. Esto significa que los transportistas obtienen beneficio económico a costa de exceder el peso, actuando de forma arriesgada y comprometiendo su seguridad y la del vehículo.

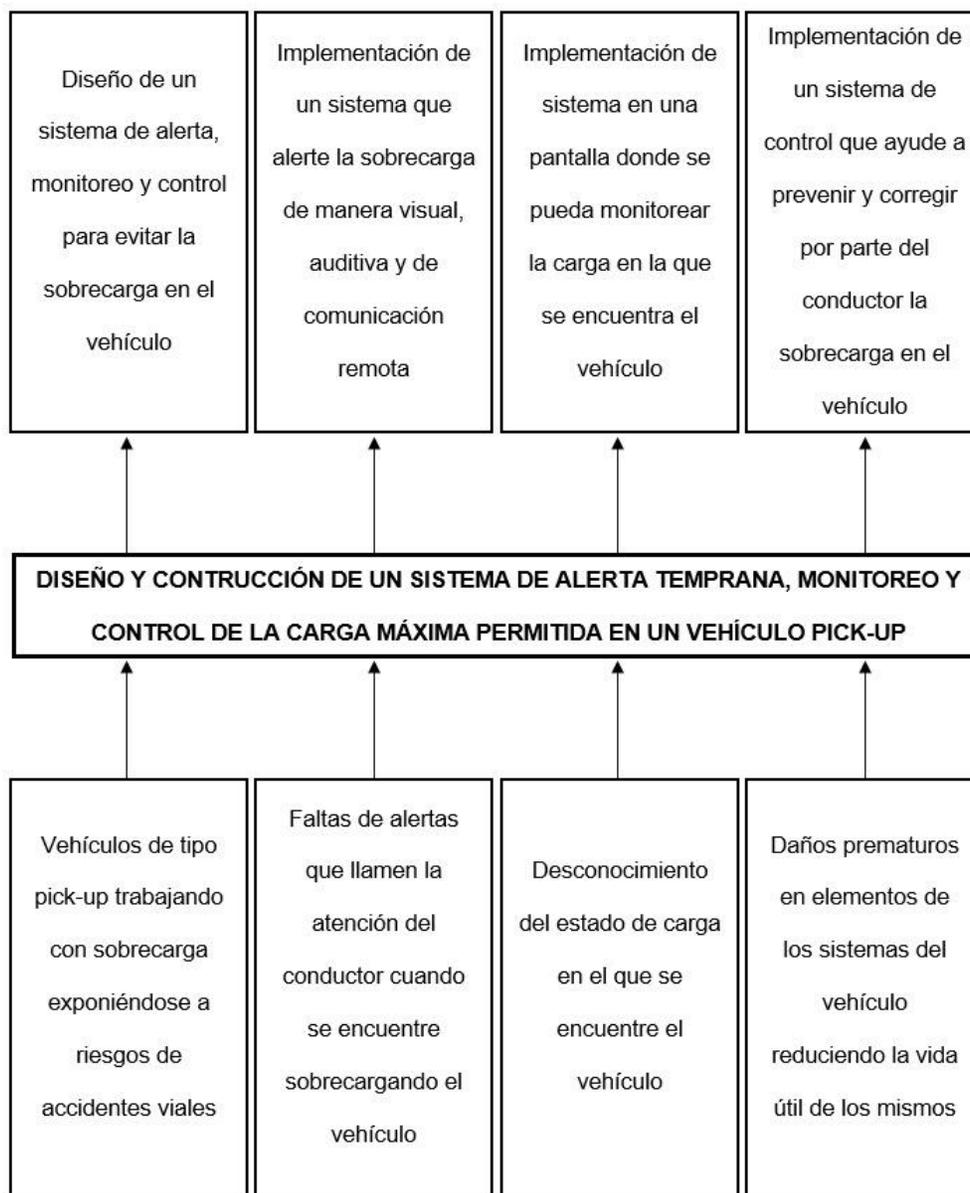
De acuerdo con (AEADE, 2021) existió un aumento del 52,2% y 3,6% en la venta y producción nacional de camionetas en el año 2021 con respecto al año 2020. A su vez, año tras año esta cifra va en aumento; las empresas ensambladoras y distribuidoras al realizar la

venta de estos vehículos, otorgan a sus propietarios manuales en los que se detallan especificaciones técnicas del automotor, entre ellas la carga máxima permitida.

Planteamiento del problema

Figura 1

Planteamiento del problema



Nota. Se muestra el diagrama problema-solución desarrollado en la presente investigación.

El exceso de carga en vehículos pick-up, es una de las principales causas de accidentes vehiculares. En primera instancia, estas prácticas peligrosas y nocivas peligran la vida humana y comprometen los sistemas que conforman el vehículo.

Además de los problemas anteriormente mencionados en la Figura 1, cabe recalcar que el vehículo en ese estado perderá estabilidad, la conducción será deficiente y al accionar los frenos se detendrá en un mayor tiempo y mayor distancia. Por lo que se puede asegurar que los vehículos en este estado reaccionan de forma diferente cuando sobrepasan el peso máximo para el cual están diseñados. En este estado, el vehículo sobrecargado puede hacer que los neumáticos se desgasten con mayor prontitud, lo que puede generar que las llantas lleguen a reventar de forma prematura. Además, el control y espacio de maniobra disminuyen, por lo que se eleva el riesgo de accidentes.

A partir de estas circunstancias, en el mercado nacional no existen, o son escasos, los dispositivos, módulos o sensores que alertan, monitorean y controlan el peso máximo en vehículos pick-up. Aprovechando esta situación, muchos conductores abusan de la falta de control para cargar en exceso sus vehículos, lo cual genera problemas mecánicos en los motores, en su sistema de suspensión y sistema de frenos.

Justificación e importancia

Cuando se excede la carga máxima permitida, el vehículo se vuelve más difícil de maniobrar, lo que aumenta el riesgo de accidentes. Además, el exceso de peso también puede causar daños en la carretera y aumentar el desgaste de los neumáticos y otros componentes del vehículo. Por esta razón, se ha determinado la necesidad de incorporar un sistema no convencional de aviso temprano mediante señales de alerta, el cual advierta al conductor sobre el exceso de carga que puede soportar su vehículo, precautelando la seguridad de los ocupantes, previniendo accidentes y garantizando la seguridad vial.

El sistema implementado será de gran ayuda para que el conductor del vehículo sea alertado de manera visual y auditiva ante una variación considerable en los parámetros de operación normal de los sistemas de suspensión. Estas alertas llamarán la atención del/los ocupantes, sin descuidar o perturbar la conducción del vehículo. El presente trabajo, sin lugar a duda será un aporte significativo en el área de la ingeniería automotriz, solucionando una problemática local.

Descripción del proyecto

La mayoría de las aplicaciones industriales en la actualidad tienen en sus sistemas al menos un componente que está sometido a movimiento relativo entre sus partes. Estos elementos mecánicos deben mantener un rango de operación ideal de ciertos parámetros específicos para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y alargar la vida útil de sus partes. Este es el caso de la carga máxima soportada por la suspensión del vehículo.

Cuando de llevar pasajeros y/o carga se trata en vehículos pick-up, generalmente se hace sin tomar en consideración la capacidad de carga máxima estipulada por el fabricante. A pesar de que los componentes del sistema de suspensión son diseñados para trabajar al límite, si se excede la capacidad máxima de carga, estos componentes tendrán una reducción en su vida útil. Se pretende incorporar un sistema de aviso temprano que alerte al conductor que se está sobrepasando el límite máximo de carga en la estructura del vehículo.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo de tipo pick-up.

Objetivos específicos

Diseñar y seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para el sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga permitida en el vehículo.

Construir e implementar los componentes para dar alerta, monitoreo y control de la sobrecarga del vehículo.

Validar el funcionamiento del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga permitida en el vehículo.

Hipótesis

Con el diseño y construcción del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en vehículos de tipo pick-up, se reduciría significativamente el desgaste prematuro de los componentes del sistema de suspensión por el exceso de peso y de esta manera, se podrá aumentar la seguridad para el conductor y ocupantes.

Variables de la investigación

Variable independiente

Diseño y construcción de un sistema de alerta de carga máxima permitida en vehículos pick up.

Variable dependiente

Desgaste prematuro de los componentes del sistema de suspensión.

Metodología de desarrollo

Método inductivo

El método se utilizó para identificar patrones y relaciones que afectan el funcionamiento del sistema implementado, observando a diferentes situaciones de carga el comportamiento del

sistema en el vehículo. A partir de este análisis el método podría ser utilizado para desarrollar una comprensión más profunda del comportamiento del sistema.

Método Deductivo

Estableciendo un procedimiento de instalación de los componentes que forman parte de los sistemas de alerta temprana, monitoreo y control de carga máxima en el vehículo

Método estadístico

El método ayudó a desarrollar tabulaciones para la calibración del sensor, mediante la correlación de datos de distancia-peso obtenidas por medio de la ayuda del método experimental.

Método experimental

Usando este método ayudó a complementar el desarrollo del método estadístico, puesto que se realizaron pruebas utilizando cargas taradas para la recopilación de los datos.

Capítulo II

Marco teórico

En este capítulo, se muestran las bases conceptuales y teóricas referentes al tema de la investigación propuesta, en la que los autores fundamentan el estudio y su desarrollo. Además, se presentan como un punto de referencia y ayudan a la comprensión de la información plasmada en este trabajo, que se basa en el diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick-up.

Cargas en un vehículo

Para (Luque et al., 2008, p. 11) es fundamental conocer definiciones relativas a masas y que, para cualquiera de las siguientes situaciones de carga, se debe comprobar que la masa en carga y por eje, no superen los valores máximos autorizados. Dichas definiciones son las siguientes:

Tara: Corresponde a la masa del vehículo sin incluir a los ocupantes, carga adicional interna y externa, a excepción de los fluidos lubricantes.

Masa en orden de marcha: Corresponde a la masa del vehículo incluido el conductor; en promedio una persona tiene una masa de 70 kg.

Masa en carga: Corresponde a la masa del vehículo y su carga, se incluye el peso de los ocupantes.

Masa por eje: Corresponde a la masa aplicada a cada eje, tanto delantero como trasero.

Masa máxima autorizada: Corresponde a la masa permitida por regulaciones de transporte, ya sea en área rural o urbana.

Masa máxima autorizada por eje: La masa máxima de un eje o grupo de ejes con carga para la utilización en circulación por las vías públicas. Hay que hacer notar que la suma de masas

máximas autorizadas en todos los ejes puede ser igual o superior que la masa máxima autorizada (MMA).

En cualquier caso y aunque no se superen las masas máximas autorizada, por eje o total, un reparto inadecuado de las cargas puede afectar seriamente al comportamiento del vehículo. Para cualquier vehículo, se puede determinar la carga y su distribución en los diferentes ejes, a partir de las características del vehículo (geometría general, número de ejes, tipo de suspensión, etc.) y de la naturaleza de las sollicitaciones. (Luque et al., 2008, pp. 11,12)

Sistema de suspensión convencional

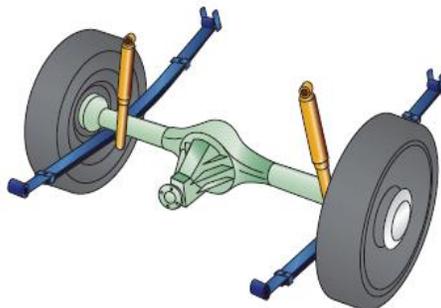
La suspensión de eje rígido es convencional en los vehículos de tipo pick-up, estos suelen utilizar una combinación de ballestas y amortiguadores en el eje trasero.

Suspensión rígida

Para (Luque et al., 2008, p. 132) es aquel en el que se encuentra en el mismo eje, pero no cuenta con un sistema de suspensión independiente para cada rueda, considerandose una sola estructura (eje rígido) como se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Eje rígido propulsor y ballestas



Nota. En la figura se muestra un eje rígido de un tren trasero. Tomado de (González et al., 2011)

Elementos en el eje trasero

Resortes: Como se muestra en la Figura 3, el tipo de suspensión más común en el eje trasero de un vehículo de tipo pick-up son las ballestas, debido a su capacidad para soportar cargas elevadas y a su durabilidad. Por otro lado, en algunos modelos actuales suelen utilizar muelles o barras de torsión para lograr un mejor equilibrio entre la capacidad de carga y el confort de conducción.

Figura 3

Conjunto de ballestas y fijaciones

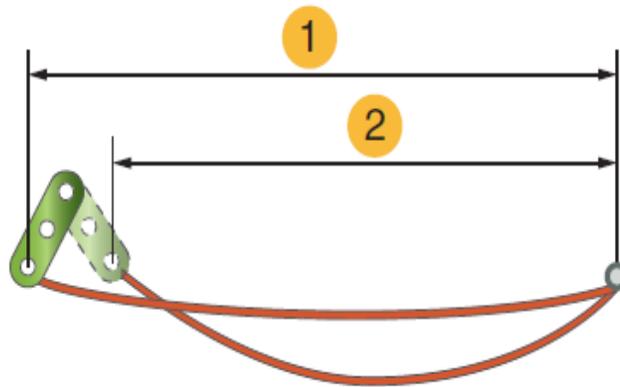


Nota. Estructura del conjunto que conforma a las ballestas. Tomado de (Rodríguez, 2023)

Ballestas: Se componen de un conjunto de hojas de acero de diferentes longitudes, las cuales están montadas una sobre otras. Son instaladas normalmente en los ejes traseros de los vehículos de carga, sean livianos o pesados. Su funcionamiento tiene relación con el coeficiente de elasticidad del material, lo que ayuda a distribuir de mejor manera el peso aplicado hacia los apoyos (ruedas).

Figura 4

Principio de funcionamiento de las ballestas



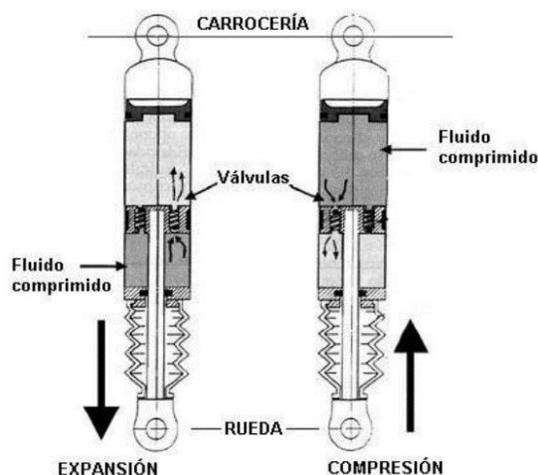
Nota. En el gráfico se observa la deformación de la ballesta trabajando en condiciones bajo carga (cota 1) y sin carga (cota 2). Tomado de (González et al., 2011, p. 170)

Amortiguadores: Cuando la rueda encuentra un obstáculo, el amortiguador absorbe las acciones producidas por el peso y la rueda, así como las reacciones del resorte.

Para que el principio de funcionamiento del amortiguador sea completo, como se muestra en la Figura 5, se debe tener en cuenta el volumen de la varilla que se desplaza con el pistón; según se mueve el pistón, los volúmenes de fluido a ocupar en ambas cámaras no son iguales; según el desplazamiento, hay que sumar o restar el volumen de la varilla que entra o sale en la cámara. Para compensar la diferencia de volumen, los amortiguadores, en su parte superior, están llenos de gas, que absorbe las diferencias de volumen entre las cámaras. (González et al., 2011, pp. 171, 172)

Figura 5

Principio de funcionamiento del amortiguador



Nota. Esquema básico del funcionamiento de un amortiguador hidráulico. Tomado de (Bowen, 2008)

Vehículo de tipo Pick-Up

Según (pruebaderuta, 2020) una camioneta pick-up es una herramienta que es perfecta para trabajo de carga o de remolque. Pero, sin duda es la capacidad de sobrellevar carga la característica fundamental que la distingue de otros vehículos. Su parte trasera es descubierta, denominada como caja de carga, y por lo general tiene una puerta abatible que facilita la carga y descarga de objetos.

Tipos

Para (pruebaderuta, 2020) diferencia en general a los tipos de vehículos pick-up empezando con la cabina sencilla concebida para un mayor espacio de carga, space cab también denominada cabina y media, y doble cabina.

Cabina sencilla: Hace referencia a vehículos pick-up o también denominados camionetas como se muestra en la Figura 6. Estos modelos presentan una carrocería que tiene una

capacidad de hasta 3 ocupantes en las que se incluye al conductor. Normalmente estos vehículos disponen de una capacidad de carga mayor a diferencia de los modelos que se tratan a continuación.

Figura 6

Pick-Up, cabina simple



Nota. Chevrolet D-Max CS 4x2. Tomado de (Chevrolet, 2023)

Space Cab: Es una pick up de cabina más espaciosa, de dos puertas y una fila de asientos adicionales mostrada en la Figura 7; en algunos modelos tiene una puerta trasera de apertura casi imperceptible o de acceso a la parte posterior reclinando la fila de asiento delantero.

Figura 7

Pick-Up, Space Cab



Nota. Isuzu D-Max 1.9L Space Cab. Tomado de (Isuzu, 2023)

Doble cabina: Este modelo mostrado en la Figura 8, es de cuatro puertas con una capacidad para hasta cinco pasajeros y ha venido evolucionando en temas de equipamiento y confort. Son modelos que normalmente se ocupan para turismo y uso diario, debido a que brindan mejores comodidades y confort comparados con otros tipos.

Figura 8

Pick-Up, doble cabina



Nota. Volkswagen Amarok Trendline T 4x4 Cabina doble. Tomado de (Volkswagen web site, 2023)

Capacidad de carga

La capacidad de carga es el peso de los bienes que fueron declarados dentro del rango autorizado por la entidad competente para ser cargados en un vehículo. (Eustat, 2023)

En el contexto de (RAM, 2023) determina la capacidad de carga sumando la cantidad que pueden soportar ambos ejes del vehículo pick-up. Sabiendo que el eje delantero soporta menor carga que el eje trasero; comprende el motor, chasis y pasajeros, mientras que, en el eje trasero comprende la caja o batea, siendo este el medio útil para realizar el transporte de mercancía, productos, equipos, etc.

(Ford, 2023) menciona que la carga generalmente se evalúa en términos de peso o volumen respectivos, esto depende del tipo de bienes y del medio de transporte utilizado. Puesto que, la capacidad de carga se refiere a la máxima cantidad de peso que un vehículo puede transportar sin poner en riesgo la seguridad de los ocupantes.

Capacidad de carga útil

(Nissan, 2023) Define a la capacidad de carga útil como la cantidad máxima de peso que se puede transportar en el balde de una pick-up, tomando en cuenta el peso bruto. Es importante saber que la capacidad máxima de carga que especifica el fabricante en el manual de un vehículo de tipo pick-up como el que se muestra en la Figura 9, hace referencia a la capacidad real de carga (capacidad de carga útil) que se puede transportar. Cuando se trabaja con sobrecarga a una camioneta tiende a afectar de manera crítica la suspensión, la vida útil de las pastillas de frenos ocasionando mayor desgaste, mayor distancia de frenado, incremento de desgaste de los neumáticos, elevado consumo de combustible y en condiciones extremas, daños en el chasis por excesivo esfuerzo mecánico.

Por lo que, según (El tiempo, 2023) para determinar la capacidad de carga útil se debe observar que en la placa del chasis o en la ficha técnica del vehículo se encuentra el valor del peso bruto vehicular (P.B.V.) que es el máximo peso que el vehículo puede soportar sobre sus cuatro neumáticos, incluyendo la cabina y la carga que se transporte. Además, el valor del peso vehicular (P.V.) que resulta ser el peso del vehículo en su estado original, tal cual se entrega de fábrica, es decir, sin incluir ninguna carga adicional. Entonces, la diferencia de P.B.V. y P.V. se conoce como la capacidad de carga útil.

Figura 9

Especificaciones de carga de un vehículo proveniente del manual de fabricante Mazda

País	Motor	Conduc- ción	Peso máximo			
			CW (Peso en orden de marcha)	GVW (Peso bruto del ve- hículo)	GAW (Peso bruto en el eje)	
					Delantero	Trasero
Europa	WL-C	2WD	1.720 kg	2.850 kg	1.170 kg	1.860 kg
		4WD	1.894 kg	2.980 kg	1.430 kg	1.850 kg
				3.002 kg ^{*1}		
Oriental	WL-C	2WD	1.715 kg	2.855 kg	1.170 kg	1.860 kg
		4WD	1.886 kg	2.990 kg	1.430 kg	1.850 kg
Norte América	F2 CIS	2WD	1.509 kg	2.601 kg	1.170 kg	1.860 kg
		4WD	1.545 kg	2.637 kg	1.170 kg	1.860 kg
	G6	2WD	1.734 kg	2.826 kg	1.430 kg	1.850 kg
		4WD	1.717 kg	2.810 kg	1.170 kg	1.860 kg
WLC	2WD	1.717 kg	2.810 kg	1.170 kg	1.860 kg	
	4WD	1.882 kg	2.975 kg	1.430 kg	1.850 kg	
Colombia, Ecuador	F2 CIS	2WD	1.507 kg	2.594 kg	1.170 kg	1.860 kg
		4WD	1.550 kg	2.637 kg	1.170 kg	1.860 kg
	G6	2WD	1.739 kg	2.826 kg	1.430 kg	1.850 kg
		4WD	1.717 kg	2.810 kg	1.170 kg	1.860 kg
WLC	2WD	1.717 kg	2.810 kg	1.170 kg	1.860 kg	
	4WD	1.882 kg	2.975 kg	1.430 kg	1.850 kg	
Excepto anteriores	F2 CIS	2WD	1.518 kg	2.605 kg	1.170 kg	1.860 kg
		4WD	1.550 kg	2.637 kg	1.170 kg	1.860 kg
	G6	2WD	1.734 kg	2.821 kg	1.430 kg	1.850 kg
		4WD	1.632 kg	2.719 kg	1.170 kg	1.860 kg
	WLT	2WD	1.632 kg	2.719 kg	1.170 kg	1.860 kg
		4WD	1.815 kg	2.902 kg	1.430 kg	1.850 kg
WE-C	4WD	1.869 kg	2.962 kg	1.430 kg	1.850 kg	

Nota. En la tabla se muestra valores de peso máximo de la pick-up Mazda BT-50 según el país de origen, tipo de motor y conducción.

