



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CARROCERÍA DE AUTOBUS, SOBRE UN CHASIS COMPACTO MODIFICADO AUTOPORTANTE”**

**JUAN FRANCISCO HERNANDEZ VILEMA**

Trabajo de Titulación modalidad: Proyecto de Investigación y Desarrollo presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN DISEÑO MECÁNICO**

Riobamba – Ecuador

Octubre 2020

**©2020, Juan Francisco Hernández Vilema**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**CERTIFICACIÓN:**

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad **Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CARROCERÍA DE AUTOBUS, SOBRE UN CHASIS COMPACTO MODIFICADO AUTOPORTANTE”**, de responsabilidad del Ing. Juan Francisco Hernández Vilema ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Dr. Luis Eduardo Hidalgo Almeida; Ph.D.  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla; Mag.  
**DIRECTOR**

---

Ing. Miguel Sócrates Aquino Arroba; Mag.  
**MIEMBRO**

---

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes; Mag.  
**MIEMBRO**

---

Riobamba, octubre de 2020

## DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Juan Francisco Hernández Vilema, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Juan Francisco Hernández Vilema

No. Cédula: 0604366369

## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Juan Francisco Hernández Vilema, declaro que el presente **Trabajo de titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como Autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

---

Juan Francisco Hernández Vilema

No. Cédula: 0604366369

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro en mi vida a mi hija y esposa quienes son mi mayor inspiración para vencer cada adversidad que existe, a mis padres que me han inculcado buenos principios desde pequeño para alcanzar las metas propuestas.

**Juan Francisco Hernández Vilema**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al Dios por todas las bendiciones que derrama sobre mí, a mi esposa e hija, padres y hermanos por el apoyo moral que siempre me dan.

A mis maestros quienes además de formar un profesional formaron un ser humano con valores éticos y morales, y un agradecimiento especial a la ESPOCH IPEC la cual me permitió desarrollarme para alcanzar una especialización de maestría y así poder aportar de buena forma a la sociedad.

**Juan Francisco Hernández Vilema**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Formulación de problema .....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.5 Hipótesis General .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes de problema.....	6
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1 <i>Carrocería de autobús</i> .....	7
2.2.2 <i>Materiales y perfiles utilizados en la construcción de la estructura metálica</i> .....	8
2.2.3 <i>Chasis Autoportante (Buggy)</i> .....	9
2.2.4 <i>Chasis Compacto</i> .....	10
2.2.5 <i>Buses de transporte Interprovincial e Intraprovincial</i> .....	10
2.2.6 <i>Análisis estructural de carrocerías</i> .....	11
2.2.7 <i>LS – DYNA</i> .....	12
2.2.8 <i>Tipos de elementos para el análisis</i> .....	13
2.2.9 <i>Tipo y calidad de malla</i> .....	14
2.2.10 <i>Normas Directrices</i> .....	15
2.2.11 <i>OEC (Organismos Evaluadores de la conformidad)</i> .....	15
2.2.12 <i>Características del acero</i> .....	16
2.2.13 <i>Chasis compacto Hino RK</i> .....	16
2.2.14 <i>Especificaciones chasis</i> .....	17
2.2.15 <i>Dimensiones permisibles del vehículo completo</i> .....	18
2.2.16 <i>Reglamento R66</i> .....	18
2.2.17 <i>Tipología de Ensayos de Vuelco</i> .....	20



2.2.18	<i>Condiciones del ensayo</i> .....	23
2.2.19	<i>Análisis del Vuelco</i> .....	23
2.3	<b>Marco conceptual</b> .....	24

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	27
3.1	<b>Análisis de reposicionamiento de accesorios del chasis</b> .....	27
3.2	<b>Procedimiento para el corte del chasis</b> .....	29
3.3	<b>Análisis cinemático (estático)</b> .....	36
3.4	<b>Aplicación de cargas de diseño y sus combinaciones</b> .....	48
3.5	<b>Análisis de prueba de vuelco</b> .....	65
3.6	<b>Construcción y pruebas de la carrocería y autobús</b> .....	73

### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	78
4.1	<b>Resultados del análisis estático</b> .....	78
4.2	<b>Validación del Autobús</b> .....	81

### **CAPÍTULO V**

5.	<b>PROPUESTA</b> .....	86
5.1	<b>Costos de fabricación</b> .....	89
5.2	<b>Comprobación de la hipótesis</b> .....	90

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	94
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	95
--	------------------------------	----

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Propiedades del acero .....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Propiedades del acero 2 .....	9
<b>Tabla 3-2:</b>	Propiedades químicas planchas .....	9
<b>Tabla 4-2:</b>	Normas Directrices .....	15
<b>Tabla 5-2:</b>	Especificaciones del chasis Hino Rk .....	17
<b>Tabla 6-2:</b>	Especificaciones 2 del chasis Hino Rk .....	17
<b>Tabla 7-2:</b>	Especificaciones 2 del chasis Hino Rk .....	18
<b>Tabla 1-3:</b>	Peso Total Carrocería .....	38
<b>Tabla 2-3:</b>	Pesos Totales .....	38
<b>Tabla 3-3:</b>	Peso carrocería 2 .....	39
<b>Tabla 4-3:</b>	Peso carrocería 3 .....	40
<b>Tabla 5-3:</b>	Peso bruto vehicular .....	42
<b>Tabla 6-3:</b>	Características del modelo a ensayar .....	43
<b>Tabla 7-3:</b>	Características del modelo a ensayar .....	45
<b>Tabla 8-3:</b>	Lista de materiales de la carrocería .....	46
<b>Tabla 9-3:</b>	Valores carga muerta .....	48
<b>Tabla 10-3:</b>	Valores carga viva .....	48
<b>Tabla 11-3:</b>	Valores carga de viento .....	49
<b>Tabla 12-3:</b>	Valores carga frenado .....	49
<b>Tabla 13-3:</b>	Valores carga de giro .....	50
<b>Tabla 1-4:</b>	Resultados del análisis estático .....	78
<b>Tabla 2-4:</b>	Resultados de estabilidad .....	79
<b>Tabla 1-5:</b>	Especificaciones del prototipo .....	86
<b>Tabla 2-5:</b>	Costos directos .....	89
<b>Tabla 3-5:</b>	Costos indirectos .....	89

<b>Tabla 4-5:</b>	Costos totales.....	90
<b>Tabla 5-5:</b>	Resultados de datos tomados.....	91
<b>Tabla 6-5:</b>	Comparación de espacio de bodegas.....	92
<b>Tabla 7-5:</b>	Comparación de consumo de acuerdo al seguimiento.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2.</b>	Carrocería de Autobús.....	8
<b>Figura 2-2.</b>	Chasis Auto portante .....	10
<b>Figura 3-2.</b>	Chasis Compacto.....	10
<b>Figura 4-2.</b>	Bus interprovincial .....	11
<b>Figura 5-2.</b>	Análisis MEF.....	13
<b>Figura 6-2.</b>	Tipos de Elementos en Ansys .....	14
<b>Figura 7-2.</b>	Tipo y calidad de malla .....	14
<b>Figura 8-2.</b>	Mallado mediante move node .....	15
<b>Figura 9-2.</b>	Determinación del espacio de seguridad en el plano transversal .....	19
<b>Figura 10-2.</b>	Centro de gravedad inestable .....	19
<b>Figura 11-2.</b>	Ensayo de vuelco de autobús .....	20
<b>Figura 12-2.</b>	Ensayo de aplicación de carga.....	21
<b>Figura 13-2.</b>	Localización de las bisagras plásticas de un segmento .....	22
<b>Figura 14-2.</b>	Ensayo de vuelco en software .....	22
<b>Figura 15-2.</b>	Características de la plataforma de bascula miento y de los soportes de las ruedas. ....	23
<b>Figura 16-2.</b>	Autobús en punto inestable .....	23
<b>Figura 17-2.</b>	Autobús en proceso de vuelco.....	24
<b>Figura 1-3.</b>	Planos chasis vista superior.....	27
<b>Figura 2-3.</b>	Planos chasis vista lateral.....	28
<b>Figura 3-3.</b>	Planos chasis vista superior corte.....	28
<b>Figura 4-3.</b>	Planos chasis vista disposición de cañerías.....	29
<b>Figura 5-3.</b>	Espacios dispuestos para el paso de las cañerías y cables eléctricos.....	29
<b>Figura 6-3.</b>	Modelo de carrocería vista isométrica.....	30
<b>Figura 7-3.</b>	Modelo de carrocería vista lateral .....	30
<b>Figura 8-3.</b>	Modelo de carrocería vista lateral cotas .....	30
<b>Figura 9-3.</b>	Corte posterior.....	31
<b>Figura 10-3.</b>	Corte delantero .....	31
<b>Figura 11-3.</b>	Accesorios desmontables del chasis.....	32
<b>Figura 12-3.</b>	Elementos desmontables del chasis.....	33
<b>Figura 13-3.</b>	Alineación del chasis.....	33
<b>Figura 14-3.</b>	Alineación chasis 2.....	34
<b>Figura 14-3.</b>	Alineación chasis 3.....	34

<b>Figura 15-3.</b>	Alineación chasis 3.....	35
<b>Figura 16-3.</b>	Aislamiento zona motor .....	35
<b>Figura 17-3.</b>	Detalle aislamiento zona motor.....	36
<b>Figura 18-3.</b>	Modelo zona motor .....	36
<b>Figura 19-3.</b>	Ventanas del autobús.....	37
<b>Figura 20-3.</b>	Datos centro de gravedad .....	39
<b>Figura 21-3.</b>	Cargas en los ejes .....	41
<b>Figura 22-3.</b>	Coordenadas de trabajo para el análisis estático .....	44
<b>Figura 23-3.</b>	Modelo estructural.....	45
<b>Figura 24-3.</b>	Modelo Tridimensional par análisis .....	47
<b>Figura 25-3.</b>	Carga de resistencia del techo .....	51
<b>Figura 26-3.</b>	Deformación carga sobre el techo .....	51
<b>Figura 27-3.</b>	Cargas combo 1 .....	52
<b>Figura 28-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 1 .....	52
<b>Figura 29-3.</b>	Resultado deformación combo 1 .....	52
<b>Figura 30-3.</b>	Cargas combo 2.....	53
<b>Figura 31-3.</b>	Resultado deformación combo 2.....	54
<b>Figura 32-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 2 .....	54
<b>Figura 33-3.</b>	Cargas combo 3.....	55
<b>Figura 34-3.</b>	Resultado deformación combo 3.....	55
<b>Figura 35-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 3 .....	56
<b>Figura 36-3.</b>	Cargas combo 4.....	57
<b>Figura 37-3.</b>	Resultado deformación combo 4.....	57
<b>Figura 38-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 4 .....	57
<b>Figura 39-3.</b>	Cargas combo 5.....	58
<b>Figura 40-3.</b>	Resultado deformación combo 5.....	59
<b>Figura 41-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 5 .....	59
<b>Figura 42-3.</b>	Cargas combo 6.....	60
<b>Figura 43-3.</b>	Resultado deformación combo 6.....	60
<b>Figura 44-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 6 .....	60
<b>Figura 45-3.</b>	Cargas combo 7.....	61
<b>Figura 46-3.</b>	Resultado deformación combo 7 .....	61
<b>Figura 47-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 7 .....	62
<b>Figura 48-3.</b>	Cargas combo 8.....	62
<b>Figura 49-3.</b>	Resultado deformación combo 8.....	62
<b>Figura 50-3.</b>	Resultado esfuerzo combo 8 .....	63
<b>Figura 51-3.</b>	Resultados reacciones anclajes.....	63

