



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO QUE PERMITA CONTROLAR LA CARGA APLICADA A LA SUSPENSIÓN DE UN BUS URBANO PARA REGISTRAR EL EXCESO DE CAPACIDAD EN LA UNIDAD”**

**JUAN CARLOS MOYÓN GUSQUI**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2019**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2018-10-23

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**JUAN CARLOS MOYÓN GUSQUI**

---

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO QUE PERMITA  
CONTROLAR LA CARGA APLICADA A LA SUSPENSIÓN DE UN BUS URBANO  
PARA REGISTRAR EL EXCESO DE CAPACIDAD EN LA UNIDAD”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**



---

Ing. Carlos José Santillán Mariño.  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:



---

Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares.  
**DIRECTOR**



---

Ing. José Francisco Pérez Fiallos.  
**MIEMBRO**

**ESPOCH**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** JUAN CARLOS MOYÓN GUSQUI

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO QUE PERMITA CONTROLAR LA CARGA APLICADA A LA SUSPENSIÓN DE UN BUS URBANO PARA REGISTRAR EL EXCESO DE CAPACIDAD EN LA UNIDAD”

**Fecha de Examinación:** 2019-05-20

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Bolivar Alejandro Cuaical Angulo <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>	✓		
Ing. Rodrigo Rigoberto Moreno Pallares <b>DIRECTOR</b>	✓		
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>MIEMBRO</b>	✓		

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

  
Ing. Bolivar Alejandro Cuaical Angulo  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación denominado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO QUE PERMITA CONTROLAR LA CARGA APLICADA A LA SUSPENSIÓN DE UN BUS URBANO PARA REGISTRAR EL EXCESO DE CAPACIDAD EN LA UNIDAD” que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación técnica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



---

**Moyón Gusqui Juan Carlos**  
Cédula de Identidad: 060321470-1

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo Juan Carlos Moyón Gusqui, declaro que el presente trabajo presentado es de mi autoría y los resultados alcanzados en los diferentes análisis son auténticos y son únicos en cuanto al estudio realizado en el presente trabajo. En la parte investigativa se utilizaron textos y figuras de varios autores los cuales han sido referenciados y citados correctamente. Soy consciente del hecho de no respetar derechos de autoría y hacer plagio, por lo tanto, asumimos con gran responsabilidad de cualquier irregularidad presentada por el incumplimiento de lo declarado.



---

**Moyón Gusqui Juan Carlos**  
Cédula de Identidad: 060321470-1

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a mi Madre querida por haber sido una guía y apoyo imprescindible en mi vida gracias a su visión me enseñó a no conformarme y ser un hombre de bien.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a mi familia en especial y mi madre y mis hermanos que con su conocimiento y experiencia me han orientado durante formación humana y académica.

Agradezco de igual manera todas las personas que formamos parte de la ESPOCH, maestros, empleados y compañeros que han compartido su sabiduría conocimiento y valores

## TABLA DE CONTENIDOS

### RESUMEN

### ABSTRACT

### INTRODUCCION

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1 MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.3.1 <i>Justificación teórica</i> .....	2
1.3.2 <i>Justificación práctica</i> .....	2
1.4 Planteamiento del problema.....	3
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	3
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>CAPITULO II</b> .....	4
2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes.....	4
2.2.1 <i>Definición</i> .....	4
2.2.1.1 <i>Historia</i> .....	4
2.2 Estado del Arte.....	5
2.2.1 <i>Suspensión</i> .....	5
2.2.1.1 <i>Masas suspendidas y no suspendidas en el automóvil</i> .....	5

2.2.1.2	<i>Suspensión de eje sólido</i> .....	6
2.2.1.3	<i>Suspensión Independiente</i> .....	7
2.2.2	<i>Componentes específicos de Suspensión</i> .....	8
2.2.2.1	<i>Suspensión neumática</i> .....	8
2.2.2.2	<i>Suspensión electromagnética</i> .....	8
2.2.2.3	<i>Suspensión Hidroneumática</i> .....	9
2.2.3	<i>Ballestas</i> .....	10
2.2.3.1	<i>Características de los resortes de ballesta</i> .....	10
2.2.3.2	<i>Resortes de ballestas para vehículos</i> .....	10
2.2.4	<i>Clases de ballestas</i> .....	11
2.2.4.1	<i>Ballesta multihoja</i> .....	11
2.2.4.2	<i>Ballesta con ballestín</i> .....	12
2.2.4.3	<i>Ballestas parabólicas</i> .....	12
2.2.5	<i>Bastidor</i> .....	14
2.2.5.1	<i>De tipo Escalera</i> .....	16
2.2.5.2	<i>De Columna en X</i> .....	16
2.2.5.3	<i>Perimétrico</i> .....	17
2.2.5.4	<i>Tubular</i> .....	18
2.2.6	<i>Rueda</i> .....	18
2.2.6.1	<i>Funciones de la rueda</i> .....	18
2.2.6.2	<i>Características de la rueda</i> .....	19
2.2.7	<i>Optimización topológica</i> .....	20

2.2.7.1	<i>Análisis de estructuras por elementos finitos</i>	20
2.2.7.2	<i>Aproximación mediante elementos finitos</i>	21
2.2.7.3	<i>Formulación de la malla fija</i>	21
<b>CAPÍTULO III</b>		22
3	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</b>	22
3.1	Parámetros de diseño	22
3.2	Diseño del prototipo	23
3.2.1	<i>Diseño de la estructura y cálculo de cargas vivas y muertas</i>	23
3.2.1.1	<i>Diseño del bastidor</i>	23
3.2.1.2	<i>Diseño de la carrocería</i>	28
3.2.1.3	<i>Ballestas</i>	31
3.2.1.4	<i>Ensamblaje</i>	31
3.2.1.5	<i>Cargas Vivas y muertas en diseño de la carrocería</i>	32
3.2.1.6	<i>Análisis de fuerzas</i>	36
3.3	Construcción del Prototipo	38
3.3.1	<i>Selección del módulo sim</i>	38
3.3.1.1	<i>Especificaciones técnicas modulo SIM808</i>	39
3.3.2	<i>Selección Antena GPS</i>	40
3.3.2.1	<i>Especificaciones técnicas Antena GPS</i>	41
3.3.3	<i>Selección del Regulador de voltaje</i>	41
3.3.3.1	<i>Especificaciones regulador de voltaje</i>	42
3.3.4	<i>Selección de sensor de distancia</i>	43

3.3.4.1	<i>Especificaciones Sharp GP2Y0A21</i> .....	44
3.3.5	<i>Selección de módulo de tarjeta SD</i> .....	45
3.3.5.1	<i>Especificaciones módulo de tarjeta SD</i> .....	45
3.3.6	<i>Selección Arduino Pro micro</i> .....	46
3.3.6.1	<i>Especificaciones Arduino Pro micro</i> .....	46
3.3.7	<i>Esquema de configuración del circuito de medición de carga, velocidad y posicionamiento</i> .....	47
3.3.8	<i>Ensamblaje</i> .....	48
3.4	Pruebas y Funcionamiento .....	49
3.4.1	<i>Resultados obtenidos en la prueba de tiempo real</i> .....	50
3.5	<i>Análisis y resultados</i> .....	51
<b>CAPÍTULO IV</b> .....		55
4	<b>ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO</b> .....	55
4.1	Costos directos .....	55
4.2	Costos Indirectos .....	56
4.3	Costos totales .....	56
4.4	Tasa mínima del proyecto .....	56
4.5	VAN (Valor Actual Neto).....	57
4.6	Relación costo beneficio .....	58
4.7	TIR .....	58
Conclusiones.....		60
Recomendaciones .....		61

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Suspensión.....	5
<b>Figura 2-2:</b> Masa suspendida y no suspendida.....	6
<b>Figura 3-2:</b> Suspensión de eje sólido.....	6
<b>Figura 4-2:</b> Suspensión McPherson.....	7
<b>Figura 5-2:</b> Suspensión electromagnética.....	9
<b>Figura 6-2:</b> Suspensión Hidroneumática.....	9
<b>Figura 7-2:</b> Ballestas Multihoja.....	12
<b>Figura 8-2:</b> Ballestas con ballestín.....	12
<b>Figura 9-2:</b> Ballesta parabólica.....	13
<b>Figura 10-2:</b> Bastidor.....	15
<b>Figura 11-2:</b> Travesaño en U.....	15
<b>Figura 12-2:</b> Bastidor en escalera o H.....	16
<b>Figura 13-2:</b> Bastidor de columna o en X.....	17
<b>Figura 14-2:</b> Bastidor perimétrico.....	17
<b>Figura 15-2:</b> Bastidor Tubular.....	18
<b>Figura 1-3:</b> Instalación del móduloSIM808.....	39
<b>Figura 2-3:</b> Instalación de la antena GPS.....	40
<b>Figura 3-3:</b> Instalación del regulador de voltaje.....	42
<b>Figura 4-3:</b> Sensor de distancia.....	43
<b>Figura 5-3:</b> Conexión sensor de distancia.....	44
<b>Figura 6-3:</b> Instalación del módulo de tarjeta Sd.....	45
<b>Figura 7-3:</b> Instalación Arduino Pro micro.....	46
<b>Figura 8-3:</b> Ensamblaje del prototipo.....	48
<b>Figura 9-3:</b> Instalación del prototipo.....	48
<b>Figura 10-3:</b> Estado de reconocimiento de periféricos.....	50
<b>Figura 11-3:</b> Datos Guardados en tiempo real.....	51
<b>Figura 12-3:</b> Interfaz velocidad y distancia.....	52
<b>Figura 13-3:</b> Mensaje de texto enviado por contravención.....	54

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 2-1:</b> Especificaciones de la constante de un resorte .....	11
<b>Gráfico 2-2:</b> Esquema de transmisión de potencia .....	19
<b>Gráfico 1-3:</b> Bastidor HINO AK.....	23
<b>Gráfico 2-3:</b> Largueros .....	24
<b>Gráfico 3-3:</b> Distancia entre ejes .....	25
<b>Gráfico 4-3:</b> Travesaños .....	26
<b>Gráfico 5-3:</b> Tren trasero .....	26
<b>Gráfico 6-3:</b> Dimensionamiento Tren trasero.....	27
<b>Gráfico 7-3:</b> Ajuste de las ballestas en función del tren trasero .....	27
<b>Gráfico 8-3:</b> Neumáticos.....	28
<b>Gráfico 9-3:</b> Carrocería.....	30
<b>Gráfico 10-3:</b> Ballestas .....	31
<b>Gráfico 11-3:</b> Ensamblaje .....	32
<b>Gráfico 12-3:</b> Soportes fijos sobre las ruedas .....	36
<b>Gráfico 13-3:</b> Cargas aplicadas sobre el bastidor .....	37
<b>Gráfico 14-3:</b> Deformación máxima.....	37
<b>Gráfico 15-3:</b> Distancia máxima entre la ballesta y el bastidor .....	38
<b>Gráfico 16-3:</b> Partes de la tarjeta SIM808 .....	39
<b>Gráfico 18-3:</b> Diagrama esquemático de la placa electrónica .....	47
<b>Gráfico 19-3:</b> Gráfica velocidad en función del tiempo .....	52
<b>Gráfico 20-3:</b> Gráfica Desplazamiento en función del tiempo.....	53

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Ventajas y desventajas de la suspensión tipo ballesta.....	13
<b>Tabla 2-2:</b> Características de la rueda.....	19
<b>Tabla 3-2:</b> Aplicaciones de métodos de los elementos finitos en ingeniería.....	20
<b>Tabla 1-3:</b> Especificaciones HINO AK.....	24
<b>Tabla 2-3:</b> Materiales de construcción de carrocería.....	29
<b>Tabla 3-3:</b> Cargas vivas de diseño.....	32
<b>Tabla 4-3:</b> Cargas vivas de diseño.....	33
<b>Tabla 5-3:</b> Masa de los materiales empleados en la construcción la carrocería.....	33
<b>Tabla 6-3:</b> Elementos auxiliares.....	35
<b>Tabla 7-3:</b> Peso total del autobús con cargas vivas y muertas.....	36
<b>Tabla 8-3:</b> Descripción de la ubicación de partes de la tarjeta SIM808.....	39
<b>Tabla 9-3:</b> Especificaciones de antena GPS.....	41
<b>Tabla 10-3:</b> Especificaciones técnica regulador de voltaje.....	42
<b>Tabla 11-3:</b> Especificaciones técnica Sharp GP2Y0A21.....	44
<b>Tabla 12-3:</b> Especificaciones módulo de tarjeta SD.....	45
<b>Tabla 13-3:</b> Especificaciones técnicas Arduino Micro Pro.....	46
<b>Tabla 14-3:</b> Nomenclatura utilizada en circuito.....	48
<b>Tabla 1-4:</b> Tabla de costos directos.....	55
<b>Tabla 2-4:</b> Tabla de costos indirectos.....	56
<b>Tabla 3-4:</b> Tabla de costos totales.....	56
<b>Tabla 4-4:</b> Tabla de tasa mínima del proyecto.....	57
<b>Tabla 5-4:</b> Tabla del VAN.....	57
<b>Tabla 6-4:</b> Tabla costo beneficio.....	58
<b>Tabla 7-4:</b> Tabla del TIR.....	58

## **LISTA DE ANEXOS**

- ANEXO A:** Estructura Bus Urbano
- ANEXO B:** Piso de la carrocería
- ANEXO C:** Lateral izquierdo de la carrocería
- ANEXO D:** Frontal de la carrocería
- ANEXO E:** Lateral derecho de la carrocería
- ANEXO F:** Posterior de la carrocería
- ANEXO G:** Techo de la carrocería
- ANEXO H:** Sección del Chasis
- ANEXO I:** Programación Arduino
- ANEXO J:** Instalación del prototipo

## RESUMEN

En el siguiente trabajo de titulación específica el procedimiento del diseño y construcción de un prototipo electrónico que permita medir el desplazamiento de la suspensión de un bus urbano de pasajeros, para lo cual se realizó previamente el diseño en SolidWorks del chasis utilizando manuales técnicos de construcción del fabricante. La carrocería y tren de potencia se los realizo basado en la norma técnica INEN 1323, por otra parte, para hallar la deformación de la ballesta respecto al chasis se utilizó el método de elementos finitos, considerando todos los factores que interviene en la deformación de la suspensión es decir las cargas vivas y muertas máximas permisibles, finalmente cuando hayamos conseguido el valor de deformación de la ballesta, construimos un dispositivo electrónico utilizando un sensor de distancia laser, además un sistema de posicionamiento global que va a permitir conocer la ubicación exacta de la unidad. El sistema implementado genera un par de datos cada segundo en función de la fecha, hora, ubicación geográfica, velocidad y exceso de carga, cuando exista un valor fuera del rango de conducción se enviará una señal de la contravención y un link con las coordenadas exactas ejecutable con Google Maps al teléfono celular que se encuentre vinculado y así tener una base de datos almacenada en una tarjeta extraíble dentro del prototipo , por lo tanto tenemos un sistema fiable de alerta y de recolección de datos del ciclo de conducción de la unidad para un posterior análisis. Para la respectiva instalación del sistema se debe tomar los parámetros de construcción específica de cada unidad en función de la construcción del bastidor y el chasis.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <PROTOTIPO ELECTRONICO>, <SUSPENSIÓN>. <CHASIS>, <CARROCERÍA>, <ELEMENTOS FINITOS>, <TREN DE POTENCIA>, <BALLESTA>



## ABSTRACT

The following investigation's project specific the design and construction of an electronic prototype that allows measurement of the displacement of the suspension of an urban passenger bus, for which the design in SolidWorks of the chassis was previously made using technical manuals for the construction of the maker. The bodywork and power train were made based on the INEN 1323 technical standard, on the other hand, to find the deformation of the leaf spring with respect to the chassis, the finite element method was used, considering all the factors that intervene in the deformation of the suspension is to say the maximum permissible dead and dead loads, finally it has achieved the deformation value of the leaf spring, it build an electronic device using a laser distance sensor, in addition, a global positioning system that will allow knowing the exact location of the unity. The implemented system generates a pair of data every second depending on the date, time, geographical location, speed and excess load, when there is a value outside the driving range a signal of the violation will be sent and a link with the exact coordinates executable with Google Maps to the cell phone that is linked and thus have a database stored on a removable card within the prototype, therefore It has a reliable system of alert and data collection driving cycle of the unit for a later analysis. For the respective system installation, the specific construction parameters of each unit must be taken based on the construction of the frame and the chassis.

KEYWORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <ELECTRONIC PROTOTYPE> <SUSPENSION>, <CHASSIS>, < BODYWORK >, <FINITE ELEMENTS>, <POWER TRAIN>, < LEAF SPRING >



## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de suspensión actualmente tienen significativas ventajas frente a la seguridad y comodidad de sus ocupantes, siendo un factor predominante en el funcionamiento del transporte.