Introducción al Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre creada principalmente mediante el uso de una placa electrónica, un microcontrolador y un entorno de desarrollo que posibilita la implementación de diversos proyectos multidisciplinarios. Su versatilidad permite la creación de dispositivos autónomos de bajo peso, tamaño y costo, con amplias capacidades de conexión y expansión. (López, 2016, p. 51)

Ventajas sobre otras plataformas

(Arduino, 2023) Menciona que existen numerosos microcontroladores y plataformas de componentes disponibles para la computación física, como Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, MIT's Handy board, entre otros, que proporcionan funcionalidades similares. Estas herramientas buscan encapsular los detalles complejos de la programación de

microcontroladores en una interfaz de usuario fácil de utilizar. Aunque Arduino también simplifica este proceso, ofrece ciertas ventajas distintivas para profesores, estudiantes y aficionados, en comparación con otros sistemas:

Multiplataforma: El Arduino IDE, que es el software utilizado para programar las placas Arduino, es compatible con los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. En contraste, la mayoría de las plataformas de microcontroladores tienen su uso restringido a sistemas operativos Windows.

Entorno de programación: El software Arduino IDE ofrece una experiencia amigable para los principiantes, pero al mismo tiempo proporciona la flexibilidad necesaria para satisfacer las necesidades de usuarios más avanzados. Para los docentes, el IDE de Arduino se basa de manera conveniente en el entorno de programación Processing, lo que permite que los estudiantes que ya están familiarizados con dicho entorno puedan adaptarse fácilmente al IDE de Arduino.

Software: El software de Arduino es de código abierto y se ofrece como una herramienta que los programadores experimentados pueden ampliar. El lenguaje de programación se puede mejorar mediante bibliotecas C++, y aquellos interesados en los detalles técnicos pueden pasar de Arduino al lenguaje de programación AVR C en el que se fundamenta. De manera similar, es posible agregar directamente código AVR-C en los programas de Arduino si así se desea.

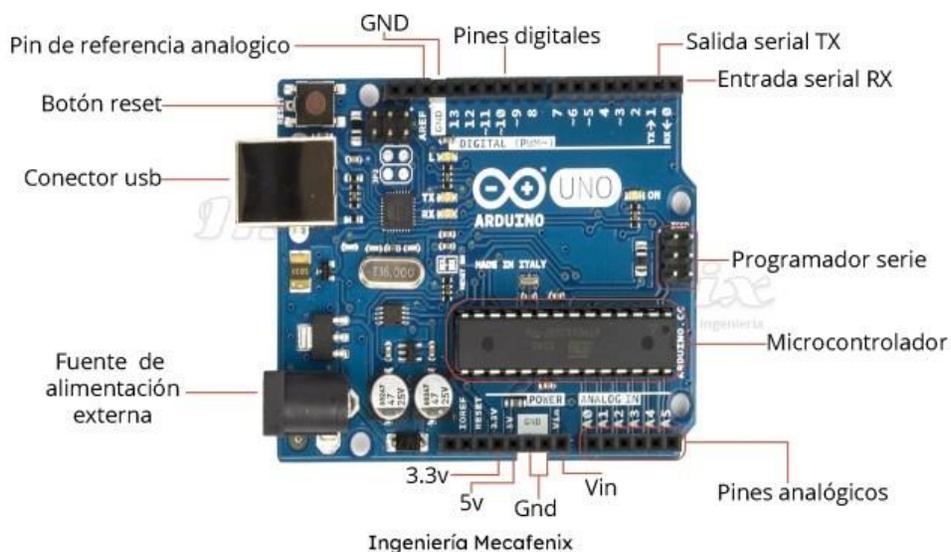
Hardware: Los diseños de las placas Arduino están disponibles bajo una licencia Creative Commons, lo que permite que diseñadores de circuitos experimentados desarrollen sus propias versiones del módulo, mejorándolo y adaptándolo a sus necesidades. Incluso los usuarios con menos experiencia en electrónica pueden construir la versión de la placa del módulo para comprender su funcionamiento y, además, ahorrar dinero en el proceso.

Placa electrónica Arduino

Bajo el fundamento de (López, 2016) la placa Arduino mostrada en la Figura 10, cuenta con un microcontrolador Atmel AVR y múltiples puertos de entrada y salida (E/S) digitales y analógicos, así como salidas PWM (modulación por ancho de pulso) para diversas comunicaciones. Esto permite el control de diversos objetos físicos como botones, motores, LED, entre otros.

Figura 10

Partes de una placa electrónica Arduino



Nota. Partes de la placa electrónica de modelo Arduino Uno. Tomado de (Mecafenix, 2023)

Estructura de la programación

Según (Evans, 2007, p. 6) el lenguaje de programación de Arduino tiene una estructura fundamental compuesta por al menos dos elementos principales que son mostrados en la Figura 11. Estos elementos, que se presentan en forma de funciones, encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones.

Figura 11

Estructura generalizada de la programación en Arduino

```

void setup()
{
  estamentos;
}
void loop()
{
  estamentos;
}

```

Nota. Código básico para empezar a programar en Arduino. Tomado de (Evans, 2007)

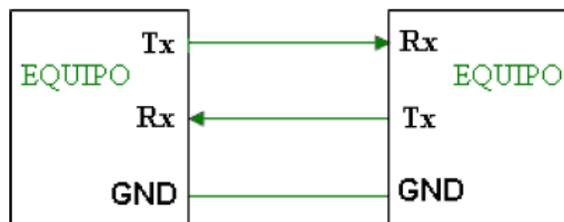
La función `setup()` se encarga de recopilar la configuración inicial del programa, mientras que `loop()` contiene el código que se ejecutará repetidamente en un ciclo continuo, de ahí el nombre `loop` (bucle). Ambas funciones son fundamentales para que el programa funcione adecuadamente.

Protocolos de comunicación serie

Los protocolos de comunicación serie se refieren a las formas en las que los dispositivos pueden intercambiar datos mediante conexiones de comunicación. Menciona (Castaño, 2015) que la comunicación serial entre dos dispositivos se realiza exclusivamente a través de tres líneas, las cuales son: línea de recepción de datos (RX), línea de transmisión de datos (TX), línea común (GND), al igual como se muestran en la Figura 12.

Figura 12

Líneas de comunicación serial entre los dispositivos



Nota. Diagrama de las líneas RX, TX, GND esenciales para la transmisión y recepción de datos. Tomado de (Castaño, 2015)

Los dos protocolos de comunicación serie más comunes utilizados en Arduino son: UART e I2C.

Comunicación I2C: Se trata de un bus serie desarrollado por Philips en 1992, aunque su versión más ampliamente adoptada surgió en el año 2000. Su velocidad predeterminada es de 100 Kbit/s, pero admite velocidades de hasta 3.4 Mbits/s. Este bus es ampliamente utilizado para la comunicación entre microcontroladores y periféricos en sistemas integrados, convirtiéndose en una opción muy popular en la industria.

El bus dispone de dos líneas para la transmisión de datos: una para llevar el reloj (SCL) y otra para la transferencia de información (SDA). Los dispositivos conectados al bus pueden funcionar como maestros o esclavos, y es posible intercambiar el rol de maestro entre distintos dispositivos que lo permitan, lo que se conoce como "multimaestro". Debido a que solo cuenta con una línea de transmisión de datos, la comunicación no puede ser full-duplex, pero sí semi-duplex. (Díaz, 2015, p. 17)

Comunicación UART: También conocida como transmisor/receptor asíncrono universal, es un componente de hardware que permite la conversión de datos desde el formato paralelo al formato serie. Estos dispositivos UART se utilizan ampliamente junto con estándares de comunicación como EIA, RS-232, RS-422 o RS-485. La denominación "universal" se debe a que es posible configurar tanto el formato como la velocidad de transmisión de los datos. Además, los niveles eléctricos de corriente y tensión son controlados por un controlador externo a la UART.

La comunicación puede adoptar diferentes modalidades: simplex, donde la información fluye en una sola dirección; full-dúplex, donde dos dispositivos pueden transmitir y recibir

simultáneamente; y half-duplex, donde los dispositivos se alternan entre transmitir y recibir.

(Diaz, 2015, p. 25)

Sensores medidores de distancia y presión

Para medir la carga o peso de objeto/s, los sensores de distancia y presión permiten cumplir con este trabajo, por lo cual en el mercado existen diversos tipos de sensores que se diferencian en cuanto a su construcción, tipo de elemento eléctrico y operación; rango de trabajo, tiempo de respuesta, entre otros. Por lo cual, es importante considerar tanto el costo como la aplicación que cada sensor ofrece para el funcionamiento, además de otros factores.

Consideraciones de selección

Para (Ruiz 2010, pp. 6, 7) es necesario conocer determinadas características técnicas que brindan gran información sobre la calidad del sensor como se muestra en la Tabla 1, y a continuación se definen criterios fundamentales para el efecto:

Resolución: Es la mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

Sensibilidad: Es la relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.

Error: Es la desviación de la medida proporcionada por el sensor respecto de la real. Se suele expresar en %.

Repetitividad: Es el error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Tabla 1

Tipos de sensores en función de su aplicación

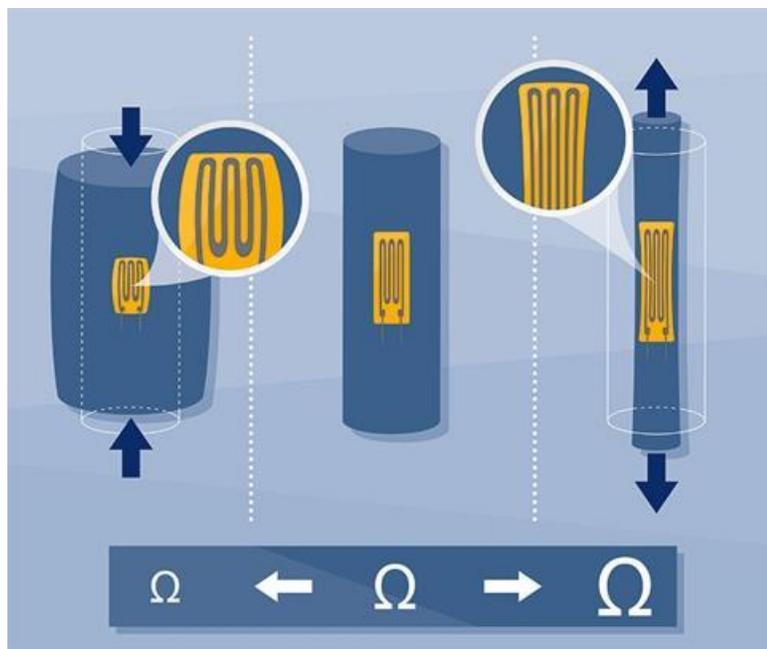
Aplicación	Sensores
Iluminación	Fotoresistivos (LDR), fotoeléctricos
Presencia	Magnéticos, infrarrojos, ultrasónicos
Distancia	Infrarrojos, ultrasonidos
Presión	Piezoeléctricos, resistivos
Caudal	Piezoeléctricos, magnetos resistivos
Frío/calor	Células termoeléctricas (peltier)
Químicos	Detectores de gas y humos

Nota. La tabla muestra el tipo de sensores que habitualmente se utiliza en función de la aplicación. Tomado de (Ruiz 2010, p. 7)

Sensores de presión

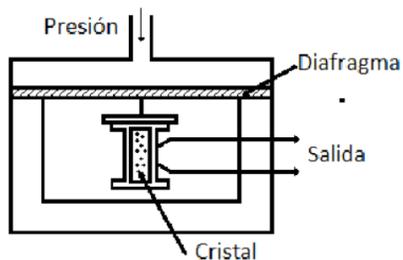
Donde se utiliza como elemento eléctrico un transductor ya sea piezoeléctrico o resistivo. Estos trabajan mediante la presión ejercida sobre los componentes que integran el sensor, y ofrecen variaciones en la resistencia hacia la comunicación con un controlador, el cual recepta como señal el voltaje emitido por estos sensores.

Galgas extensiométricas: Como se indica en la Figura 13, basan su funcionamiento en la deflexión del material, generando una resistencia la cual varía en función del esfuerzo ejercido sobre la galga. Normalmente es usado en aplicaciones industriales debido a su alta precisión y capacidad de soportar elevadas cargas. (Bellini, 2009, pp. 1,2)

Figura 13*Galga extensiométrica*

Nota. A medida que la galga se estira su resistencia aumenta. Tomado de (HBK, 2023)

Sensores piezoeléctricos: Su estructura se compone de un material hecho a base de cristal, en el cual, al aplicar presión sobre el sensor, genera un pulso eléctrico que determina caudal, peso y fluidez. Cuando se ejerce presión sobre el diafragma, el cristal se deforma, generando una señal de salida en forma de voltaje como se muestra en la Figura 14. (Bellini, 2009, p. 3)

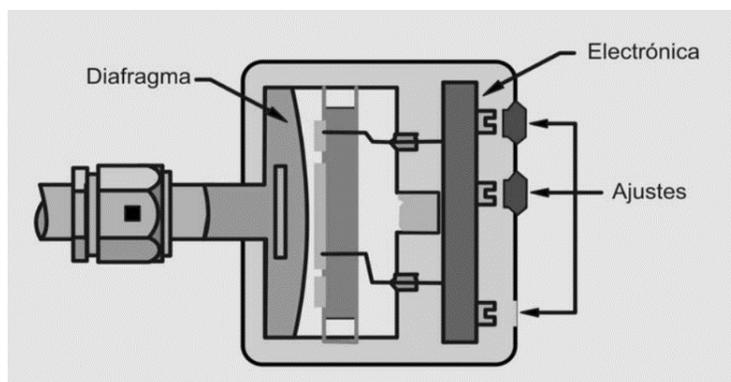
Figura 14*Principio de funcionamiento de un sensor de presión piezoeléctrico*

Nota. En el esquema se muestra el funcionamiento interno de un sensor de presión piezoeléctrico. Tomado de (Campaña, 2018)

Sensores capacitivos: En su estructura contiene un circuito de tipo capacitivo, el cual, se carga por medio de la detección de objetos metálicos. Su funcionamiento se basa en el principio de generación de campos magnéticos, de esta manera el sensor emite y recepta señales a la vez, para determinar la distancia a la que se encuentra un objeto con respecto al sensor. (Bellini, 2009, p. 3)

Figura 15

Sensor capacitivo de presión con su encapsulado



Nota. En la figura se observa la constitución de un sensor capacitivo de presión. Tomado de (Beltrán, 2011)

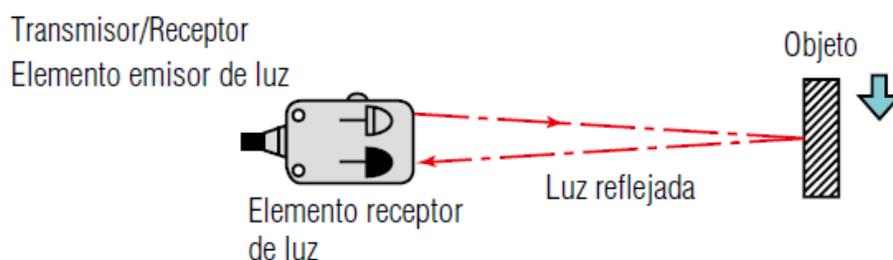
Sensores medidores de distancia

Un sensor de desplazamiento (también conocido como medidor de distancia) tiene la función de medir la distancia entre la posición actual de un objeto y una posición de referencia. Estos sensores se emplean para medir dimensiones y determinar la altura, el grosor, la anchura y el rango de desplazamiento de un objeto. Es crucial elegir el equipo más adecuado en función de la aplicación específica, la precisión necesaria y las condiciones ambientales en las que será utilizado. (Keyence, 2023)

Sensor infrarrojo: En la Figura 16, se muestra un sensor infrarrojo el cual es un elemento eléctrico optoelectrónico capaz de obtener medición de radiaciones electromagnéticas infrarrojas de los objetos en su campo de visión. Todos los objetos emiten cierta cantidad de radiación que es invisible para los ojos, pero no visible para estos dispositivos electrónicos, como en el rango espectral por debajo de la luz visible. (Seguridad360, 2022)

Figura 16

Modo reflectivo de un sensor infrarrojo

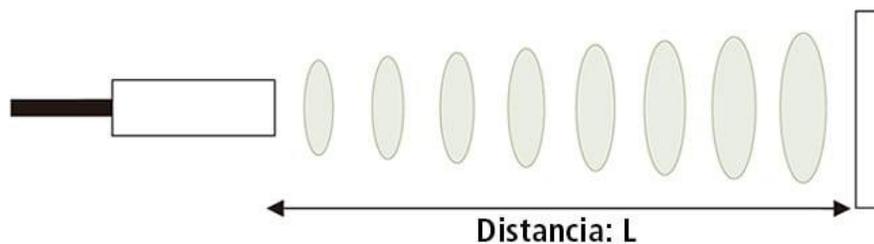


Nota. El sensor recibe la luz reflejada desde el objeto. Tomado de (Keyence, 2023)

Sensores ultrasónicos: Este sensor emite ondas ultrasónicas las cuales son inaudibles para las personas, requiere de un bus de datos de emisión y recepción de señal, por lo que, al emitir la señal ultrasónica y chocar contra un objeto calcula el tiempo en el que esta señal tarda en ser receptada, en la Figura 17 se muestra su principio de funcionamiento. (Keyence, 2023)

Figura 17

Principio de funcionamiento del sensor ultrasónico



Nota. En la ilustración el sensor emite y recibe ondas ultrasónicas a una distancia L del objeto.

Tomado de (Keyence, 2023)

Ejemplares: En el mercado existen distintos sensores medidores de distancias diseñados para diversas aplicaciones. En la industria automotriz estos sensores también tienen su aplicación. Por lo cual, los sensores más significativos son los modelos tales como: TF mini, Sharp, VL53L0x.

Módulo LiDAR TF mini PLUS: El sensor TFmini PLUS utiliza la tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) para medir distancias, se muestra el modelo en la Figura 18. Este emite un pulso láser y mide el tiempo que tarda en reflejarse en el objeto y regresar al sensor, calculando así la distancia con gran precisión. Tiene un rango de medición amplio que le permite detectar objetos a distancias entre 3 centímetros y 2 metros. Además, tiene una alta frecuencia de muestreo que alcanza hasta 1000 Hz, lo que permite una rápida actualización de datos y una detección en tiempo real de objetos en movimiento. El sensor tiene una interfaz de comunicación I2C. Gracias a su diseño y tecnología, el TFmini PLUS es menos susceptible a la interferencia de luz ambiental, polvo y otros factores que podrían afectar las mediciones. Su diseño compacto y peso ligero hacen que sea fácil de integrar en el chasis del vehículo. (Sparkfun, 2023)

Figura 18

Sensor TF mini PLUS



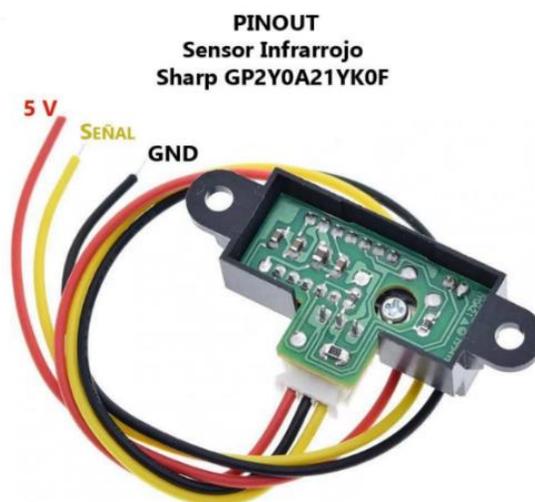
Nota. Sensor emisor de láser que proporciona mediciones exclusivamente en centímetros.