<b>Figura 52-3.</b>	Resultados momentos anclajes.....	64
<b>Figura 53-3.</b>	Autorización de corte de chasis por parte de Hino Motors .....	64
<b>Figura 54-3.</b>	Vista frontal del autobús .....	65
<b>Figura 55-3.</b>	Vista lateral del autobús .....	65
<b>Figura 56-3.</b>	Centro de gravedad del vehículo.....	66
<b>Figura 57-3.</b>	Cálculo del punto inestable .....	67
<b>Figura 58-3.</b>	Radio de giro del autobús.....	67
<b>Figura 59-3.</b>	Diseño tipo superficie del bus .....	69
<b>Figura 60-3.</b>	Plataforma y zona de supervivencia.....	69
<b>Figura 61-3.</b>	Importación modelo a Ansys.....	70
<b>Figura 62-3.</b>	Mallado del modelo.....	70
<b>Figura 63-3.</b>	Ubicación de condiciones.....	71
<b>Figura 64-3.</b>	Código generado Input.k .....	71
<b>Figura 65-3.</b>	Arreglo de nodos duplicados.....	72
<b>Figura 66-3.</b>	Código en LS-DYNA Program Manager .....	72
<b>Figura 67-3.</b>	Área de máquinas .....	74
<b>Figura 68-3.</b>	Sección Ensamble .....	74
<b>Figura 69-3.</b>	Sección Ensamble 2 .....	75
<b>Figura 70-3.</b>	Sección Forrados .....	75
<b>Figura 71-3.</b>	Sección Pintura.....	76
<b>Figura 72-3.</b>	Sección acabados.....	77
<b>Figura 1-4.</b>	Simulación de vuelco .....	79
<b>Figura 2-4.</b>	Resultados Vuelco esfuerzo .....	80
<b>Figura 3-4.</b>	Energía Cinética .....	80
<b>Figura 4-4.</b>	Gráfica de energías del ensayo de vuelco .....	81
<b>Figura 5-4.</b>	Resolución para homologación .....	82
<b>Figura 6-4.</b>	Pasos para homologación .....	83
<b>Figura 7-4.</b>	Pasos para homologación .....	83
<b>Figura 8-4.</b>	Cumplimiento norma RTE INEN 043.....	84
<b>Figura 9-4.</b>	Cumplimiento norma RTE INEN 034.....	85
<b>Figura 10-4.</b>	Agencia Nacional de Tránsito .....	85

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A: PLANOS DIMENSIONALES DE CONSTRUCCIÓN**

**ANEXO B: CUADRO GUÍA DE PROCEDIMIENTO PARA SIMULACIONES  
AUTOBUSES**

## RESUMEN

En el presente proyecto se plantea el diseño y construcción de un prototipo de carrocería de autobús en chasis compacto modificado auto portante, con lo cual se busca ampliar el espacio de bodegas de los autobuses convencionales de este tipo, a través de un corte en el bastidor del chasis previa la autorización del fabricante, debido a la problemática en el sector del transporte público de no contar con el espacio suficiente para llevar equipaje en las bodegas. Mediante la presentación de los pasos para la ejecución del proyecto, con la validación y justificación del proceso para la construcción del prototipo, se consigue la autorización del fabricante del chasis se procede a construir el prototipo en base a los planos de diseño de acuerdo el desarrollo de la parte de Ingeniería mediante la validación del modelo utilizando softwares CAD y CAE tales como Ansys, LS-Dyna y LS-Prepost, una vez construido el prototipo se procede a la homologación del autobús con el cumplimiento de los parámetros de la normativa ecuatoriana aplicable. A través de la homologación se concluye que el modelo alcanza el cumplimiento del objetivo principal al conseguir el incremento del espacio de bodega aproximadamente con un 19% superior a los modelos convencionales de este tipo, la investigación establecida se enmarca dentro de la línea de Procesos tecnológicos artesanales e industriales, específicamente en el área de Diseño Automotriz, al proponer un nuevo autobús que permitirá tener una opción diferente a las existentes actualmente, siendo una innovación en el área de los autobuses de transporte, cumpliendo así con la propuesta y desarrollo de una solución práctica al problema determinado.

**Palabras claves:** CARROCERÍA DE AUTOBUS, CHASIS COMPACTO, DISEÑO DE AUTOBUS, HOMOLOGACIÓN DE AUTOBUS, PROTOTIPO DE CARROCERIA



0315-DBRAI-UPT-2020



## **ABSTRACT**

This project proposes the design and construction of a bus body prototype in a modified compact self-supporting chassis. It seeks to expand the warehouse space of conventional buses of this type, through a cut in the frame of the chassis prior authorization from the manufacturer. It was proposed because of the problem in the public transport of not having enough space to carry luggage in the holds. By presenting the steps for the execution of the project, with the validation and justification of the process for the construction of the prototype, the authorization of the chassis manufacturer is obtained. The prototype is built based on the design plans according to the development of the Engineering part by validating the model using CAD and CAE software such as Ansys, LS-Dyna and LS-Prepost. Once the prototype is built, the bus is approved in compliance with the parameters of the applicable Ecuadorian regulations. Through the homologation it is concluded that the model achieves the fulfillment of the main objective by achieving an increase in the warehouse space approximately 19% higher than conventional models of this type. The established research is framed within the line of technological, artisanal, and industrial processes, specifically in Automotive Design. The proposal of a new bus that will allow to have a different option to those currently existing, being an innovation in the area of transport buses, thus comply with the proposal and development of a solution practice to the given problem.

**Keywords: BUS BODYWORK, COMPACT CHASSIS, BUS DESIGN, BUS APPROVAL, BODY PROTOTYPE**

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de investigación se refiere al diseño y construcción de un prototipo de carrocería de autobús en chasis compacto modificado auto portante, con lo cual se plantea ampliar el espacio de bodegas de los autobuses convencionales de este tipo, al realizar un corte intermedio en el bastidor del chasis con la autorización del fabricante.

Debido a la problemática en el sector del transporte público en el caso de autobuses interprovinciales y de turismo, de no contar con el espacio suficiente para llevar equipaje en las bodegas por lo cual se hace necesario que cuenten con una alternativa de autobús con chasis compacto que tenga mayor espacio de bodegas.

Luego de un minucioso análisis y diseño para modificar un chasis compacto a autoportante, previa la presentación y aprobación de la ejecución del proyecto, se analiza el reposicionamiento de los accesorios del chasis al realizar un corte en su bastidor, así como la disposición propuesta de los cables eléctricos y cañerías hidráulicas y neumáticas que no afecten al funcionamiento adecuado del autobús, además se realiza el procedimiento a seguir para el corte y construcción del prototipo.

Durante el desarrollo de la parte de Ingeniería se procede a la validación del modelo utilizando softwares CAD y CAE con las simulaciones respectivas, en la parte estática y dinámica del comportamiento del bus sometido a diferentes combinaciones de cargas, con la finalidad de dar cumplimiento a los parámetros establecidos en las normativas, reglamentos y manual del fabricante del chasis.

Para la etapa de construcción del prototipo se consideran todos los parámetros y planos de diseño estipulados anteriormente, una vez terminada la construcción se procede a realizar la validación del autobús a través de los organismos evaluadores de la conformidad y del ente regulador en este caso la ANT con lo cual termina el proceso y se valida el prototipo mediante el certificado único de homologación vehicular.

## 1.1 Planteamiento del problema

Alrededor del mundo existen diferentes medios de transporte masivo de pasajeros de diferentes capacidades, tamaños o tipo de energía utilizada que les proporciona la fuerza motriz, ya sean para llevar equipaje o no, los más utilizados en Europa son el autobús, avión, tren y barco, cada uno de estos con sus diferentes beneficios ya sea por el tiempo empleado o por los costos que conlleven su utilización.

En Latinoamérica los países con mejor servicio de transporte masivo de pasajeros son México, Brasil y Colombia los cuales cuentan con la mayor tecnología en autobuses que brindan servicio tipo ejecutivo, el caso de Brasil uno de los mayores exportadores de autobuses en Sudamérica cuenta con gran gama de autobuses de un piso y de dos pisos, en el resto de países los medios de transporte más utilizados son el tranvía, autobús y metro vía de igual forma cada uno con sus ventajas y desventajas que definen la utilización o no de un usuario

En el caso de Ecuador en los buses con chasis tipo rígido existe una limitación en cuanto al espacio de utilización de bodegas, pero en cuanto a costos es el más accesible para los transportistas, los cuales desearían poder tener mayor capacidad de bodegas como los chasis tipo buggy (auto portante), por lo cual sería interesante e innovador que un chasis rígido pueda ser transformado en chasis auto portante que en la actualidad no existe diseño o modificación parecido en nuestro país.

La falta de espacio de bodega para llevar equipaje en los chasis tipo rígido con motor delantero o posterior es limitada y debido a esto los transportistas incluso pierden pasajeros por no poder cumplir con el requerimiento de llevar su equipaje, especialmente si son comerciantes los cuales llevan su mercadería en grandes cartones o sacos de una ciudad a otra por lo cual se busca poder aprovechar este espacio con en un chasis tipo buggy y poder aprovechar al máximo las bodegas centrales obteniendo más volumen en las mismas.

En el transporte público correspondiente a buses de transporte de pasajeros se puede observar que existe gran variedad de modelos de buses ya sea por la marca de carrocería o por el modelo del chasis en el cual se ensambla y de acuerdo a esto hay variedad de precios.

El incremento de tiempo y dinero que representa el viaje vía aérea de diferentes ciudades del Ecuador, por el traslado desde al aeropuerto por ejemplo, los transportistas de transporte interprovincial esperan que los usuarios que utilizan aerolíneas de forma ocasional o por motivos de turismo prefieran el servicio terrestre. Los pasajeros que utilizan los buses interprovinciales

son en su mayoría comerciantes o personas que hacen turismo, otras personas prefieren viajar vía aérea, esto lleva a que en promedio el costo de viajar en avión es de 6 veces más con respecto al transporte terrestre.

## **1.2 Formulación de problema**

¿Cómo realizar el diseño y la construcción del prototipo de autobús de chasis compacto modificado a autoportante para que se amplíe el espacio en las bodegas de equipaje?

## **1.3 Justificación de la investigación**

Existen vehículos de transporte público tipo bus que usan chasis tipo rígido con motor posterior o delantero, en el cual el inconveniente que se presenta en estas unidades es el espacio que queda de bodegas que no puede ser aprovechado al máximo debido a que el chasis que se encuentra en medio de las bodegas.