Por el gran peso y tamaño del automotor, se buscó una manera eficaz de montar un sistema de suspensión de tipo Hotchkiss, el cual cumple con todos los requerimientos técnicos, aplicativos y principalmente, una alta durabilidad respecto a los vehículos de serie obteniendo grandes resultados como: El bajo costo de mantenimiento y su alta rigidez.

Para el siguiente estudio se va a esquematizar el comportamiento dinámico de una ballesta en condiciones ideales de conducción en vías regulares de primer orden para obtener datos más exactos para el estudio.

Además, el prototipo va a crear a la par una base datos que exprese la fecha, hora, ubicación geográfica velocidad y carga de la unidad que son guardados en intervalos mínimos de tiempo para una posterior interpretación en caso que se requiera analizar los datos por alguna eventualidad producida al momento de conducción.

El siguiente trabajo de titulación como una propuesta tecnológica aportará significativamente a la prevención de accidentes de tránsito.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

El Estado garantizará la eficiente movilidad de transporte de pasajeros y bienes, mediante una infraestructura vial y de servicios adecuada, que permita a los operadores a su vez, garantizar la integridad física de los usuarios y de los bienes transportados respetando las regulaciones pertinentes contemplado en el artículo 40 reglamento a la ley de transporte terrestre y seguridad vial.

En la actualidad el transporte urbano juega un papel preponderante en la movilidad de pasajeros dentro y fuera de la ciudad siendo un eje importante en el traslado de personas y bienes, las cooperativas y el estado deben salvaguardar la integridad de sus ocupantes y buscar las directrices para brindar el servicio eficaz.

### 1.2 Planteamiento del problema

El Código Orgánico Integral Penal en su capítulo Octavo acerca de Infracciones de Tránsito, sección segunda, Delitos Culposos de Tránsito, señala claramente en su artículo 381:

La persona que conduzca un vehículo de transporte público, internacional, intrarregional, interprovincial, interprovincial con exceso de pasajeros, será sancionada con pena privativa de libertad de seis meses a un año, suspensión de la licencia de conducir por el mismo plazo que establece el código orgánico integral penal 2014.

En el transporte urbano no existe una manera eficaz de controlar la velocidad exactamente porque las unidades están montadas con sistemas analógicos de control por ende tiene un margen de error y no concede una media real por lo cual la unidad puede superar la magnitud y cometer contravenciones.

Cuando existe un siniestro es necesario conocer las causas, pero como se puede justificar si no existe algún registro óptimo dentro de un automotor que indique por ejemplo si se produjo por exceso de velocidad o carga y proceder a la sanción respectiva.

## **1.3 Justificación**

### ***1.3.1 Justificación teórica***

El transporte urbano de pasajeros es un sector netamente estratégico en el país el cual impulsa actividades productivas. Los usuarios que necesiten movilizarse por razones de empleo, educación turismo, etc. son la razón de este estudio.

Los medios de transporte son un sector estratégico para el desenvolvimiento global de la economía de una localidad, por varias razones la más relevante la movilidad de los ciudadanos de un lugar a otro y a la libre circulación de mercancías que es una herramienta prescindible para incrementar el desarrollo de sectores productivos. (Bureau Veritas, 2015)

Los autobuses son prácticos en rutas de corta distancia dentro de la ciudad o su perímetro, por su fácil acceso y bajo costo de operación; es accesible aproximadamente el 76% de la población, por lo tanto, debemos salvaguardar la seguridad e integridad física de los ocupantes. (El telégrafo, 2014)

La implantación de nuevos sistemas para la prevención de accidentes está en auge, porque aún se utilizan unidades con un servicio alargado según el reglamento de transporte público urbano pueden estar en operación buses con 20 años de antigüedad por lo tanto pueden ser adaptados con sistemas adicionales no acoplados por fabricante por sus años de uso para mejorar la calidad del transporte.

### ***1.3.2 Justificación práctica***

Con el presente trabajo se mostrará una opción viable de un sistema de detección de carga de pasajeros aplicado a la suspensión de un bus con el fin de emitir una señal de advertencia cuando el bus sobrepase su capacidad, siendo una alternativa digital para el control del transporte urbano.

## **1.4 Planteamiento del problema**

### ***1.4.1 Objetivo General***

- Diseñar y Construir un prototipo que permita controlar la carga aplicada a la suspensión de un bus urbano para registrar el exceso de capacidad en la unidad.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Diseñar la suspensión de un autobús urbano tomando en cuenta los parámetros de cargas permisibles en la unidad.
- Construir un dispositivo electrónico que mida el comportamiento de la suspensión en función de fecha, hora, velocidad, coordenadas geográficas y carga aplicada.
- Implementar una alerta de exceso de carga y velocidad vinculada con un teléfono móvil.
- Validar los resultados obtenidos en la práctica real.

## CAPITULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.2.1 Definición

Un muelle con varias hojas o ballestas está conformado por diferentes hojas de distinto tamaño y radio de curvatura las cuales están unidas por un perno (Schwoch, 1980) .

Son elementos mecánicos utilizados de manera singular en varias aplicaciones del transporte terrestre como en trenes, y vehículos especialmente de carga. Desde hace más de cien años se ha convertido en la suspensión más utilizada por su fácil instalación y gran resistencia a cargas pesadas, el mecanismo permite atenuar movimientos violentos asociados al automotor, absorbe energía otorgada por las imperfecciones de la calzada. las ballestas están compuestas por varias lamina de acero especial para muelles, unidas entre sí para soportar la carga del vehículo (Schwoch, 1980, p. 109)

##### 2.1.1.1 Historia

El muelle se encuentra vinculado a la evolución humana desde la prehistoria y pasando por los días actuales junto a la rueda y la palanca, dos elementos indispensables que gracias a la evolución han sido trascendentales en la vida diaria del ser humano. La función especial es acumular la mayor parte de energía por compresión y recuperación mediante diferentes materiales como vegetales que los antepasados observaron estas cualidades en la naturaleza por ejemplo cuando el viento soplaba y deformaba los arboles pero al pasar un determinado tiempo recuperaban su forma original , gracias a este principio en vez de utilizar su brazo para arrojar objetos utilizaría una rama elástica para impulsar y enviarlo a mayor distancia , al igual tendría la consecuencia para construir armas como el arco y la flecha y mejorar indiscutiblemente el sistema de cacería , finalmente siguen encontrando aplicaciones prácticas para su vida útil como la suspensión del automóvil (Steel Mefobo, 2012).

La mayor parte de preocupación de los fabricantes fue la intervención en el confort del habitáculo de los vehículos. Empezaron cambiando lo asientos acolchonándoles o

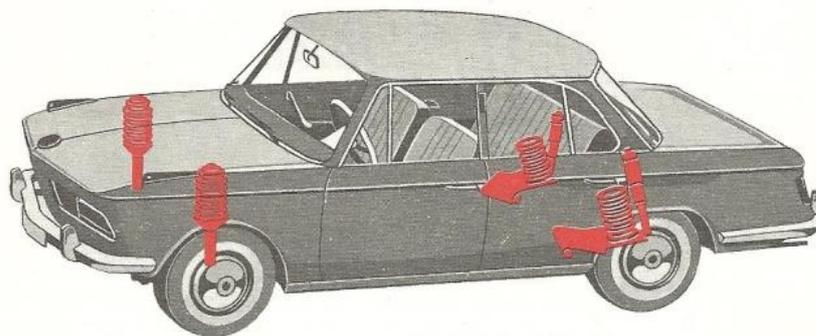
introduciendo resortes pequeños, hasta llegar a suspender el auto con unas correas de cuero para absorber las imperfecciones del terreno, desde ese momento se han adecuado varios tipos de suspensión, pero siempre utilizando hasta la actualidad el mismo principio.

## 2.2 Estado del Arte

### 2.2.1 Suspensión

La suspensión elástica atenúa las violentas sacudidas experimentadas por el vehículo, equilibra los esfuerzos unilaterales y contribuye siempre a la perfección de contacto con la carretera.

Al pasar sobre un resalte del terreno se produce un choque que se trasmite por la mediación de los ejes del chasis del vehículo y que se traduce en oscilaciones del mismo. Aquellas oscilaciones pueden también deber su origen a conducción defectuosa y a una carga unilateral distribuida. Nacen en el centro gravedad del vehículo y se propagan en los distintos sentidos de un sistema espacial de coordenadas. Correspondiendo a ello se diferencian las fluctuaciones de empuje, cabeceo y bombeo (Schwoch, 1980, p. 109.110).



**Figura 1-2: Suspensión**

Fuente: Schwoch Werner 1980

#### 2.2.1.1 Masas suspendidas y no suspendidas en el automóvil

El automóvil se clasifica en dos partes principales dentro de cualquier configuración, a continuación, vamos a especificar y distinguir entre las masas suspendidas y no suspendidas.



**Figura 2-2:** Masa suspendida y no suspendida

realizado: López 2013

- Masas suspendidas

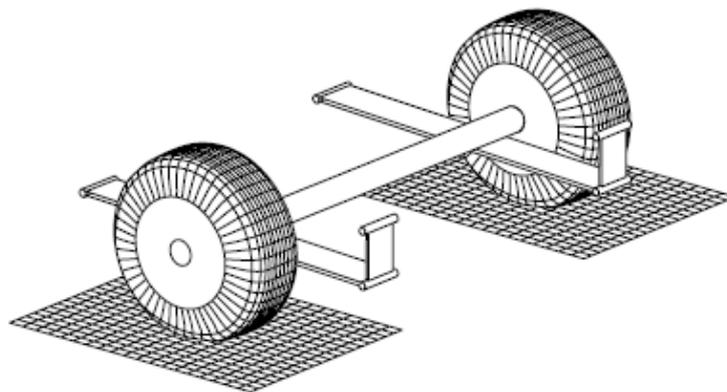
Son aquellas que no se encuentran en contacto directo con la carretera y por consiguiente el peso debe ser soportado por la suspensión como ejemplo tenemos el chasis y la carrocería.

- Masas no suspendidas

Son aquellas que son sujetadas directamente sobre las ruedas, sobre la calzada y la suspensión.

### 2.2.1.2 Suspensión de eje sólido

Es la forma más simple de conectar ambas ruedas al vehículo, las cuales son montadas en los extremos del eje sólido tal como se muestra en la figura (Mantilla, 2014, p. 25)



**Figura 3-2:** Suspensión de eje sólido

Fuente: David Mantilla Nova 2014

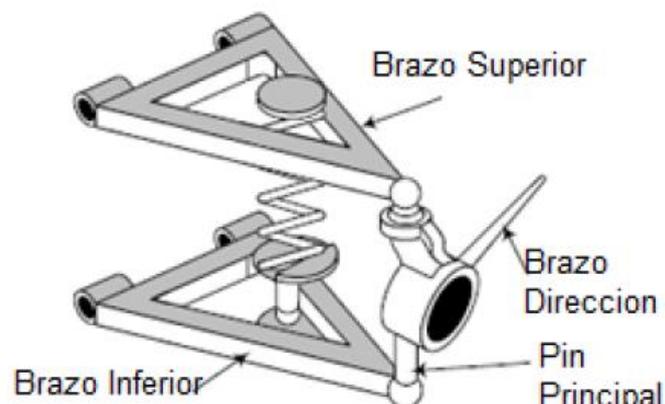
El eje sólido debe ser ensamblado a la estructura de tal forma que este oscile en la dirección vertical, así como una rotación de balanceo alrededor del eje longitudinal. De tal manera no habrá traslación longitudinal y lateral y tampoco rotación alrededor de su propio eje y el eje vertical. Hay muchas combinaciones de barras y resortes que pueden cumplir los requerimientos cinemáticos y dinámicos. El diseño más simple es sujetar el eje en la mitad de los resortes de ballesta con los extremos fijos o balanceados al chasis de vehículo (Mantilla, 2014, p. 25).

### 2.2.1.3 Suspensión Independiente

La suspensión independiente es introducida para permitir a la rueda moverse hacia arriba y hacia abajo sin afectar la rueda opuesta, hay muchas formas y diseños de una suspensión independiente. No obstante, el brazo doble-A y la suspensión McPherson son las más simples y comunes (Mantilla, 2014, p. 26).

Cinemáticamente, una suspensión de doble brazo-A es un mecanismo de cuatro barras con el chasis como brazo fijo. Una suspensión McPherson es un mecanismo deslizante invertido que tiene el chasis como barra fija y el acoplamiento de la rueda como barra móvil (Mantilla, 2014, p. 26).

Existen variaciones a estos tipos básicos de suspensión los cuales añaden más barras de control y brazos oscilantes o modifican su posición con el ánimo de mejorar el confort y la maniobrabilidad, sin embargo, estas variaciones son más costosas (Mantilla, 2014, p. 26)



**Figura 4-2:** Suspensión Independiente McPherson

Fuente: David Mantilla Nova 2014

## ***2.2.2 Componentes específicos de Suspensión***

Existen componentes dentro de los tipos de suspensión anteriormente mencionados, que ayudan o sincronizan para mejorar el rendimiento del vehículo, por ejemplo, la suspensión neumática la hidroneumática y la electromagnética, los cuales poseen módulos integrados que interviene automáticamente dentro del ciclo de conducción.

### ***2.2.2.1 Suspensión neumática***

La suspensión neumática funciona en la capacidad que tienen la condición de elasticidad que posee un gas, que tiene los resortes de amortiguación que son los muelles de aire.

Específicamente estos necesitan una fuente de aire comprimido que los alimente, principalmente se utilizan en el eje trasero, en vehículos de todo tipo camiones, autos de turismo o vehículos para uso industrial.

La cantidad de presión es regulada por válvulas que toman el mando a través de un módulo de control automático.

### ***2.2.2.2 Suspensión electromagnética***

La suspensión electromagnética es referente a un nuevo tipo de tecnología vehicular que reemplaza totalmente el amortiguador utilizado en los vehículos generalmente de gama alta de la actualidad. Se utiliza fuente de energía lineales electromagnéticos controlados por una computadora que procesa ecuaciones matemáticas. La suspensión funciona por caminos con diferencias de altitud y crea una base de datos para procesarlos y enviar a los periféricos externos que actúan directamente en el sistema. Los componentes se acoplan al tipo de terreno para calcular el desplazamiento del amortiguador y la constante del resorte lo cual mejora confort y el rendimiento en el caso de la velocidad. La recolección de datos de la realiza en 10 milisegundos para poseer una recolección datos más exactos y proceder a su interpretación. Finalmente, la fuerza es aplicada por un movimiento de campo electromagnético actuando sobre las bases para mantener el equilibrio (Mantilla, 2014, p. 28).



**Figura 5-2:** Suspensión electromagnética

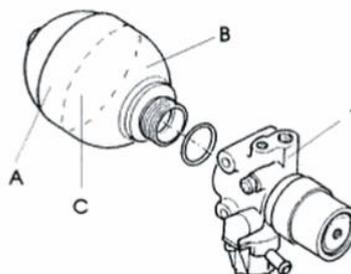
Fuente: David Mantilla Nova 2014

### 2.2.2.3 *Suspensión Hidroneumática*

Las suspensiones hidroneumáticas son netamente controladas por sistemas electrónicos que permiten la variación de distancia entre la calzada y el automóvil, adaptándose a cualquier tipo de terreno y conducción elegida por el piloto.

Principalmente una característica importante es la variación de altura frente al rango de velocidad aplicada en una autopista.

La suspensión está conformada por esferas distribuidas individualmente para cada rueda y dos adicionales para cada tren motriz. La esfera está conformada por dos cámaras A y B separadas por una membrana de elastómero C y un regulador de dureza 1 como se observa en la figura (Calvo, 1997, p. 64)



**Figura 6-2:** Suspensión Hidroneumática

Fuente: Jesús Calvo Martín 1997

### **2.2.3 Ballestas**

Las ballestas están conformadas generalmente por hojas de sección transversal escalonadas iguales y espesores diferentes, cabe el caso donde las hojas tienen una estimación de espesor en dirección longitudinal.