Tomado de (Sparkfun, 2023)

Sensor Sharp GP2Y0A21YK0F: Es un sensor de tipo infrarrojo, el cuál emite un haz de luz, que para medir la distancia entre el sensor y un objeto, analiza el ángulo de recepción del haz de forma análoga, siendo capaz de transformar este valor en una señal de voltaje que oscila de 0.3 a 5 V. El modelo se muestra en la Figura 19, y es un sensor programable que tiene su propia librería si se lo aplica en el uso con Arduino, lo que hace más fácil su aplicación a cualquier tipo de trabajo. (UNIT electronics, 2023)

Figura 19

Distribución de pines del sensor modelo Sharp



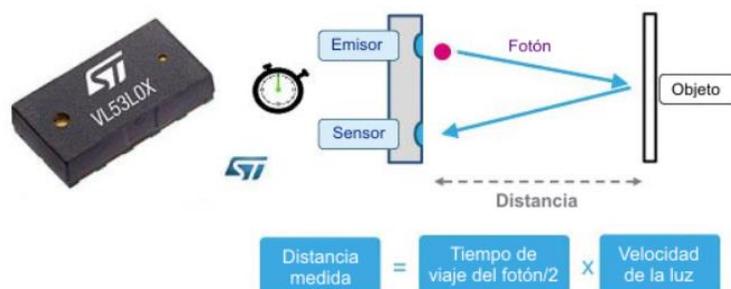
Nota. Sensor infrarrojo Sharp, con mediciones en milímetros. Tomado de (UNIT electronics, 2023)

Sensor GY50 VL53L0X: Su funcionamiento se resume en la medición en base a la velocidad de la luz como se muestra en la Figura 20. Para (Robots argentina, 2019) “*Permite medir distancia con independencia de la reflectividad del objetivo*”. Este sensor basa su funcionamiento en el principio “ToF” el cual mide la distancia en base al tiempo que se demora

en regresar la señal laser que ha sido emitida por este sensor cuando choca con un objeto, este principio es el tiempo de vuelo.

Figura 20

Funcionamiento del sensor de distancia GY530 VL53L0X



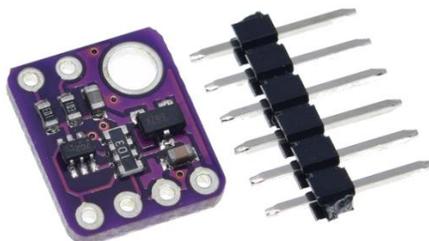
Nota. En la Figura se muestra el principio de funcionamiento del sensor de distancia VL53L0X.

Tomado de (Robots argentina, 2019)

El sensor de distancia GY530 VL53L0X que se muestra en la Figura 21, cuenta con una estructura compacta para cualquier tipo de aplicación como en microindustrias, militares y procesos de automatización. Además, el sensor trabaja con un protocolo de comunicación I2C, lo cual lo hace muy versátil para aplicaciones electrónicas con el uso de microcontroladores, PIC's y Arduino.

Figura 21

Sensor de distancia GY530 VL53L0X



Nota. En la Figura se muestra la estructura del sensor de distancia GY530 VL53L0X. Tomado de (Robots argentina, 2019)

Capítulo III

Diseño y construcción del sistema

En el presente capítulo, se aborda los procedimientos de diseño, selección, construcción e implementación de los elementos eléctricos y electrónicos necesarios para el funcionamiento del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo de tipo pick-up. Partiendo de alternativas de diseño propuestas, se busca evaluar la mejor alternativa para implementar un sistema que cumpla de forma eficiente su funcionamiento.

Diseño del sistema

En este apartado, se trata sobre el proceso que se sigue para desarrollar el diseño del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick-up. Para ello, se toma en cuenta factores como son el económico, confiabilidad y sobre todo que sea accesible para el público en general, ya que lo que se busca es, que este sistema pueda ser instalado en cualquier vehículo, solucionando de esta forma la problemática que se ha presentado con antelación.

Necesidades

El sistema se desarrolla después del análisis realizado de varios estudios que se usaron como antecedentes para este proyecto, los cuales concuerdan y determinan que en general los transportistas que conducen vehículos de carga, en su mayoría exceden las cargas permitidas en estos vehículos. Esto, por desconocimiento de este dato o a su vez de forma deliberada, generando problemas en los vehículos, inseguridad vial y sobre todo disminuyendo la vida útil de componentes del vehículo. Por lo que, este sistema ayudara a mitigar esta problemática, concientizando en los usuarios sobre esta mala práctica mediante el sistema que se desarrolla.

Requerimientos

En la etapa de diseño, se espera que este sistema sea compacto, eficaz y fácil de usar, además que se presente como un producto accesible a la sociedad, siendo así, de fácil adquisición, por lo que para ello se prevé usar componentes que puedan hallarse en el mercado nacional. Además, la instalación de este se sustenta en evitar dañar el vehículo, siendo este un sistema de seguridad activo integrado. La ubicación de estos componentes se la realiza en sitios estratégicos del vehículo, con lo cual no incomoda la conducción del usuario, ayudando a que tenga una mejor concentración a la hora de conducir el vehículo.

Restricciones

Entre las principales limitaciones para este proyecto, se puede determinar tres, entre las que podemos detallar:

Costo: En cuanto a este aspecto, el sistema no representa un gasto exorbitante, al contrario, se presenta como una solución asequible al público, por lo que debido a esto se limita la adquisición de componentes en precios que resulten ser moderadamente accesibles.

Alcance: Un punto importante que recalcar para este apartado es que en cuanto a los usuarios para los cuales va dirigido este proyecto son netamente propietarios de vehículos pick-up y se ha visto la necesidad de seccionarlo aún más para personas que usan estos vehículos específicamente como transporte de carga y pasajeros.

Tiempo: El tiempo para poder culminar el proyecto viene dado de acuerdo con el calendario académico establecido por la Universidad, por lo que, a pesar de ello, se propone que el tiempo debe ser menor al establecido, debido a que es necesario efectuar cambios y adecuaciones en el proceso de implementación, y así poder concluir de manera efectiva el sistema que se planea llevar a cabo.

Planes de diseño

Para poder llevar a cabo el proyecto, es importante analizar posibles alternativas que puedan hacer que el sistema funcione correctamente, entre lo primordial se toma en cuenta fortalezas y debilidades. Además, con antelación se necesita de un sensor, el cual ayude a obtener datos, que posteriormente deben ser procesados por un módulo central, para que después de ello se pueda visualizar en una pantalla y dependiendo de esto, se active las respectivas alertas y sobre todo el control, para que el usuario sea informado de lo que está sucediendo en todo lo referente a la carga máxima que se permite en su vehículo.

Alternativas de Diseño

A continuación, se da a conocer las alternativas propuestas a lo largo del desarrollo de diseño del proyecto, las cuales, dependiendo de su viabilidad, guiaron y fueron llevadas a cabo para la construcción de este.

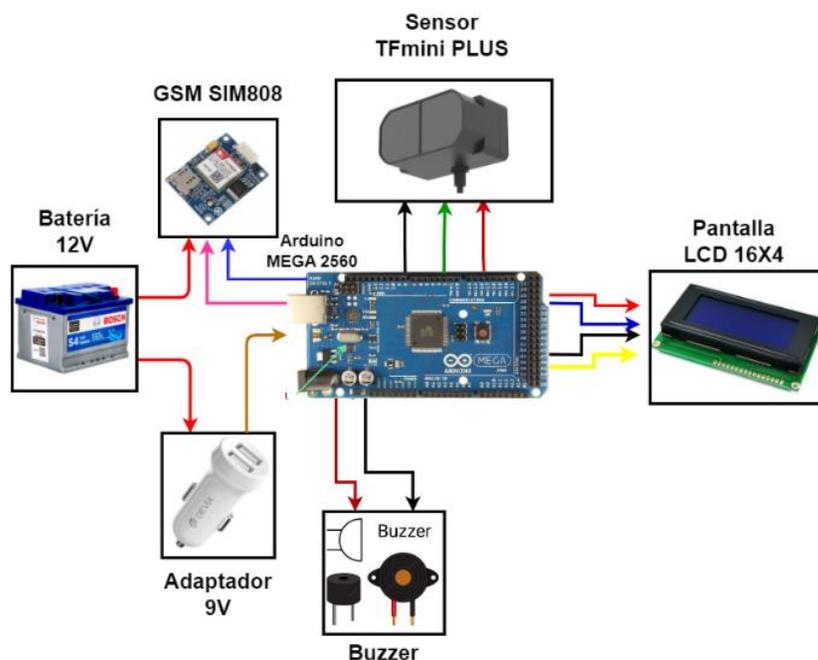
Alternativa 1: A partir de esta opción germina parte del desarrollo del sistema, se analiza el uso de sensores de distancia para relacionarlos con el peso que se carga en el vehículo, para lo cual se cotiza un sensor LiDAR denominado TFmini Plus, el cual debido a sus características como por ejemplo tamaño, peso y aspecto físico robusto lo hace un componente apto para el trabajo a la intemperie, su precisión viene dada en centímetros y al muestrear datos, no le afecta el polvo.

Entre las principales limitantes de usar este sensor es su adquisición debido a que este sensor no es comercializado en el país, teniendo que ser importado. A su vez, esto va relacionado con su precio, ya que a esto se suman valores de tracking e importación. Su programación resulta ser especial y sobre todo se dispone de muy poca información con respecto a su codificación para ponerlo en funcionamiento.

En cuanto a la interfaz, se tiene como primera opción la representación de datos en una pantalla LED, en la cual se muestren el peso y la alerta visual, opción que posteriormente se descarta ya que en la parte estética y sobre todo visual tiene un aspecto rústico. Se pretende de la misma manera usar parlantes los cuales reproduzcan una alerta sonora mediante un pitido, e integrar un sistema de alerta remota mediante la implementación de un módulo GSM SIM, el cual realiza una llamada al móvil del usuario registrado como se muestra en la Figura 22. Además, se plantea realizar una base entre la superficie inferior del balde y otra en la parte superior del diferencial, de esta manera se pueda determinar el peso con respecto a la altura de estas dos referencias.

Figura 22

Diseño esquemático de la Alternativa 1



Nota. En la figura se observa el diseño esquemático de la alternativa 1 propuesta por los autores para la aplicación del proyecto.

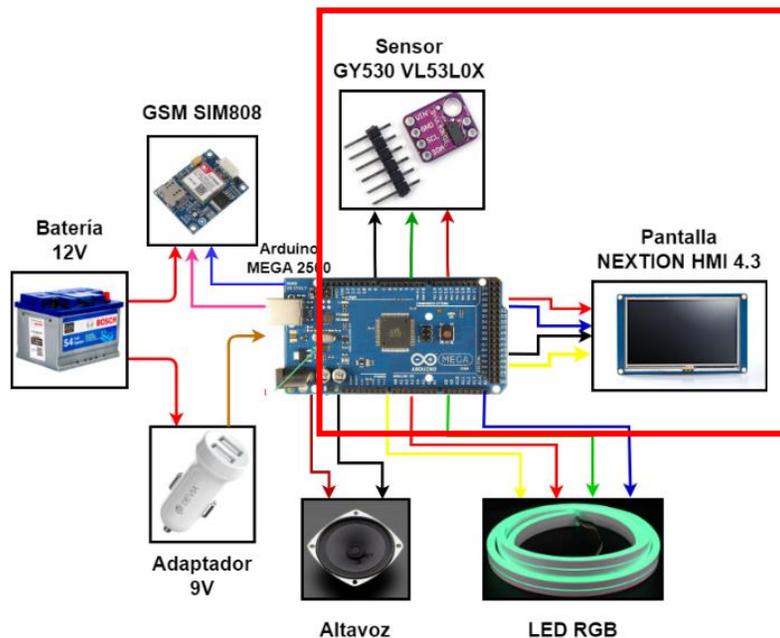
Alternativa 2: En este punto, se promueve el uso de sensores de distancia y componentes que se comercializan a nivel nacional, como se muestra en la Figura 23, por lo que entre estos se toma en cuenta el sensor GY530 VL53L0X que obtiene los datos de forma digital. Este sensor promete tener una apreciación en milímetros lo cual hace que su precisión a la hora de aplicarlo en el proyecto será mayor al propuesto por la Alternativa anterior, su tamaño lo hace pasar desapercibido, su conexión y programación es conocida y es posible adecuarla a la necesidad planteada.

El principal problema que se encuentra es en su estructura; se nota que su trabajo es afectado por condiciones exteriores como polvo y agua, por lo que resulta difícil que pueda ser usado en estas condiciones. Por otro lado, se verifica que su conexión debe ir anexada a parámetros externos en los cuales, a pesar de que su conexión es independiente, esto llegaría a afectar la lectura de datos si uno de ellos se avería.

Con respecto a la pantalla e interfaz se propone el uso de una pantalla HMI NEXTION, este representa de mejor manera y calidad los datos que se requieren representar. También se planea el diseño de un soporte para esta pantalla y su ubicación en la parte superior del salpicadero del vehículo. La alerta sonora se piensa que debe ser con la ayuda de un parlante integrado internamente en el soporte de la pantalla siendo más compacta la instalación. Además, se piensa en la integración de una tira led RGB tipo neón para un mejor aviso de la alerta.

Figura 23

Diseño esquemático de la Alternativa 2



Nota. En la figura se observa el diseño esquemático de la alternativa 2 propuesto por los autores, el cual puede ser implementado en el proyecto.

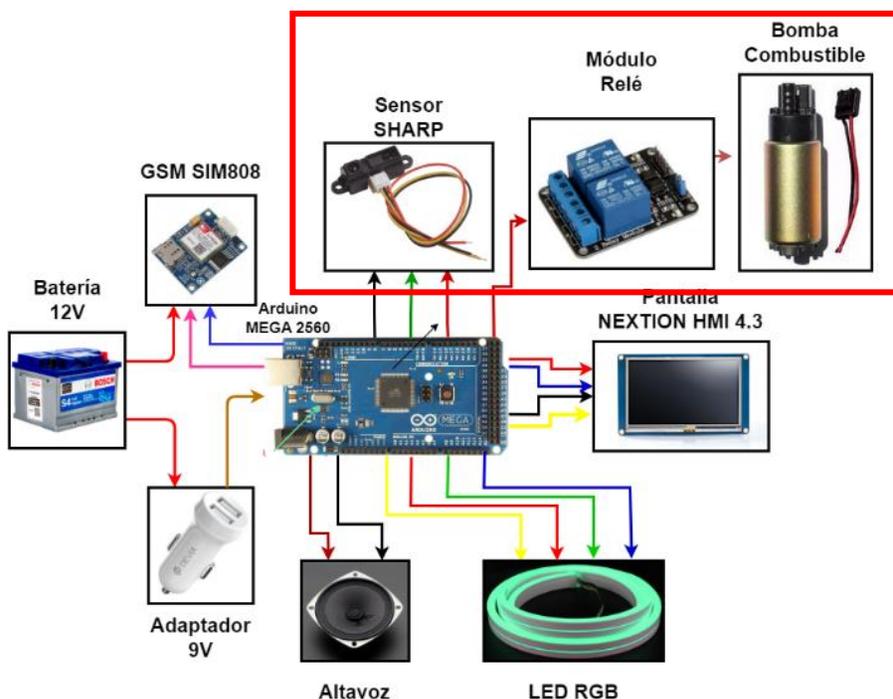
Alternativa 3: Se plantea el uso de un sensor similar al anterior, el SHARP GP2Y0A41SK0F, se diferencia al anterior en la obtención de datos ya que este sensor las obtiene de forma analógica, como se ilustra en la Figura 24. Esto permite tomar una infinidad de valores de forma continua, además su estructura se muestra más robusta, presenta un diseño que puede ser usado a la intemperie y su funcionamiento no se ve afectado por el polvo o agua, también su conexión resulta ser similar a la anterior.

Entre los problemas a destacar se presenta el código, el cual requiere de varios parámetros, los cuales desafían el correcto funcionamiento de estos sensores. También para procesar los datos se requiere de la parametrización mediante valores obtenidos de distancia. Esto para poder conseguir una ecuación que pueda interpretar los datos en bits a distancia, para poder determinar la distancia entre el chasis y ballestas.

Para la interfaz y pantalla se mantiene la idea de usar una pantalla HMI NEXTION, pero se idea otra opción para ubicarla en la parte inferior del salpicadero, evitando así la obstrucción de visión del usuario a la hora de conducir, pero siendo lo suficientemente visible para que pueda informar y alertar de la carga que se encuentra en el vehículo. Para el apartado de alerta sonora, se planea hacer uso de las bocinas de los parlantes del vehículo para que este sea más efectivo mediante una grabación que alerta la carga máxima, además de un sistema de control que corte el paso de combustible cuando el usuario no reduce la carga en el vehículo. Adicional a esto, para el sistema de control del proyecto se planea en la implementación de un módulo relé que corte el paso de corriente del pin negativo del relé de la bomba de combustible.

Figura 24

Diseño esquemático de la Alternativa 3



Nota. En la figura se observa el diseño esquemático de la Alternativa 3 propuesto por los autores para la aplicación del proyecto.

Análisis de opciones

Para poder determinar la alternativa más adecuada y fiable y proceder con la construcción del sistema de alerta temprana, control y monitoreo de la carga máxima permitida en un vehículo pick-up, se tiene en cuenta las características y sobre todo la capacidad que tienen estos componentes para poder adaptarse a lo que se necesita. Para este fin, se parametrizó la evaluación de estas opciones para poder elegir la mejor alternativa.

Tabla 2

Evaluación de opciones posibles para la construcción del proyecto

Parámetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Disponibilidad de materiales	3	4	5
Estructura	5	3	4
Costo	2	4	3
Operatividad	3	4	4
Instalación	4	5	4
Total	17	21	20

Nota. En la tabla se presentan las valoraciones de las opciones para el diseño del proyecto. Se considera la calificación con valores de 0 a 5, determinando que el valor de 5 es excelente y el valor de 0 es insuficiente.

Selección de alternativa de diseño

Considerando la Tabla 2, se comprende que la Alternativa 2 es la que arroja una calificación favorable, lo que indica que esta se adapta de mejor manera a las necesidades de construcción requeridas por los autores. No obstante, es importante tener en cuenta que, a

pesar de ya haber reconocido la mejor opción, las opciones restantes tienen en cierta medida algunas características que pueden ser aplicables cuando se proceda con la construcción del sistema.

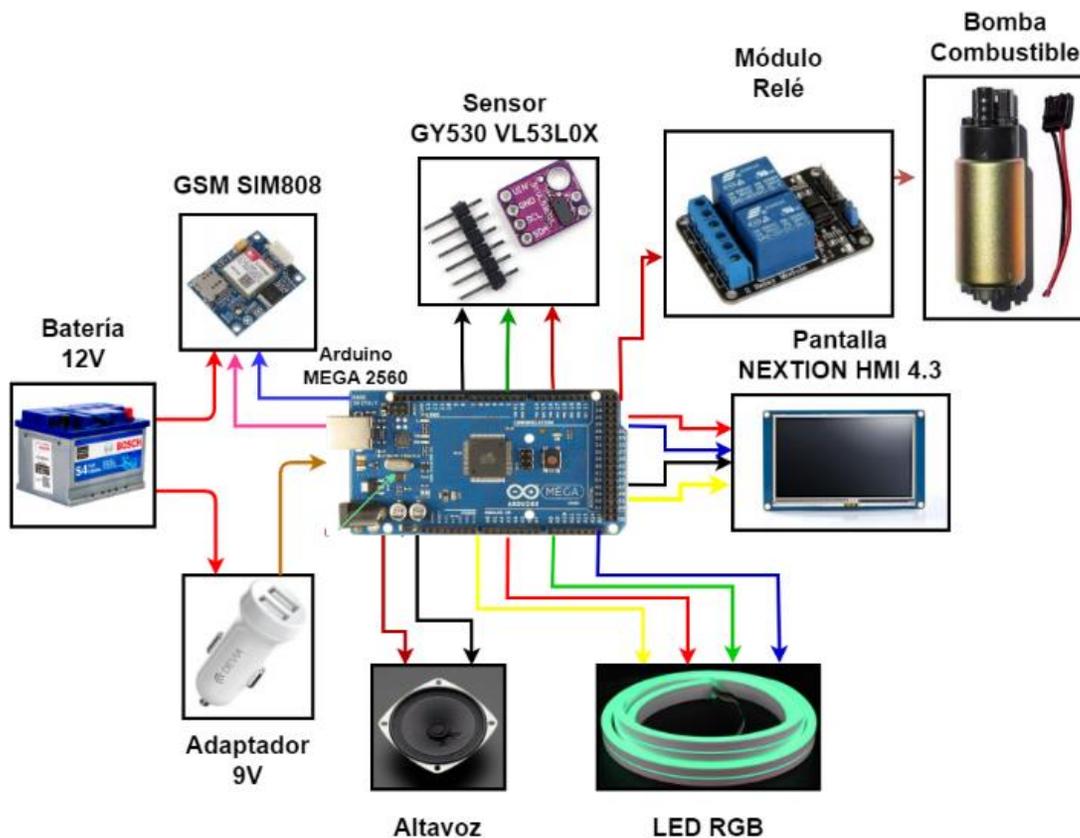
Por lo tanto, se define que, para la construcción del sistema, se usa un sensor de distancia, el mismo que de acuerdo con el peso que se cargue en el vehículo, la distancia entre el chasis y los ejes del diferencial del lado derecho e izquierdo irán disminuyendo conforme se agregue más peso o a su vez de forma inversa. En cuanto a las alertas, se implementarán tres tipos de alertas, entre las que se encuentran: alerta visual mediante una pantalla y una tira led, alerta sonora en la cual se usa un altavoz y reproduce un audio de alerta y alerta remota que usa un módulo GSM el cual realiza una llamada al usuario, todas estas alertas actuarán cuando el vehículo se encuentra con carga excesiva. Y por último para el control, se procederá al uso de un relé conectado al cable conductor negativo de la bomba de combustible, el cual cabe recalcar que cuando se encuentre en estado de carga máxima, se accione y no permita su funcionamiento.