La presente investigación pretende contribuir con el Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” en sus objetivos:

Objetivo 5: Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria.

Mediante la vinculación entre el carrocerero y el sector del transporte Interprovincial, Intraprovincial y turismo, al permitir el desarrollo de tecnologías y emprendimientos del área automotriz que impulsen el cambio de la matriz productiva.

Además que debido a los costos que tienen los diferentes tipos de chasis para viajes intermedios, el cual estaría entre 1 a 6 horas los transportistas prefieren utilizar este tipo de chasis rígido para su utilización, a pesar de que los viajes son intermedios su capacidad para bodegas es limitado, comparado con un chasis tipo buggy a pesar de no superar las cargas técnicas admisibles tanto de la carrocería como de los ejes del chasis en general.

Por lo cual se hace necesario que los transportistas puedan acceder a un bus con carrocería sobre un chasis que tenga buen espacio de bodegas, que sea de un costo accesible esto quiere decir que sea similar al que pagan por un chasis compacto con motor delantero que es uno de los más utilizados actualmente, por lo cual en el presente proyecto se pretende modificar a un chasis tipo compacto con motor posterior, con un corte del chasis en su parte central con la finalidad de

aumentar considerablemente, alrededor de un 30 a 50% el espacio actual que tienen en bodegas este tipo de chasis, cumpliendo tanto con las normativas para la carrocería, así como con las especificaciones del fabricante del chasis, creando así una opción accesible y viable para los transportistas y que los usuarios ya sean comerciantes, turistas o pasajeros ocasionales puedan ser beneficiarios directos de este autobús.

Además que con la construcción del prototipo la empresa CORPMEGABUSS CIA. LTDA. pueda tener un autobús con innovación en el mercado nacional que cumpla con las expectativas del usuario final y también contribuyendo así con el fabricante del chasis potenciando aún más su producto inicial y que sea punto de partida para futuras innovaciones y proyectos ya sea en el chasis o carrocería.

## **1.4 Objetivos**

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

Diseñar y construir un prototipo de carrocería de autobús sobre un chasis compacto HINO RK 8J SUA modificado autoportante, bajo normativa RTE INEN 043 para ampliar el espacio de bodegas de equipaje.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

- Realizar el diseño del prototipo mediante el software Ansys, el ensayo de vuelco de la carrocería para verificar el correcto funcionamiento.
- Realizar la simulación estática y dinámica de la carrocería metálica de acuerdo a la normativa RTE INEN 043.
- Realizar el análisis y verificación de la resistencia del chasis-carrocería en la zona de corte del chasis y la unión modificada.
- Realizar un análisis del centro de gravedad modificado obtenido en comparación con el del fabricante.
- Construir y validar el prototipo de acuerdo a las especificaciones del diseño ante la Agencia Nacional de Tránsito mediante la obtención de la Homologación del autobús.

## **1.5 Hipótesis General**

El diseño y la construcción del prototipo de carrocería de autobús en chasis compacto modificado autoportante mediante un corte en el bastidor, permitirá ampliar el espacio de bodegas de equipaje.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de problema

De acuerdo a lo consultado en la bibliografía acerca de diseños de carrocerías se pudo encontrar diferentes investigaciones que aportan al tema de mejoramiento de las estructuras de las carrocerías, que servirán de base para la investigación que se plantea en este proyecto.

Estudio del comportamiento mecánico de una sección de la superestructura del autobús interprovincial marca Miral Infiniti en chasis Hino Ak sometida a volcadura, mediante los programas Ansys Ls-Dyna y su incidencia en el espacio de supervivencia El análisis cuasi estático se analizan al vehículo sometido a un volcamiento lateral en la cual se mide la energía disipada durante el proceso de vuelco en el cual no se deben superar los valores máximos establecidos como valor el 5% de la energía total en todo momento para estos análisis se debe considerar el mallado de los elementos el cual debe ser de buena calidad para obtener resultados exactos. Los análisis de impacto son eventos de no linealidad geométrica, no linealidad del material en cual existen grandes deformaciones y gran cantidad de energía liberada, se debe considerar en cada momento un nuevo análisis una nueva ecuación de acuerdo a la variación del tiempo. (Arroba C., 2013)

Diseño y construcción del chasis y carrocería del vehículo de competencia formula SAE 2012. En el análisis estático se analizan deformaciones, factores de seguridad y los esfuerzos que se producen en la carrocería metálica de acuerdo a las cargas que se apliquen en base a la normativa, como son cargas vivas, cargas muertas, cargas de frenado, cargas de aceleración brusca y cargas de giro además se analiza que la zona de supervivencia en caso de un accidente no sea invadida para precautelar la seguridad de los pasajeros el análisis se lo puede realizar bajo el método ASD o LFRD. (Celi L., 2013)

En la empresa CORPMEGABUSS CIA. LTDA se han construido carrocerías metálicas de tipo buggy (autoportante) en chasis apropiados para este tipo de carrocería como son chasis Mercedes Benz 0500RS 1836 Y 1830, en vista de esto el modelo del chasis HINO RK8J debido a su disposición con motor posterior presta condiciones para poder realizar un corte intermedio de los largueros principales como tipo buggy (autoportante) para poder utilizar este espacio como bodega, para lo cual se deben cumplir condiciones impuestas por parte del fabricante del chasis

para proceder con el proceso de carrozado con todas estas consideraciones el diseño debe cumplir con todas estas condiciones para ser construido. (Hernández J., 2019)

El presente tema de titulación correspondiente “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CARROCERÍA DE AUTOBUS, SOBRE CHASIS COMPACTO MODIFICADO A AUTOPORTANTE, PARA LA EMPRESA CORPMEGABUSS CIA. LTDA. BAJO LA NORMATIVA RTE INEN 043”, es un tema planteado que busca solucionar el inconveniente del limitado espacio de bodegas en este tipo de chasis compacto que son los más comercializados en el país de acuerdo a los datos de la ANT en la lista de las unidades certificadas para este tipo de servicio en comparación con los auto portantes. (ANT, 2019)

El tema que se pretende realizar debe cumplir ciertas especificaciones para llevar a cabo su ejecución como es tener la aprobación del fabricante del chasis para poder modificar el mismo, que luego de un riguroso análisis dará su aprobación o negación de la realización del proyecto. En el país de momento aún no se han presentado propuestas iguales o parecidas a este tema por lo cual contando con la respectiva aprobación del fabricante se planea realizar este proyecto de la mejor manera con la finalidad de cumplir las expectativas de los usuarios finales siendo de esta manera viable y factible su ejecución. (HINO MOTORS, 2019)

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Carrocería de autobús**

La carrocería metálica es una parte fundamental de un autobús se considera como el esqueleto del mismo conformado por varias piezas entrelazadas entre sí con la finalidad de recibir y absorber las cargas externas, los componentes principales que componen el esqueleto son los anclajes, las paredes laterales, el techo, estructura delantera y estructura posterior cada una de estas partes sirven de apoyo para la colocación de los demás componentes como son parabrisas, ventanas y accesorios de acabados de un autobús. (Morales, 2010)





**Figura1-2.** Carrocería de Autobús

Fuente: [http://diinbus.blogspot.com/2014\\_04\\_06\\_archive.html](http://diinbus.blogspot.com/2014_04_06_archive.html)

### 2.2.2 Materiales y perfiles utilizados en la construcción de la estructura metálica

Todos los tipos de materiales que sean utilizados en la construcción de estructuras metálicas conformados en frío deben cumplir con lo establecido en la NTE INEN 1323 lo cual debe ser verificado por la ANT a través de los Organismos de Inspección Acreditados dentro de la parte estructural se utilizan los siguientes perfiles estructurales en calidad ASTM A36 y ASTM A572 G50 con cumplimiento de normativas ecuatoriana para la fabricación de materiales, las propiedades químicas y mecánicas son dadas por el fabricante.

**Tabla 1-2:** Propiedades del acero

#### Propiedades Químicas

NORMA	% C	% Mn	% P	% Si	% S
ASTM A 36	0.26 Máx.	0.60 a 1.35	0.04 Máx.	0.40 Máx.	0.05 Máx.
ASTM A 572 G 50	0.23 Máx.	1.35 Máx.	0.04 Máx.	0.40 Máx.	0.05 Máx.

#### Propiedades Mecánicas

ASNORMA	Esf. Tracción (Mpa.)	Esf. Fluencia (Mpa)	% elongación
ASTM A 36	400 a 500	250 Mín.	21 a 23
ASTMA 572 G 50	450 Mín.	345 Mín.	17 Mín.

Fuente: IPAC

Para el caso de tubería estructural laminada en caliente calidad JIS G3132SPHT 1 con la norma ASTM A 500 Gr. A-C y la NTE INEN 2415-08 de igual forma son proporcionados los datos del material establecidos por el fabricante.

**Tabla 2-2: Propiedades del acero 2**

NORMA JIS G 3132 SPHT 1			
Composición Química		Tabla de tensiones	
% C Máximo	0,10	Ruptura Mín Mpa	
% Mn Máximo	0,50	Fluencia Min Mpa	270
%P Máximo	0,04	% Elongación Min	32
% S Máximo	0,04		
% Si Máximo	0,35		
% Cu Máximo	--		

Fuente: IPAC

En el caso de planchas laminadas en frío con calidad JIS G 3141 SPCC SD las planchas laminadas en caliente son del tipo ASTM A36 y las planchas de acero galvanizado son de calidad ASTM A653 cuyos procesos de fabricación cumplen con la NTE INEN 115 de igual forma se adjuntan las especificaciones técnicas otorgadas por el fabricante.

**Tabla 3-2: Propiedades químicas planchas**

Propiedades Químicas

NORMA	% C	% Mn	% P	% Si	% S
ASTM A 36	0.26 Máx.	0.60 a 1.35	0.04 Máx.	0.40 Máx	0.05 Máx.
JIS G 3141 SPCC	0.15 Máx.	0.50 Máx.	0.10 Máx		0.05 Máx.
ASTM A 653	0.15 Máx.	0.60 Máx.	0.030 Máx.		0.035 Máx.

Propiedades Mecánicas

NORMA	Esf. Tracción	Esf. Fluencia (Mpa)	% elongación
ASTM A 36	400 a 500	250 Min.	21 a 23
JIS G 3141 SPCC SD	270 Min.		36 Min.
ASTM A 653	380 a 205		>20

Fuente: IPAC

### 2.2.3 Chasis Autoportante (Buggy)

Se define como la base que soportara al vehículo completo conformado de largueros dividido en módulos con modificación para separación de distancia entre ejes de ruedas y espacio amplio de bodegas pasadas.