#### *2.2.3.1 Características de los resortes de ballesta*

Los resortes de ballestas sirven para absorber la mayor cantidad de energía y almacenarla para después de un determinado tiempo entregársela, debido a la ley de la conservación de energía. En el ciclo el resorte no excede el máximo de esfuerzo con el fin de no llegar a la fractura del material elástico. el límite se establece como la cantidad máxima que el elemento puede absorber sin la necesidad de fallar. (Mantilla, 2014, p. 29)

Las hojas de ballestas se extienden al ser sometidas a presión y desplazan sobre sus apoyos. Se disponen preferentemente en sentido longitudinal del automóvil. deben extenderse para flexionarse, además existe un punto de apoyo fijo, y otro punto de apoyo móvil. Un estribo fijo soporta los esfuerzos de cizallamiento, y una biela de suspensión equilibra las diferencias de longitud. (Mantilla, 2014, p. 29)

#### *2.2.3.2 Resortes de ballestas para vehículos*

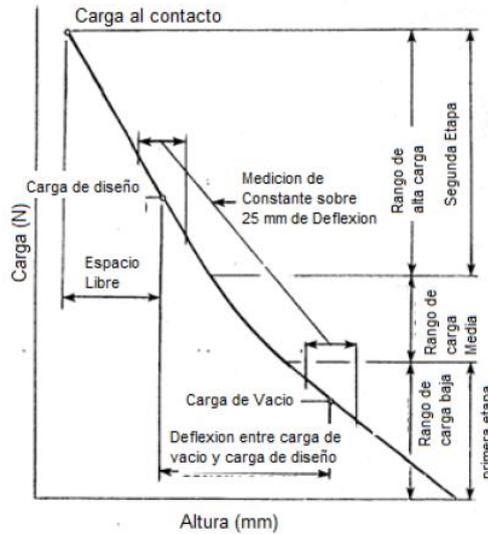
Las hojas de ballestas son las más utilizadas desde una camioneta hasta vehículos de carga pesada, tiene la principal característica de soportar esfuerzos de flexión, cortantes y tienen amortiguamiento propio. Sus hojas generalmente sufren un desgaste por su funcionalidad permanente, pero su reposición es finamente rápida y sencilla. (Mantilla, 2014, p. 30)

En la mayoría de casos la deflexión en banco difiere de la deflexión en el montaje, debido a la influencia en la curvatura del resorte y el efecto del balancín. (Mantilla, 2014, p. 30)

Una suspensión suave generalmente requiere gran deflexión estática del resorte, no obstante, otras consideraciones y limitaciones se deben tener en cuenta como la longitud disponible del resorte en el vehículo, así como un gran recorrido libre antes de tocar el chasis y los esfuerzos generados afectaran la resistencia a la fatiga. (Mantilla, 2014, p. 31)

Se considera un muelle montado sobre un eje con una constante variable de tipo multi hojas, la gráfica se encuentra en función de la fuerza y deformación. establece la medid

de las constantes para un muelle en la prueba de banco, donde la constante es medida en posición de vacío, la cual nos indica la carga del vehículo sin pasajeros, al contrario de la siguiente que nos indica el vehículo con carga completa. (Mantilla, 2014, p. 31)



**Gráfico 2-1:** Especificaciones de la constante de un resorte

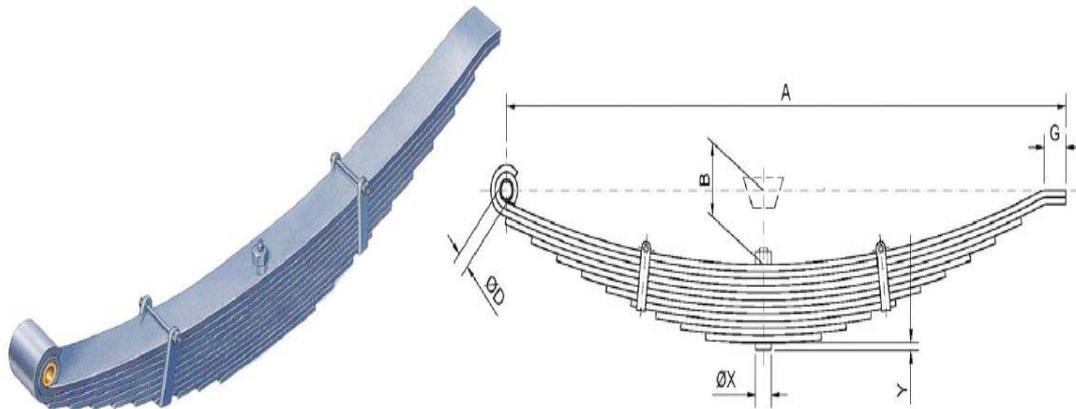
Fuente: David Mantilla Nova 2014

#### 2.2.4 Clases de ballestas

Las ballestas se construyen de acero especial de alta calidad y se les confiere la elasticidad deseada mediante diversos tratamientos, la hoja trabaja bajo flexión y se deriva de una viga de resistencia uniforme, cuando la parte transversal es constante, en las secciones al punto de compresión de la fuerza de aplicación es menor por lo tanto el material no aprovechado como se solicita a continuación citamos las clases de ballesta más comunes.

##### 2.2.4.1 Ballesta multihoja

El termino ballesta multihoja ha sido generalmente aplicado a resortes de ancho constante y hojas escalonadas, cada hoja con espesor constante, excepto donde las hojas tienen una reducción longitudinal. (Society of Automotive Engineers, 1996)

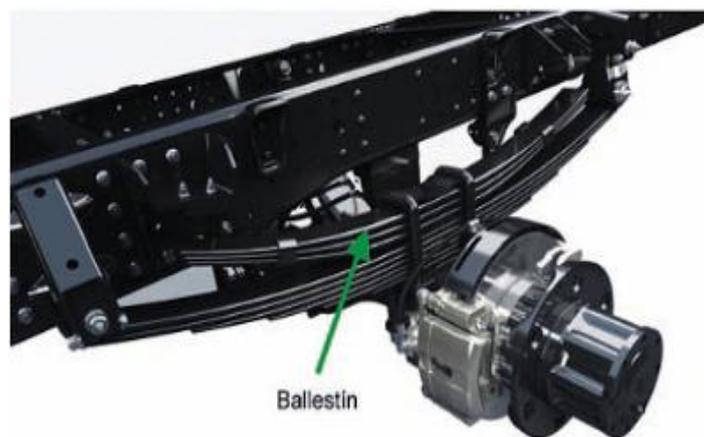


**Figura 7-2:** Ballestas Multihoja

Fuente: Artitrail

#### 2.2.4.2 Ballesta con ballestín

Cuando el vehículo no se encuentra sometido a la carga total, solamente la ballesta principal que actúa comportándose como una suspensión muy flexible, pero cuando la carga aumenta, comienza a actuar el ballestín, convirtiéndose en una suspensión más rígida. (Águeda, 2012)



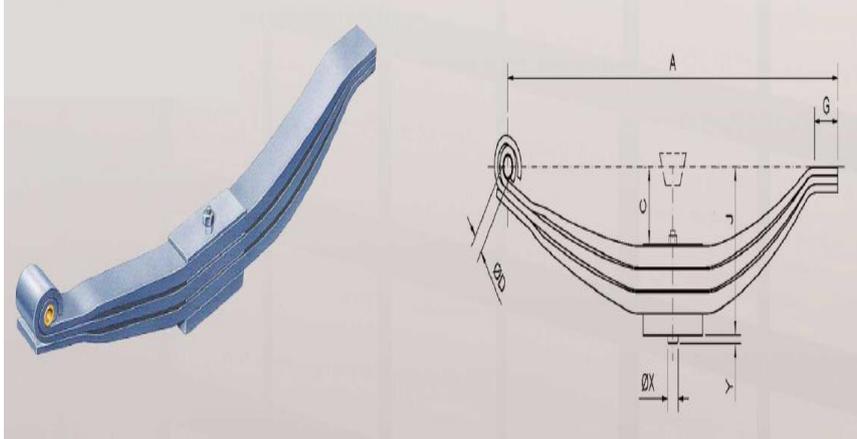
**Figura 8-2:** Ballestas con ballestín

Fuente: Águeda Casado; 2012.

#### 2.2.4.3 Ballestas parabólicas

La disposición de las hojas de ballesta va en un orden de siete o más hojas, pero el sistema de ballesta parabólicas posee un menor número de hojas de resortes, la fricción se prevé eliminar realizando un contacto solo en el centro la cual esta unidad a los extremos de los

ejes, la disposición es de una manera cónica hacia la parte más extremos del conjunto y procede a estrecharse por los límites este diseño nos va a permitir que sea más flexible todo el sistema .



**Figura 9-2:** Ballesta parabólica

Fuente: Artitrail

- **Ventajas y Desventajas**

Dentro de las ventajas y desventajas presentamos el siguiente cuadro para analizar las más relevantes que adquiere un sistema de suspensión de tipo ballesta implementado en vehículos de transporte pesado sea en caso necesario.

**Tabla 1-2:** Ventajas y desventajas de la suspensión tipo ballesta

<b>SISTEMA DE SUSPENSION TIPO BALLESTAS</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Posee una considerable capacidad de carga	Pierde confort en comparación a otro tipo de suspensión
posee diferentes aplicaciones diferentes sobre y bajo el eje	Los resortes son ruidosos dependiendo de su configuración

**Tabla 2-2(Continúa):** Ventajas y desventajas de la suspensión tipo ballesta

Tiene la capacidad de manejar hasta tres constantes diferentes en un solo resorte	Los fenómenos wind – up, torsión de arrancada y balanceo lateral
Los niveles auxiliares del resorte crean patrones de carga que ayudan a la dosificación de las cargas	Se transfieren movimientos de irregularidades de una rueda a la otra disminuyendo la sensación de control

Realizado por: Autor

Una suspensión de ballestas se va utilizar de manera eficiente porque pueden soportar los esfuerzos de flexión, cortantes y poseen un determinado amortiguamiento propio. sus hojas se desgastan al pasar el tiempo, pero son fácilmente sustituibles, porque tienen distinto radio de curvatura se obtiene una carga uniforme sobre las distintas hojas. Las ballestas constitutivas están unidas por bridas en U que sirven para mantenerlas en el mismo plano y no se desequilibren al momento de absorber las imperfecciones de la calzada.

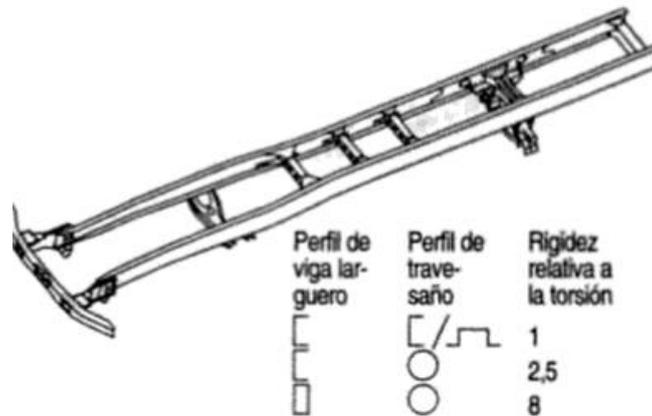
### **2.2.5 Bastidor**

Todos los vehículos todoterreno, camiones y autobuses poseen una carrocería formada por dos estructuras diferenciadas que se unen entre sí que son el bastidor chasis y la carrocería.

Los vehículos para uso exclusivo industrial o comercial tiene en su estructura diferentes largueros transversales y longitudinales, que se encuentran ensamblados entre ellos, construyendo un chasis sólido, las diferentes formas o dispersiones de este chasis van a depender respecto a sus necesidades o la capacidad de carga que va a aplicarse en sus diferentes aplicaciones.

El bastidor es un componente especialmente importante en la estructura del vehículo , en el caso de un bastidor tipo escalera con un par de vigas travesaños , la determinación de los perfiles es preponderante y decisiva para la resistencia de torsión para los buses o automóviles comerciales porque utilizan preferiblemente bastidores elásticos a la torsión y en condiciones adversas con terrenos no uniformes permiten mejor adaptación de la

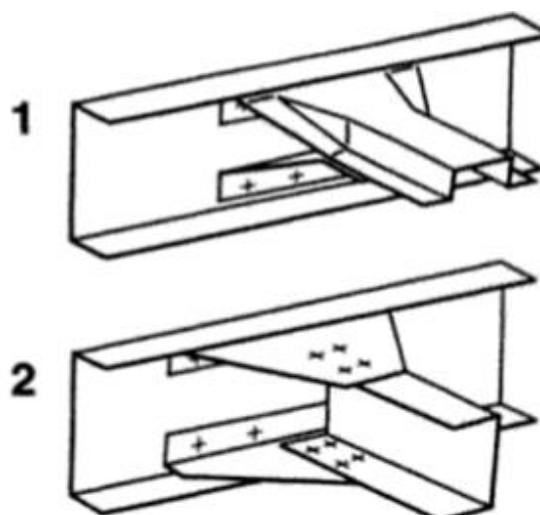
suspensión y así absorber la energía provocada por las imperfecciones de la calzada.  
(Bosch, 1999, p. 906)



**Figura 10-2:** Bastidor

Fuente: Robert Bosch ,1999

Las zonas críticas en la estructura del bastidor son junto con los puntos de aplicación de fuerza, los nudos de unión de los largueros y travesaños, los perfiles especiales o extrudidos de los travesaños conforman una ancha base de unión. Los puntos de unión están remachados, atornillados y soldados. Los suplementos de los largueros en forma de U o de L proporciona al bastidor una mayor rigidez a la flexión a la vez que refuerzan la unión.  
(Bosch, 1999, p. 906)

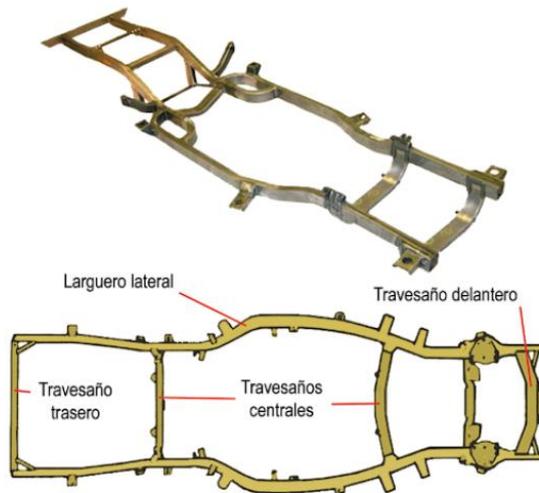


**Figura 11-2:** Travesaño en U

Fuente: Robert Bosch ,1999

### 2.2.5.1 De tipo Escalera

Consiste en dos largueros laterales formados de una chapa laminada o embutida y soldada con perfil en “U”, paralelos no unidos mediante una serie de travesaño. Fue uno de los más utilizados, centrándose su uso en la actualidad en camiones y algunos furgones ligeros, debido a la gran solidez. (Águeda, 2012, p. 35)



**Figura 12-2:** Bastidor en escalera o H.

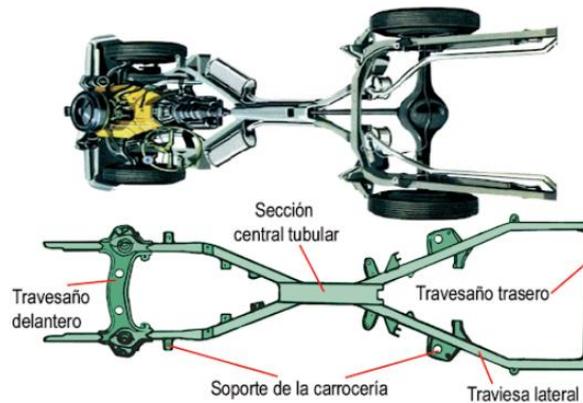
Fuente: Eduardo Águeda ,2016

### 2.2.5.2 De Columna en X

Este bastidor se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de torsión elevada. (Águeda, 2012, p. 35)

El travesaño delantero es un robusto para servir como fijación a los anclajes de las suspensiones delanteras. (Águeda, 2012, p. 35)

Una variedad del mismo es el bastidor de tubo central, que cuenta con una viga gruesa longitudinal en la sección central, con perfil cuadrado o redondo, y que tiene en sus extremos sendos entramados para alojar los elementos mecánicos del vehículo (grupo moto propulsor, suspensiones, dirección, etc.). Su empleo se centra en vehículos de competición. (Águeda, 2012, p. 35)



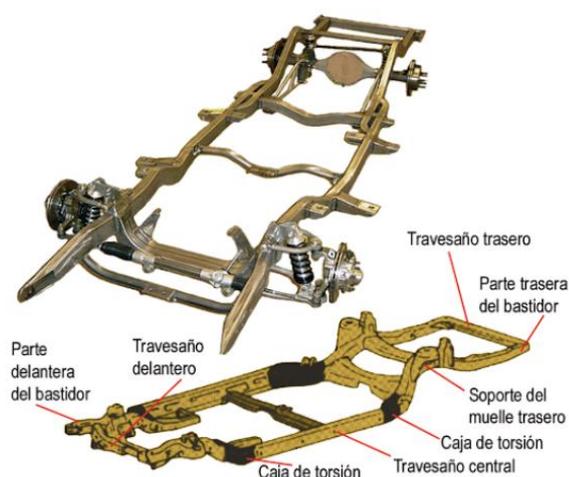
**Figura 13-2:** Bastidor de columna o en X.

Fuente: Eduardo Águeda ,2016

### 2.2.5.3 Perimétrico

En este tipo de bastidor, los largueros soportan la carrocería en la parte más ancha, ofreciendo mayor protección en caso de impacto lateral.