Diseño final

Después de analizar la opción que más se adapta a las necesidades del proyecto y además de integrar componentes los cuales mejoran la funcionalidad de este, se procede con la propuesta de diseño final, entre los que se integran sistema de alarma temprana, sistema de monitoreo y sistema de control. A continuación, se representa de manera gráfica en la figura 25 el diseño final propuesto de forma general.

Figura 25

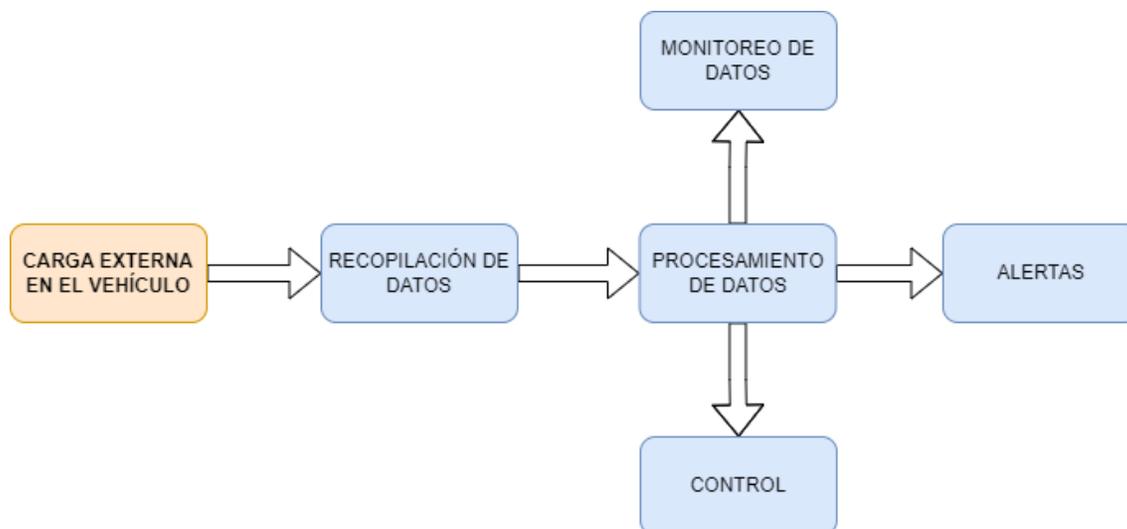
Esquema gráfico del sistema en general



Nota. Representación gráfica del sistema en general con sus elementos.

Descripción del proyecto

El principal objetivo para este proyecto es el diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick up, su funcionamiento se ha detallado en la Figura 26 que se encuentra a continuación.

Figura 26*Esquema de operación*

Nota. Representación esquemática del proceso de funcionamiento del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick up.

Carga externa en el vehículo

Debido a que el proyecto es sobre la carga máxima permitida en un vehículo, es necesario que el vehículo esté cargado, para que, por medio de un sensor, se pueda conocer el peso y posterior a esto se pueda alertar si la carga ha sobrepasado el umbral de peso permitido.

Recopilación de datos

Los datos serán adquiridos por medio de un sensor, el cual con anticipación será calibrado mediante la carga del vehículo de acuerdo con un peso ya establecido. De esta manera se obtiene de manera más efectiva la carga que se encuentra en el vehículo.

Procesamiento de datos

Haciendo uso de un módulo de procesamiento de datos como lo es Arduino, una vez que se ha recopilado la información mediante el estudio y relación de datos como son la distancia y el peso que se carga en el vehículo, es necesaria la formulación de una ecuación que arroje como resultado el peso en función de la distancia entre el chasis y eje derecho e izquierdo del vehículo. Esto facilitará su desarrollo y comunicación de los datos para con los respectivos periféricos de salida que ayudan a alertar, monitorear y controlar la carga existente y sobre todo cuando llegue a la carga máxima permitida en el vehículo.

Monitoreo de datos, Alertas y Control

Considerando el punto anterior, es necesario que cuando se procesen los datos y se encuentre en primera instancia, con una carga mínima, se muestra en una interfaz los datos con normalidad y a partir de una tira led se encenderá en color verde. Posteriormente a carga media se encenderá el led en color amarillo y mostrará los datos en pantalla y por último cuando llegue a una carga excesiva, la tira led se enciende en color rojo, desplegando una nueva pantalla en la que se alerta del peso máximo. A continuación, se realiza una llamada alertando la carga excesiva y además da la opción de control para continuar con el recorrido del vehículo, o a su vez detenerlo o imposibilitar el encendido del vehículo hasta que se baje carga del mismo.

Diseño de los sistemas a implementar

En esta sección, se trata el proceso de diseño del sistema de alerta, monitoreo y control de la carga máxima permitida para vehículos pick-up. Aquí se abordarán puntos elementales como la selección de componentes, desarrollo de una interfaz de usuario para monitorear los datos obtenidos y el algoritmo de control. Esto ayuda como fundamento para la implementación

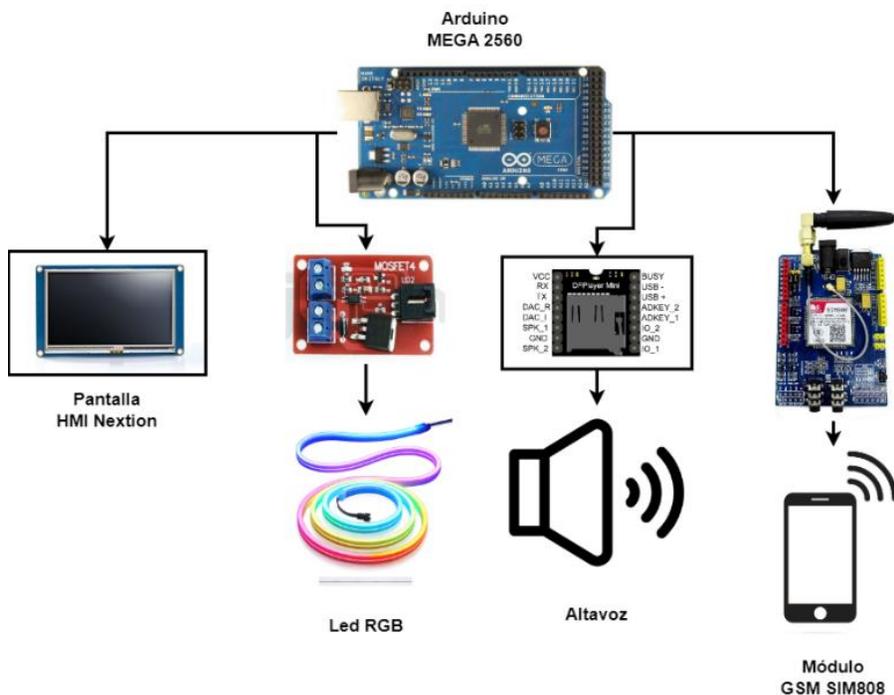
eficaz del sistema e igual mejora la comprensión de cómo se alcanzan los objetivos establecidos de forma inicial.

Diseño de alarma temprana

Un sistema de alerta temprana permite informar de manera oportuna de algún desperfecto o amenaza existente en el proyecto en el que está integrado, lo cual ayuda a prevenir problemas o accidentes. Este sistema en su accionar debe alertar al usuario de forma clara y efectiva por lo que se ha propuesto implementar tres tipos de sistema de alerta temprana, como se muestra en la Figura 27, entre los cuales encuentran: Alerta sonora, visual y remota.

Figura 27

Diseño del sistema de alarma temprana

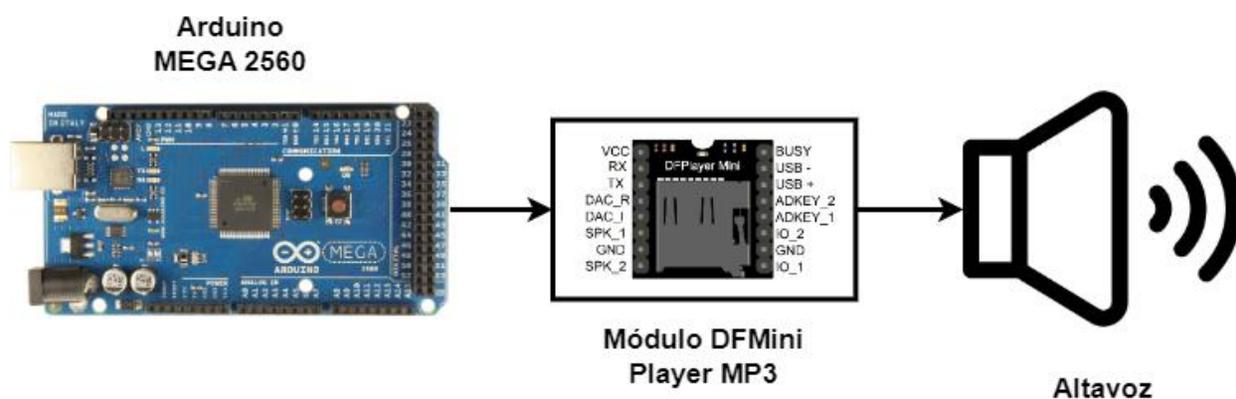


Nota. En la figura se muestra el diseño esquemático del sistema de alerta a implementar en el proyecto.

Diseño de alerta sonora: Para este tipo de alerta se piensa en la integración de parlantes, los cuales cuando se presente un problema, en este caso la carga excesiva del vehículo hará que se reproduzca un audio pregrabado en el cual se alerte mediante una voz repetitiva de que la carga en el vehículo está excedida. Esto hace que el usuario pueda estar consciente de este suceso, dando la posibilidad a actuar de forma oportuna para evitar daños o accidentes, tal como se muestra en la Figura 28.

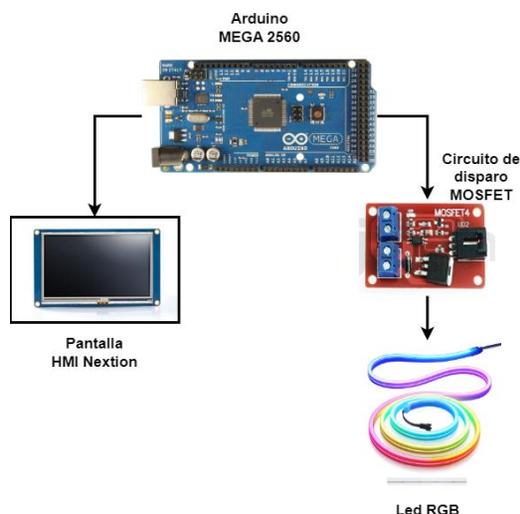
Figura 28

Diseño del sistema de alerta sonora



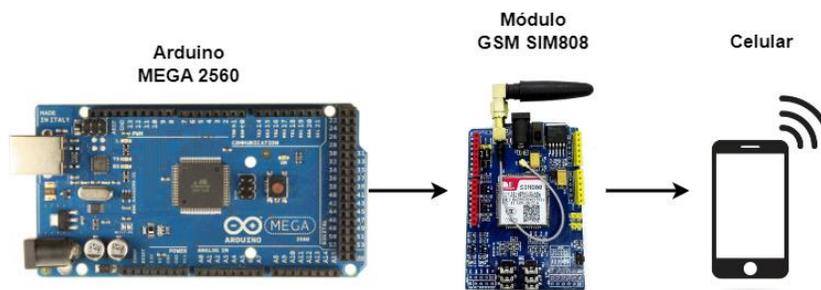
Nota. En la imagen se muestra los componentes del sistema de alerta sonora.

Diseño de alerta visual: En esta alerta visual lo que se propone es implementar como primer punto una pantalla HMI, en esta pantalla, cuando se exceda la carga en el vehículo presenta una interfaz de alerta que sea llamativa, informe y capte la atención del usuario, a más de esta alerta se añade una tira led la cual se enciende de varios colores conforme la carga que se encuentre en el vehículo como se muestra en la Figura 29, siendo de color de verde cuando el peso se encuentre en un rango de 0 a 30%, de color amarillo cuando el peso sea de 30 a 60%, de color tomate cuando el peso sea de 60 a 90% y por ultimo de color rojo cuando el peso vaya de 90% a 100%.

Figura 29*Diseño del sistema de alerta visual*

Nota. En la imagen se muestran los componentes del sistema de alerta visual.

Diseño de alerta remota: Para la alerta remota se planea el uso de un módulo GSM SIM el cual integra una ranura para una tarjeta SIM como se muestra en la Figura 30, la cual realiza una llamada al celular del usuario del vehículo para alertarle de la carga excesiva en el vehículo. Esta llamada se lo hace de forma simultánea a las alertas anteriormente descritas, estas serán activadas cuando el vehículo este cargado en exceso.

Figura 30*Diseño del sistema de alerta remota*

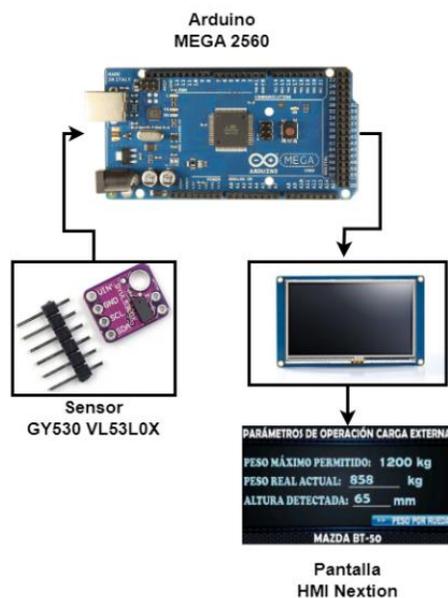
Nota. En la imagen se muestran los componentes del sistema de alerta remota.

Diseño del sistema de monitoreo

Este sistema es el primero en accionarse ya que se promueve el encendido de todo el sistema cuando el vehículo se encuentre en contacto, por lo que se presenta una pantalla en la que se puede observar el peso existente en el balde de la camioneta, la distancia entre los dos puntos de referencia con respecto a las 2 ruedas del eje trasero y además de forma didáctica se muestra la variación que esta tiene con respecto al peso que se vaya cargando en el vehículo como se indica en la Figura 31.

Figura 31

Diseño del sistema de monitoreo



Nota. En la figura se presenta el diagrama esquemático del sistema de monitoreo diseñado por los autores.

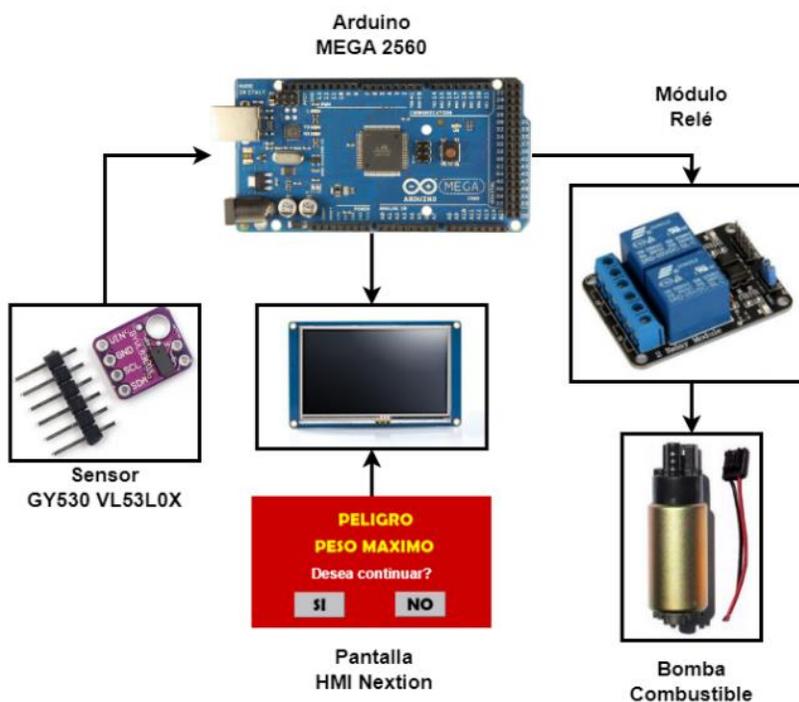
Diseño del sistema de control

Se pretende usar un circuito de control mostrado en la Figura 32, el cual ayude a que el conductor evite encender o continuar con el recorrido del vehículo. Este sistema integra un

corte del paso de combustible con ayuda de un relé, el cual cuando el dispositivo de procesamiento de datos (Arduino) determine que el peso es excesivo en el vehículo, proceda a arrojar el respectivo mensaje de alerta y a su vez dará dos opciones en las cuales la primera opción permite al usuario continuar con el recorrido un tiempo pertinente. Si la carga excesiva persiste el vehículo procede a apagarse y, por otro lado, en la segunda opción se obliga a que el vehículo se apague y por lo tanto no se encenderá hasta que el usuario reduzca la carga excedente del vehículo.

Figura 32

Diseño del sistema de control



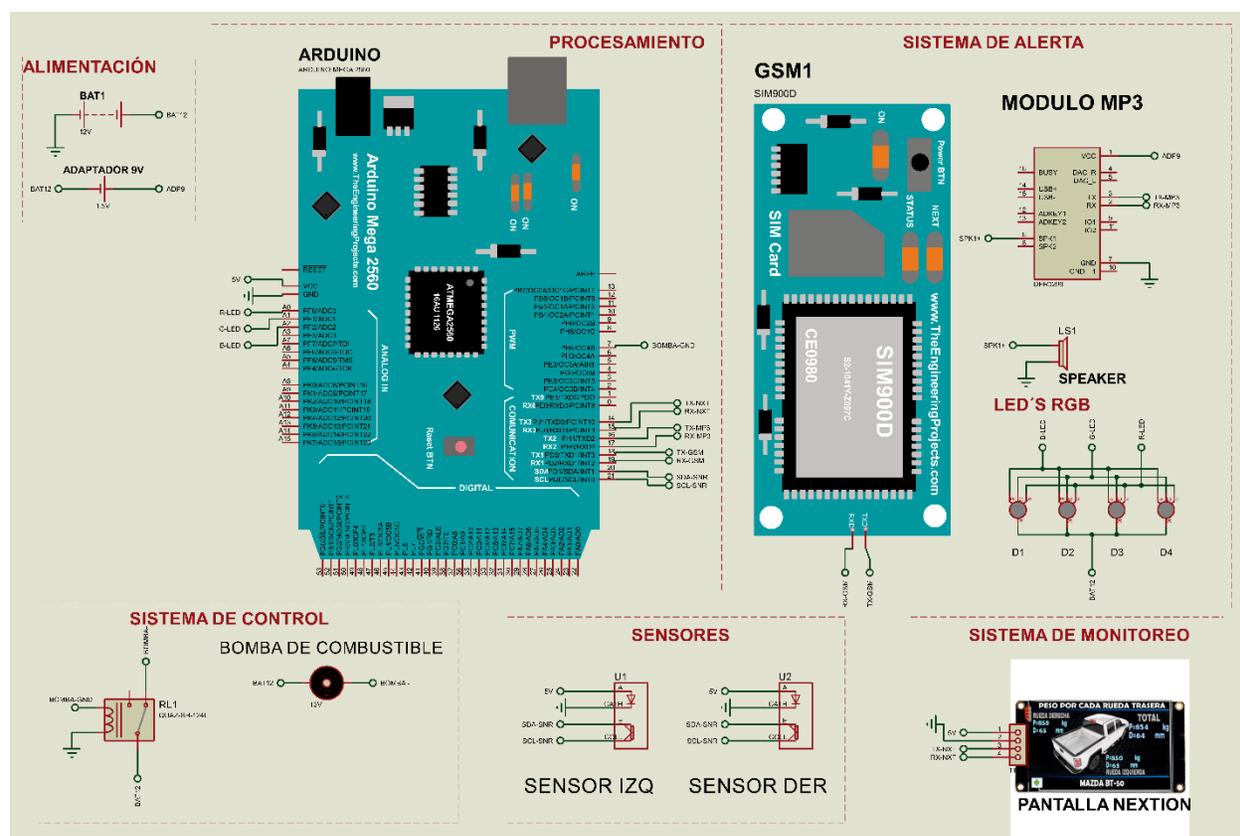
Nota. En la figura se presenta el diagrama esquemático del sistema de control diseñado por los autores.

Diseño del circuito eléctrico del sistema

El diseño del circuito del sistema es muy importante ya que gracias a esto se simula las conexiones necesarias para poner en funcionamiento el proyecto, para lo cual se usa un software que permite diseñar y simular por computadora circuitos electrónicos digitales como análogos.

Figura 33

Diagrama eléctrico del sistema implementado



Nota. En la figura se aprecia el diseño del circuito eléctrico del proyecto en un software de simulación de circuitos.

De acuerdo con lo presentado en la Figura 33, se disponen de dos sensores de distancia los cuales cuentan con 4 pines de conexión cada uno, entre los que se tiene una entrada de alimentación de 5V, conexión a tierra (GND), dos conectores de entrada y salida de

datos (SDA Y SCL), esta entrada y salida de datos estarán conectadas a los pines 20 y 21 del módulo de procesamiento Arduino MEGA 2560.