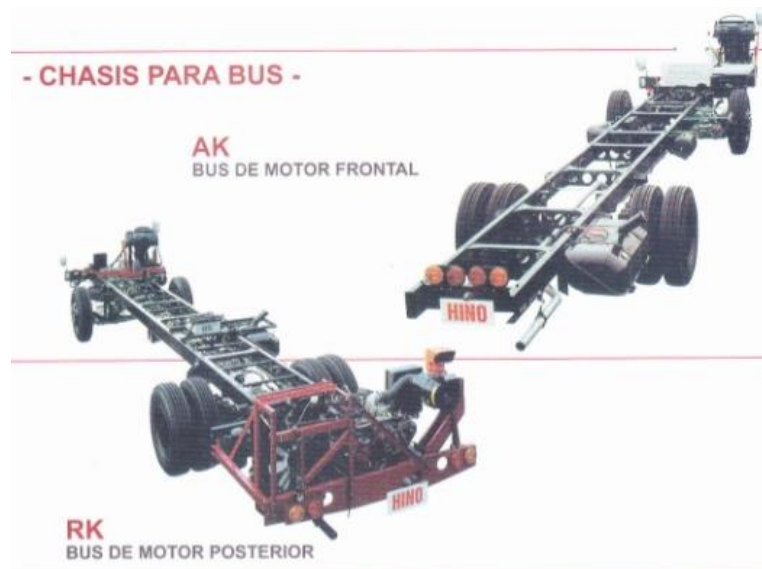


**Figura 2-2.** Chasis Auto portante

Fuente: <https://www.google.com/search?>

#### 2.2.4 *Chasis Compacto*

Se define como la base que soportara al vehículo completo conformado de largueros transversales y longitudinales fijos, sin modificación de distancia entre ejes de ruedas y espacio limitado de bodegas por encima del chasis. (HINO MOTORS, 2019)



**Figura 3-2.** Chasis Compacto

Fuente: <https://es.slideshare.net/danieldcy/hino-manual-del-vendedor>

#### 2.2.5 *Buses de transporte Interprovincial e Intraprovincial*

Este tipo de bus se encuentra diseñado para el transporte de personas dentro de una provincia o entre diferentes provincias, su capacidad de pasajeros en diferentes modelos varía entre 40 y 48 pasajeros sentados, en el Ecuador este bus es construido a partir de un chasis por lo general

importado entre los principales se encuentran Hino, Mercedes Benz, Volkswaguen, Scania entre otros. (Hernández J., 2019)



**Figura 4-2.** Bus interprovincial

Fuente: Corpmegabuss Cía. Ltda.

#### **2.2.6 Análisis estructural de carrocerías**

Los análisis de las carrocerías cada vez deben ser enfocados a brindar mayor seguridad, comodidad y confort a los que utilizan los diferentes servicios de transporte ya sea urbanos, interprovincial e Intraprovincial por lo cual surge el concepto de análisis de superestructuras metálicas que se refiere a que deben ser menos pesadas y más resistentes, deben ser más ligeras pero al ser más ligeras no deben ser inseguras, para lo cual se debe observar las normativas vigentes, manuales de carrozar entregados por el fabricante de chasis los cuales deben ser respetados para asegurar la calidad del producto, además se han incluido diferentes tipos de análisis que se aplican como son:

- Análisis estático
- Análisis Cuasi estático
- Análisis de Impacto

En el análisis estático se analizan deformaciones, factores de seguridad y los esfuerzos que se producen en la carrocería metálica de acuerdo a las cargas que se apliquen en base a la normativa, como son cargas vivas, cargas muertas, cargas de frenado, cargas de aceleración brusca y cargas de giro además se analiza que la zona de supervivencia en caso de un accidente no sea invadida

para precautelar la seguridad de los pasajeros el análisis se lo puede realizar bajo el método ASD o LFRD. (Pozo, 2014)

Utilizando las herramientas computacionales como son el CAE y el CAD se pueden desarrollar aplicaciones importantes para el diseño de una superestructura de bus ligera, segura y eficiente en términos estructurales, con el avance de la tecnología computacional se pueden realizar análisis de estructuras que pueden tardar entre 24 horas a 120 horas dependiendo de la calidad del computador que antes era casi imposible realizar estos ensayos. (Cárdenas, 2015)

### **2.2.7 LS –DYNA**

LS –DYNA es un programa de elementos finitos en que se puede simular problemas de alta complejidad reales, utilizado principalmente en la industria automotriz, aeroespacial, construcción y bioingeniería entre las principales, su característica es que es un programa explícito, no lineal, de elementos finitos, se pueden obtener respuestas transitorias de estructuras y de sólidos en 3D sujetos a grandes deformaciones.

El software permite una simulación de varias condiciones de frontera que se aplican en la mayor parte de problemas de ingeniería, en las condiciones se aplican cargas y superficies de contacto, esto permite modelar el comportamiento mecánico de los cuerpos.

Los orígenes del código se basan mayormente en el análisis no lineal y de elementos finitos con dinámica explícita con dinámica transitoria mediante la integración en el tiempo explícito.

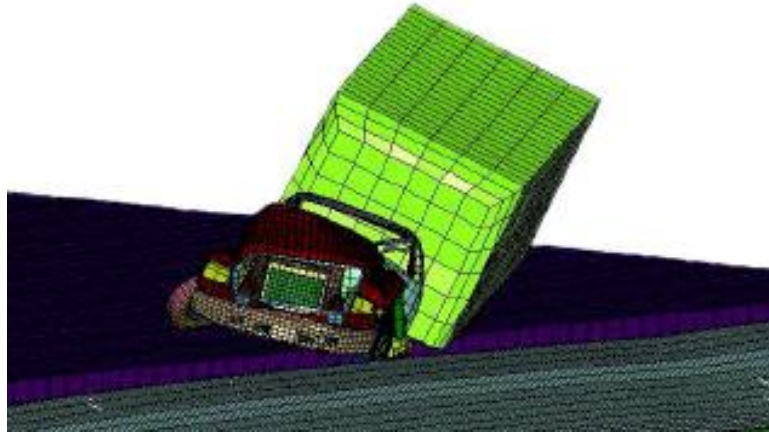
El término no lineal significa que al menos una de las siguientes implicaciones este presente:

- Cambio de las condiciones de frontera.
- Deformaciones grandes
- Materiales no lineales

El término dinámica transitoria implica realizar análisis de alta velocidad eventos de corta duración, donde las fuerzas de inercia son importantes como:

- Accidente automotriz

- Explosiones
- Procesos de Manufactura



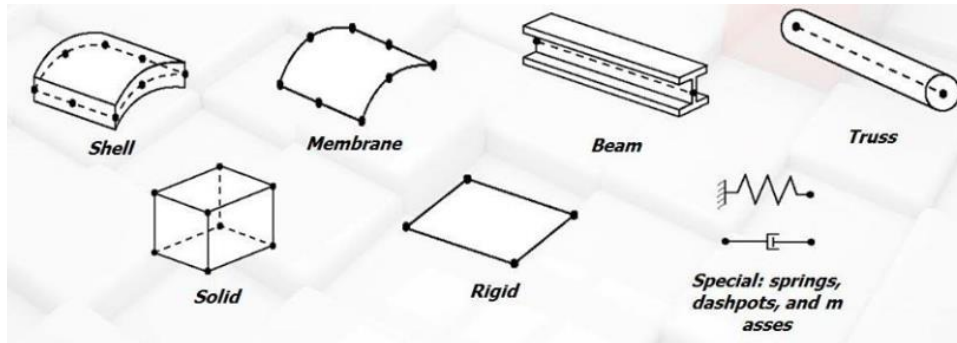
**Figura 5-2.** Análisis MEF

Fuente: Simulación LS-DYNA

### 2.2.8 Tipos de elementos para el análisis

Los tipos de elementos que se usan en este tipo de análisis son los siguientes:

- Barra o Bar: este elemento se ubica en una dimensión es decir solo necesita una longitud, solo se pueden utilizar cargas longitudinales debido a que trabajan únicamente con esfuerzos axiales ya sea de tracción o de compresión.
- Viga o Beam: es un elemento de forma longitudinal pero aparte de los esfuerzos axiales de tracción y compresión también pueden encontrarse cortantes, momentos torsores y flectores.
- Placa o Shell: Este elemento es de tipo 2D con un espesor despreciable por lo cual su análisis son de tipo más complejo, los esfuerzos presentes en este elemento son transversales y normales, momentos torsores y cortantes.
- Solido o Solid: Este tipo de elemento es 3D, por lo cual van a aparecer todo tipo de esfuerzos el análisis es más complejo y extenso que los demás casos por lo cual solo se utiliza cuando el tipo de geometría no permita realizarlo en los otros tipos. (DONAIRE, 2018)

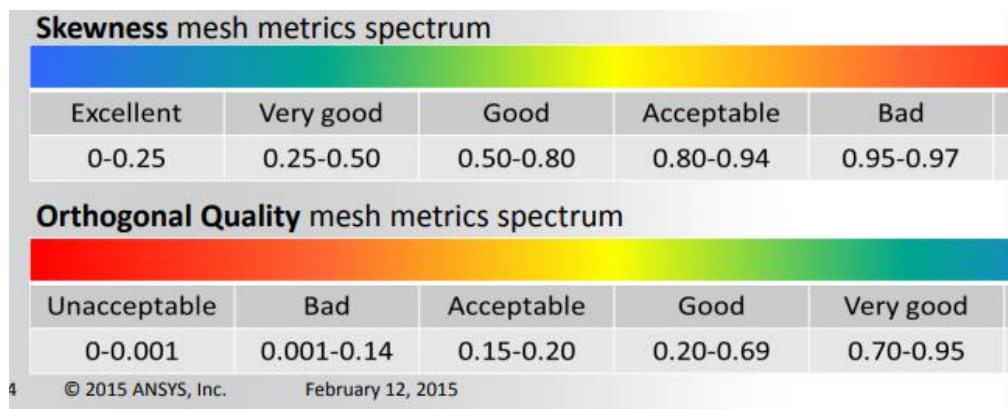


**Figura 6-2.** Tipos de Elementos en Ansys

Fuente: <https://www.facebook.com/CursoMEF/photos/a.477447436049697/517870208674086/?type=3&theater>

### 2.2.9 Tipo y calidad de malla

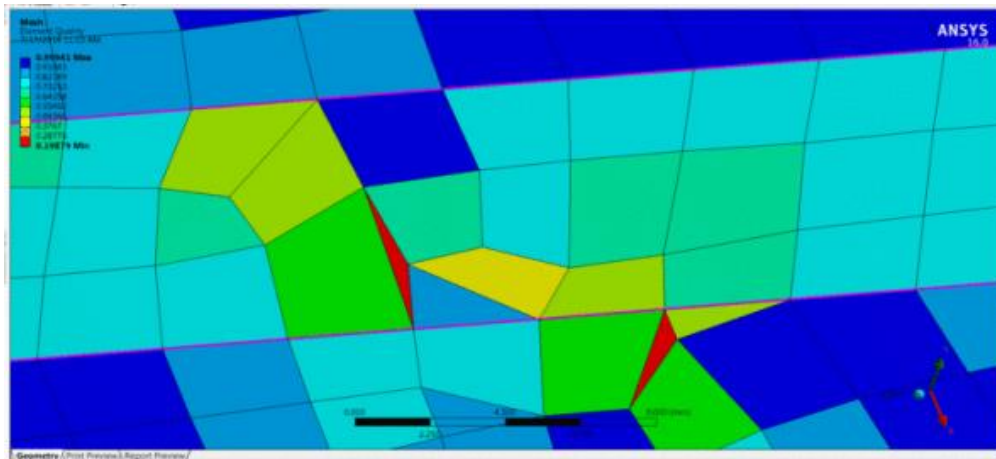
Para este tipo de análisis en elementos tipo Shell el mallado recomendado y que se utiliza es el método de skewness para el cual existen rangos determinados para poder validar los resultados, que se muestran en la figura a continuación.