Presentan una configuración escalonada detrás y delante, de las ruedas delanteras y traseras, respectivamente, para formar una estructura de caja de torsión, en caso de impacto frontal, absorbe gran parte de la energía generada. los travesaños traseros están diseñados convenientemente para absorber la energía de un impacto trasero, en caso de impacto lateral como el larguero longitudinal se encuentra muy cerca del cerramiento del piso, se evitan en parte los aplastamientos. (Águeda, 2012, p. 35)

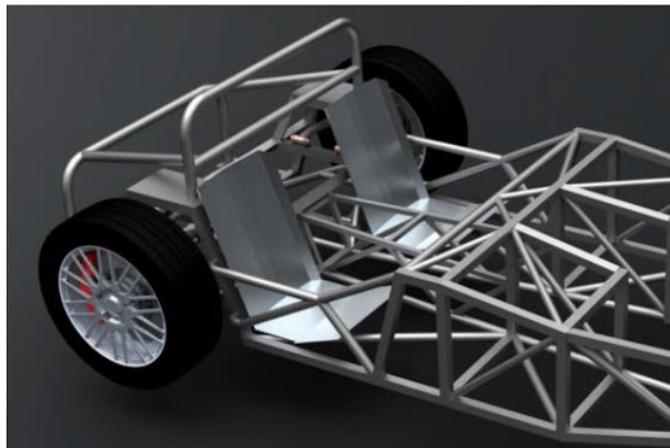


**Figura 14-2:** Bastidor perimétrico

Fuente: Eduardo Águeda ,2016

#### 2.2.5.4 Tubular

Este tipo de bastidor evoluciona el concepto de pesados chasis hacia estructuras esbeltas tipo “celosía” sobre las que atornillar las chapas exteriores de la carrocería el entramado de tubos da lugar a una estructura muy rígida y liviana, permitiendo aligerar otras piezas al liberarlas de responsabilidad estructural. Este tipo de diseño se emplea sobre todo en vehículos de competición, en los que la carrocería exterior tiene una misma misión meramente estética y aerodinámica, y donde es necesario disponer de una gran accesibilidad mecánica. Su empleo en vehículos de serie se ve condicionado, entre otras razones, por su elevado coste de fabricación. (Águeda, 2012, p. 36)



**Figura 15-2:** Bastidor Tubular

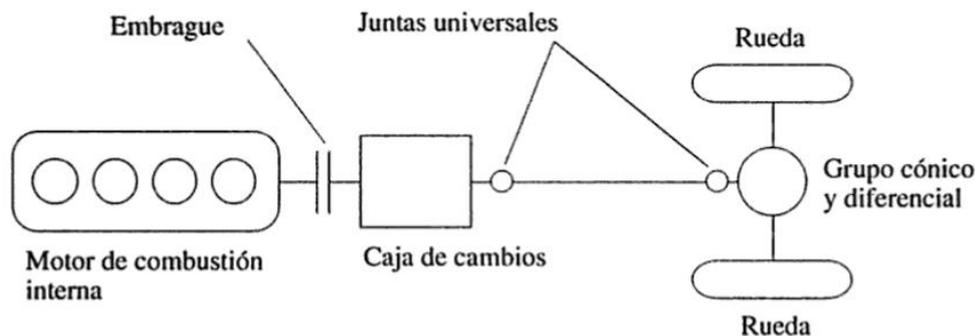
Fuente: Eduardo Águeda ,2016

#### 2.2.6 Rueda

La rueda es un elemento de los automóviles que se encuentra en contacto directo con la calzada o sobre la superficie donde se encuentra el automóvil.

##### 2.2.6.1 Funciones de la rueda

Transmitir la potencia desde la transmisión hasta desplazar el vehículo.



**Gráfico 2-2:** Esquema de transmisión de potencia

Fuente: Publio Pintado, 2000

La transmisión se realiza mediante la conexión de mecanismos y dispositivos formados por piezas rígidas, se utiliza con plantas de potencia en este caso con un motor de combustión interna. La distribución más significativa es: el motor térmico hace girar el cigüeñal junto al volante de inercia. A su vez el volante de inercia es la salida del motor térmico y la entrada del embrague en el caso de una transmisión manual. Finalmente descarga la potencia hacia la caja de cambios y finalmente a las ruedas motrices del automotor (Pintado, 2000, p. 13).

#### 2.2.6.2 Características de la rueda

**Tabla 3-2:** Características de la rueda

<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Capacidad de resistir el peso
Capacidad de no desliarse en las frenadas
Absorber y amortiguar las irregularidades de la calzada
Resistencia a la abrasión
Disipar el calor producido por la frenada
Tener un peso no considerable para evitar los efectos de la inercia de la carga no suspendida
Resistencia para los efectos de deriva
Facilidad de montaje y desmontaje

Fuente: Ángel Castell, 2000  
Realizado por: Autor

### 2.2.7 Optimización topológica

Los problemas clásicos de ingeniería son determinar la configuración óptima de un sólido o cuerpo que alcance o minimice la función determinada de costo y tiempo que va a satisfacer las necesidades del diseño. La eficaz solución para este problema es planteada por dos estrategias bien establecidas: como un problema de optimización de forma o topológica. (Victoria, 2006, p. 2)

La optimización consiste en reestructurar la geometría del dominio manteniendo su topología, simplemente sin adjudicar huecos o cavidades en su interior, es conocida como Análisis de Sensibilidad al cambio de Forma y sus cimientos matemáticos se encuentran bien establecidos, el principal inconveniente es que solamente se permiten los cambios en la frontera del dominio, lo cual es una desventaja al campo de aplicación específico. (Victoria, 2006, p. 2)

La forma más común es tener en cuenta el dominio mediante cambio en su topología, lo cual nos va a permitir tener la configuración establecida iniciando desde una morfología inicial diferente de la óptima. (Victoria, 2006, p. 3)

#### 2.2.7.1 Análisis de estructuras por elementos finitos

El análisis por elemento finitos es una herramienta indispensable hoy en día y ha jugado un papel crucial en el diseño mecánico, actualmente es una opción de cálculo más eficaz y potente en el desarrollo de problemas y análisis de mecánica estructural, con aplicaciones en diferentes áreas de ingeniería. (Victoria, 2006, p. 23)

**Tabla 4-2:** Aplicaciones de métodos de los elementos finitos en ingeniería

Campos de estudio	Equilibrio	Autovalores	Propagación
Ingeniería Estructural.	Análisis de vigas, placas, laminas.	Estabilidad de estructuras,	Propagación de ondas de tensión. Respuesta
Ingeniería mecánica.	Análisis bi y tridimensional de tensiones.	frecuencias naturales y modos de vibración de estructuras.	dinámica de estructuras.
Ingeniería aeroespacial.	Análisis bi y tridimensionales de tensiones.	Frecuencias naturales y modos	Problemas viscoelásticos. Propagación de ondas de tensión en

**Tabla 5-2(Continúa):** Aplicaciones de métodos de los elementos finitos en ingeniería

Mecánica de suelos.  Ingeniería de cimentaciones.	<b>Problemas de excavaciones. Interacción suelo y estructuras.</b>	<b>de vibración de combinaciones suelo/estructura.</b>	<b>de medios porosos deformables. Interacción dinámica suelo/estructura.</b>
--	--	--	--

Fuente: Mariano Victoria ,2006  
Realizado por: Autor

La mayor parte de métodos de optimización utilizan elementos finitos; sobre el proceso de optimización el diseño original pueden sufrir cambios que van a alterar la forma de la topología, estas diferencias nos van a obligar a revisar la forma de elementos de la malla, para evitar una significativa distorsión en los resultados finales. (Victoria, 2006, p. 23)

#### *2.2.7.2 Aproximación mediante elementos finitos*

Se realiza un estudio de elementos finitos rectangulares de cuatro nodos para problemas de elasticidad plana, ofrece un alto grado de precisión para problemas en el comportamiento de estructuras principalmente que sufren esfuerzos de tracción y compresión pura. (Victoria, 2006, p. 27)

Al contrario, para problemas cuyos esfuerzos implican flexión, siendo necesario utilizar mallas densas para obtener resultados con una precisión aceptable. Es necesario adjuntar nodos internos para aumentar la eficacia de los resultados.

#### *2.2.7.3 Formulación de la malla fija*

En el análisis común de elementos finitos, el objeto es tradicionalmente representados por una malla de elementos finitos, para eso se aplica algoritmos como la triangulación de Delaunay, y la determinación de la matriz de rigidez, son realizadas por integración numérica. (Victoria, 2006, p. 30)

## CAPÍTULO III

### 3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 Parámetros de diseño

Para la estructuración del prototipo se considera todos los parámetros de funcionamiento específicos que va a mantener un autobús urbano en condiciones ideales de conducción.

La unidad debe estar con su carga máxima es decir los pasajeros que irán sentados y los que van de pie, obtenido un resultado de la deformación máxima de la ballesta, con estos resultados tenemos la variación del límite de distancia, y así obtener los resultados esperados.

La construcción del equipo va a tener especial consideración los tipos de variables que inciden al momento del movimiento del automotor.

El sensor va a considerar la distancia establecida entre la ballesta frente al bastidor directamente para calcular el desplazamiento y permitir enviar la señal cuando violen los índices normales de carga permitidos.

Un GPS ubicado en el dispositivo va a determinar la ubicación exacta y la velocidad junto a la aplicación de Google Maps para indicar las coordenadas exactas donde se producen las infracciones, enviando un mensaje de texto para alertar y proceder las medidas necesarias contra el conductor.

Se procede a tener una alerta idónea en el ciclo de conducción, el vehículo cuando supera la velocidad de 50 Km/h se envía una señal, pero siempre y cuando se mantenga en un lapso de 5s para no recibir mensajes de texto cada momento y evitar acumulación de alertas improcedentes por periodos de tiempo mínimo, donde no se pueda corregir el ciclo de manejo, dando una solución para el conductor para que reacciones y tome las medidas necesarias para no seguir cometiendo infracciones.

## 3.2 Diseño del prototipo

El diseño del prototipo está realizado con todos los elementos específicos necesarios para la construcción tomando en cuenta las condiciones de funcionamiento de las partes del bus, encontrando elementos fiables y de fácil manipulación.

### 3.2.1 *Diseño de la estructura y cálculo de cargas vivas y muertas*

#### 3.2.1.1 *Diseño del bastidor*

Para el diseño del bastidor se escogió las características de un Hino Ak utilizado en su mayor proporción para la construcción de autobuses urbanos de serie a nivel nacional, que posee características especiales relacionadas con el transporte público.



**Gráfico 1-3:** Bastidor HINO AK

Realizado por: Autor

El diseño preliminar va a estar formado por dimensiones específicas encontradas en catálogos del fabricante a continuación, mostramos las dimensiones sobresalientes para el proyecto preliminar.

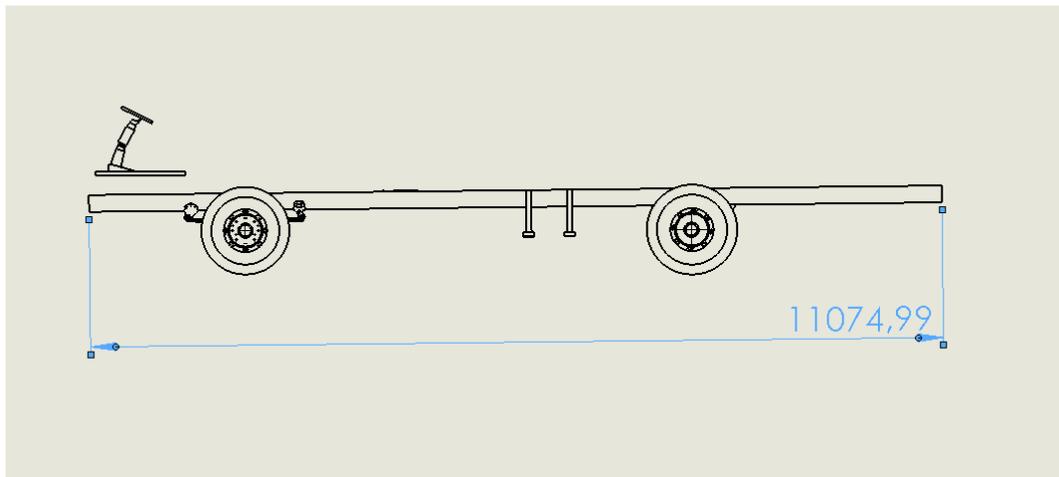
**Tabla 1-3:** Especificaciones HINO AK

ESPECIFICACION	LONGITUD (mm)
Longitud total	11140
Distancia entre ejes	5800
Ancho total	2450
Voladizo posterior	3305
Voladizo anterior	2035
Distancia entre ejes	870

Fuente: manual de carrozado HINO  
Realizado por: Autor

- Longitud de los largueros.

la longitud de los largueros no está establecida con la carrocería es decir la dimensión total está incluida con el motor, los largueros están constituidos por dos vigas longitudinales, construidos de perfiles de acero de alta resistencia, sus paredes exteriores son especiales para sobre ellas adaptar la estructura portante en el proceso de fabricación del bus.



**Gráfico 2-3:** Largueros

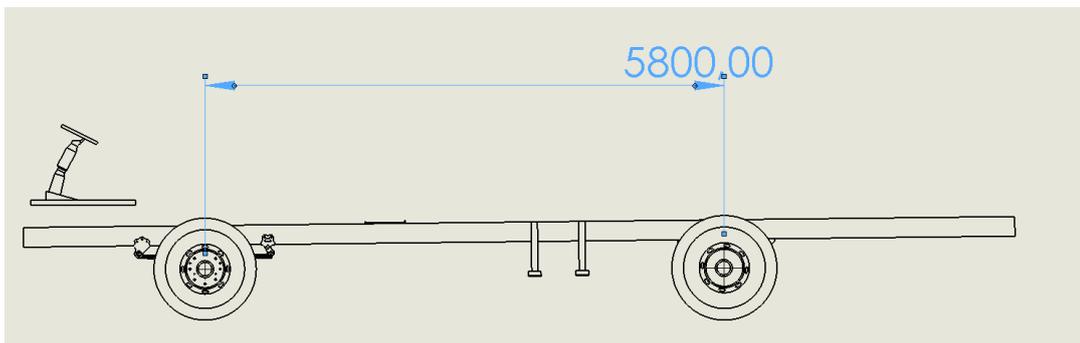
Realizado por: Autor

El perfil está comprometido con la flexión a todo el larguero, sin la necesidad de exponer el material a tensiones no relevantes y a los travesaños una fuerza equivalente para absorber las fuerzas laterales, las cotas de los perfiles cambian dependiendo el fabricante y el uso que se le vaya a dar al automotor, por ejemplo, a cada caso especial de conducción o carga que se va a sobrellevar dentro de los parámetros de funcionamiento.

- Distancia entre ejes

Consideramos la distancia entre de ejes de una dimensión de 5800mm; longitud notada en tablas de especificación del fabricante , el reparto de las cargas situadas sobre ellos es ideal para una situación del automotor en reposo obviando la aceleración y frenado las cuales juegan un factor preponderante que van a surgir otros esfuerzos por la dinámica , en un proceso de frenado sobre el eje delantero existe un esfuerzo extra y al mismo tiempo surge un esfuerzo de la misma magnitud sobre el eje posterior.

En la repartición de cargas sobre los ejes de autobús, es necesariamente conocer las fuerzas que van a ser aplicadas a cada uno de los ellos.



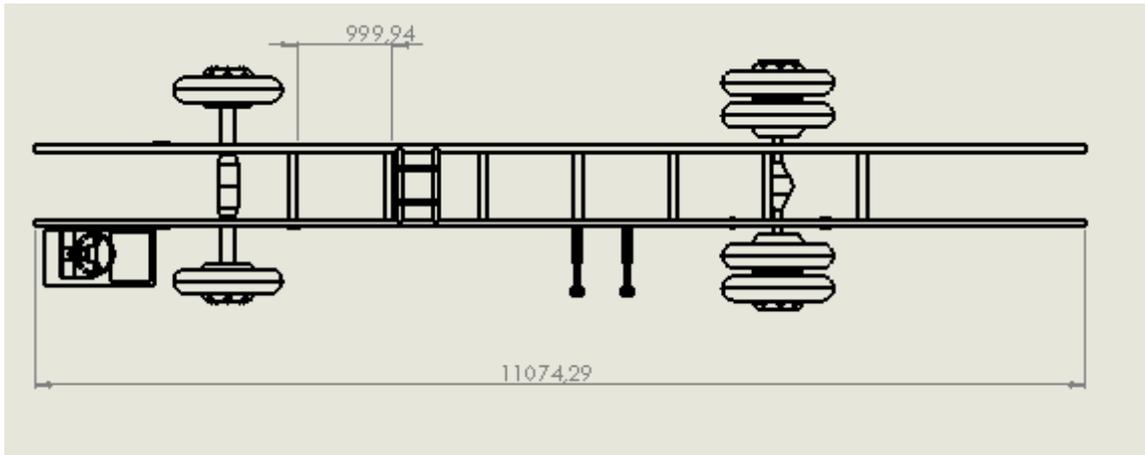
**Gráfico 3-3:** Distancia entre ejes

Realizado por: Autor

Se toma en cuenta el peso del bastidor sin la carrocería, y previamente el peso del bastidor sobre los ejes delanteros y traseros, también es necesario tomar en cuenta el peso a transportar o carga útil.