En cuanto al sistema de alerta se presenta en primera instancia el uso de un módulo GSM con sus pines RXD y TXD, estos a su vez estarán conectados al Arduino en los pines 18 y 19 respectivamente, esto para el sistema de alerta remota. A continuación, para el sistema de alerta auditiva se presenta el módulo MP3 el cual para sus pines de transmisión de datos (RX y TX) están conectados en el Arduino en los pines 16 y 17 respectivamente a su vez de alimentación (5 V) y tierra (GND), a esto se añade el altavoz por el cual se da la alarma que está conectado al módulo MP3 en su pin SPK1. Para la alarma visual se tienen dos componentes como son la presentación de un mensaje de alerta en la pantalla HMI Nextion y por otro lado una tira LED RGB el cual se encuentra conectado a la placa Arduino con sus respectivos pines como son alimentación (12 V), tierra (GND), R-LED al pin A0, G-LED al pin A1 y por ultimo B-LED al pin A2; estos tres últimos pines mediante programación se activarán en diferentes colores para la alerta visual y determinará el porcentaje de carga en el cual se encuentra el vehículo.

Para el sistema de monitoreo se integra una pantalla HMI Nextion, la cual dispone de cuatro pines, los mismos que corresponden a la alimentación, conexión a tierra y transmisión de datos, por lo que estos van conectados a la placa de procesamiento en los pines 14 y 15 para los pines TX y RX de la pantalla Nextion y con su respectiva alimentación a 5 V y GND.

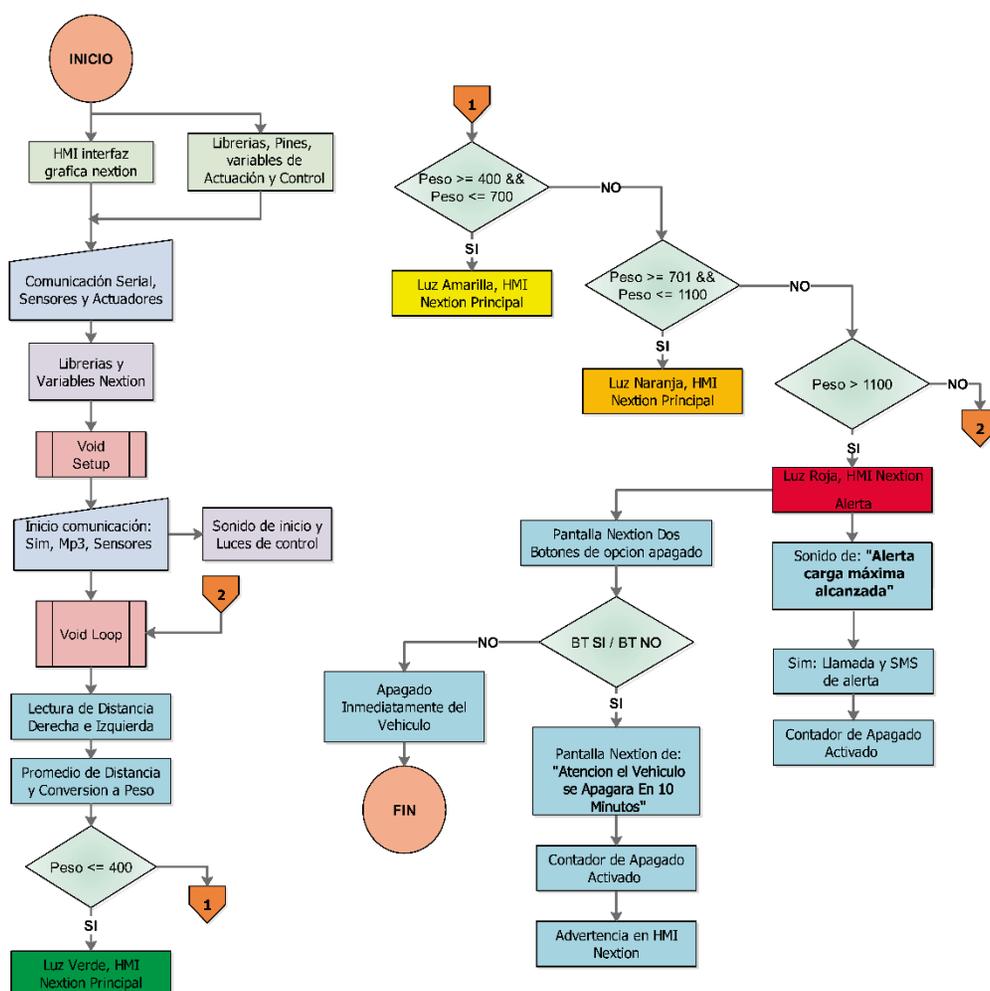
Por último, se tiene el proceso de control, el cual gracias a la adición de un módulo Relé se controla el funcionamiento de la bomba de combustible del vehículo, por lo cual este relé tiene una conexión de conmutación que va hacia el pin 7. Este accionará el relé cuando se exceda de la carga máxima permitida en el vehículo, el cual no permite el funcionamiento del vehículo.

Diseño de procesos del software

Para el desarrollo del código de la placa de procesamiento Arduino, el cual comandará las acciones que debe realizar cada uno de los sistemas que se integran, se usa el programa Arduino IDE que permite al usuario la codificación de parámetros y acciones que se requieran en lenguaje de programación C. Para esto es fundamental presentar un diagrama de flujo como se muestra en la Figura 34 y mediante este comprender de mejor manera el proceso a seguir para cada una de las acciones a realizar por el sistema en general.

Figura 34

Diagrama de flujo de datos del sistema



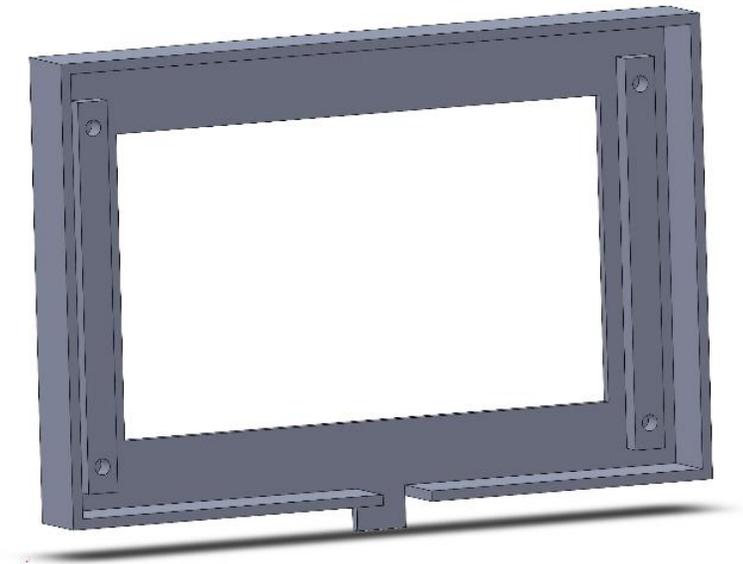
Nota. Representación mediante DFD de los procesos a seguir para el funcionamiento de los componentes integrados para el sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo pick up.

El proceso del sistema de alerta, monitoreo y control para la carga máxima permitida en un vehículo pick se presenta inicialmente al encenderse con un sonido mediante el altavoz, el cual da entender que el sistema entró en funcionamiento. Posterior a esto, empieza la pantalla de inicio, desplegándose a continuación una interfaz en la cual se muestran los datos de la carga existente en el balde la camioneta, siendo posible a su vez pasar a otra pantalla la cual permite la visualización de datos de peso en el lado derecho e izquierdo del eje trasero del vehículo, de igual manera se visualiza el funcionamiento de las luces LED RGB en color verde si la carga es menor a 400 kg, en un estado de 400 a 700 kg se presenta en color amarillo, para una carga de 700 a 1100 kg se muestran las luces led en color naranja y por último para valores de carga superior a 1100 kg se activan las alertas visuales, sonoras y remota. Siendo así, que las luces LED RGB se encienden en color rojo, el altavoz repite tres veces un mensaje de alerta de carga excesiva, se despliega una interfaz en la pantalla que presenta un mensaje de alerta en color rojo y letras amarillas que alertan el exceso de carga en el vehículo y de forma simultánea se presentan dos opciones de SI o NO, ya sea para continuar o no con el recorrido en el vehículo, accionando de esta forma el sistema de control, el cual al seleccionar la opción SI permite al usuario continuar con el recorrido 10 minutos, una vez transcurrido este lapso de tiempo el vehículo se apaga, por lo que no se podrá encender el vehículo hasta que el usuario haya descargado el peso excedente; al seleccionar la opción NO, el vehículo no se encenderá o se apagará automáticamente y será así hasta que el usuario reduzca el peso excedente del vehículo.

Es necesario tener en cuenta las medidas o cotas que se requieren para el diseño del protector de la pantalla Nextion, en este aspecto se requiere que las dimensiones sean las adecuadas, considerando el espacio que se va a ubicar como es en el espacio inferior del salpicadero, siendo este un lugar que no obstruye la visión y no genera distracción para el usuario. Posteriormente, se realiza el diseño en el software CAD, el cual una vez dispuestas las cotas se puede determinar el aspecto 3D del protector de pantalla a usar para el mismo, por lo que a continuación en la figura 37 se muestra el diseño final del mismo.

Figura 37

Diseño final del protector de la pantalla



Nota. En la figura se representa el aspecto final en 3D del protector de pantalla con ayuda del software CAD, este ayudará posteriormente a su construcción.

Construcción e implementación del sistema

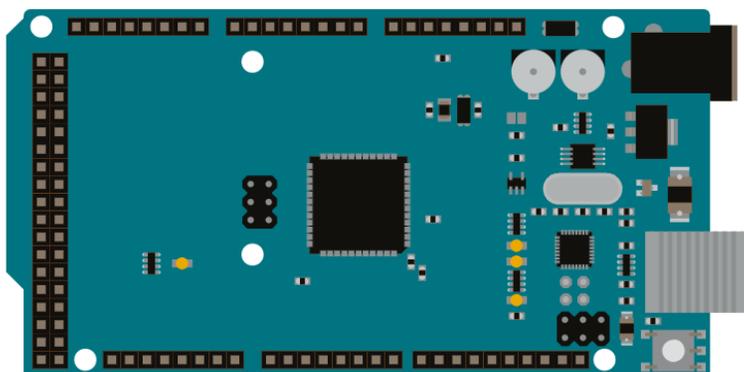
Para la construcción del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo de tipo pick-up, de forma simultánea con el diseño del sistema se seleccionan los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos necesarios para

poder realizar la construcción del sistema. Para ello, se toman en cuenta las características de cada elemento que se describen en la selección de los componentes. Tomando en cuenta las necesidades de la investigación, a continuación, se presenta el ciclo de selección del material, construcción y su posterior implementación, los cuales ayudan al correcto funcionamiento del sistema en general.

Selección de materiales

En este proyecto se presentan varias opciones de componentes, los cuales muestran la posibilidad de ser usados, la forma en la que se determina el uso de estos va con respecto a la necesidad de esta investigación por lo que se obtuvieron fichas y datos técnicos, los cuales contribuyen a la correcta selección de estos materiales y representan fiabilidad al adquirirlos e implementarlos. A continuación, se presentan los materiales seleccionados para la posterior construcción del sistema.

Arduino MEGA 2560: Esta placa presentada en la Figura 38, es un dispositivo usado para el procesamiento y control de datos mediante un lenguaje de programación C, esto es posible mediante su interfaz de programación llamada Arduino IDE, con la ayuda de esta placa es posible realizar la comunicación de los componentes integrantes del sistema, así como la activación o desactivación de estos. Sirve como un controlador maestro ya que comanda las interfaces de la pantalla, recibiendo datos de los sensores de distancia, y a la vez, transforma estos datos mediante programación y la interpolación de esta distancia a peso, activa las alarmas sonora, visual y remota y por último acciona o no el sistema de control dependiendo del estado de que se encuentre.

Figura 38*Arduino MEGA 2560*

Nota. En la figura se representa la placa Arduino tomado de (Arduino, 2023)

A continuación, en la Tabla 3 se presenta un breve detalle de las especificaciones necesarias del Arduino MEGA 2560 para la implementación en el sistema a desarrollar

Tabla 3*Datos técnicos Arduino MEGA 2560*

Característica	Valor
Microcontrolador	ATmega2560
Comunicación	UART, I2C, SPI
Voltaje de entrada (Nominal)	7-12 V
Pines	4 puertos serie, 16 entradas analógicas y 54 pines digitales
Corriente proporcionada por pin	20 mA

Nota. En la tabla se detallan los datos técnicos proporcionados por el fabricante de la placa Arduino MEGA 2560. Tomado de (Arduino, 2023)

Módulo GSM SIM 808: Este módulo mostrado en la figura 39, es parte de los productos diseñados para el uso complementario con Arduino. Con ayuda de este elemento es posible tener una comunicación inalámbrica mediante mensaje o llamada con el teléfono celular de

cualquier usuario empadronado. Gracias a esto es posible desarrollar la alerta remota de la carga excesiva del vehículo mediante cualquiera de las dos opciones anteriormente mencionadas.

Figura 39

Módulo GSM SIM 808 para Arduino



Nota. En la imagen se visualiza el módulo GSM SIM 808 a usar en la construcción del sistema.

Tomado de (Arduino, 2023)

A continuación, se presentan los datos técnicos del módulo GSM SIM 808 en la Tabla 4, el cual se ha optado por usarlo e implementarlo como parte del sistema de alerta remota para el desarrollo del proyecto.

Tabla 4

Datos técnicos del módulo GSM SIM 808 para Arduino

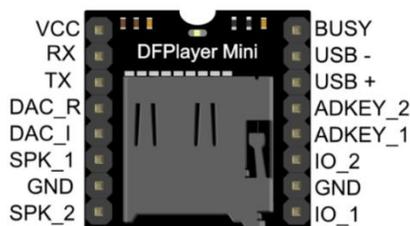
Característica	Valor
Ancho de Banda	850/900/1800/1900 MHz
Voltaje de alimentación	12 V
Temperatura de operación	- 40°C – 85°C
Peso	3.3 g
Dimensiones	24 x 24 x 2.6 mm

Nota. En la tabla se detallan los datos técnicos proporcionados por el fabricante del módulo GSM SIM808. Tomado de (Arduino, 2023)

Módulo DFPlayer Mini MP3: El módulo MP3 es un módulo diseñado para ser usado con la placa Arduino, este módulo es un elemento de bajo costo y sobre todo pequeño, el cual ayuda a amplificar y reproducir audios mediante la programación realizada en el entorno de desarrollo de lenguaje C de Arduino IDE. Su fácil instalación lo hace un elemento muy importante para poder adquirirlo e implementarlo en el sistema.

Figura 40

Módulo DFPlayer Mini MP3



Nota. En la imagen se observa la distribución de pines del módulo DFPlayer Mini MP3, el cual se implementará en el sistema de alerta temprana. Tomada de (DFRobot, 2023)

A continuación, en la Tabla 5, se presentan los datos más importantes de este componente por las cuales se escogió para formar parte del sistema de alerta sonora.

Tabla 5

Datos técnicos del módulo DFPlayer Mini MP3

Característica	Valor
Compatibilidad de archivos	FAT16, FAT32
Voltaje de alimentación	3.3 V – 5 V
Formato de audio	MP3, WMA, WAV
Compatibilidad de memoria	Tarjeta TF – 32GB
Volumen	30 niveles ajustables

Nota. En la tabla se detallan los datos técnicos proporcionados por el DFRobot del módulo DFPlayer Mini MP3. Tomado de (DFRobot, 2023)

Altavoz. Este elemento de audio es un componente de tipo electrónico encargado de amplificar y reproducir sonidos. Este dispositivo en conjunto con el módulo DFPlayer Mini MP3, son usados para poder reproducir la alerta sonora cuando el vehículo se encuentre con una carga excesiva, por lo que es importante implementarlo y seleccionar un altavoz que sea capaz de reproducir el audio de forma clara.

Figura 41

Altavoz



Nota. En la imagen se representa un altavoz que es usado en el sistema de alerta temprana sonora. Tomado de (Walmart, 2023).

Pantalla Nextion NX4827T043: La pantalla Nextion es un elemento electrónico diseñado para la presentación y visualización de datos, el cual se usa en el sistema de monitoreo. Debido a sus características dimensionales de 4.3 pulgadas lo hacen un dispositivo perfecto para el fin del propósito del proyecto por lo tanto se ha visto necesario integrarlo. Este dispositivo mediante una interfaz gráfica, como se presenta en la Figura 42, despliega los datos de distancia del lado izquierdo y derecho del eje trasero y el peso que se encuentra en el vehículo, además de mostrar de manera visual el mensaje de alerta al usuario.

Figura 42

Pantalla HMI Nextion de 4.3 pulgadas



Nota. En la figura se muestra la estructura física de la pantalla Nextion de 4.3 pulgadas, usada en el desarrollo del proyecto. Tomado de (Nextion, 2023)

A continuación, en la Tabla 6 se representan los datos técnicos relevantes del dispositivo a usarse como interfaz para el monitoreo y alerta visual para el sistema propuesto por los autores.

Tabla 6

Datos técnicos de la pantalla HMI Nextion modelo NX4827T043

Característica	Valor
Resolución	480 x 272 pixeles
RAM	3584 byte
Pantalla táctil	SI
Voltaje de operación	5 V
Corriente de operación	500 mA

Nota. En la tabla se muestran los datos técnicos recopilados de la pantalla HMI Nextion modelo NX4827T043. Tomado de (Nextion, 2023)

Tira LED RGB: Este es un elemento eléctrico-electrónico que se compone de varios leds RGB mostrados en la Figura 43, su estructura compone 4 canales como son de alimentación, un segundo canal enciende las luces en rojo (R), un tercer canal en verde (G) y un último en color azul (B), usando los 3 colores básicos como son rojo, azul y verde se enciende e ilumina en su totalidad; debido a que tienen características electrónicas y por lo tanto trabajan con parámetros digitales. Es posible programarlos y variar los colores principales para obtener un sinfín de colores con los cuales es posible su aplicación a disposición del usuario, en el presente trabajo para el uso en la alerta visual del sistema, encendiéndose en color verde para carga normal, amarillo se muestra como advertencia de primer grado, naranja en advertencia de segundo grado y rojo para carga excesiva en el vehículo.

Figura 43

Tira LED RGB tipo neón



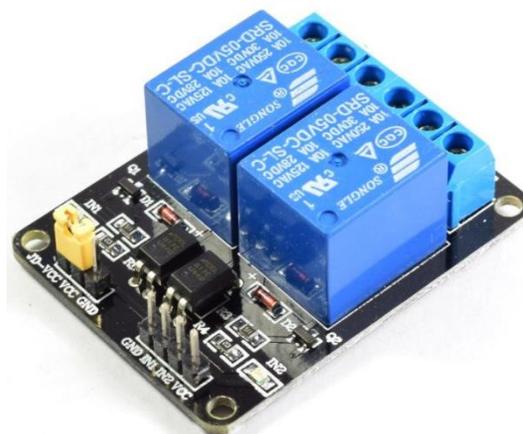
Nota. En la figura se representa gráficamente el modelo de tira LED RGB tipo neón. Tomado de (Amazon, 2023)

Módulo relé de dos canales: Este dispositivo es usado para la conmutación de corriente, el cual mediante programación desarrollada por el usuario acciona o no estos contactos. Debido a su estructura dispone de dos entradas de los cuales pueden ser dispuesto para el uso de dos dispositivos a la vez, como se aprecia en la Figura 44. Este elemento es de mucha ayuda para el encendido del módulo GSM SIM808 y a su vez para la implementación del

sistema de control el cual corta el paso de combustible cuando la carga del vehículo se encuentra en exceso.

Figura 44

Módulo relé de dos canales



Nota. En la figura se muestra el módulo relé de dos canales. Tomado de (Naylamp, 2023)

A continuación, se muestra en la Tabla 7, las características técnicas del módulo relé de dos posiciones, los cuales han sido usados para la construcción del sistema de control del proyecto.

Tabla 7

Datos técnicos módulo relé de dos canales

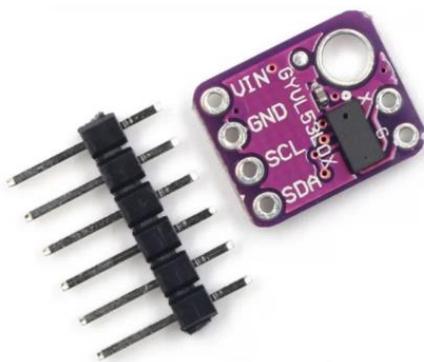
Característica	Valor
Voltaje operacional	5 V
Número de relés	2
Capacidad de voltaje	250 VAC/30 VDC
Tiempo de acción	5 a 10 ms
Corriente máxima	5 a 10A

Nota. En la tabla se detalla los valores de las características técnicas del módulo relé de dos canales usado en el sistema de control. Tomado de (Naylamp, 2023)

Sensor de distancia GY530 VL53L0X: Este es un sensor de distancia el cual proporciona de manera efectiva los datos, gracias a su tecnología y estructura compacta lo hace una herramienta ideal para aplicaciones electrónicas mostrado en la Figura 45. Su funcionamiento se basa en el sistema de lectura de datos ToF (tiempo de vuelo) el cual trabaja con un haz de luz de tipo láser-infrarrojo. Gracias esto el microchip integrado en el sensor mide el tiempo de emisión y recepción de este haz infrarrojo entre el sensor y el objeto a medir la distancia. Este sensor ayuda a la recopilación de datos de peso con respecto a la distancia entre el chasis y el eje de trasero del vehículo.