**Figura 7-2.** Tipo y calidad de malla

Fuente: [https://www.academia.edu/16970107/MESH\\_QUALITY\\_ANSYS\\_CFD\\_16.0](https://www.academia.edu/16970107/MESH_QUALITY_ANSYS_CFD_16.0)

Para mejorar la calidad de la malla se puede modificar en WORKBENCH LS-DYNA mediante la opción de mesh edit y en move node en la cual se pueden modificar la posición de los nodos para utilizar la mayor parte cuadriláteros con lados a 90° de ser posible y triángulos con ángulos en lo posible que todos sean de 60° y de esta forma poder tener una malla entre un rango excelente y aceptable en el siguiente grafico se muestra el método descrito. (MUÑOZ, 2013)



**Figura 8-2.** Mallado mediante move node

Fuente: [https://www.academia.edu/16970107/MESH\\_QUALITY\\_ANSYS\\_CFD\\_16.0](https://www.academia.edu/16970107/MESH_QUALITY_ANSYS_CFD_16.0)

### 2.2.10 Normas Directrices

Para el desarrollo del presente trabajo se deben considerar las especificaciones que debe cumplir la carrocería y el bus de acuerdo a las normas vigentes correspondientes se enlistan las normas aplicables:

**Tabla 4-2:** Normas Directrices

Norma	Descripción
RTE INEN 043	Vehículos automotores. Bus interprovincial, intraprovincial. Requisitos. 2010
RTE INEN 034	Elementos mínimos de seguridad para vehículos automotores.
NTE INEN 1323:2009	Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos.
NTE INEN 1668	Vehículos de transporte público de pasajeros. Intraregional, interprovincial e intraprovincial.
NTE INEN 2656 / 2016-09	Clasificación vehicular.
RESOLUCION No. 097-DIR-2016-ANT	Reglamento del procedimiento general de homologación vehicular y dispositivos de medición, control, seguridad y certificación de los vehículos comercializados.

Fuente: Normas Técnicas ecuatorianas

### 2.2.11 OEC (Organismos Evaluadores de la conformidad)

En el SAE los organismos que deseen ser evaluadores deben de cumplir con ciertos requisitos exigidos por el SAE, pueden primeramente designarse y posteriormente acreditarse como un organismo evaluador de la conformidad dentro de la evaluación para la homologación del autobús



se debe cumplir la RTE INEN 034 y la RTE INEN 043 para este caso los organismos designados y acreditados son los siguientes:

1) CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CONTROL DE EMISIONES VEHICULARES (CCICEV) (Pertenece a la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito)

2) UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO (UTA) (CENTRO DE APOYO AL DESARROLLO METALMECÁNICO (CADME)

3) CENTRO DE INGENIERÍA APLICADA PACE & SINCON CÍA. LTDA. – CEDINAP (De la ciudad de Riobamba) (SAE, 2019)

### **2.2.12 Características del acero**

- Resistencia Mecánica.- capacidad de los cuerpos para resistir las fuerzas aplicadas sin romperse, la resistencia mecánica.- de un cuerpo depende de su material y de su geometría, la resistencia de materiales combina los datos de material, geometría y fuerzas aplicadas para generar modelos matemáticos que permiten analizar la resistencia mecánica de los cuerpos, ductilidad es la elongación que sufre la barra cuando se carga sin llegar a la rotura. Dureza se define como la propiedad del acero a oponerse a la penetración de otro material resistencia a la tensión, es la máxima fuerza de tracción que soporta la barra, cuando se inicia la rotura, dividida por el área de sección inicial de la barra. Límite de fluencia, es la tensión a partir de la cual el material pasa a sufrir deformaciones permanentes, es decir hasta este valor de tensión.
- Fatiga.- cuando un elemento estructural se somete a cargas cíclicas, este puede fallar debido a las grietas que se forman y propagan, en especial cuando se presentan inversiones de esfuerzos, esto es conocido como falla por fatiga, que puede ocurrir con esfuerzos menores a la carga de deformación remanente. (Arqhys, 2019)

### **2.2.13 Chasis compacto Hino RK**

Este tipo de chasis compacto es procedente del país Japón o Colombia de la industria Hino Motors, que son los países donde son ensamblados, posee motor posterior suspensión de tipo ballestas y radiador de tipo transversal entre sus principales características, en el Ecuador se

encuentra correctamente homologado en la ANT las características del chasis homologado se muestra en la figura.

**Tabla 5-2:** Especificaciones del chasis Hino Rk

Tipo:	<b>CHASIS MOTORIZADO</b>
Subcategoría:	<b>M3</b>
Aplicación*:	<b>BUS</b>
Marca:	<b>HINO</b>
Modelo:	<b>RK8J</b>
Versión:	<b>SUA-NJL</b>
Procedencia:	<b>COLOMBIA</b>
Motor:	<b>HINO</b>
Modelo:	<b>J08EUB</b>
Cilindrada:	<b>7684 cc</b>
Combustible:	<b>DIESEL</b>
Transmisión:	<b>MANUAL DE 6 VELOCIDADES MAS 1 REVERSA 4X2</b>
Año modelo:	<b>2018</b>
VIN:	<b>9F3RK8JSXXXXXXXXXX</b>
PBV:	<b>14000 kg</b>
Capacidad de carga:	<b>8980 kg</b>
Capacidad de pasajeros:	<b>Capacidad máxima de pasajeros, según diseño de la empresa carrocería</b>
Clase de Servicio de transporte:	<b>PARTICULAR, PUBLICO: INTERPROVINCIAL, INTRAREGIONAL, INTRAPROVINCIAL, INTRACANTONAL, O COMERCIAL: ESCOLAR E INSTITUCIONAL O TURISMO</b>

Fuente: Hino Motors

### 2.2.14 Especificaciones chasis

Entre las principales especificaciones técnicas y útiles para la etapa de diseño se muestran a continuación:

**Tabla 6-2:** Especificaciones 2 del chasis Hino Rk

#### CHASSIS SPECIFICATIONS

Item		Chassis model		RK8JSUA (MANUAL T/M)
Wheel base		(mm)		6,000
Tread	Front	(mm)		2,040
	Rear	(mm)		1,840
Max.GVM. Rating		(kg)		14,000
Capacity * (On std. spec.)	GAM. Rating	Front	(kg)	5,000
		Rear	(kg)	9,200
	Tire	Front	(kg)	6,000
		Rear	(kg)	10,900
Chassis mass on standard specifications (including, water, oil and full fuel)		Total (kg)		5,017
		Front (kg)		1,223
		Rear (kg)		3,794
Engine		Model		J08E-UB
		Max. Output	ISO NET	184kW (250PS) at 2,500r/min
			JIS GROSS	191kW (260PS) at 2,500r/min
		Max. Torque	ISO NET	739N-m (75.4kgf-m) at 1,500r/min
JIS GROSS	745N-m (76.0kgf-m) at 1,500r/min			
Height of gravity from ground		(m)		0.7
Tire and Disk		Tire	STD	11R22.5-16PR
		Disk	STD	22.5x8.25-offset 165 mm
Fuel tank (L)		STD		200
Battery (V-KC (A-h) -No.)		STD		12-432 (120) -2
		OPT		12-540 (150) -2
Alternator (V-A)		STD		24-90

Fuente: Hino Motors

### 2.2.15 Dimensiones permisibles del vehículo completo

Dentro del proceso de carrozado el fabricante del chasis dota de un manual de carrozado que debe seguir el carrocerero con la finalidad de que el bus tenga un correcto funcionamiento el cual debe ser cumplido para evitar problemas de fabricación, de no cumplir con estas especificaciones se perderá la garantía en el chasis en la figura . Se muestra las dimensiones recomendables para el bus.

**Tabla 7-2:** Especificaciones 2 del chasis Hino Rk

ITEM		RK8JSUA	
DIMENSION	BODY WIDTH	MAX. 2500 mm	
	BODY HEIGHT (FROM GROUND LINE)	MAX. 3300 mm (ROOF TOP WITH OUT AIR CONDITIONER UNIT)	
	HEIGHT OF GRAVITATIONAL CENTER	LESS THAN 1230 mm (UNLADEN) LESS THAN 1420 mm (LADEN)	
MASS	ALLOWABLE AXLE RATING	FRONT	LESS THAN 5000kg
		REAR	LESS THAN 9200 kg
	ALLOWABLE GROSS VEHICLE MASS RATING		LESS THAN 14000 kg
	WEIGHT DISTRIBUTION ON FRONT AXLE (FR/VM)		MORE THAN 28 % (UNLADEN AND LADEN)
	ENGINE LOCATION	REAR	

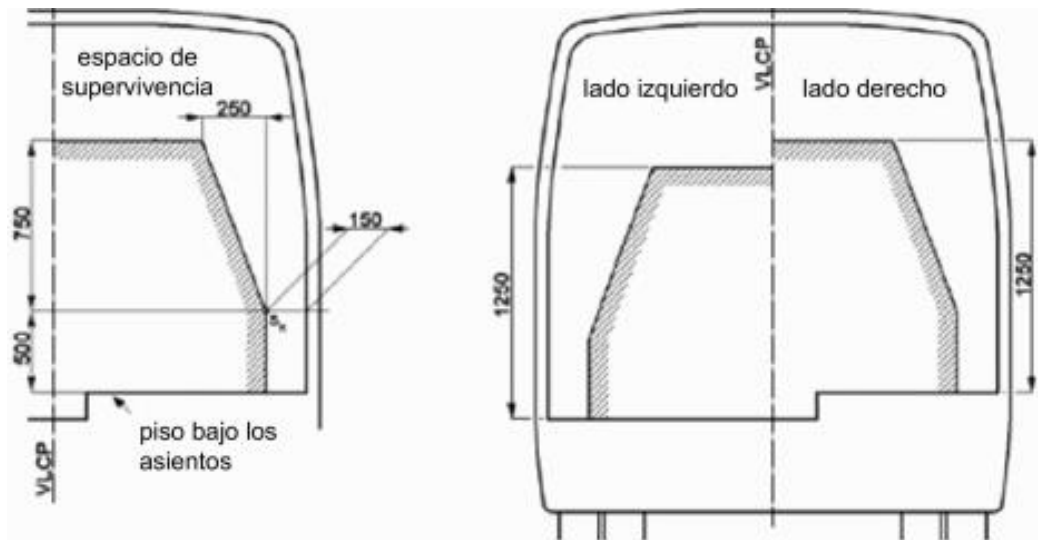
Fuente: Hino Motors

### 2.2.16 Reglamento R66

Este reglamento está dirigido a los vehículos que pertenecen a las categorías M2 y M3 las cuales corresponden a los vehículos destinados a transporte de pasajeros y su equipaje.