- Travesaños

El par de largueros longitudinales que forman el bastidor deben estar unidos entre sí por travesaños con el objetivo de dar mayor rigidez y estabilidad a todo el conjunto, están conformados por siete y se encuentran distribuidos de forma transversal a lo largo de los largueros con la misma distancia entre ellos.

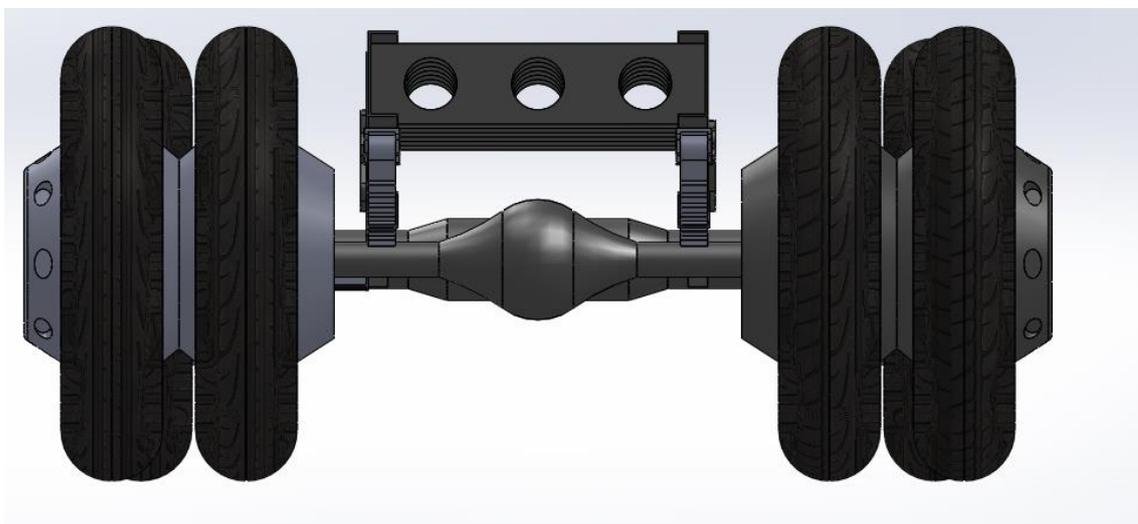


**Gráfico 4-3: Travesaños**

Realizado por: Autor

- Tren Trasero

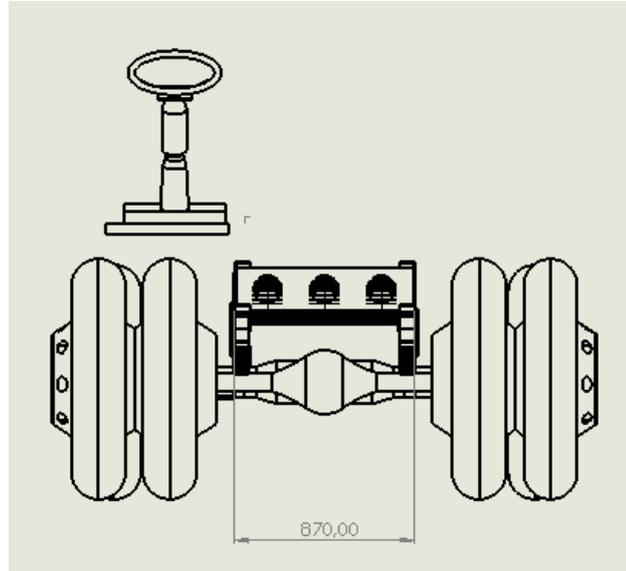
El tren posterior está conformado por las ruedas motrices que controlan la tracción para su mejor adherencia en cuestión de aceleración por la transferencia de cargas grandes al momento de acelerar la inercia que esta genera, como es un transporte de carga mejora la distribución de pesos y ayuda a ubicar mejor el centro de gravedad lo más contemplado posible, a además se compensa con la disposición del motor.



**Gráfico 5-3: Tren trasero**

Realizado por: Autor

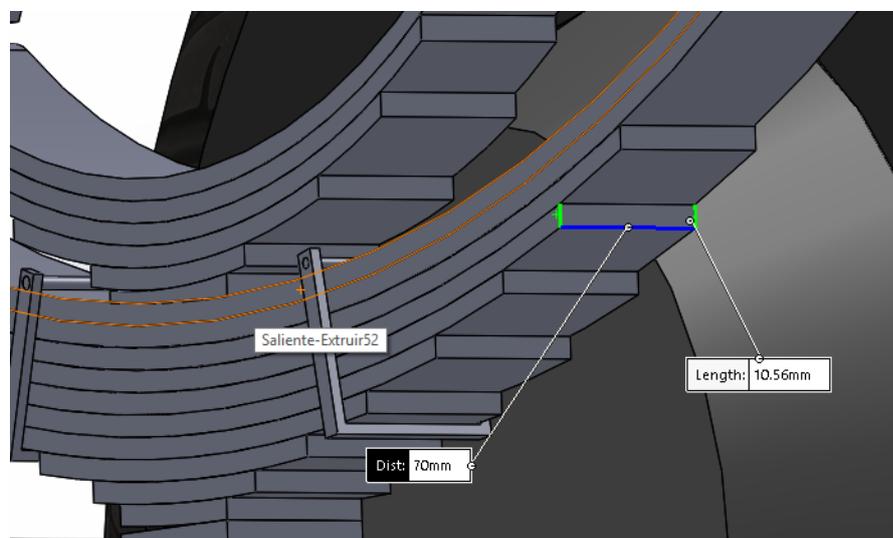
Hay que tomar en cuenta que para la separación total de los largueros la cota entre ellos es 870 mm porque si la distancia es mayor existirá un espacio no recomendado para la suspensión y para el montaje de la carrocería.



**Gráfico 6-3:** Dimensionamiento Tren trasero

Realizado por: Autor

las ballestas son de 70 mm de sección transversal debido a la disposición de 870 mm de distancia entre largueros teniendo el espacio útil para mantener una equivalencia de cotas.

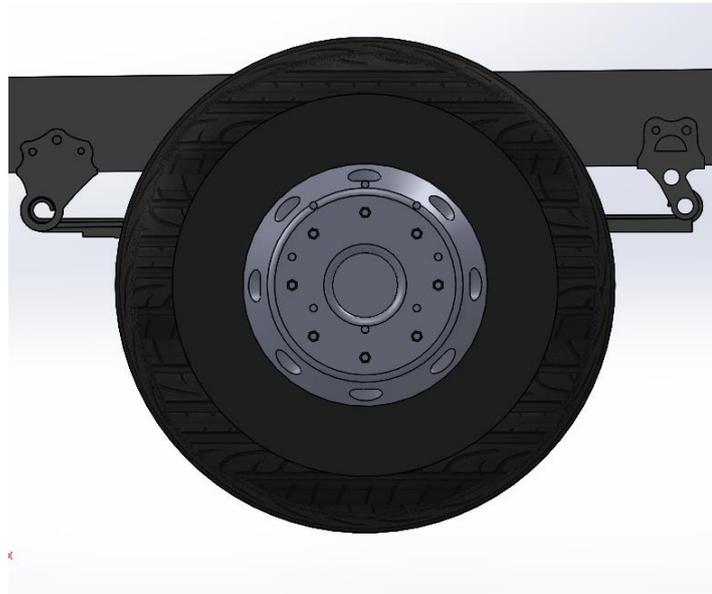


**Gráfico 7-3:** Ajuste de las ballestas en función del tren trasero

Realizado por: Autor

- Neumáticos

La elección de los neumáticos no es objetiva, el chasis del autobús viene integrado con unos ruedas de serie recomendados por el fabricante para asfalto las especificaciones técnicas son las siguientes: tamaño de la rueda es una 235/75 R17,5 es decir 235 de anchura, 176 mm de la altura del perfil y 17,5 pulgadas.



**Gráfico 8-3:** Neumáticos

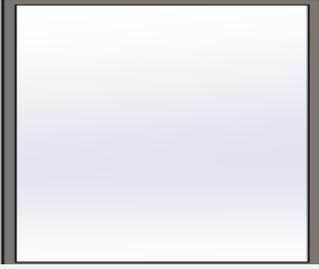
Realizado por: Autor

### 3.2.1.2 *Diseño de la carrocería*

Para el diseño de la carrocería vamos a tomar en cuenta factores indispensables como los materiales que van a ser utilizados en su fabricación real, porque se encuentra sometido a diferentes esfuerzos en las condiciones normales de funcionamiento, muy importante calcular las masas que van a estar sobre ella para tener el peso real y realizar los estudios requeridos.

Para la construcción de la carrocería se toma en cuenta los siguientes materiales.

**Tabla 2-3:** Materiales de construcción de carrocería

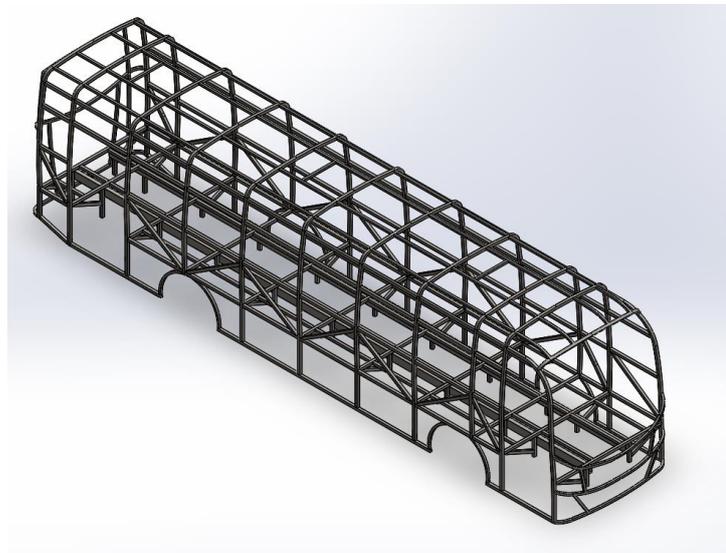
MATERIA DE FABRICACIÓN	FIGURA	APLICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	NOMA
Tubo de acero galvanizado	Tubo Cuadrado 	Utilizado para la construcción de largueros, refuerzos laterales y la parte frontal	Esfuerzo fluencia $F_y=2400 \text{ Kg/cm}^2$ Módulo de elasticidad $E= 200\text{GPa}$ Módulo de elasticidad por corte $G=80\text{GPa}$	INEN 2415 ASTM -A36
Tubo de acero galvanizado	Tubo Rectangular 	Utilizado para largueros del piso, refuerzos laterales y ventanas	Esfuerzo fluencia $F_y=2400 \text{ Kg/cm}^2$ Módulo de elasticidad $E= 200\text{GPa}$ Módulo de elasticidad por corte $G=80\text{GPa}$	INEN 2415 ASTM -A36
Perfil de acero galvanizado	Perfil en L 	Utilizado para formar ángulos del piso de la parte interior	Esfuerzo fluencia $F_y=248 \text{ MPa}$ Módulo de elasticidad $E= 200\text{GPa}$ Módulo de elasticidad por corte $G=80\text{GPa}$	INEN 1623 ASTM -A36

**Tabla 3-3(Continua):** Materiales de construcción de carrocería

Perfil de acero galvanizado	<p>Perfil en U</p> 	<p>Utilizado para la construcción del bastidor y se encuentran sobre las partes laterales de la estructura</p>	<p>Esfuerzo fluencia <math>F_y=248 \text{ MPa}</math>  Módulo de elasticidad <math>E= 200\text{GPa}</math>  Módulo de elasticidad por corte <math>G=80\text{GPa}</math></p>	<p>INEN 1623  ASTM-A36</p>
Perfil de acero galvanizado	<p>Perfil en T</p> 	<p>Utilizado para la construcción de los soportes inferiores de la carrocería</p>	<p>Esfuerzo fluencia <math>F_y=248 \text{ MPa}</math>  Módulo de elasticidad <math>E= 200\text{GPa}</math>  Módulo de elasticidad por corte <math>G=80\text{GPa}</math></p>	<p>INEN 1623  ASTM-A36</p>

Realizado por: Autor

Para el diseño de la carrocería se procedió con el levantamiento específico de las empresas carroceras, en la que se efectuó con la medición real de los parámetros de construcción, a partir de estos datos se realizó la modelación en CAD.

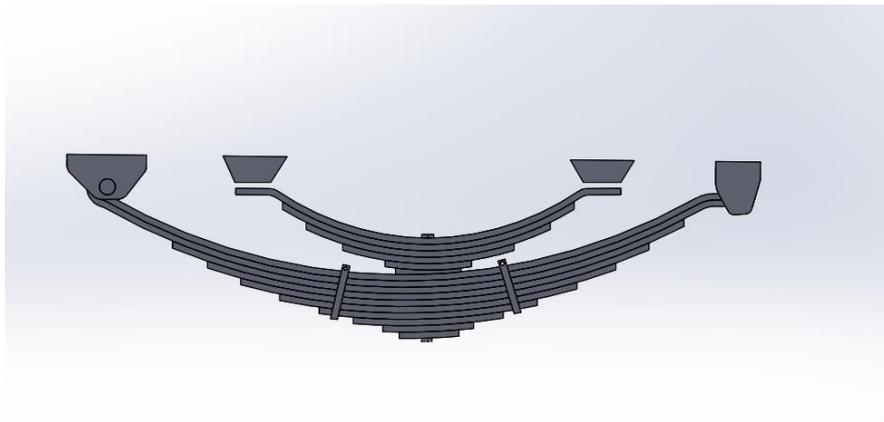


**Gráfico 9-3:** Carrocería

Realizado por: Autor

### 3.2.1.3 Ballestas

La suspensión que se encuentran montadas sobre el autobús son de tipo ballesta con ballestín, con esta configuración conseguimos el aumento de la rigidez de todo el conjunto frente a cargas elevadas o extremadas deformaciones con el fin de tener condiciones ideales de confort y estabilidad, frente de que se trata de un vehículo de pasajeros donde la comodidad debe ser la mejor para sus ocupantes.



**Gráfico 10-3:** Ballestas

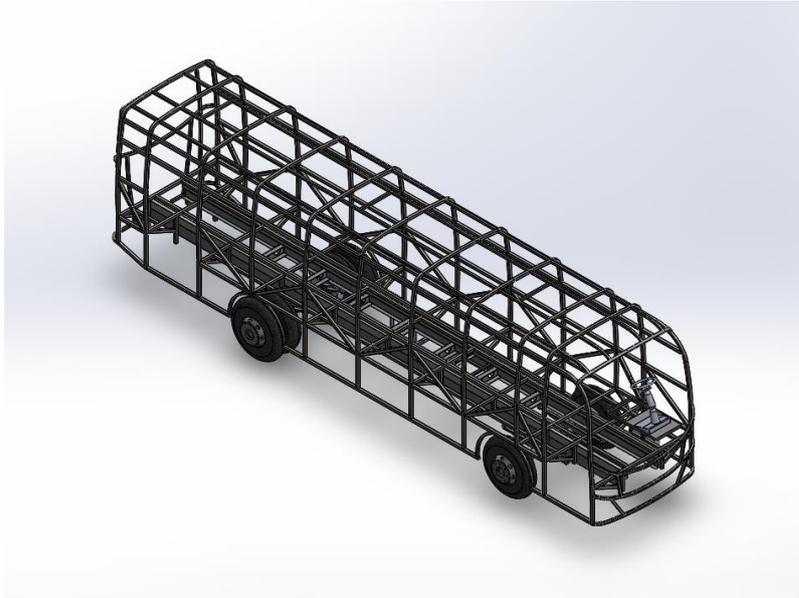
Realizado por: Autor

En la configuración de ballesta ballestín, la principal funciona permanentemente, mientras el ballestín suele funcionar cunado existe una deflexión en la ballesta, incrementando la rigidez de la suspensión y proporcionando una mayor capacidad de carga, consecutivamente se acopla al peso del vehículo, que sea rígida con poca carga o blanda con el peso máximo.

### 3.2.1.4 Ensamblaje

Cada parte que forma la carrocería se encuentra diseñada de manera especial para que su funcionamiento dentro del conjunto exista una sinergia, de esta manera mantendrá los esfuerzos dinámicos y estáticos a los que se somete durante los ciclos de conducción del vehículo, con los esfuerzos que pueden suscitar al momento de una colisión.

La acción equivalente conseguida con el diseño es una unión establecida por cada parte del autobús utilizando soldadura y reuniendo las condiciones de continuidad metálica.