Figura 45

Sensor de distancia GY50 VL53L0X



Nota. En la figura se observa el sensor de distancia GY530 VL53L0X. Tomado de (Megatronica, 2022)

Para determinar la selección del sensor se ha revisado los datos técnicos del sensor de distancia GY530 VL53L0X que se muestran a continuación en la Tabla 8. Cabe recalcar que este sensor será integrado para la recopilación de datos para el posterior procesamiento.

Tabla 8

Datos técnicos del sensor GY530 VL53L0X

Característica	Valor
Paquete	LGA12 Óptico
Voltaje de operación	2.6 a 3.5 V
Temperatura de operación	-20 a 70°C
Emisor infrarrojo	940 nm
Comunicación	I2C

Nota. En la tabla se muestran los datos técnicos del sensor GY530 VL53L0X. Tomado de (STMicroelectronics, 2022)

Cable flexible eléctrico #18 AWG: Este es un conductor eléctrico de un diámetro específico el cual viene determinado por el estándar AWG, además su estructura flexible lo hace apto para trabajos en los cuales es necesaria la flexibilidad en las conexiones eléctricas como se muestra en la Figura 46. Es por lo que este elemento se ha usado para realizar las conexiones de los sistemas, siendo fiable y seguro su uso, además ofrece facilidad para poder aislarlo en tuberías corrugadas las cuales protegerán estos conductores de posibles roturas que puedan generar cortocircuitos.

Figura 46

Cable flexible eléctrico #18 AWG



Nota. En la figura se muestra un cable flexible eléctrico #18 AWG. Tomado de (The Home Depot, 2022)

A continuación, en la Tabla 9 se detallan las características técnicas del cable flexible a usarse, el cual como se mencionó será usado para realizar las conexiones pertinentes de los circuitos, para ello es necesario reconocer la capacidad que tiene en cuanto a amperaje, material, etc.

Tabla 9

Datos técnicos del cable eléctrico flexible #18 AWG

Característica	Valor
Amperaje	10 A
Material	Cobre
Capacidad de voltaje	300 V
Temperatura de trabajo	60°C
Espesor promedio	0.76 mm

Nota. En la tabla se muestran los datos técnicos del cable flexible calibre 18 AWG. Tomado de (Electro Cables, 2022)

Construcción del sistema

En este apartado se trata sobre el proceso preliminar a la implementación de los sistemas de alerta, monitoreo y control. Además de los métodos aplicados para llevar a cabo su construcción y funcionamiento, todo esto descrito a detalle en el orden en el cual fue concebido en su momento.

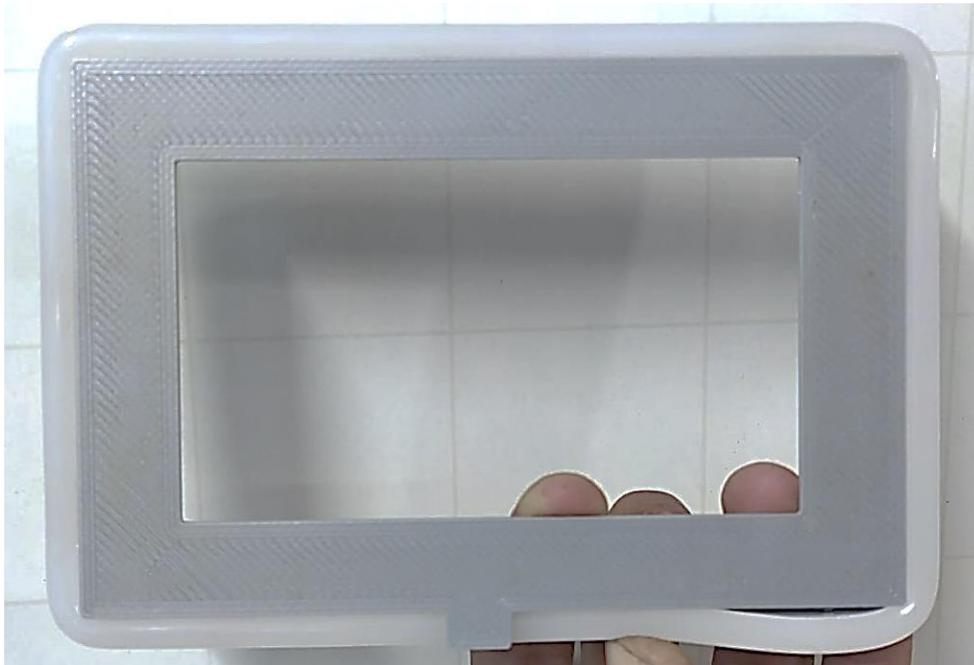
Construcción del sistema de monitoreo

Para la construcción del sistema de monitoreo es importante en primer lugar disponer de la pantalla por lo que con antelación se ha seleccionado la pantalla HMI Nextion, por lo que

para una mejor presentación se diseñó una base en la cual vaya ubicada esta pantalla, posterior a esto para su fabricación se hizo uso del proceso de manufactura mediante impresión 3D esto con el fin de que su estructura sea robusta, tenga mejor acabado y sea resistente tal y como se muestra en la Figura 47.

Figura 47

Base final impresa en 3D de la pantalla HMI



Nota. En la figura se observa la base impresa en 3D de la pantalla HMI que forma parte del sistema de control del proyecto.

Una vez que se ha realizado la impresión, se procede con la fijación de la pantalla HMI Nextion sobre esta base y se constata que las cotas son las correctas, debido a que esta pantalla se adapta correctamente a la geometría de la impresión como se muestra en la Figura 48.

Figura 48

Pantalla HMI Nextion fijada en su base



Nota. En la imagen se observa la pantalla HMI fijada en la base que fue diseñada y manufacturada para su soporte y protección.

Construcción de alerta temprana

Para la construcción de la alarma temprana, inicialmente se parte del diseño realizado con anterioridad en este escrito en el cual se detalla las alarmas a integrarse como son alarma visual, auditiva y remota. Todas estas cumplirán su función de alertar los eventos anormales existentes en este caso dirigido al peso del vehículo al usuario dándole la posibilidad de corregir estas anomalías, específicamente la carga excesiva. Para ello a continuación se describe el proceso de construcción de cada uno de los componentes que integran este sistema para su correcto funcionamiento.

Construcción de alerta visual: En este punto para la construcción de la alerta visual se dispone de dos indicadores entre los cuales se tiene la presentación del mensaje de alerta de carga excesiva en la pantalla HMI Nextion, para el que al igual que el sistema tratado anteriormente, se requería de la construcción del soporte de esta pantalla que ayuda en gran medida a que el conductor tenga una mejor visión del mismo así para alertar de forma inmediata y por otro lado se tiene la tira led RGB que se enciende de un color rojo intenso

alertando al usuario la carga excesiva como se muestra en la Figura 49, para esto fue necesario realizar un circuito fabricado con transistores, los cuales permiten el cambio de los colores de la tira led RGB. Además de regular la alimentación hacia este componente, a su vez se analizó que para reducir el espacio de la instalación la mejor idea fue acoplar estas luces led al borde de la base fabricada para la pantalla HMI lo que lograría una mejor presentación y haciendo que el sistema tanto de monitoreo como de alerta visual formen un solo conjunto.

Figura 49

Alerta visual



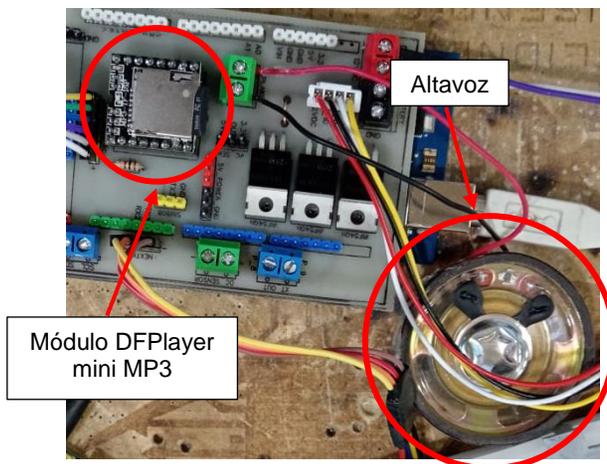
Nota. Se puede observar en la figura la alerta visual ya construida y su funcionamiento.

Construcción de alerta auditiva/sonora: Para la construcción de la alerta auditiva/sonora, se realizó la instalación del módulo de audio DFPlayer mini MP3 con el altavoz seleccionado con anterioridad mostrado en la Figura 50. Para ello es necesario integrarlos en la placa PCB siendo importante la designación de pines para que estos componentes entre en funcionamiento cuando el exceso de carga máxima esté presente en el vehículo. Cabe destacar que esta alerta es lo suficientemente fuerte para que el usuario tenga conocimiento de la falla por la cual el sistema está alertando al usuario, además que esta alerta es posible mediante la reproducción de un audio el cual resulta ser fácil de interpretar ya que se hace uso de Inteligencia Artificial (IA) que simula la voz de un hombre, este en su reproducción

menciona: “Alerta carga máxima alcanzada, alerta carga máxima alcanzada, alerta carga máxima alcanzada”

Figura 50

Alarma auditiva/sonora



Nota. En la imagen se observa la construcción de la alarma auditiva/sonora en la cual se conecta el módulo DFPlayer mini MP3 con el altavoz.

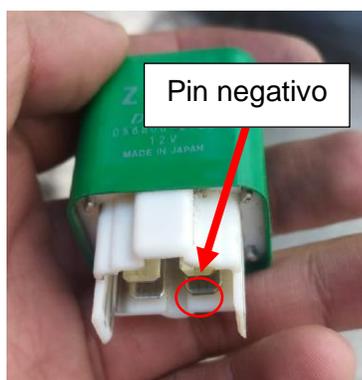
Construcción de la alarma remota: Para este sistema se hace uso del módulo GSM SIM808, para ello es necesario alimentarlo a 12 V debido a que es un componente el cual tiene un mayor consumo eléctrico a diferencia del resto de componentes. Por esta razón, se realiza un circuito de alimentación mediante la conexión del cable de alimentación de la cigarrera hacia el conector plug que alimentará al módulo. Cabe recalcar que a pesar de que el módulo disponga de esta corriente de alimentación requiere que se inicialice para entrar en funcionamiento, para esto se construyó un circuito de activación con ayuda de un relé, el cual mediante programación sitúa al relé en el estado normalmente cerrado y este a su vez acciona el botón de inicialización durante 2 segundos que es el tiempo que requiere para que este módulo opere con normalidad.

Construcción del sistema de control

Este sistema de control se basa en el corte del paso de combustible cuando el vehículo se encuentre cargado en exceso, con el fin de que cuando esto suceda, el usuario se vea en la obligación de reducir la carga debido a que si no lo hace el vehículo no se encenderá. Como parte de su construcción como se muestra en la Figura 51, se verificó en primera instancia la ubicación del relé el cual permite el funcionamiento de la bomba de combustible dentro del habitáculo del vehículo, luego se procedió a comprobar el pin negativo del relé y mediante la conexión de este pin al módulo relé que cierra o abre el circuito según sea el caso, se cortará el paso de alimentación eléctrica a la bomba de combustible, siendo este el método más seguro para evitar posibles cortocircuitos los cuales generen incendios o posibles accidentes graves.

Figura 51

Relé de la bomba de combustible



Nota. En la figura se observa el reconocimiento del pin negativo del relé de la bomba de combustible el cual se usará para formar parte del sistema de control.

Construcción de circuitos eléctricos y electrónicos

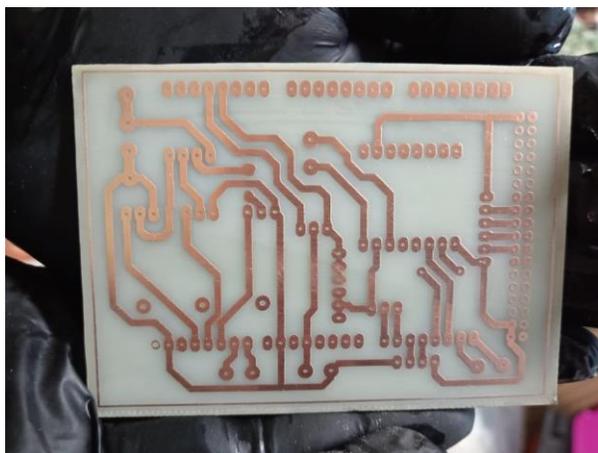
Construcción de enrutado de pistas en la placa PCB: Para la fabricación del circuito eléctrico en PCB se detalló con anterioridad su diseño en un software dedicado a esquematizar y simular circuitos eléctricos. Este software ayudará a convertir este circuito en un diseño PCB a

libertad y necesidad del usuario, por lo que en este proceso se permite definir las dimensiones de la PCB, ubicación de los componentes, también permite seleccionar el tamaño de las pistas conductoras y las conexiones necesarias entre los componentes.

Para la fabricación de las pistas se tienen varios métodos como son impresión, deposición y grabado químico, para este caso se usará este método que con ayuda del programa de diseño de circuitos eléctrico ayuda a realizar las pistas del circuito el cual se lo imprime mediante impresora láser en una hoja de material termotransferible, para posteriormente usar una plancha y transferir las pistas a la placa PCB, luego mediante una composición química de agua y ácido, se retira el material sobrante de cobre que no es necesario para el circuito. Finalmente se puede observar que se tiene un acabado fiel al diseño y sobre todo exacto, así como puede se muestra en la Figura 52.

Figura 52

Placa PCB construida para su implementación en el circuito



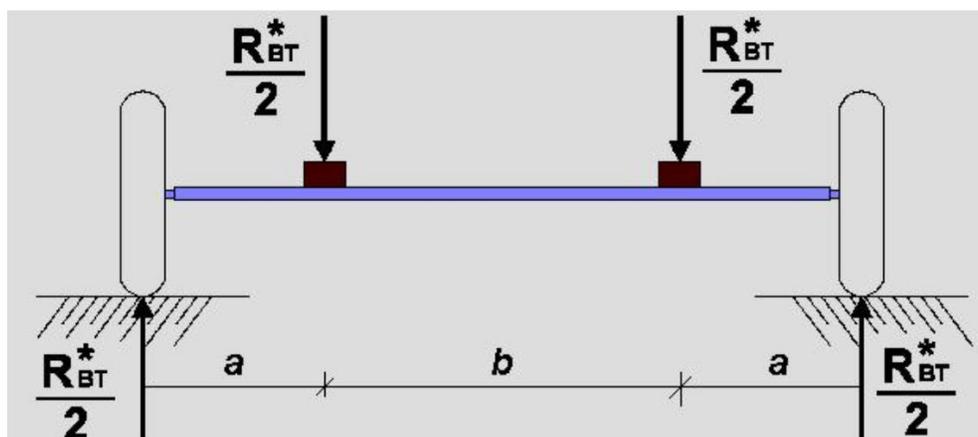
Nota. En la figura se observa el circuito grabado en PCB con ayuda del método de fotograbado.

Construcción y montaje de componentes en la PCB: Una vez fabricada la placa PCB, se procede al montaje de los componentes que integran la misma, por lo que cada uno de los componentes son soldados de forma manual en la placa PCB, teniendo en cuenta siempre la

apoyo las ruedas del vehículo y la suspensión trasera del vehículo (amortiguadores, ballestas, etc.) tal y como se muestra en la Figura 54. A partir de este concepto la ubicación de estos sensores van a cada lado del eje trasero en específico en un punto fijo del chasis direccionado hacia la suspensión trasera de cada lado del eje.

Figura 54

Esquema de esfuerzos ejercidos sobre el eje trasero

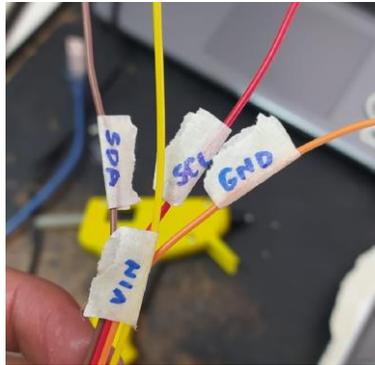


Nota. En la figura se muestra la representación esquemática de los esfuerzos generados por la carga útil y el peso del auto bastidor del vehículo. Tomado de (Ingemecánica, 2019)

Al determinar la ubicación de los sensores de distancia, se procede con la construcción del cableado para la conexión de los sensores en el cual se hace uso del cable eléctrico flexible #18 AWG. Para esto es necesario la existencia de 6 cables que van desde la cabina hacia el eje trasero del vehículo, cada uno de ellos deben estar rotulados o identificados para una mayor facilidad en la conexión tal y como se muestra en la Figura 55. La identificación determina: alimentación (5V), tierra (GND), dos cables de señal de datos (SDA) y dos cables de señal de reloj (SCL).

Figura 55

Identificación de cables



Nota. En la figura se muestra la identificación de cables para la conexión de los sensores de distancia con la placa de procesamiento Arduino.

Posteriormente se procede con la inserción del cableado en manguera corrugada para la protección de este, debido a que estos elementos se encuentran trabajando a la intemperie y por ende están propensos a lastimarse o a tener daños físicos. Por último, una vez protegido el cable de conexión se lo conduce hacia la cabina por la parte inferior del vehículo, asegurando el mismo para evitar su desprendimiento tal y como se muestra en la Figura 56.

Figura 56

Conducción del cable hacia la cabina del vehículo

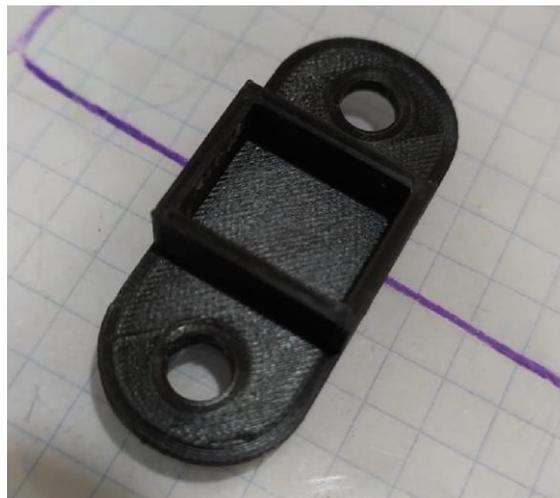


Nota. En la figura se puede observar a los autores conduciendo el cable por debajo del vehículo para la conexión de los componentes.

Construcción de soportes para sensores de distancia: Para una mejor protección de los sensores de distancia, se construyó mediante impresión 3D dos soportes para cada uno de los sensores de distancia a usados en el proyecto como indica la Figura 57. Debido a que estos sensores están funcionando a la intemperie, además se los aisló mediante resina epoxi las conexiones y soldaduras de estos sensores ayudando a evitar posibles daños o falsos contactos, los cuales puedan llevar a un incorrecto funcionamiento del sistema.

Figura 57

Soportes para sensores de distancia



Nota. En la figura se observa uno de los soportes construidos por los autores para proteger los sensores de distancia usados en el proyecto.

Para el aislamiento del sensor de distancia se aplicó resina epoxi, tanto en la parte superior del sensor como por su parte inferior, evitando que esta sea aplicada como se muestra en la Figura 58 sobre el chip de emisión y recepción de señal integrado en el sensor.

Figura 58

Aislamiento del sensor con resina epoxi



Nota. En la figura se observa la aplicación de resina epoxi por parte de los autores en la parte inferior del sensor de distancia para evitar falsos contactos y cortocircuitos.

Implementación de sistemas

La implementación de los sistemas de monitoreo, alerta y control representan el final de este capítulo, aquí se detalla el proceso de instalación de cada uno de los componentes en el vehículo, por lo que es necesario tomar muy en cuenta el diseño eléctrico llevado a cabo con antelación ya que de este depende en gran medida su funcionamiento. Además de que es importante que estos no sean invasivos sino más bien que sean adaptados de tal forma que formen parte del resto de sistemas de fábrica del vehículo.

Implementación del sistema de monitoreo

Esta instalación conforma la instalación de la pantalla HMI Nextion para la presentación y monitoreo de datos del peso existente en el vehículo gracias a la recopilación de información de los sensores de distancia anteriormente instalados. Además, fue de mucha importancia la ubicación estratégica de la pantalla en conjunto con su base para evitar la obstrucción de la visión del usuario, así como presentar una estética que vaya conforme al estilo de la cabina del vehículo, de esta forma se determinó que la mejor ubicación para instalar el sistema de

monitoreo es en la parte inferior mando central tal y como se muestra en la Figura 59, este es un sitio perfecto ya que cumple con todas las características mencionadas anteriormente.

Figura 59

Instalación de la pantalla y base



Nota. En la figura se muestra la instalación de la pantalla con su base en la parte inferior del mando central de la cabina.

Implementación del sistema de alerta

Para la instalación del sistema de alerta se debe tener en cuenta que lo conforman la alerta visual, alerta sonora/auditiva y la alerta remota, siendo esto un solo circuito que forma parte de la placa PCB diseñada y construida con antelación. Para su instalación es necesario en un sitio el cual no obstruya o incomode el resto de los sistemas y circuitos eléctricos del vehículo, ya que este conforma un solo elemento con el Arduino, por lo que la ubicación optada

para instalar fue en la parte trasera de la pantalla HMI en el espacio inferior del mando central del salpicadero como lo muestra la Figura 60.

Figura 60

Instalación del sistema de alerta



Nota. En la figura se observa la instalación de los componentes que conforman parte del sistema de alerta en el espacio inferior del mando central del salpicadero.