- Requisitos y especificaciones

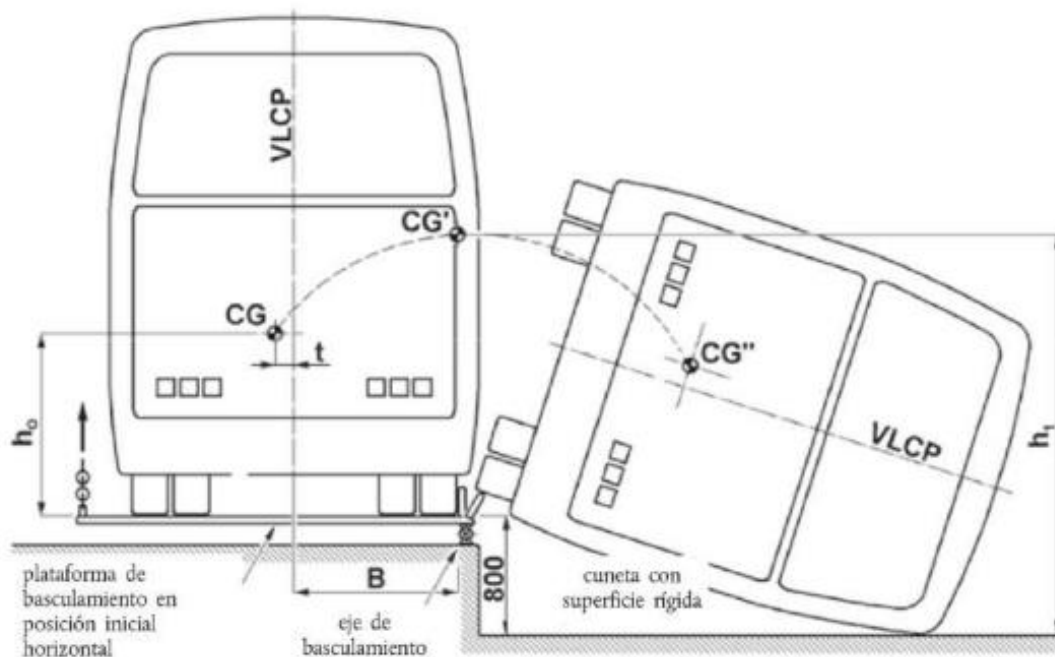
El requisito principal que se debe cumplir es que la superestructura del bus no dañe ni invada el espacio de supervivencia esto es durante el vuelco o cuando este haya terminado, el espacio de supervivencia está determinado como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 9-2.** Determinación del espacio de seguridad en el plano transversal

Fuente: Reglamento R66

Como especificación general el ensayo de vuelco consiste en un basculamiento lateral que empieza a partir de la posición de equilibrio inestable de la carrocería  $CG'$ , la cual inicia con una velocidad angular nula.



**Figura 10-2.** Centro de gravedad inestable

Fuente: Reglamento R66

### 2.2.17 Tipología de Ensayos de Vuelco

Existen diferentes métodos para el ensayo de vuelco para el proceso de homologar la estructura de un autobús de las cuales se enunciara las principales características de los tipos de ensayo que se establecen el reglamento R66.

- Ensayo de vuelco como método básico de homologación

El ensayo se realiza con el autobús entero sobre una superficie basculante y analizar las deformaciones y energías que se desprenden luego que la superestructura colisiones cinta una superficie rígida es decir será lisa y de cemento, las ruedas del autobús deben estar bien infladas y se debe cerrar las puertas y ventanas.



**Figura 11-2.** Ensayo de vuelco de autobús

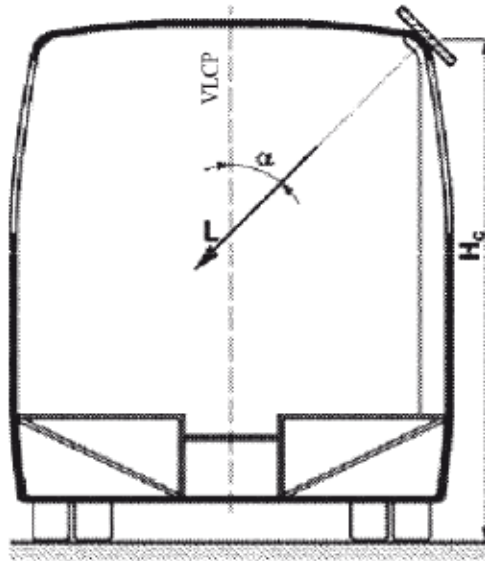
**Fuente:** <https://www.youtube.com/watch?v=BuDpflXZZFU>

- Ensayo de vuelco utilizando secciones de la carrocería como método de homologación equivalente

Para este caso es parecido al anterior pero en vez de ocupar el autobús completo en el ensayo se ocupan diversas secciones representativas del mismo, para así con los resultados que se tengan se pueda extrapolar al conjunto entero.

- Ensayo de carga cuasiestática de secciones de la carrocería como métodos de homologación equivalente

En este caso se debe aplicar una carga de forma gradual en los travesaños superiores de la estructura hasta que la estructura invada el espacio de supervivencia, se debe tomar los resultados de deformaciones con cada incremento de carga para que se puedan analizar la energía absorbida y la energía mínima que debería ser absorbida. La carga se aplicara sobre una placa rígida que logre distribuirse de forma uniforme.

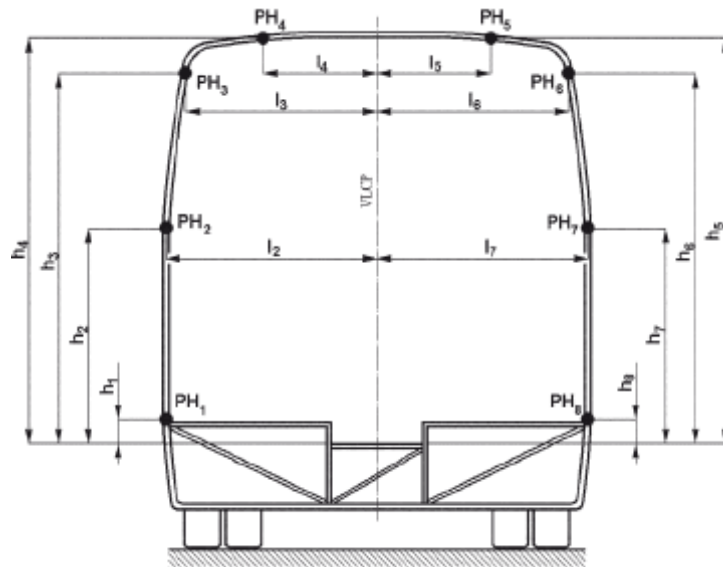


**Figura 12-2.** Ensayo de aplicación de carga.

**Fuente:** Reglamento R66

- Cálculo cuasiestático basado en el ensayo de componentes como método de homologación equivalente

En este ensayo se crea un modelo matemático que identifique y que coloque en la estructura las zonas plásticas y bisagras plásticas, el modelo debe poder tener en cuenta la no linealidad entre la carga y deformaciones de las bisagras plásticas.



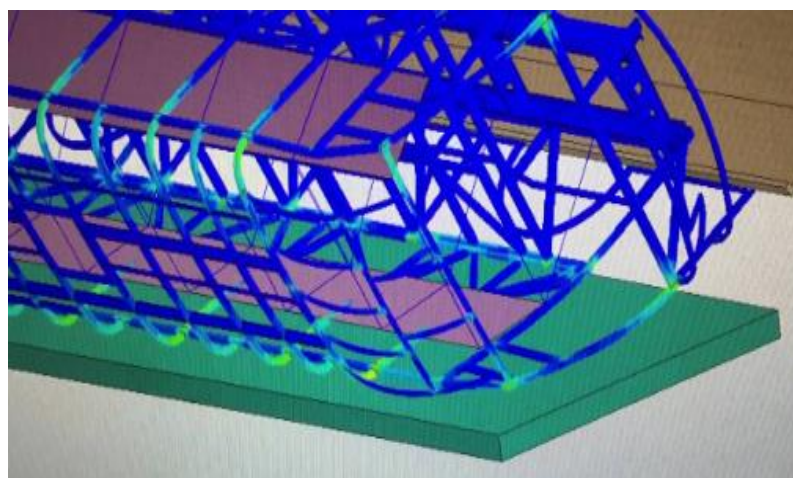
**Figura 13-2.** Localización de las bisagras plásticas de un segmento

Fuente: Reglamento R66

La carga que se aplique será con pequeños incrementos como el caso anterior, en cada incremento se considerara su deformación, el ensayo termina cuando la estructura invada el espacio de seguridad.

- Simulación por ordenador del ensayo de vuelco de un vehículo completo como método de homologación equivalente

En este tipo de método se trata de crear las condiciones de un ensayo de vuelco real a través de un software, el modelo de carrocería debe contener las características principales como son centro de gravedad, momentos de inercia características de los materiales, etc.

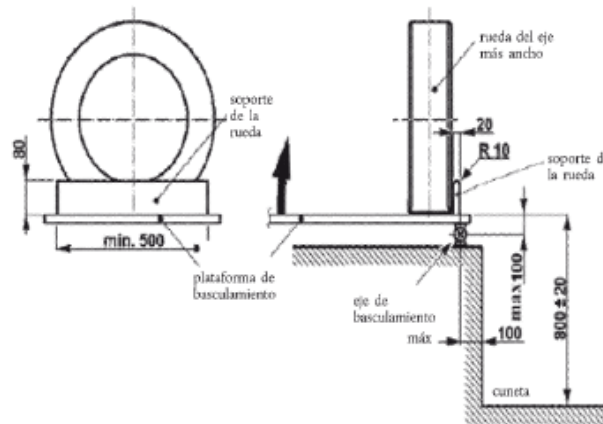


**Figura 14-2.** Ensayo de vuelco en software

Fuente: [http://oa.upm.es/43844/1/TFG\\_JESUS\\_MANUEL\\_DONAIRE\\_SANCHEZ.pdf](http://oa.upm.es/43844/1/TFG_JESUS_MANUEL_DONAIRE_SANCHEZ.pdf)

### 2.2.18 Condiciones del ensayo

En la siguiente figura se puede observar la plataforma de basculamiento con las dimensiones y características que debe tener.

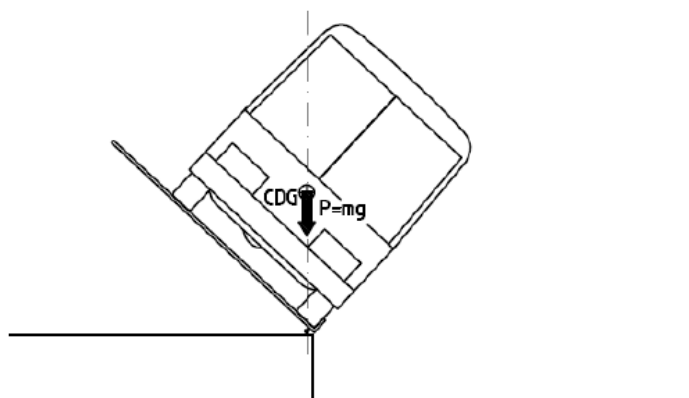


**Figura 15-2.** Características de la plataforma de basculamiento y de los soportes de las ruedas.

Fuente: [http://oa.upm.es/43844/1/TFG\\_JESUS\\_MANUEL\\_DONAIRESANCHEZ.pdf](http://oa.upm.es/43844/1/TFG_JESUS_MANUEL_DONAIRESANCHEZ.pdf)

### 2.2.19 Análisis del vuelco

El vuelco es producido debido a un momento generado en el centro de gravedad, en un punto denominado de inestabilidad cuando la plataforma de basculamiento al momento de girar el centro de gravedad del vehículo se iguala en la línea vertical del centro de giro de la plataforma.