**Gráfico 11-3:** Ensamblaje

Realizado por: Autor

### 3.2.1.5 Cargas Vivas y muertas en diseño de la carrocería

Los principios fundamentales del diseño son la carga máxima que puede soportar el vehículo según la norma INEN 1323.

**Tabla 4-3:** Cargas vivas de diseño

TIPO DE SERVICIO	MASA DE UN OCUPANTE KG	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE DE MANO POR PASAJERO	MASA MÍNIMA DE EQUIPAJE A TRANSPORTARSE EN BODEGAS PORTA EQUIPAJES	EQUIPO NECESARIO POR PASAJERO DE PIE $m^2$
Urbano	70	-		0,16
Urbano escolar institucional	70	-		Sin pasajeros de pie
Interurbano	70	5	100 x Vol.	0,16
interprovincial	70	5	100 x Vol.	Sin pasajeros de pie

Fuente: NTE INEN 1323  
Realizado por: Autor

Para calcular el peso máximo permisible de personas que están involucradas en la carga viva consideramos los siguientes parámetros, el peso de cada ocupante es de 70 Kg y el peso del equipaje es nulo porque se consideramos un bus urbano, tomando en cuenta que son datos proporcionados por la norma INEN 1323.

**Tabla 5-3:** Cargas vivas de diseño

DESCRIPCIÓN	PESO	CAPACIDAD	TOTAL
Pasajeros sentados	41	70	2870 kg
Pasajeros parados	30	70	2100 kg
Conductor	1	70	70 kg
Ayudante	1	70	70 kg
Total			5110 kg

Fuente: NTE INEN 1323  
Realizado por: Autor

Ahora vamos a considerar las cargas muertas, son todas aquellas que van a actuar durante toda la vida útil del conjunto, se incluyen todos las partes y elementos como carrocería chasis tren de potencia, pisos etc. El valor de la carga muerta se calcula con el peso específico del material y el volumen total de la estructura que se va a considerar.

**Tabla 6-3:** Masa de los materiales empleados en la construcción la carrocería

FIGURA	DIMENSIONES	CARACTERÍSTICAS	LONGITUD TOTAL	MASA EQUIVALENTE
Tubo Cuadrado 	Espesor: 3mm Alto: 50mm Ancho: 50mm	Volumen/m $0,000564 \text{ m}^3$ Peso=4,4274 Kg/m	354,331m	1514,41 kg

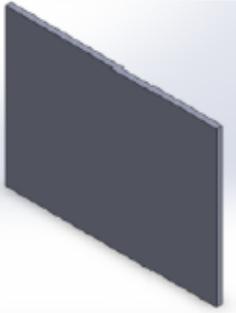
**Tabla 7-3(Continua):** Masa de los materiales empleados en la construcción la carrocería

<p>Tubo Rectangular</p> 	<p><b>Espesor: 3mm</b> <b>Alto: 100mm</b> <b>Ancho: 50mm</b></p>	<p><b>Volumen/m</b> <b>0,000864 m<sup>3</sup></b> <b>Peso=6,7824 Kg/m</b></p>	<p><b>141,732m</b></p>	<p><b>961,28 kg</b></p>
<p>Perfil en L</p> 	<p>Espesor: 3mm Alto: 50mm Ancho: 50mm</p>	<p>Volumen/m 0,000291 m<sup>3</sup> Peso=2,28435 Kg/m</p>	<p>20 m</p>	<p>45,68 kg</p>
<p>Perfil en U</p> 	<p>Espesor: 3mm Alto: 220mm Ancho: 70mm</p>	<p>Volumen/m 0,001062 m<sup>3</sup> Peso=8,3367 Kg/m</p>	<p>22 m</p>	<p>183,40 kg</p>
<p>Perfil en T</p> 	<p>Espesor: 3mm Alto: 50mm Ancho: 50mm</p>	<p>Volumen/m 0,000291 m<sup>3</sup> Peso=2,28435 Kg/m</p>	<p>12 m</p>	<p>27,41 kg</p>
<p><b>MASA TOTAL DE LA ESTRUCTURA</b></p>				<p><b>2732,18 kg</b></p>

Fuente: NTE INEN 1323  
Realizado por: Autor

A continuación, vamos a determinar la masa de elementos auxiliares o de recubrimiento de la carrocería.

**Tabla 8-3:** Elementos auxiliares

FIGURA	DIMENSIONES	CARACTERÍSTICAS	LONGITUD TOTAL	MASA EQUIVALENTE
<p>Vidrios</p> 	<p>Espesor: 8mm</p>	<p>Densidad 2457,6 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Volumen / m<sup>3</sup> 0,008 m<sup>3</sup></p> <p>19,6608 kg/m<sup>2</sup></p>	<p>25 m<sup>2</sup></p>	<p>491,52 kg</p>
<p>Láminas metálicas</p> 	<p>Espesor: 0,5mm</p>	<p>Densidad 7850 Kg/m<sup>3</sup></p> <p>Volumen / m<sup>3</sup> 0,0005 m<sup>3</sup></p> <p>3,952 kg/m<sup>2</sup></p>	<p>80 m<sup>2</sup></p>	<p>314 Kg</p>
<p>Asiento</p> 	<p>Asientos bus tipo Asiento fijo</p>	<p>30 kg /Unidad</p>	<p>30 unidades</p>	<p>900 kg</p>
<p><b>Total</b></p>				<p>1705.52 Kg</p>

Realizado por: Autor

Vamos a calcular el peso total del vehículo en condiciones estáticas, la sumatoria de las cargas y vivas y muertas nos va a establecer la carga máxima permisible de un bus urbano para conseguir el desplazamiento de la ballesta.

**Tabla 9-3:** Peso total del autobús con cargas vivas y muertas

DESCRIPCIÓN	MASA
Masa del chasis (ficha técnica)	4850 kg
Masa de la carrocería	2732,18 kg
Masa de elementos auxiliares	1705.52
Masa del combustible 200 litros	166.4 kg
Masa de cargas vivas	5110 kg
Total	14564.1 Kg
Peso	142873.821 N

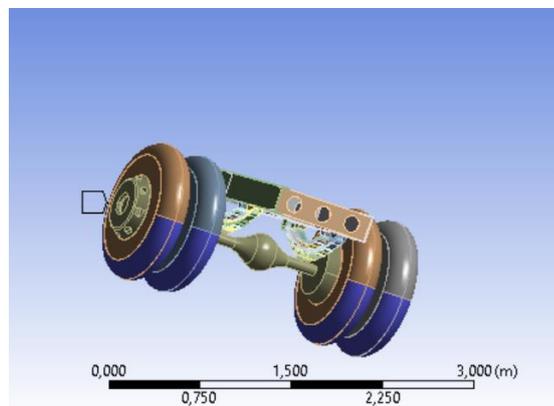
Realizado por: Autor

### 3.2.1.6 *Análisis de fuerzas*

Para determinar la carga de ballesta, vamos a aplicar las fuerzas establecida sobre la ballesta del autobús y con el valor calculado configurar el sensor de distancia para tener una variación permisible.

Para el análisis de cargas vamos a recurrir al método de elementos de elementos finitos en el software ANSYS.

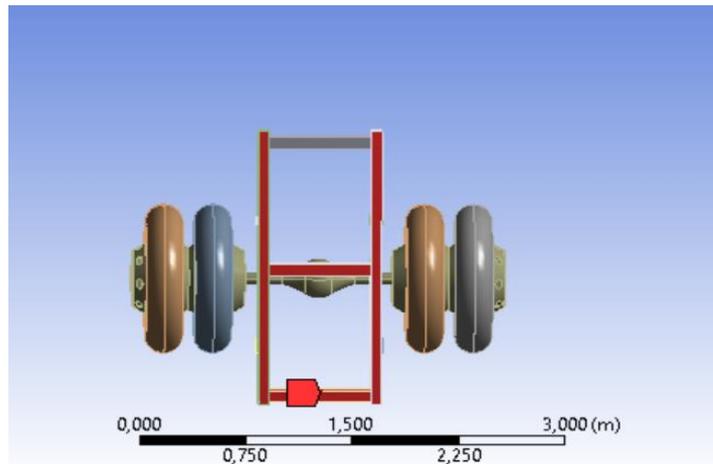
Inicialmente colocamos los soportes fijos en las ruedas las cuales van a soportar todas las cargas del autobús.



**Gráfico 12-3:** Soportes fijos sobre las ruedas

Realizado por: Autor

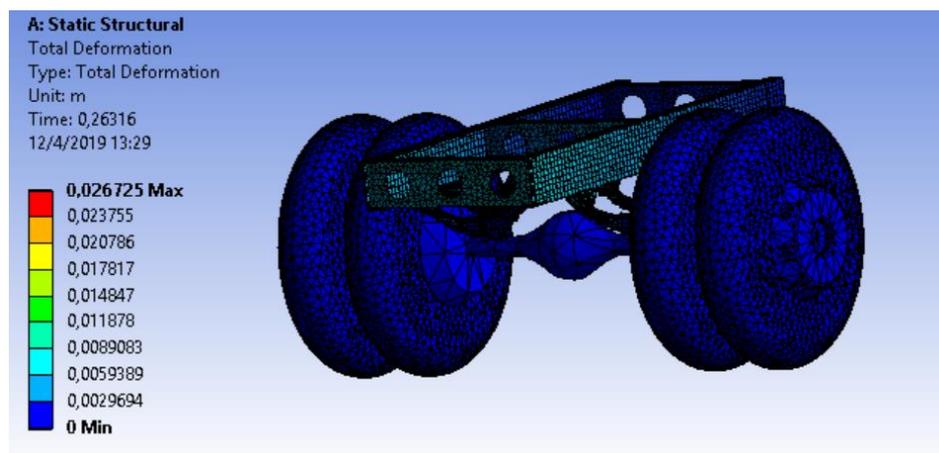
Procedemos a colocar las cargas vivas y muertas anteriormente analizadas sobre el bastidor debidamente distribuidas.



**Gráfico 13-3:** Cargas aplicadas sobre el bastidor

Realizado por: Autor

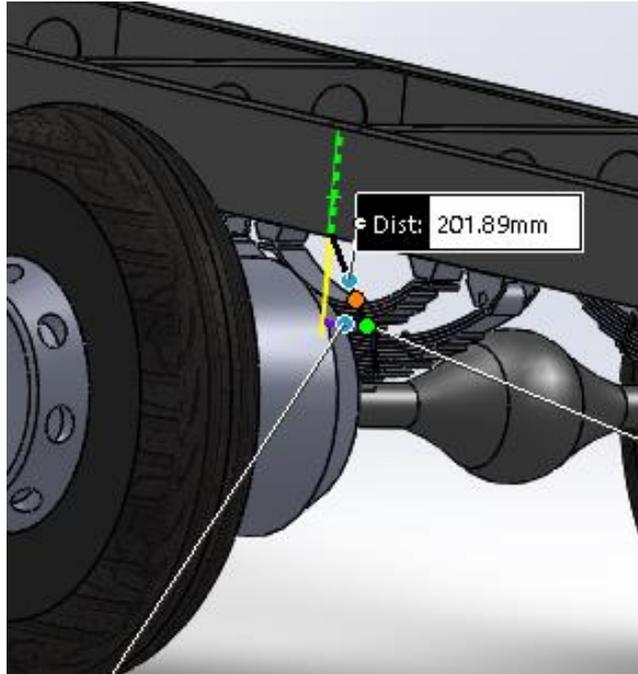
Realizamos el análisis de elementos finitos y encontramos la deformación máxima del bastidor que es de 0,026 mm.



**Gráfico 14-3:** Deformación máxima

Realizado por: Autor

Finalmente calcula la distancia máxima entre el centro de la ballesta y el bastidor, según los cálculos obtuvimos una distancia máxima de 20,01 cm con esta longitud se realizan las calibraciones al equipo las pruebas.



**Gráfico 15-3:** Distancia máxima entre la ballesta y el bastidor

Realizado por: Autor

### **3.3 Construcción del Prototipo**

Para la construcción del prototipo seleccionamos los siguientes elementos electrónicos.

#### **3.3.1 Selección del módulo sim**

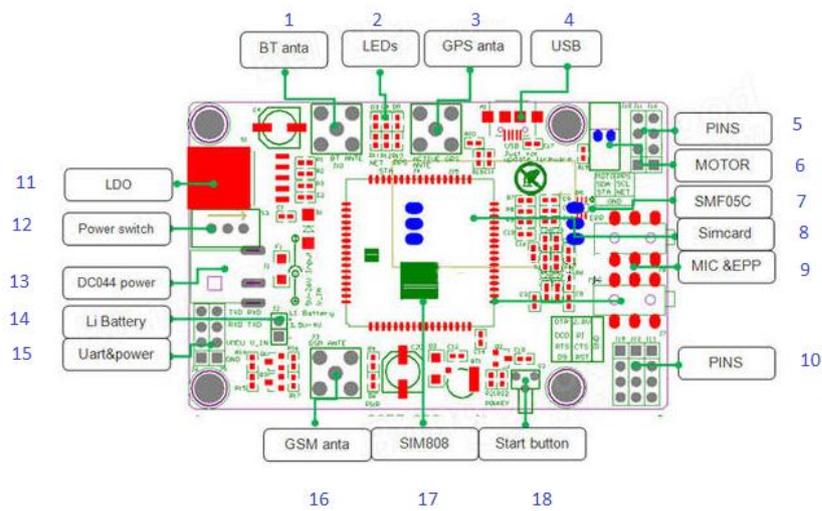
Se escogió un módulo SIM808 porque tiene funciones GSM, GPS es compatible con GPRS proporciona una cobertura inalámbrica completa y velocidades de transferencia de 56 a 114 Kbps, es decir por ejemplo nos va a permitir enviar 30 SMS por minuto.



**Figura 1-3:** Instalación del módulo SIM808

Fuente: Autor

### 3.3.1.1 Especificaciones técnicas modulo SIM808



**Gráfico 16-3:** Partes de la tarjeta SIM808

Realizado por: Autor

En la siguiente tabla detallamos las partes de la placa.

**Tabla 10-3:** Descripción de la ubicación de partes de la tarjeta SIM808

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Antena de bluetooth conector hembra
2	Indicador leds estatus NET, PPS, STA
3	Antena GPS conector hembra SMA
4	Interfaz micro USB
5	Pines adicionales
6	Motor
7	SMF05C
8	Tarjeta SIM
9	Micrófono 3.5mm
10	Pines adicionales
11	MIC29302 power chip
12	Switch de encendido
13	DC044 Power Jack
14	Batería externa 3,5 a 4VDC
15	Interfaz UART TTL
16	Antena GSM conector hembra SMA
17	SIM 808
18	Botón de inicio

Realizado por: Autor

### 3.3.2 Selección Antena GPS

Cuenta con consumo de energía bajo en modo de reposo con el circuito de carga para la batería. Posee una alta sensibilidad de recepción GPS. además, es compatible con A-GPS que se encuentra para la localización de interiores, lo cual es óptimo en nuestro prototipo porque el dispersivo se encuentra instalado en la parte interna del automotor y cubierta por las partes de la carrocería.



**Figura 2-3:** Instalación de la antena GPS

Fuente: Autor

### 3.3.2.1 Especificaciones técnicas Antena GPS

**Tabla 11-3:** Especificaciones Antena GPS

<b>ESPECIFICACIONES</b>
Antena activa GPS SMA / Fakra conector macho
Frecuencia central: 1575.42MHz-3MHz / 1575.42MHz + 3MHz
Ganancia de LNA (sin cable): 25dB
Figura de ruido: <1.5dB
V.S.W.R: <2.0
Corriente DC: 10mA Max
Montaje: Base magnética
Temperatura de trabajo: -40C ~ + 85C
Humedad: Humedad 95% ~ 100% RH
Resistente a la intemperie: 100% resistente a la intemperie
Voltaje: 3 ~ 5V

Realizado por: Autor

### 3.3.3 Selección del Regulador de voltaje

Este módulo se aplica a campos de voltaje cuando la entrada es mayor que la salida, como baterías transformadores de energía, y fuentes de alimentación.

El regulador tiene una frecuencia fija de 180 KHz capaz de conducir una carga de 5A con alta eficiencia, baja ondulación y excelente línea y regulación de Carga. requiriendo un mínimo número de componentes externos.



**Figura 3-3:** Instalación del regulador de voltaje

Fuente: Autor

El regulador es fácil de usar incluyendo compensación de la frecuencia y una oscilación de frecuencia fija.

Se selecciono el regulador para obtener una salida de 4V, dado que la batería externa tiene una capacidad de 12V.