Implementación del sistema de control

Para la implementación del sistema de control después de haber reconocido el pin negativo del relé de la bomba de combustible como se muestra en la Figura 61, se procede a realizar el puenteo de este pin hacia el módulo relé que comanda la activación o desactivación de la bomba de combustible dependiendo del estado de la carga existente en el vehículo. Es importante evitar que los cables de conexión tengan contacto con cualquier conductor externo, ya que esto provocaría el cortocircuito del sistema y por ende problemas en el funcionamiento del proyecto.

Figura 61

Instalación del circuito para el sistema de control



Nota. En la figura se muestra el relé de la bomba de combustible instalada en el vehículo el mismo que forma parte del sistema de control del proyecto.

Implementación de la placa PCB y circuito final

Como último proceso para la instalación de componentes y posterior funcionamiento del proyecto en general, se realiza la instalación de la placa PCB en conjunto con los circuitos correspondientes a los sistemas de monitoreo, alerta y control para la carga máxima permitida en un vehículo pick up. Al igual que la instalación del sistema de alerta que se muestra en la Figura 60, irán instaladas en la parte inferior del mando central del salpicadero, compactando de esta manera en un solo espacio todos estos circuitos.

Implementación de sensores de distancia: Para la instalación de los sistemas es necesario en primer lugar instalar los componentes que ayudan con la recopilación de datos, que a su vez serán motivo para que el resto de los sistemas entren en funcionamiento de acuerdo con el estado en el que se encuentre el vehículo. Para esto se instalaron los dos sensores de distancia GY530 VL53L0X en la parte inferior del chasis como se muestra en la Figura 62. Esto debido a que se busca un punto fijo en el cual pueda alojarse los sensores, estos por su parte

toman como referencia la distancia entre el chasis y el eje trasero del vehículo tanto del lado izquierdo como del lado derecho.

Figura 62

Instalación de sensores en el chasis del vehículo



Nota. En la figura se puede observar la instalación de uno de los sensores de distancia en la parte inferior del chasis del vehículo.

Una vez instalados estos sensores, se procede a su conexión con los cables de conexión anteriormente ya contruidos y dirigidos hacia la cabina del vehículo tal y como se muestra en la Figura 63. Para esto, es necesario rotular o señalar cada uno de estos cables de acuerdo con la función que cumpla; entre los cuales se encuentran 4 cables para cada sensor que son: 4 comunes de alimentación (5 V), tierra (GND), SDA y SCL.

Figura 63

Conexión de los sensores



Nota. En la figura se muestra la conexión de los sensores para el funcionamiento del proyecto.

Capítulo IV

Validación del sistema y análisis de resultados

En el presente se muestra la validación mediante un protocolo de operación del sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga en el vehículo de tipo pick-up. Por consiguiente, mediante las diferentes pruebas de funcionamiento realizadas y tabulando datos se realizará el análisis de los resultados que estos arrojen, permitiendo de esta manera, validar el funcionamiento correcto de los mismos.

Protocolo de operación del sistema implementado

Consiste en mostrar los pasos de funcionamiento de cada sistema implementado; alerta temprana, monitoreo y control. Para especificar los rangos establecidos de la carga permitida en el vehículo, en la Tabla 10 se muestra la estructura en base a porcentajes de carga para cada variación de color.

Tabla 10

Rangos establecidos del nivel de carga en el que se encuentra el vehículo

Nivel	Rango [%]	Descripción	Código de color	Estado
1	0-30	Vehículo con carga permitida		Verde
2	30-60	Vehículo con carga en advertencia		Amarillo
3	60-90	Vehículo con carga cercana al límite		Naranja
4	90-100	Vehículo con carga inapropiada		Rojo

Nota. En la tabla se muestra la descripción para cada nivel de carga del vehículo tomado en cuenta para la respectiva programación del sistema.

Las alertas se activan siguiendo un orden programado dependiendo del nivel de carga en el que se encuentre el vehículo. A continuación, se especifica el protocolo de operación de cada uno de los sistemas implementados.

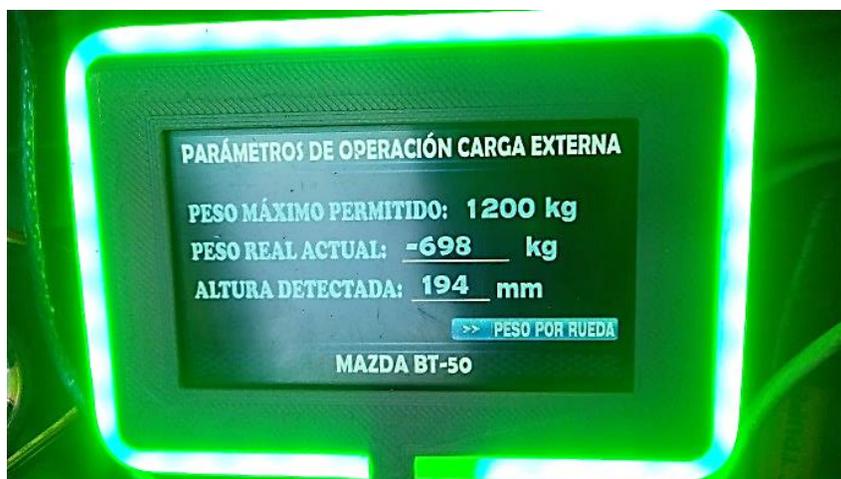
Protocolo de operación del sistema de alerta temprana

Para el desarrollo del presente sistema se implementaron alertas de tipo visual, auditiva y de comunicación remota. Siguiendo un orden de activación para cada una de ellas que dependerá del nivel de carga en el que se encuentre el vehículo.

Cuando la carga en el vehículo se encuentra dentro del nivel 1 (rango entre 0-30 % de carga) es cuando se puede visualizar que la tira LED se encuentra encendida de color verde como se muestra en la Figura 64, indicando al usuario que el vehículo se encuentra con carga permitida para poder circular sin ningún tipo de riesgo.

Figura 64

Sistema de alerta en condición del nivel 1 de carga



Nota. En la figura se puede observar que la tira LED se encuentra de color verde, indicando que el vehículo se encuentra en carga permitida.

Cuando el vehículo alcanza el nivel 2 de carga (30-60 %), es cuando la primera alerta que recibe el conductor se activa, siendo esta una señal de advertencia de manera visual reflejada en la tira LED programada para que cambie de estado a un color amarillo como se muestra en la Figura 65, indicando al usuario que en este rango puede circular sin ningún tipo de problema pero que tome atención al nivel de carga en el que se encuentra el vehículo.

Figura 65

Sistema de alerta en condición de nivel 2 de carga



Nota. En la figura se observa que en este nivel la tira LED cambia de estado a un color amarillo indicando una señal de advertencia al conductor de la carga en la que se encuentra el vehículo.

El vehículo en estado de carga dentro del nivel 3 (60-90 %) es cuando el usuario debe tomar precaución y de ser posible bajar el nivel de carga. En este nivel indica que está próximo a llegar a la sobrecarga del vehículo, poniendo en riesgo la vida útil de los componentes del sistema de suspensión y, además de correr un bajo peligro en cuanto a la seguridad vial del conductor y de ser el caso, los ocupantes de este. En este nivel la tira LED cambia de estado a color tomate como se muestra en la Figura 66.

Figura 66

Subsistema de alerta en condición de nivel 3 de carga



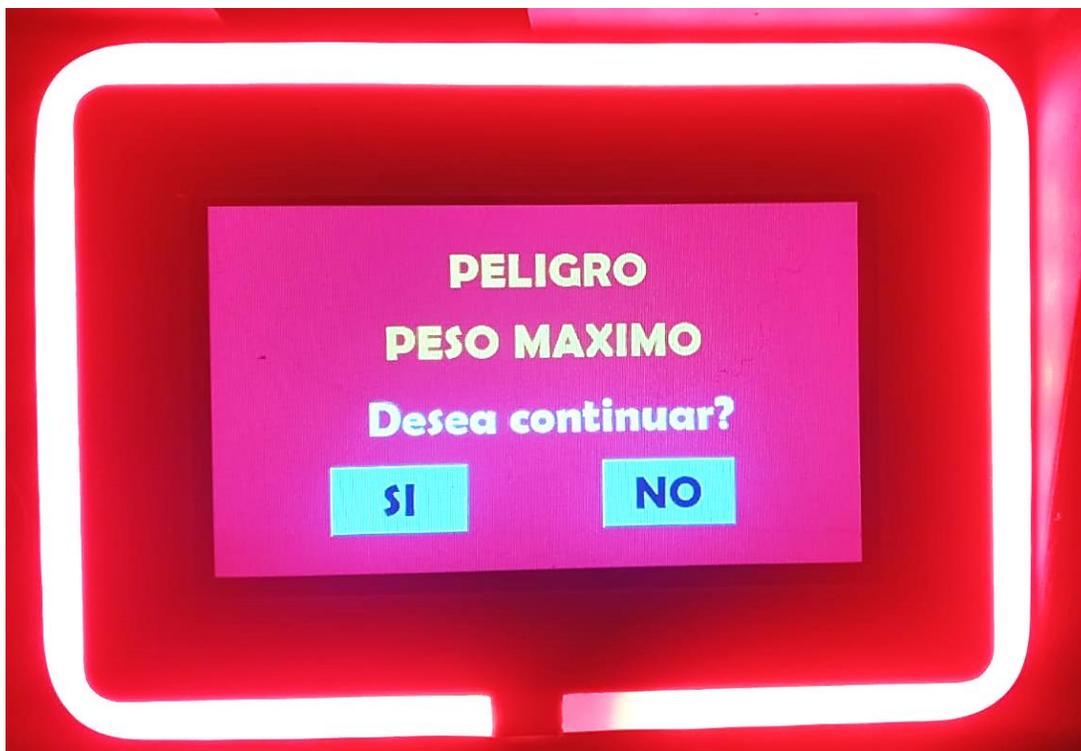
Nota. En la figura se observa que la tira LED cambia de estado a un color tomate indicando al usuario que está próximo a alcanzar el límite de sobrecarga programado.

Cuando el vehículo se encuentra sobrecargado, es cuando ha alcanzado el nivel 4 (90-100 %) indicando que el vehículo corre un alto riesgo de poder ocasionar daños prematuros en el sistema de suspensión y de igual manera, corre el riesgo de ocasionar accidentes, posicionándose en un alto riesgo en cuanto a la seguridad vial. Este nivel es denotado que el vehículo se encuentra con carga inapropiada activando ya no solamente una alerta visual como en los anteriores niveles, si no también alertas de tipo auditiva y de comunicación remota.

En la Figura 67, se muestra las alertas visuales que se activan y que son; mediante el cambio de estado de la tira LED a un color rojo indicando peligro, y también en la pantalla Nextion se puede visualizar en un fondo rojo y con letras visibles de color amarillo el mensaje “PELIGRO PESO MÁXIMO, Desea continuar?” para que después de la activación de las demás alertas restantes (auditiva y de comunicación remota), el usuario elija una opción para dar paso a la activación del sistema de control.

Figura 67

Alertas visuales del sistema en condición de nivel 4 de carga



Nota. En la figura se observa el cambio de estado a un color rojo de la tira LED y el mensaje en la pantalla indicando una sobrecarga o carga indebida del vehículo.

La alerta auditiva que se activa en este estado es por medio de un mensaje sonoro claro y puntual “Alerta, carga máxima alcanzada” repitiéndose por 3 ocasiones seguidas, esta alerta se activa de manera inmediata en cuanto el vehículo alcanza el nivel 4 de carga. Después de la activación de la alerta sonora, entra en funcionamiento la primera alerta de comunicación remota, el usuario recibe una llamada a su teléfono como se muestra en la Figura 68.

Figura 68

Primera alerta de comunicación remota en condición de nivel 4 de carga

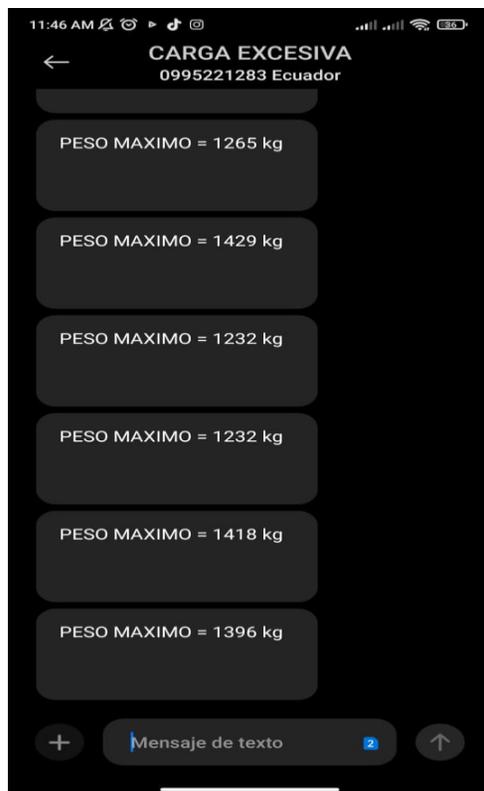


Nota. En la figura se observa la llamada entrante del contacto “CARGA EXCESIVA” al teléfono del usuario indicando la sobrecarga del vehículo.

En la Figura 69 se muestra la segunda alerta de comunicación remota que es por medio de un mensaje de texto que recibe el usuario en su teléfono después de la llamada. Este mensaje le comunica la sobrecarga en el vehículo además del valor de carga que el sistema le proporciona.

Figura 69

Segunda alerta de comunicación remota en condición de nivel 4 de carga



Nota. La figura muestra el mensaje recibido cuando el vehículo está en estado de carga inapropiada.

Protocolo de operación del sistema de monitoreo

El funcionamiento del sistema de monitoreo se desarrolló por medio de una interfaz amigable plasmada en la pantalla Nextion, en la misma se observan los datos relacionados con el peso o la carga en la que se encuentra el vehículo de tipo pick-up. La interfaz está programada con diversas presentaciones, en primer lugar, al momento de colocar el switch de encendido en la posición "ACC" de accesorios, entra en funcionamiento el sistema de monitoreo, se inicia la pantalla con una escena de bienvenida como se muestra en la Figura 70 y un mensaje sonoro mencionando el modelo del vehículo.

Figura 70

Presentación de bienvenida al usuario



Nota. En la figura se muestra la presentación de bienvenida mostrada al usuario que indica que el sistema se ha iniciado.

La siguiente presentación muestra el primer monitoreo que el usuario puede visualizar acerca del estado de carga en el que se encuentra el vehículo. En la Figura 71 se muestra la presentación titulada “PARÁMETROS DE OPERACIÓN CARGA EXTERNA” en el que el usuario puede observar los siguientes parámetros:

Peso máximo permitido: Este valor dependerá del modelo del vehículo y se lo toma como referencia o un valor constante en la programación indicando el límite máximo de carga que puede permitirse en el vehículo.

Peso real actual – altura detectada: Se puede observar el peso real actual que indica la carga en kg en la que se encuentra en ese momento el vehículo, juntamente con la distancia que arroja el sensor del nivel de altura detectada en mm que se encuentra censando entre ambos puntos o zona de referencia descritos en el anterior capítulo.

Figura 71

Presentación de los parámetros de operación de carga externa



Nota. En la figura se muestra la presentación que el usuario puede visualizar sobre el límite máximo de carga permitida, además del estado de carga en el que se encuentra el vehículo.

En la misma presentación, la interfaz da la opción de direccionar a una nueva pantalla presionando sobre el texto “PESO POR RUEDA”. En la Figura 72 se muestra la nueva presentación titulada “PESO POR CADA RUEDA TRASERA” que permite monitorear la carga en kg que se encuentra soportando los puntos externos del eje trasero del vehículo (sobre la rueda trasera izquierda y derecha) y a su vez la distancia o altura en mm en la que se encuentra el sensor con el punto de referencia para su medición. También se visualiza el peso y distancia total que en la programación se trabaja con el promedio entre los pesos medidos por cada rueda trasera, estos valores son los que se puede monitorear también en la anterior presentación.

Figura 72

Presentación de monitoreo del peso por cada rueda trasera



Nota. En la figura se muestran los valores de peso P por cada rueda trasera y la respectiva distancia D, así como también el valor total de los mismos.

Protocolo de operación del sistema de control

El desarrollo del sistema de control es mediante el corte de combustible, actuando directamente con el relé de la bomba de combustible. Entonces, cuando el vehículo se encuentra en un nivel 4 de carga indebida y después de que se han activado las alertas anteriormente mencionadas en el presente capítulo, entra en funcionamiento una interfaz en la que se observa el siguiente texto “PELIGRO PESO MÁXIMO ¿desea continuar?” la misma que presenta dos opciones de “SI” o “NO” como se muestra en la Figura 73, con la que el usuario puede interactuar y tomar una decisión.

Figura 73

Interfaz de control de usuario-sistema



Nota. En la figura se observa la interfaz que el usuario puede interactuar dándole las alternativas de SI o NO para poder circular a pesar de llevar una carga que excede los límites permitidos y así controlar la sobrecarga del vehículo.

Si el usuario elige la opción "SI" el sistema entrará en un modo llamado "MODO APAGADO" que está programado para que dentro de un lapso de aproximadamente 10 minutos el usuario pueda descargar peso del vehículo ubicándolo en un nivel inferior de carga, y de esta manera poder circular sin ningún riesgo. Pero si el conductor dentro de este tiempo no regula la carga del vehículo, este se apagará para evitar que se continúe ocasionando daños prematuros en los componentes del sistema de suspensión y a su vez corriendo el riesgo de un accidente vial. Además, esta medida pretende brindar al conductor un lapso adicional para que pueda buscar un lugar adecuado para estacionar el vehículo y corregir esa sobrecarga. Por otra parte, si el usuario elige la opción "NO" el sistema está programado para que el vehículo se apague en menos de un minuto dando por entender que el conductor quiere corregir la sobrecarga del vehículo cuanto antes posible. La incorporación de este sistema de control permite al usuario tomar una decisión de manera informada y segura con respecto a la operación del vehículo en condición de sobrecarga.

Validación del sistema implementado

Para validar el buen funcionamiento del sistema implementado, es necesario establecer pruebas hacia el sistema. Las diferentes pruebas realizadas al sistema implementado ayudan a calibrar de la mejor manera los datos de programación, con la finalidad de obtener el menor margen de error posible y lograr de esa manera validar la efectividad y precisión del sistema. A su vez, también ayudan a realizar un análisis de funcionamiento del sistema implementado, por medio de pruebas como la realizada con ayuda de una báscula para determinar el rango de error que trabaja el sistema, comparando la carga medida del sistema (carga de sistema) con la carga medida en la báscula (carga real) para obtener eficiencia en el sistema de monitoreo, y cronometrar el tiempo de respuesta del corte de combustible para detener la marcha del vehículo, con la finalidad de determinar el tiempo de activación de funcionamiento del sistema de control.

Prueba de correlación peso - distancia

El desarrollo de la prueba se realiza mediante la tabulación de datos de peso-distancia, para lo cual, en cada variación de peso o carga montada en el vehículo el sistema arroja una variación de peso. Para la presente prueba se utilizó carga ya tarada con anterioridad; sacos de 20 kg. Por lo tanto, se cargó el vehículo como se muestra en la Figura 74 con un total de 1200 kg (60 sacos) siendo este el valor máximo de carga permitida. La Tabla 11 muestra la recopilación de los datos obtenidos de la presente prueba.

Figura 74

Carga implementada en el vehículo para el desarrollo de la prueba de correlación peso-distancia



Nota. En la figura se muestra los sacos tarados de 20 kg utilizados para realizar la presente prueba.

Tabla 11

Recopilación de datos de relación peso-distancia

Peso [kg]	Distancia del sistema [mm]	Estado de carga
1200	108	Carga inapropiada
1180	109	Carga inapropiada
1160	110	Carga inapropiada
1140	111	Carga inapropiada
1120	112	Carga inapropiada
1100	112	Carga inapropiada
1080	113	Carga inapropiada
1060	113	Carga cercana al límite
1040	114	Carga cercana al límite
1020	114	Carga cercana al límite
1000	115	Carga cercana al límite
980	116	Carga cercana al límite
960	117	Carga cercana al límite
940	118	Carga cercana al límite

Peso [kg]	Distancia del sistema [mm]	Estado de carga
920	119	Carga cercana al límite
900	120	Carga cercana al límite
880	121	Carga cercana al límite
860	122	Carga cercana al límite
840	123	Carga cercana al límite
820	125	Carga cercana al límite
800	126	Carga cercana al límite
780	127	Carga cercana al límite
760	128	Carga cercana al límite
740	129	Carga cercana al límite
720	130	Carga cercana al límite
700	132	Carga en advertencia
680	135	Carga en advertencia
660	135	Carga en advertencia
640	136	Carga en advertencia
620	137	Carga en advertencia
600	138	Carga en advertencia
580	140	Carga en advertencia
560	142	Carga en advertencia
540	143	Carga en advertencia
520	144	Carga en advertencia
500	146	Carga en advertencia
480	147	Carga en advertencia
460	149	Carga en advertencia
440	151	Carga en advertencia
420	152	Carga en advertencia
400	154	Carga en advertencia
380	154	Carga en advertencia
360	156	Carga en advertencia
340	158	Carga permitida
320	158	Carga permitida
300	159	Carga permitida
280	160	Carga permitida
260	161	Carga permitida
240	162	Carga permitida
220	163	Carga permitida
200	165	Carga permitida
180	166	Carga permitida
160	168	Carga permitida
140	170	Carga permitida
120	171	Carga permitida
100	173	Carga permitida
80	174	Carga permitida

Peso [kg]	Distancia del sistema [mm]	Estado de carga
60	175	Carga permitida
40	176	Carga permitida
20	178	Carga permitida
0	180	Carga permitida

Nota. En la tabla se muestra la recopilación de datos de la relación peso-distancia con un rango de calibración de 20 kg por cada muestra.