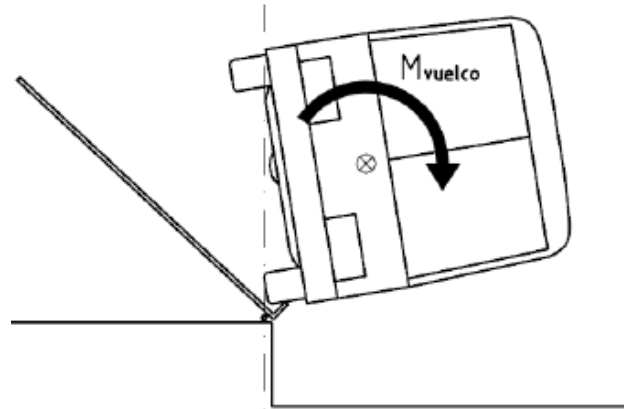


**Figura 16-2.** Autobús en punto inestable

Fuente: [http://oa.upm.es/43844/1/TFG\\_JESUS\\_MANUEL\\_DONAIRESANCHEZ.pdf](http://oa.upm.es/43844/1/TFG_JESUS_MANUEL_DONAIRESANCHEZ.pdf)



Como se puede observar en las figuras el vuelco comienza a partir de que el centro de gravedad se encuentra en el punto inestable, debido al peso propio del vehículo se produce un momento que será el que produce el vuelco del autobús como se muestra en la figura a continuación. (DONAIRE, 2018)



**Figura 17-2.** Autobús en proceso de vuelco

Fuente: [http://oa.upm.es/43844/1/TFG\\_JESUS\\_MANUEL\\_DONAIRE\\_SANCHEZ.pdf](http://oa.upm.es/43844/1/TFG_JESUS_MANUEL_DONAIRE_SANCHEZ.pdf)

### 2.3 Marco conceptual

Análisis Cuasi estático.- es un proceso ideal de algo real que se realiza de una manera que el sistema esté en todo momento cerca del estado de equilibrio es un proceso irreversible.

Análisis de Impacto.- impacto mecánico es la aplicación de una gran fuerza o un choque que ocurre en un periodo de tiempo cuando existe un choque entre cuerpos.

Análisis estático.- El análisis estático se define como la evaluación de un estado de esfuerzo de una estructura que se encuentra sometida a cargas constantes durante todo el análisis.

Bastidor.- se define como un conjunto del armazón de un vehículo, que es la base de los grupos funcionales y de la carga a transportar. (Badea, 2015)

CAD.- se define como un diseño asistido por computador utilizado para diseñar una estructura metálica.

CAE.- se define como ingeniería asistida por computador, utilizado para simular el comportamiento estático y dinámico de una estructura ante la aplicación de cargas.

Carga de aceleración brusca.- se define como la fuerza que se produce debido a la aceleración del vehículo.

Carga de frenado.- se define como la fuerza que se produce al accionar el freno de un vehículo. (Cárdenas, 2014)

Carga de giro.- se define como la fuerza que se produce cuando un vehículo gira.

Carga por resistencia de aire frontal.- se define como una fuerza exterior debido a la oposición del aire cuando el bus se conduce en un sentido y que afecta a la parte frontal del vehículo.

Carga Muerta.- se define como el peso total de la carrocería de un vehículo en condiciones operativas incluyendo peso de elementos estructurales y no estructurales permanentes.

Carga Viva.- se define como la carga por ocupación y es considerada como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería.

Combinaciones de carga.- se componen por diferentes factores y cargas en el caso de carrocerías metálicas existen 7 casos de combinación que serán definidas en la parte de diseño del documento.

Carrocería.- es el conjunto de la estructura de elementos de seguridad y confort que se adiciona al chasis. (Cuasupud, 2016)

Chasis Autoportante (Buggy).- se define como la base que soportara al vehículo completo conformado de largueros dividido en módulos con modificación para separación de distancia entre ejes de ruedas y espacio amplio de bodegas pasadas.

Chasis Compacto.- se define como la base que soportara al vehículo completo conformado de largueros transversales y longitudinales fijos, sin modificación de distancia entre ejes de ruedas y espacio limitado de bodegas por encima del chasis.

Cinemática.- Parte de la mecánica que trata del movimiento en sus condiciones de espacio y tiempo, sin tener en cuenta las causas que lo producen. ( Gonzalez, 2017)

Diseñar.- es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades. El diseño mecánico hace referencia al diseño de objetos o sistemas de naturaleza mecánica, es

decir, piezas, estructuras, mecanismos, dispositivos, máquinas e instrumentos con fines diversos. El diseño mecánico se basa en estudios sobre cuestiones como el límite de fluencia de los materiales y el valor de esfuerzo aplicado con el cual los materiales comienzan a deformarse de forma permanente. (Cherrez, 2018)

Deformación.- se define como un desplazamiento de un punto de un cuerpo debido a aplicación de cargas o efectos térmicos.

Ensayo.- es un análisis o prueba que se realiza a un elemento para determinar el comportamiento o la reacción que se produce.

Espacio de Supervivencia.- es el volumen que se tiene en el compartimiento de ocupantes desplazando en línea recta el plano vertical y transversal después de la aplicación de una carga.

Fluencia.- Indicación del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica. Es el esfuerzo en el que un material exhibe una deformación permanente especificada y es una aproximación práctica de límite elástico. El límite elástico convencional está determinado a partir de un diagrama carga-deformación. (Perez, 2018)

Peso Bruto Vehicular.- es el peso total del vehículo definido como la suma del peso en vacío más la carga admisible del fabricante.

Peso en vacío.- Es el valor nominal del peso del vehículo según lo indicado por el fabricante incluyen todos los accesorios del bastidor antes del proceso de carrozado. (Esmeraldas, 2016)

Prototipo.- es un primer modelo que sirve como representación o simulación del producto final y que nos permite verificar el diseño y confirmar que cuenta con las características específicas planteadas. Un prototipo puede ayudar a construir soporte para el producto mediante la muestra de algo concreto y ejecutable a los usuarios, clientes y gestores. La naturaleza y el objetivo del prototipo deben ser claros durante todo el ciclo vital. (Pelaez, 2016)

## CAPÍTULO III

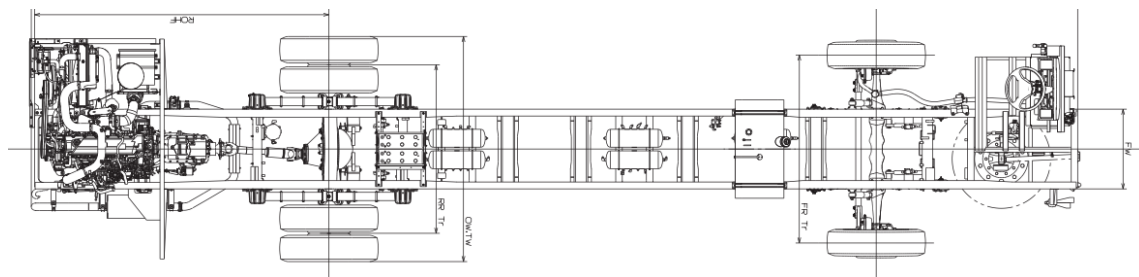
### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Análisis de reposicionamiento de accesorios del chasis

En el manual de carrozar se especifica que los componentes como baterías, tanque de combustible, tanques de aire, cañerías hidráulicas, y cañerías neumáticas no se encuentran ubicadas en su posición definitiva en el caso de ser necesario su cambio de posición este no debe sobrecargarse a un solo lado de los ejes tanto horizontal como verticalmente las cañerías tienen una holgura en sus dimensiones para realizar los cambios necesarios y permitidos, los accesorios como tanques de aire, tanque de combustible, serán reubicados a zonas seguras que no sean prohibidas por el manual de carrozar y también que no interfieran con el correcto funcionamiento de todos estos sistemas.

##### a) Posición original de componentes del chasis

En la figura se puede observar el chasis con las posiciones originales de los componentes como son tanques de aire que dispone de 5 en total y un tanque de combustible que van a ser reposicionados cumpliendo las recomendaciones del manual de carrozar, el cual permite mover los componentes del chasis utilizando el mismo diámetro de cañerías.



**Figura 1-3.** Planos chasis vista superior

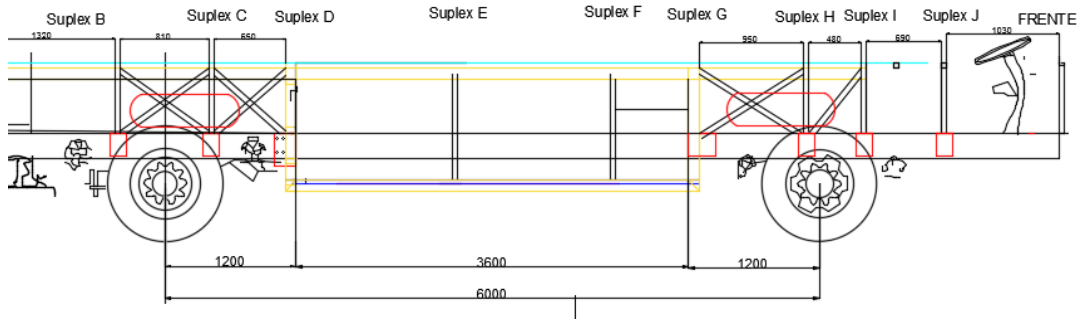
Fuente: Hino Motors

En la figura se puede observar 2 tanques en la parte posterior y 3 tanques en la parte delantera.