### 3.3.3.1 Especificaciones regulador de voltaje

**Tabla 12-3:** Especificaciones técnica regulador de voltaje.

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Voltaje de entrada	1.25V-36V
Voltaje de salida	1.25V-36V
Rango de medición Voltímetro	0.0V-40V
Corriente de salida	0A-5A
Potencia de salida	75W
Frecuencia de operación	180KHz

**Tabla 13-3(Continua):** Especificaciones técnica regulador de voltaje.

Regulación de carga	$\leq 0.8\%$ (entrada 24V, salida 12V, carga 1A~4.5A)
Regulación de voltaje	$\leq 0.8\%$ (salida 12V/4A, entrada 18v~32V)
Eficiencia	96%
Protección frente a Inversión de polaridad	Ninguna
Temperatura de funcionamiento	-40°C~85°C
Protección ante corto circuito	Si (hasta 8A)
Protección de sobre calentamiento	Si (Automático, apaga la salida)

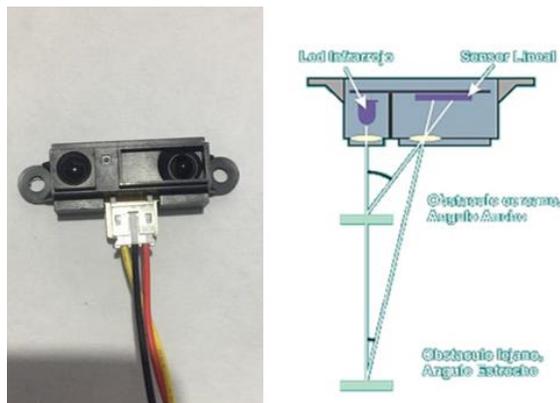
Realizado por: Autor

### 3.3.4 Selección de sensor de distancia

Se escogió un sensor de distancia Sharp GP2Y0A21 porque permite obtener la distancia entre la posición de aplicación y un objeto dentro de un rango de 10 a 80 cm por consiguiente si pasa este rango de valores, dispositivo no va a enviar una lectura veraz y no va a tener concordancia al momento del ciclo de manejo.

El sensor posee tres dispositivos funcionales para una lectura apropiada.

- Un detector sensitivo de posición (PSD)
- Un diodo emisor de infrarrojos (IRED)
- Circuito procesador de señales

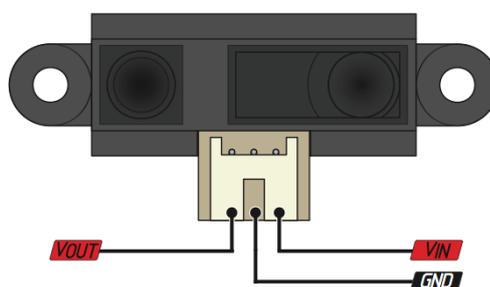


**Figura 4-3:** Sensor de distancia

Fuente: Autor

La diferencia en la reflectividad de los materiales, así como la temperatura de funcionamiento no afectan en gran medida la operación de este sensor debido al método de detección basado en triangulación; es decir construye un mapa en su entorno al mismo tiempo para localizarse y dar una medida exacta e ir calculado la distancia en periodo de tiempo mínimo.

El dispositivo entrega una salida de voltaje correspondiente a una distancia de detección que nos permite medir de una manera más eficaz la distancia, obviamente se puede utilizar como un sensor de proximidad en caso que lo requerimos, pero fundamentalmente va a medir el desplazamiento variado en un determinado tiempo.



**Figura 5-3:** Conexión sensor de distancia

Fuente: Autor

Pines de conexión

- Vo (Voltaje de salida)
- GND (0V)
- VCC (+5VDC)

#### 3.3.4.1 Especificaciones Sharp GP2Y0A21

**Tabla 14-3:** Especificaciones técnica Sharp GP2Y0A21

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Distancia de medición	10cm a 80cm
Salida	Voltaje Analógico
Consumo de corriente	30mA

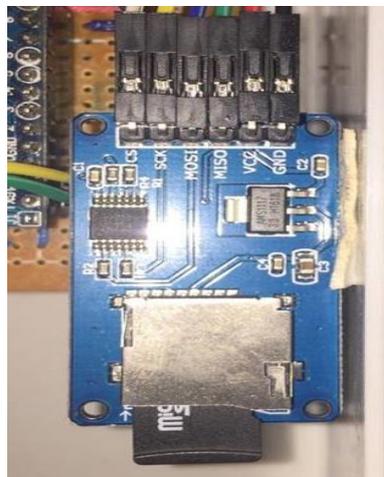
**Tabla 15-3(Continua):** Especificaciones técnica Sharp GP2Y0A21

Voltaje de operación	<b>4.5V a 5.5V DC</b>
Conexión	Conector JST PH de 3 pines (Cable con conector incluido)
Tamaño:	29.5x13x13.5 mm

Realizado por: Autor

### 3.3.5 Selección de módulo de tarjeta SD

Se selecciono un módulo cuya compatibilidad con micro SD de 2GB Y tarjeta micro SDHC de hasta 32 Gb, el módulo logra leer y escribir datos en Arduino con facilidad, debido a sus compactas dimensiones



**Figura 6-3:** Instalación del módulo de tarjeta Sd

Fuente: Autor

#### 3.3.5.1 Especificaciones módulo de tarjeta SD

**Tabla 16-3:** Especificaciones módulo de tarjeta SD

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Voltaje de alimentación	5V
Salida Pin SD SPI	MOSI, MISO, SCK y CS
Medidas	46 x 30 mm
Contacto	6 pin

Realizado por: Autor

### 3.3.6 Selección Arduino Pro micro

Se selecciono el Arduino Pro Micro porque nos permite añadir una conectividad USB a bordo y terminar definitivamente con los grandes interfaces externos USB. La tarjeta esta diseñada para realizar las funciones con las que se encuentra familiarizada con 4 canales 10-bit, 5 pines PWM funcionado con 16 MHz y 5V, se puede adaptar en cualquier lugar por su versatilidad y tamaño



**Figura 7-3:** Instalación Arduino Pro micro

Fuente: Autor

#### 3.3.6.1 Especificaciones Arduino Pro micro

**Tabla 17-3:** Especificaciones técnicas Arduino Micro Pro

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Microcontrolador	ATmega32U4
Voltaje de Operación	5V DC (nivel lógico)
Voltaje de Entrada	7V - 12V DC
Pines I/O Digitales	12 (5 PWM)
Pines Analógicos	4 (10 bits)
Corriente DC por Pin I/O	40 mA (máx.)
Memoria FLASH	32KB (2KB usados por el Bootloader)
Memoria SRAM	2.5KB

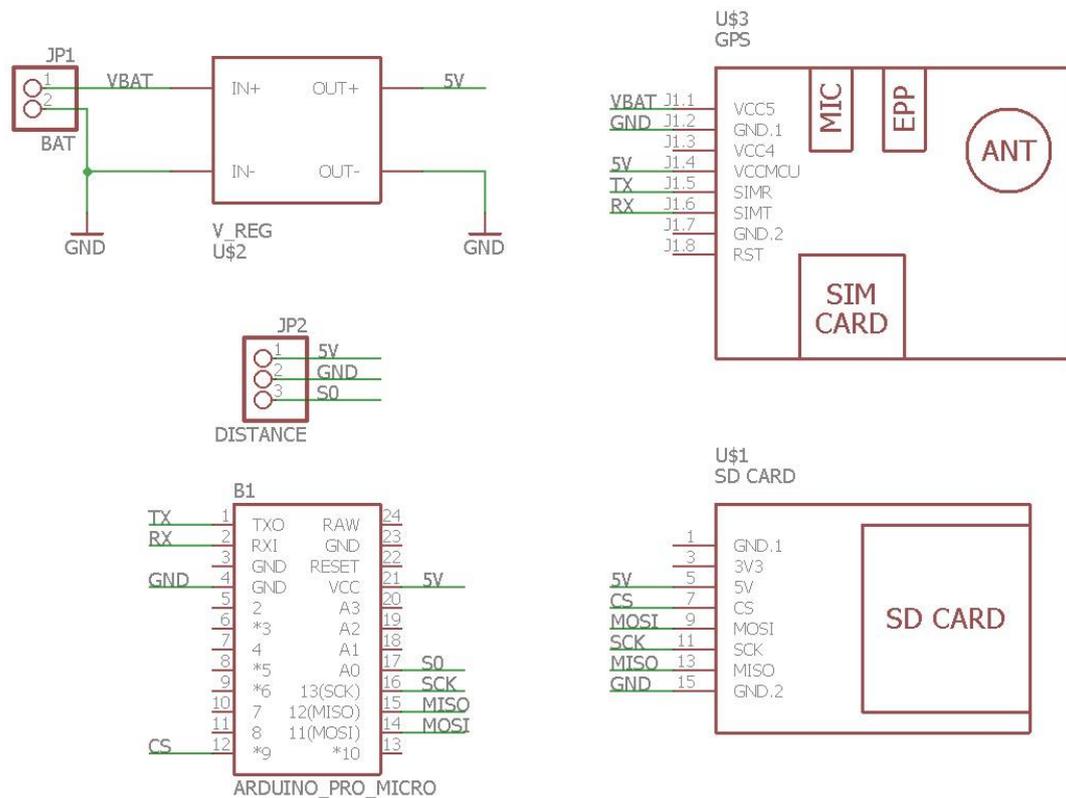
**Tabla 18-3(Continua):** Especificaciones técnicas Arduino Micro Pro

Memoria EEPROM	1KB
Frecuencia de Reloj	16 MHz
Dimensiones	32.02 mm x 17.78 mm

Realizado por: Autor

### 3.3.7 Esquema de configuración del circuito de medición de carga, velocidad y posicionamiento

Se procedió a realizar el diseño del diagrama esquemático de la placa electrónica donde están alojados todos elementos que son parte de la configuración del conjunto del proyecto.



**Gráfico 17-3:** Diagrama esquemático de la placa electrónica

Realizado por: Autor

Se muestra a continuación la nomenclatura establecida en el diagrama para la construcción del prototipo.

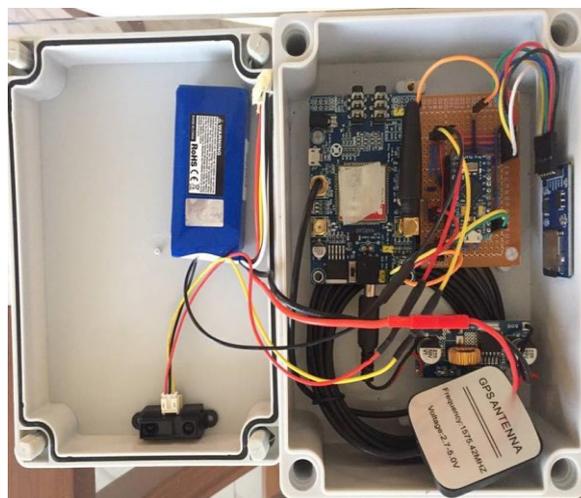
**Tabla 19-3:** Nomenclatura utilizada en circuito.

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
B1	Arduino Pro Micro	Microcontrolador encargado del monitoreo de los sensores y envío de mensajes
U\$1	Módulo SD Card Reader	Módulo para conectar y comunicar una micro SD con el microcontrolador.
U\$2	Regulador Step Down	Regulador de voltaje para convertir los 12V de la batería en 5V para alimentar los dispositivos.
U\$3	Módulo GSM/GPRS/GPS SIM808	Módulo encargado de establecer comunicación con una red móvil para el envío de mensajes de texto y obtener la posición del GPS.
JP1	Conector de la Batería	Conexión directa a la batería.
JP2	Sensor de distancia GP2Y0A21YK0F	Sensor para medir la proximidad de un objeto.

Realizado por: Autor

### 3.3.8 Ensamblaje

El prototipo se ensambló dentro de una caja térmica aislada de las intemperies ambientales como es la humedad y calor porque va a ser instalada directamente sobre el bastidor del autobús y aislada de cualquier elemento metálico el cuál pueda afectar el funcionamiento del prototipo. Se encuentra con una fuente de alimentación externa de 5 V que es de fácil extracción y carga.



**Figura 8-3:** Ensamblaje del prototipo

Realizado por: Autor

### 3.4 Pruebas y Funcionamiento

Se encontró una unidad de transporte urbano que contaba con todas las características descritas anteriormente en el diseño para obtener los datos más exactos posibles y se acoplen de manera significativa para realizar la prueba en tiempo real alrededor de la ciudad.

Una vez se ha completado la instalación total del equipo se realizaron las pruebas de funcionamiento en condiciones ideales y tiempo real del prototipo para verificar los datos y comprobar si el sistema es confiable.

El dispositivo fue montado sobre el bastidor del autobús urbano y el sensor de desplazamiento en perpendicular al centro de la ballesta a 20 cm de distancia midiendo constantemente la diferencia de longitud que existe entre estos dos componentes para enviarnos una señal.

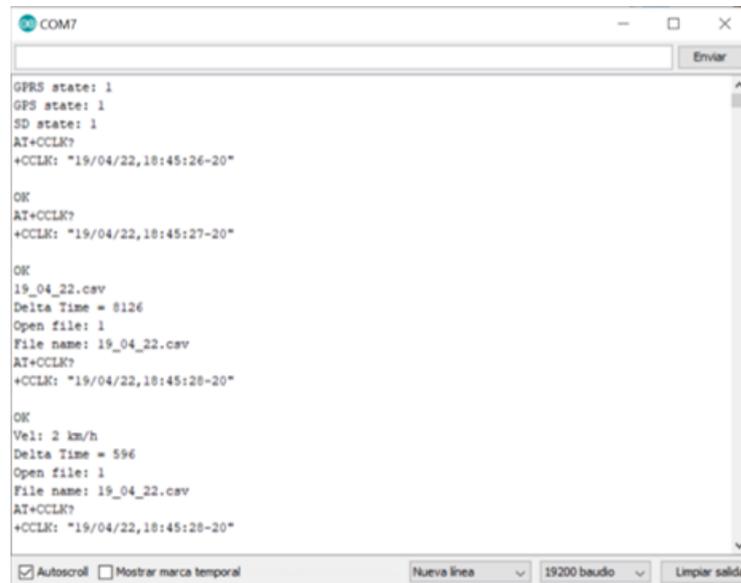


**Figura 9-3:** Instalación del prototipo

Realizado por: Autor

El dispositivo guarda los datos en tiempo real, como apreciamos en la gráfica verifica el estado de GPRS, GPS Y SD, se toma en cuenta el valor 1 si se encuentra conectado o el valor de 0 si periférico no se encuentra listo para ser utilizado, además se crea archivo que va a guardar los datos en tiempo real.

La programación se encuentra realiza en Arduino, en donde podemos cambiar los parámetros de funcionamiento dependiendo de la unidad o en el tipo de condición que va ser utilizado el transporte.



```
COM7
Enviar
GPRS state: 1
GPS state: 1
SD state: 1
AT+OCLK?
+OCLK: "19/04/22,18:45:26-20"
OK
AT+OCLK?
+OCLK: "19/04/22,18:45:27-20"
OK
19_04_22.csv
Delta Time = 8126
Open file: 1
File name: 19_04_22.csv
AT+OCLK?
+OCLK: "19/04/22,18:45:28-20"
OK
Vel: 2 km/h
Delta Time = 596
Open file: 1
File name: 19_04_22.csv
AT+OCLK?
+OCLK: "19/04/22,18:45:28-20"
 Autoscroll  Mostrar marca temporal
Nueva línea ▼ 19200 baudo ▼ Limpiar salida
```

**Figura 10-3:** Estado de reconocimiento de periféricos

Realizado por: Autor

### 3.4.1 *Resultados obtenidos en la prueba de tiempo real*

Los resultados en tiempo real son almacenados en una tarjeta micro Sd insertada dentro de un sócalo en el dispositivo que fácilmente es extraíble cuando se termine de realizar las pruebas correspondientes para su estudio

Al momento de iniciar el ciclo de conducción genera datos en función del formato año mes y día, hora, latitud, altitud y desplazamiento de la ballesta dependiendo de la calibración de cada unidad en nuestro caso se calibro con la distancia máxima de 20 cm referente al desplazamiento que existe entre el chasis y el centro de la ballesta.

finalmente se producen un par de datos cada segundo para no ser muy redúndate en el estudio como se muestra en la figura.