Prueba de báscula

Para realizar la presente prueba, se tomaron 3 muestras por cada nivel de estado de carga recopilados de la Tabla 11. Por lo que, con la ayuda de una báscula de uso industrial se documentaron los datos que se muestran en la Tabla 12. Cabe destacar que el estado de carga del vehículo se llevó a cabo con la ayuda de los sacos tarados (20 kg) utilizados en la prueba anterior y que los valores de medición en báscula están restados el valor que se muestra en la Figura 75 que es el peso total del vehículo sin carga ni ocupantes (1560 kg).

Tabla 12

Recopilación de datos de la prueba de báscula

Estado de carga	Medición en sistema [kg]	Medición en báscula [kg]
Carga inapropiada	1191	1198
Carga inapropiada	1135	1140
Carga inapropiada	1093	1102
Carga cercana al límite	1022	1030
Carga cercana al límite	884	891
Carga cercana al límite	725	731
Carga en advertencia	651	660
Carga en advertencia	473	478
Carga en advertencia	362	368
Carga permitida	294	302
Carga permitida	142	150
Carga permitida	103	112

Nota. La tabla muestra los datos recopilados para establecer el rango de error en la que se encuentra trabajando el sistema implementado comparándolo con datos medidos en una báscula industrial.

Figura 75

Valor del peso total del vehículo medido en la báscula industrial



Nota. En la figura se muestra el valor de peso total del vehículo sin carga ni ocupantes obtenido de la báscula industrial utilizada para la presente prueba.

Prueba de activación de corte de combustible

La prueba se desarrolló con un cronómetro y excediendo gradualmente los límites de carga permitidos en el vehículo para poder llegar al nivel 4 en estado con carga inapropiada. De esta manera, se puede activar el sistema de control y observar el funcionamiento para las dos opciones de "SI" y "NO" por medio de un tiempo de respuesta en el que tarda en detenerse la marcha del vehículo por la activación del corte de combustible. Para ello, se documentaron los datos mostrados en la Tabla 13, siendo esta la prueba 1 eligiendo la opción "NO" en la interfaz y con el vehículo estacionado en un lugar seguro sin ningún tipo de riesgo de

accidente. La prueba se realizó con la ayuda de un cronómetro como se muestra en la Figura 76.

Tabla 13

Prueba 1 de activación de corte de combustible

N° muestra	Estado del vehículo	Tiempo de respuesta [s]
1	En reposo	00:00:12
2	En reposo	00:00:10
3	En reposo	00:00:11
4	En reposo	00:00:13

Nota. En la tabla se muestran los tiempos de respuesta que se realizaron en 4 muestras realizadas cuando en la interfaz se eligió la opción “NO”.

La prueba 2 se desarrolló eligiendo la opción “SI”, para ello la marcha del vehículo se realizó en un tramo de poca afluencia vehicular, para precautelar cualquier tipo de accidente que pueda ocasionar cuando el sistema apague la marcha del vehículo. Los tiempos de respuesta cronometrados se muestran en la Tabla 15.

Tabla 14

Prueba 2 de activación de corte de combustible

N° muestra	Estado del vehículo	Tiempo de respuesta [min]
1	En marcha	00:09:52
2	En marcha	00:09:30
3	En marcha	00:09:45
4	En marcha	00:09:33

Nota. La tabla muestra los valores de tiempo en minutos de la respuesta que tarda el sistema en detener la marcha del vehículo activando el corte de combustible.

Figura 76

Muestra cronometrada del tiempo de activación de corte de combustible



Nota. En la figura se muestra el tiempo cronometrado de una de las muestras realizadas en la prueba 1 de activación de corte de combustible.

Análisis de resultados

Mediante las diferentes pruebas realizadas para validar el funcionamiento del sistema implementado y con la ayuda del software Excel se realiza los respectivos análisis. Se debe determinar una ecuación que necesita la programación del sistema de alerta temprana, monitoreo y control para su funcionamiento. También, con la ayuda de un método estadístico se determina una evaluación tanto de la efectividad de calibración y la confiabilidad que brinda el sistema. Además, se analiza el rango de respuesta de activación del corte de combustible para concluir si el control implementado es eficiente en cuanto a su funcionamiento.

Análisis de la ecuación del sistema

Por medio del software Excel y con los datos de peso-distancia de la Tabla 11, se determina la curva característica que permite observar gráficamente la carga en el vehículo en función de la variación de distancia que se obtiene del promedio de los dos sensores. En la

Figura 77 se muestra la mejor aproximación de la curva que relaciona la variación de peso-distancia en la que trabaja el sistema implementado, así mismo la ecuación de la curva característica que mejor se aproxima a la línea de tendencia de los datos tabulados es de tipo polinómica de grado 2 y se muestra a continuación:

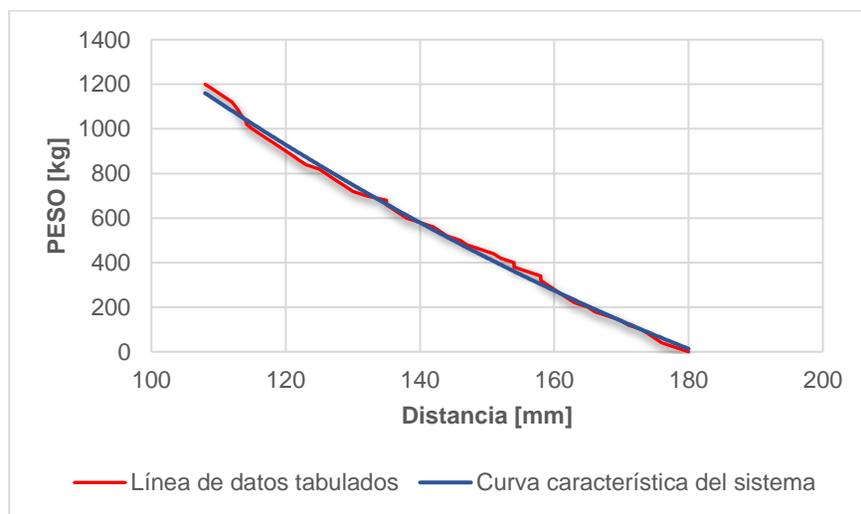
$$y = 0.0553x^2 - 31.851x + 3954.4$$

Donde:

- $f(x)$: valor del peso en el que se encuentra cargado el vehículo, expresado en kilogramos [kg].
- x : valor promedio de la distancia que miden los sensores, expresado en milímetros [mm].

Figura 77

Curva característica de la función distancia-peso del sistema



Nota. La figura muestra la curva característica que mejor se aproxima a la línea que datos tabulados.

Evaluación de la calibración del sistema

Con la ayuda del software Excel se analiza el coeficiente de correlación de Pearson utilizando los datos tabulados en la Tabla 12, para evaluar la fuerza y dirección de la relación de las variables distancia-peso y poder determinar la confiabilidad del sistema implementado. Las variables por analizar serán el peso medido por el sistema y el peso de referencia medido por la báscula. Entonces, con la ayuda de la función de sintaxis “COEF.DE.CORREL(matriz1; matriz2)” se determina el valor del coeficiente tomando las 3 muestras de cada estado de carga. A continuación, en la Tabla 15 se muestra el análisis.

Tabla 15

Evaluación de calibración del sistema implementado

Estado de carga	Peso sistema [kg]	Peso báscula [kg]	Coeficiente de Pearson	Evaluación
Carga inapropiada	1191	1198	0.9979	El coeficiente r se aproxima a 1, por lo tanto, hay una fuerte correlación positiva entre la medición del sistema implementado y el peso de referencia.
	1135	1140		
	1093	1102		
Carga cercana al límite	1022	1030		
	884	981		
	725	731		
Carga en advertencia	651	660		
	473	478		
	362	368		
Carga permitida	294	302		
	142	150		
	103	112		

Nota. En la tabla se muestra la evaluación de calibración por medio del coeficiente de correlación para poder determinar la confiabilidad del sistema implementado.

Entonces, siendo que el coeficiente de correlación es cercano a 1 se puede determinar que la medición de peso del sistema implementado se alinea muy bien con los valores de peso

reales. Definiendo de esta manera que se encuentra en un rango de error de no más del 10% y que se obtuvo una buena calibración, por ende, el sistema se encuentra en un buen grado de confiabilidad para el funcionamiento del monitoreo.

Análisis del tiempo de repuesta del sistema de control

Se evaluó el tiempo de respuesta que tarda el sistema en detener la marcha del vehículo por medio de la activación del corte de combustible en el sistema, para poder percatar si se cumplen los tiempos estimados y analizar de esta manera el correcto funcionamiento del sistema de control. En la Tabla 16 se muestra la comparativa del tiempo de respuesta de activación del cote de combustible utilizando los datos de las Tablas 13 y 14.

Tabla 16

Análisis del tiempo de respuesta de la activación del corte de combustible

Estado del vehículo	Tiempo cronometrado [min]	Tiempo estimado [min]	Rango de error [min]
En reposo	0:12	0:15	0:03
	0:09	0:15	0:06
	0:11	0:15	0:04
	0:13	0:15	0:02
En marcha	9:52	10:00	0:08
	9:30	10:00	0:30
	9:45	10:00	0:15
	9:33	10:00	0:27

Nota. En la tabla se muestra el rango de error comparado entre el tiempo cronometrado y el tiempo programado.

Como los tiempos de respuesta se encuentran dentro de un rango de error permisible, no es necesario calibrar mediante programación el tiempo de activación del corte de combustible para el funcionamiento del sistema de control implementado.

Capítulo V

Marco administrativo

Recursos

Los parámetros utilizados para desarrollar el presente proyecto de investigación son: recursos humanos, materiales y tecnológicos.

Recursos humanos

Los recursos humanos utilizados en el proyecto de “Diseño y construcción de un sistema de alerta temprana, monitoreo y control de la carga máxima permitida en un vehículo de tipo pick-up”, se detallan en la tabla 17:

Tabla 17

Recursos humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Chicaiza Chasi, Valmir Ariel	1	Investigador
2	Morocho Tatayo, Jordan Xavier	1	Investigador
3	Paredes Gordillo, Cristian Alejandro	1	Director del trabajo de unidad de integración curricular

Nota. La tabla muestra las personas involucradas en la presente investigación científica.

Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos utilizados en el presente proyecto de integración curricular se detallan en la tabla 18:

Tabla 18*Recursos tecnológicos*

Orden	Cantidad	Descripción
1	1	Laptop portátil
2	1	Word
3	1	Excel
4	1	Software de diseño CAD
5	1	Software de programación Arduino IDE
6	1	Software de diseño Nextion
7	1	Software de diseño y simulación de circuitos eléctricos

Nota. La tabla muestra los recursos tecnológicos utilizados para el desarrollo del proyecto.

Recursos materiales

El desarrollo del proyecto se realizó con la adquisición y uso de los siguientes componentes, equipos y materiales eléctricos y electrónicos que se detallan en la tabla 19.

Tabla 19*Recursos materiales*

Orden	Cantidad	Descripción
1	1	Arduino MEGA 2560
2	1	Módulo GSM SIM 808
3	1	Módulo DFPlayer Mini MP3
4	1	Altavoz
5	1	Pantalla HMI Nextion 4.3 pulgadas
6	1	Tira LED RGB x 60 cm
7	1	Módulo relé 2 canales
8	2	Sensor de distancia GY50 VL53L0X
9	1	Cable flexible eléctrico #18 AWG x 10 m
10	1	Manguera corrugada x 12 m
11	1	Resina Epoxi
12	5	Taípe
13	1	Baquelita 10 x 10 cm
14	1	Rollo de filamento PLA+

Nota. La tabla muestra los recursos materiales necesarios para el desarrollo del proyecto.

Financiamiento

Es importante tomar en cuenta el financiamiento del proyecto, en la tabla 20 se muestra el valor total en dólares estadounidenses de cada componente eléctrico y electrónico necesario para el desarrollo del proyecto.

Tabla 20

Financiamiento

Orden	Componente	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Arduino MEGA 2560	1	75 \$	75 \$
2	Módulo GSM SIM 808	1	45 \$	45 \$
3	Módulo DFPlayer Mini MP3	1	20 \$	20 \$
4	Altavoz	1	4 \$	4 \$
5	Pantalla HMI Nextion 4.3 pulgadas	1	110 \$	110 \$
6	Tira LED RGB x 60 cm	1	15 \$	15 \$
7	Módulo relé 2 canales	1	5 \$	5 \$
8	Sensor de distancia GY50 VL53L0X	2	20 \$	40 \$
9	Cable flexible eléctrico #18 AWG x 10 m	1	20 \$	20 \$
10	Manguera corrugada x 12 m	1	25 \$	25 \$
11	Resina Epoxi	1	10 \$	10 \$
12	Taipe	5	1 \$	5 \$
13	Baquelita 10 x 10 cm	1	4 \$	4 \$
14	Rollo de filamento PLA+	1	60 \$	60 \$
15	Fabricación placa PCB	1	60 \$	60 \$
16	Componentes electrónicos	1	20 \$	20 \$
17	Mano de obra	1	400 \$	400 \$
18	Transporte	1	130 \$	130 \$
Costo total				\$1048

Nota. La tabla muestra el financiamiento total que se requiere presupuestar para el desarrollo del proyecto de integración curricular.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se diseñó, construyó e implementó a un vehículo pick-up un sistema de alerta temprana, monitoreo y control que brinda un funcionamiento óptimo y eficiente permitiendo precautelar los componentes de la suspensión ante posibles sobrecargas de este; de esta manera evitar daños prematuros en componentes y brindar seguridad vial de los ocupantes del vehículo de ser el caso, que puede ser replicado en cualquier vehículo de tipo pick-up.

Por medio de un protocolo de pruebas de funcionamiento se cumplió con la validación de los sistemas de alerta temprana, monitoreo y control que se implementaron en el vehículo de tipo pick-up modelo Mazda BT-50, denotando que es un sistema eficiente y altamente confiable.

En base a las pruebas de funcionamiento realizadas, no se requirió un mayor trabajo en la calibración del sistema, dado que el monitoreo de la carga se aproxima con una tolerancia aproximada del 10% a comparación de los valores reales, ofreciendo un sistema de monitoreo eficiente al usuario del vehículo.

Los tipos de alertas implementados como la visual, auditiva y de comunicación remota generan una atención inmediata del conductor sin alterar la normal conducción del vehículo, de tal manera que no distraen ni pasan desapercibidas cuando el vehículo se encuentra en movimiento.

Cuando el vehículo se encuentra con la carga excedida, el corte de combustible está controlado de manera automática por medio del Arduino y se encuentra programado para que la respuesta de activación del subsistema ofrezca al conductor un tiempo adecuado y

pertinente de aproximadamente 10 minutos para que pueda descargar o reducir el peso del vehículo, sin provocar un accidente vial.

El diseño y ubicación de la pantalla para el monitoreo de la carga del vehículo se lo realizó mediante el cumplimiento de la normativa vigente para inclusión de componentes dentro del habitáculo de vehículo, permitiendo que el conductor pueda visualizar los parámetros sin forzar la vista ni mucho menos distraer la operación de este; a su vez se tiene una interfaz amigable para que cualquier usuario lo pueda manipular sin ninguna dificultad.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones, se recomienda desarrollar el sistema implementado con el estudio del centro de masa de la zona de carga del vehículo pick-up y comparar resultados con los del presente proyecto para dar conclusiones de la mejor posición para colocar el/los sensores.

Indagar investigaciones similares acerca de la sobrecarga en el vehículo para diseñar diversos sistemas de alerta, monitoreo y control para sustituir/complementar los sistemas del presente proyecto con la finalidad de mejorar la eficiencia del sistema implementado.

Para la recolección de datos se sugiere desarrollar la construcción de un sistema análogo, el cual, de acuerdo con el peso o carga del vehículo, arroje datos de acuerdo con el movimiento de algún mecanismo implementado que relacione el peso con el ángulo o distancia de movimiento de este sistema.

Considerar la integración de este sistema en la gestión de flotas usado por empresas para que, de esta manera, se pueda proporcionar una información más completa para administrar sus vehículos y sobre todo optimizar la distribución de carga.

Analizar la posibilidad de monitorear de forma remota los datos de la carga en el vehículo, ya sea mediante un sistema de posicionamiento GPS o a su vez la carga de datos a una nube en la cual se observe el peso cargado en el vehículo en tiempo real.

Bibliografía

- Macea, L. F., Fuentes, L. G., & Alvarez, A. E. (2013). *Evaluación de factores camión de los vehículos comerciales de carga que circulan por la red vial principal colombiana*.
- AEADE. (2021). *Comportamiento del mercado en el 2021*. AEADE.
- Bowen, E. (2008). *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/figure/6-ESQUEMA-BASICO-DE-FUNCIONAMIENTO-DE-UN-AMORTIGUADOR-HIDRAULICO_fig3_326369788
- González, T., del Río, G., Tena, J., & Torres, B. (2011). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección*. Madrid: Editex, S.A.
- Luque, P., Álvares, D., & Vera, C. (2008). *Ingeniería del Automóvil. Sistemas y comportamiento dinámico*. Madrid: Thomson Editores Spain.
- Rodriguez, H. (2023). *Ingemecánica*. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>
- (2023). Volkswagen web site: <https://www.volkswagen.co/amarok>
- Amazon. (2023). *Amazon*.
- Arduino web site: <https://www.arduino.cc/>
- Bellini, B. (2009). Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía. *Universidad de la república*, 1-6.
- Beltrán, J. (2011). *ResearchGate web site*: https://www.researchgate.net/figure/Figura-112-Eschema-de-un-sensor-capacitivo-de-presion-con-su-encapsulado_fig9_316675361
- Campaña, S. (Diciembre de 2018).
- Castaño, S. (2015). *controlautomaticoeducacion web site*: <https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/comunicacion-serial-con-arduino/>
- Chevrolet. (2023). Chevrolet web site: <https://www.chevrolet.com.ec/fichas-tecnicas>
- DFRobot. (10 de 08 de 2023). *DFRobot*.
- Biblioteca-Universidad Carlos III de Madrid: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/23730#preview>

El tiempo. (2023). *El tiempo casa editorial NIT*.

<https://tienda.electrocable.com/shop/12-04-0018-cable-flexible-piatina-spt-2x18-awg-100-m-60#attr=>

Eustat. (2023). *Instituto Vasco de Estadística-Eustat*.

Evans, B. (Agosto de 2007). *Arduinobot pworks*:
<https://arduinobot.pbworks.com/f/Manual+Programacion+Arduino.pdf>

Ford. (2023).

HBK web site: <https://www.hbm.com/es/7328/como-funciona-una-galga-extensometrica-electrica/>

Ingemecánica. (2019). *Ingemecánica*.

Izuzu. (2023). Izuzu web site: <https://isuzusv.com/pickups/dmax-spacecab/>

Keyence. (2023).

Keyence web site:
<https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>

Keyence. (2023). *KEYENCE Corporation*. Keyence web site:
https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure/library/basic/products_info.jsp

López, E. (2016). *Arduino, guía práctica de fundamentos y simulación*. Madrid: RA-MA Editorial.

Mecafenix. (2023). *Ingeniería Mecafenix web site*:
<https://www.ingmecafenix.com/electronica/programacion/arduino/>

Megatronica. (2022). *Megatronica*.

Naylamp. (2023). *Naylamp Mechatronics*. <https://naylampmechatronics.com/drivers/31-modulo-relay-2-canales-5vdc.html>

Nextion. (05 de 08 de 2023). *Nextion*.

Nissan web site: <https://es.nissanusa.com/vehicles/towing-capacity-and-payload.html#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20capacidad%20carga,vez%20considerado%20el%20peso%20bruto.>

pruebaderuta. (2020). *pruebaderuta.com*.

Ram web site: <https://www.ram.com/mx/blog/ram-trabajo/capacidad-de-carga-de-una-camioneta-pick-up-como-conocerla.html#:~:text=De%20forma%20general%20se%20establece,un%20cami%C3%B3n%20de%203.5%20toneladas>.

Robots argentina. (09 de Diciembre de 2019). robots argentina web site: <https://robots-argentina.com.ar/didactica/vl53l0x-sensor-de-distancia-que-mide-por-la-velocidad-de-la-luz-time-of-fly/>

Ruiz , A., García, F., & Rico, J. (2010). *Guía Práctica de Sensores*. Creaciones Copyright S.L.

Seguridad360. (27 de Mayo de 2022). *revista seguridad360*.

Sparkfun Start Something: <https://www.sparkfun.com/products/15179>

STMicroelectronics. (2022). *ST*. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/vl53l0x.pdf>

The Home Depot. (12 de 05 de 2022). *The home depot*.

UNIT electrones web site: <https://uelectronics.com/producto/sensor-infrarrojo-sharp-gp2y0a21yk0f-de-10-80cm/>

Walmart. (05 de Agosto de 2023). *Walmart*.

Anexos