	A	B
1	Date,Time,Lat,Long,Alt,Vel,Dist	
2	2019/04/22,10:45:28,-1.666537,-78.637753,2761,15,20	
3	2019/04/22,10:45:33,-1.666537,-78.637753,2761,20,20	
4	2019/04/22,10:50:00,-1.666553,-78.637732,2769,20,20	
5	2019/04/22,10:50:01,-1.666555,-78.637733,2769,21,20	
6	2019/04/22,10:50:01,-1.666555,-78.637733,2769,21,20	
7	2019/04/22,10:50:02,-1.666555,-78.637733,2769,23,20	
8	2019/04/22,10:50:02,-1.666555,-78.637738,2769,23,21	
9	2019/04/22,10:50:03,-1.666555,-78.637738,2769,21,21	
10	2019/04/22,10:50:04,-1.666555,-78.637740,2769,21,20	
11	2019/04/22,10:50:04,-1.666557,-78.637742,2769,21,21	
12	2019/04/22,10:50:05,-1.666557,-78.637742,2769,23,20	
13	2019/04/22,10:50:05,-1.666555,-78.637742,2769,23,20	
14	2019/04/22,10:50:06,-1.666555,-78.637742,2769,24,20	
15	2019/04/22,10:50:07,-1.666557,-78.637742,2769,24,20	
16	2019/04/22,10:50:07,-1.666555,-78.637743,2769,24,20	
17	2019/04/22,10:50:08,-1.666555,-78.637743,2769,24,20	

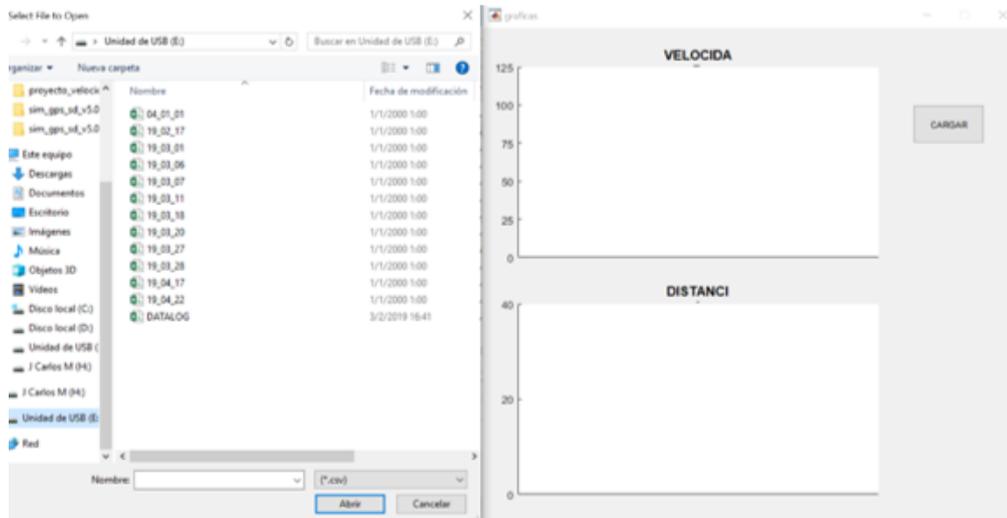
**Figura 11-3:** Datos Guardados en tiempo real

Realizado por: Autor

### 3.5 Análisis y resultados

Una vez obtenidos los datos se procedió a realizar la programación en MATLAB ejecutable para comprobar el comportamiento de la velocidad en y desplazamiento en función de los parámetros establecidos previamente para cada caso necesario de aplicación

La interfaz nos muestra en dos cuadros con escalas de velocidad y distancia en función del tiempo y un botón cargar, al presionar se nos despliega una lista de los datos anteriormente generados en la base de datos de la tarjeta micro Sd que se encuentran en un formato de Excel.

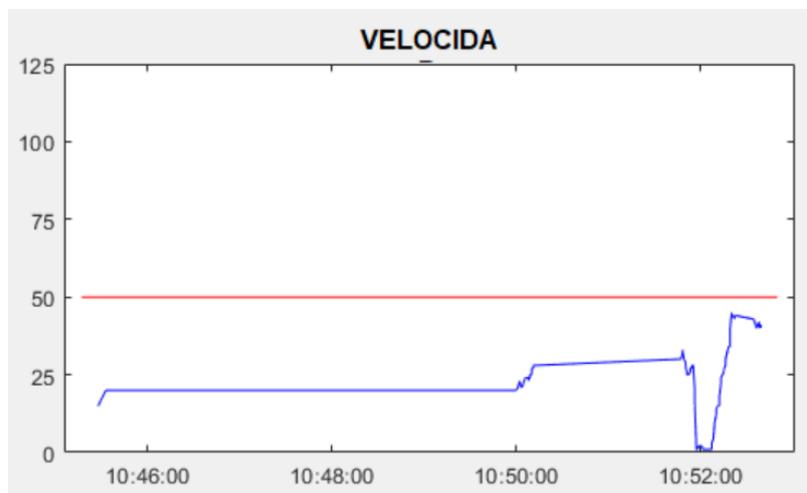


**Figura 12-3:** Interfaz velocidad y distancia

Realizado por: Autor

El programa creado en nuestro software nos va a dar la facilidad de interpretar los datos generados solamente cargado el archivo que esta almacenado en la tarjeta micro Sd finalmente nos muestra dos graficas que se interpreta de la siguiente manera.

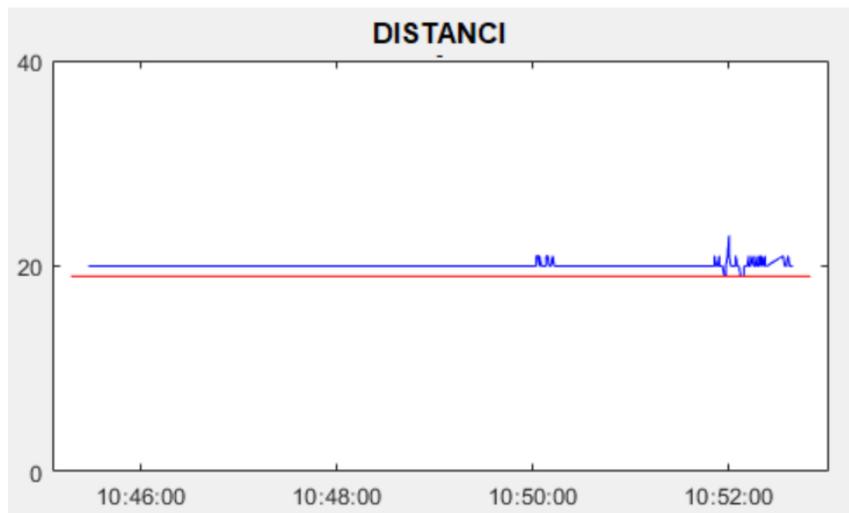
En la primera grafica se muestra la velocidad en función del tiempo. la prueba se realizó en un periodo donde el autobús recorrido por un lapso de 7 min, a las 10:52:00 realizo una parada la cual indica claramente que la velocidad fue de 0 Km/h y finalmente en este intervalo de tiempo no supero la velocidad de 50 Km/h entonces no procede a enviar una señal al teléfono celular.



**Gráfico 18-3:** Grafica velocidad en función del tiempo

Realizado por: Autor

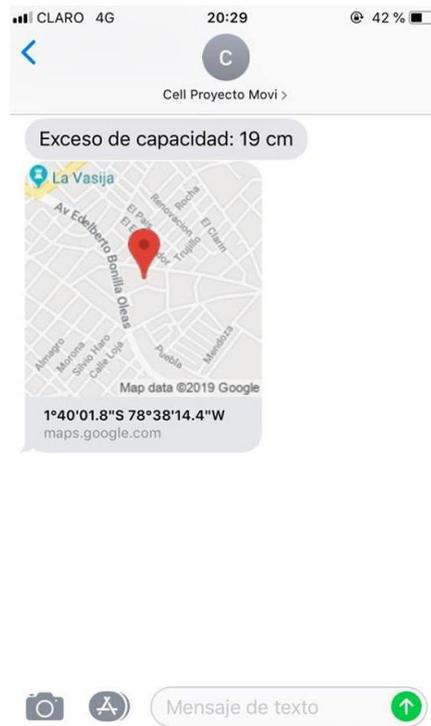
La segunda gráfica muestra la distancia recorrida por la ballesta en función del tiempo real que recorre el autobús , la calibración de esta unidad se la realizo en 20 cm por la distancia que existe entre la ballesta y el chasis , tomando en cuenta que es la distancia máxima permisible antes de que el autobús sufra un exceso de capacidad dentro de la unidad , como podemos observar a las 10:52 cuando la unidad se detiene a recoger más pasajeros ,el desplazamiento se reduce topando la línea limite.



**Gráfico 19-3:** Grafica Desplazamiento en función del tiempo

Realizado por: Autor

Al exceder el limite permisible inicia la operación de sincronización con el celular asociado y nos envía una señal de emergencia por medio de un mensaje de texto mostrando la distancia que sobrepaso el límite establecido y las coordenadas exactas donde se produjo la contravención.



**Figura 13-3:** Mensaje de texto enviado por contravención

Realizado por: Autor

De esta manera determinamos el exceso de capacidad autorizada de un autobús en nuestro caso y la velocidad si difiere del rango predeterminado, el SMS puede ser enviada a cualquier operadora celular, y asociada con Android y IOS

## CAPÍTULO IV

### 4 ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO

#### 4.1 Costos directos

Son los costos que influyen directamente a construcción del prototipo para tener un resultado final, es indispensable tener en mente las actividades específicas realizadas en toda la fase del proyecto, que involucran materiales mano de obra y equipos.

**Tabla 1-4:** Tabla de costos directos

<b>ORDEN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	1	Arduino Pro Micro	90,00 USD	90,00 USD
2	1	Batería 12 V	85,00 USD	85,00 USD
3	1	Modulo GSM SIM 808	200,00 USD	200,00 USD
4	1	Caja del proyecto	60,00 USD	60,00 USD
5	1	DC conector	20,00 USD	20,00 USD
6	15	Espadines Hembra	15,00 USD	15,00 USD
7	15	Regulador de Voltaje	50,00 USD	50,00 USD
8	10	Lector Micro SD	40,00 USD	40,00 USD
9	5	Micro SD	18,00 USD	18,00 USD
10	15	Sensor de Distancia	190,00 USD	190,00 USD
11	10	cables	10,00 USD	10,00 USD
<b>TOTAL</b>				<b>778,00 USD</b>

Realizado por: Autor

## 4.2 Costos Indirectos

Los costos indirectos son aquellos gastos que están relacionados con la elaboración del trabajo de titulación, pero no influyen en los resultados alcanzados directamente del proyecto.

**Tabla 2-4:** Tabla de costos indirectos

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>1</b>	Transporte	1	200,00 USD	200,00 USD
<b>2</b>	Impresiones	1	100,00 USD	100,00 USD
<b>3</b>	Copias	-----	-----	50,00 USD
<b>4</b>	Empastados	-----	-----	50,00 USD
<b>TOTAL</b>				<b>400,00 USD</b>

Realizado por: Autor

## 4.3 Costos totales

Se determina por la sumatoria de las dos tablas previas para conseguir una estimación concreta de los gastos.

**Tabla 3-4:** Tabla de costos totales

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Gastos Directos</b>	778,00 USD
<b>Gastos Indirectos</b>	400,00 USD
<b>TOTAL</b>	<b>1178,00 USD</b>

Realizado por: Autor

## 4.4 Tasa mínima del proyecto

Se debe determinar la tasa mínima permisible para que el proyecto sea rentable.

**Tabla 4-4:** Tabla de tasa mínima del proyecto

<b>FINANCIAMIENTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>	<b>TASA DE INTERÉS</b>	<b>TASA DE PONDERACIÓN</b>
<b>Capital propio</b>	650,00 USD	55,17%	4,99%	2,57%
<b>financiamiento</b>	528,00 USD	48,83%	11,83%	5,78%
<b>TOTAL</b>	1178,00 USD	100%		8,35%

Realizado por: Autor

La tasa mínima que debe ganar el proyecto para que sea rentable y no pierda valor en el mercado es del 8,35% tomando en cuenta las fuentes de financiamiento.

#### 4.5 VAN (Valor Actual Neto)

El valor presente neto nos permite verificar o evaluar las inversiones en un determinado lapso de tiempo, de esta forma tenemos unas estimaciones futuras para considerar en el presente, para nuestro caso se emplea una tasa del 12%.

**Tabla 5-4:** Tabla del VAN

<b>INVERSIÓN INICIAL</b>	<b>1178</b>	<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>
Año 1	1428,00	1275,00
Año 2	2178,00	3011,28
Año 3	2928,00	5095,38
Año 4	3678,00	7432,82
Año 5	4428,00	9945,38
Interés	12%	
<b>VAN</b>	8767,38	

Realizado por: Autor

El proyecto establecido para cinco años es mayor que cero, por lo tanto aceptamos el proyecto rotundamente, al parecer se obtendrá una mayor oportunidad de rendimiento del capital, por ende es efectivo realizar el proyecto.

#### 4.6 Relación costo beneficio

Indica el rendimiento en función del valor presente, tomando en cuenta el flujo de caja neto.

**Tabla 6-4:** Tabla costo beneficio

	<b>VALOR</b>	<b>RELACIÓN</b>
Flujo neto de caja	9945,38	8,44
Inversión inicial	1178,00	

Realizado por: Autor

Si se invierte un dólar en el proyecto se generará 8,44 dólares en el transcurso de la operación.

#### 4.7 TIR

La tasa interna de retorno nos indica si el proyecto es rentable para invertir lo que representa en un porcentaje de viabilidad para el proyecto.

**Tabla 7-4:** Tabla del TIR

Inversión Inicial	<b>1178,00</b>
Año 1	1428,00
Año 2	2178,00
Año 3	2928,00
Año 4	3678,00
Año 5	4428,00
TIR	157%

Realizado por: Autor

La TIR es del 157% por lo tanto el proyecto es rentable, entonces garantiza una inversión indudable.

## CONCLUSIONES

Se diseñó la suspensión del autobús urbano tomando en cuenta todas las cargas sometidas que recaen sobre ella, y en el caso de las hojas de ballestas con la simulación se calculó el desplazamiento que existe entre la suspensión y el bastidor para construir el prototipo con esos parámetros.

Se llevó a cabo la construcción del prototipo con funciones que ayudan en el control precipitado de conducción, gracias al monitoreo permanente de fecha, hora, ubicación, velocidad y desplazamiento de la suspensión gracias a esto el resultado fue el esperado al poner en marcha al prototipo realizando una sinergia con todas sus características descritas.

En la programación del prototipo se creó una función especial para sincronizar las alertas de conducción fuera de los rangos establecidos a un teléfono móvil y enviar al usuario un mensaje de texto indicando el exceso de velocidad y carga, finalmente los resultados fueron óptimos al mantener un registro en tiempo real de las contravenciones.

Al analizar los datos se concluyó que el proyecto es fiable porque genera datos reales y precisos por estar trabajado permanentemente con una señal celular y un GPS.

## **RECOMENDACIONES**

Para la instalación del prototipo se recomienda ubicar en un lugar limpio y seco para evitar posteriores irregularidades en el fallo del sistema.

Es recomendable calibrar el sistema para cada unidad. específicamente porque no poseen el mismo tipo de bastidor y los parámetros de medidas correspondientes no son los mismo.

Se recomienda enviar una señal si la contravención de velocidad y exceso de capacidad permanece durante un periodo de tiempo determinado y a si no tener una señal redundante.

Se recomienda la implementación del prototipo porque se realizó el estudio financiero y a su vez buscar otras funciones como el rastreo satelital en caso de robo.

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁGUEDA, E.** *Sistemas de Transmisión de Fuerzas y Trenes de Rodaje*. Madrid: Editorial Paraninfo S.A, 2012. pp. 35-36.

**BOSCH, R.** *Manual de la técnica del automóvil*. 3ª ed. Barcelona: Editorial Reverté, S.A, 2018. p. 906.

**BUREAU VERITAS.** *El Transporte, sector estratégico para el desarrollo global de la economía*. [blog]. [Consulta: 25 de marzo 2019]. Disponible en <https://blogbvelearning.wordpress.com/2015/03/10/el-transporte-sector-estrategico-para-el-desarrollo-global-de-la-economia/#comments>.

**CALVO MARTÍN, J.** *Mecánica del Automóvil*. Zaragoza: INO Reproducciones, 1997 pp. 64.

**EL TELÉGRAFO.** *Medios masivos para movilizarse*. [En línea]. [Consulta: 25 de marzo 2019] Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/el-76-de-los-quitinos-usa-medios-masivos-para-movilizar-se>.

**MANTILLA NOVA, D.** *Diseño Óptimo de Resortes Tipo Ballesta Para La Suspensión de un Vehículo Comercial Considerando Las Condiciones Dinámicas*. (Tesis). Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá-Colombia, 2014. pp 25-29.

**PINTADO, P.** *Transmisión*. Ciudad Real: Editorial Servicio de publicaciones de la Universidad de Mancha, 2000. pp. 13.

**SCHWOCH, W.** *Manual Práctico del Automóvil*. Berlín: Editorial Reverté, S.A, 1980 pp 109-110.

**STEEL MEFOBO.** *Historia del muelle*. [En línea] 2012. [Consulta: 12 de febrero 2019] Disponible en: <https://www.muelles.es/catalogo.pdf>.

**VICTORIA, M.** *Optimización de forma y Topología con malla fija y algoritmos genético* (Tesis). Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Estructuras y construcción Cartagena-Colombia, 2006. pp. 3-30.