##### b) Reposicionamiento

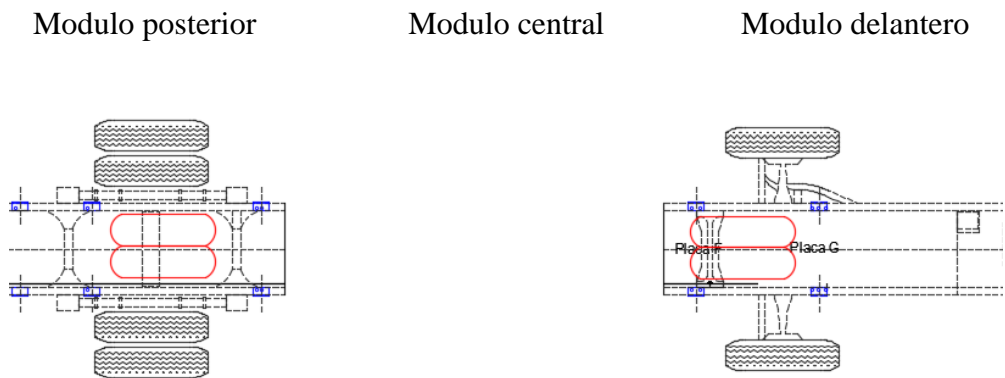
Como se puede observar en las figuras 2-3 y 3-3, los tanques de aire para uso de freno y de componentes de carrocería serán reposicionados en el módulo delantero y posterior de la siguiente manera los 3 próximos al eje delantero serán reposicionados antes del corte de chasis delantero y

por debajo del mismo, y los 2 tanques próximos al eje posterior de igual manera repositionados atrás del corte posterior del chasis manteniendo las conexiones originales y las cañerías originales utilizando su holgura permitida. El tanque de combustible ira en el módulo delantero antes del corte del chasis y con sus bases fijas sobre el mismo en posición transversal.



**Figura 2-3.** Planos chasis vista lateral

Fuente: Autor

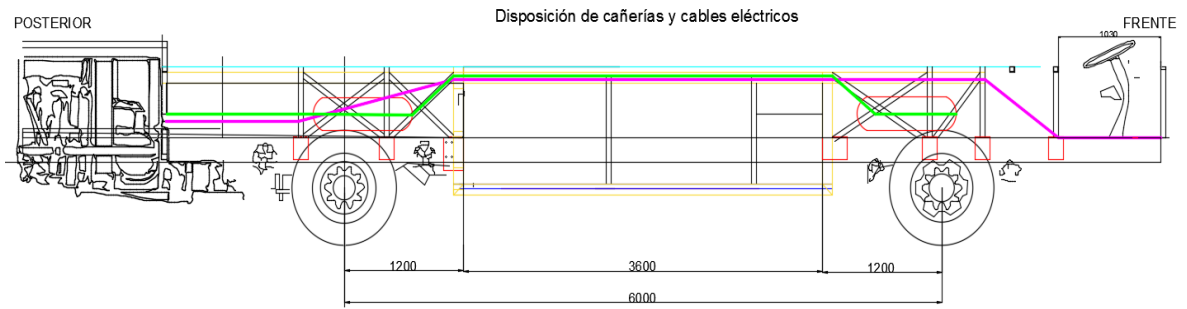


**Figura 3-3.** Planos chasis vista superior corte

Fuente: Autor

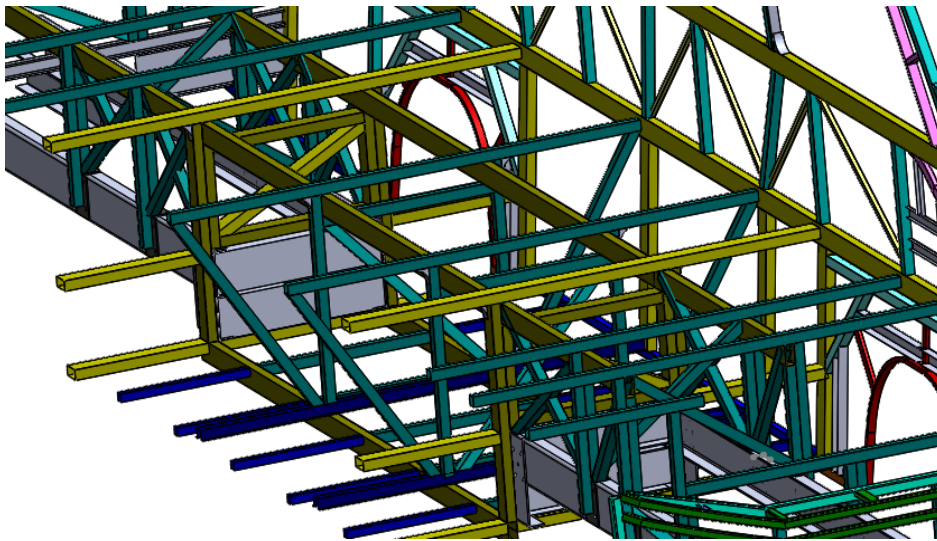
c) Disposición de cañerías neumáticas, hidráulicas, combustible y cables eléctricos.

Debido a la nueva disposición de los elementos y accesorios del chasis se realizarán cambios en las cañerías de conducción tanto hidráulicas, combustible y cables eléctricos respetando las disposiciones del manual de carrozar, conservando los diámetros originales, se evitara cambios de dirección bruscas en las cañerías con la finalidad de reducir al mínimo las posibles pérdidas en las líneas de conducción. Las cañerías hidráulicas que llevan liquido de freno, y liquido de embrague son de tipo rígidas con uniones roscadas las cuales se mantendrán las mismas en su gran mayoría, en la zona de los cortes del chasis se puede observar que existe un desnivel superior, es en estas zonas donde se colocara cañerías flexibles que cumplan con las mismas especificaciones de presión necesarias para no afectar su funcionamiento normal.



**Figura 4-3.** Planos chasis vista disposición de cañerías

Fuente: Autor



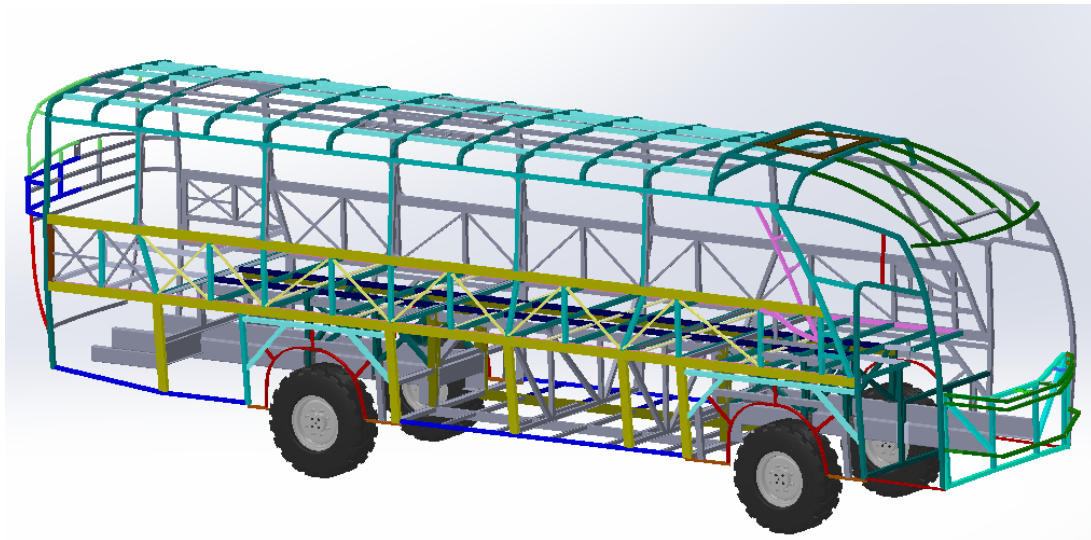
**Figura 5-3.** Espacios dispuestos para el paso de las cañerías y cables eléctricos.

Fuente: Autor

En la figura se puede observar que en la estructura se ha dispuesto de un espacio para permitir el paso libre de las cañerías y cables, que serán protegidos adecuadamente para evitar posibles daños.

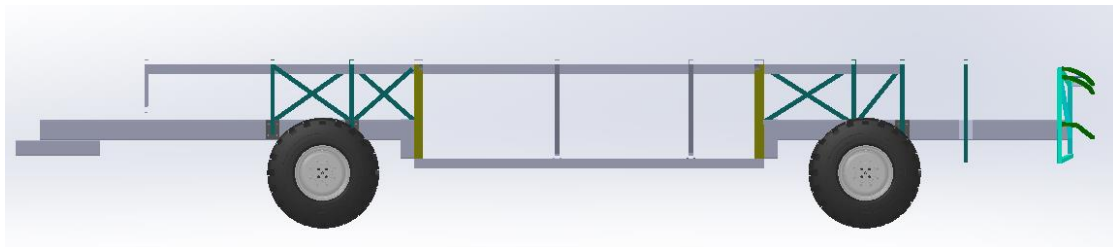
### 3.2 Procedimiento para el corte del chasis

El modelo del chasis HINO RK8J debido a su disposición con motor posterior presta condiciones para poder realizar un corte intermedio de los largueros principales para poder utilizar este espacio como bodega a continuación se presenta el proceso que se realizara para el carrozado en dicho chasis, cabe indicar que la distancia entre ejes se mantendrá no será modificada.



**Figura 6-3.** Modelo de carrocería vista isométrica

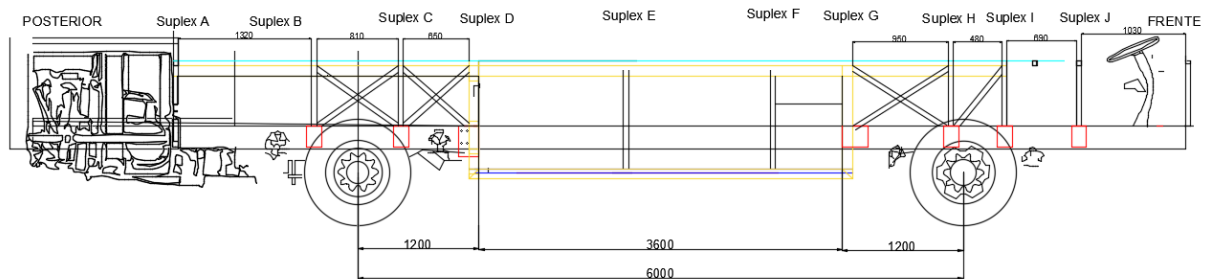
Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 7-3.** Modelo de carrocería vista lateral

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

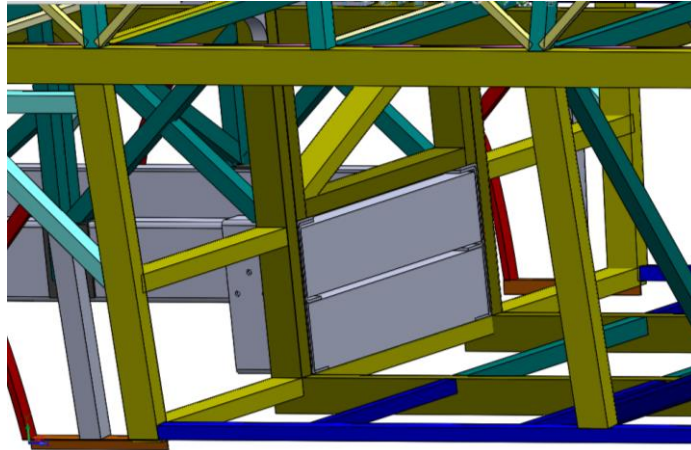
Se pretende realizar el corte del chasis a 1200mm medidos del eje delantero hacia atrás, así como a 1200mm del eje posterior hacia adelante como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 8-3.** Modelo de carrocería vista lateral cotas

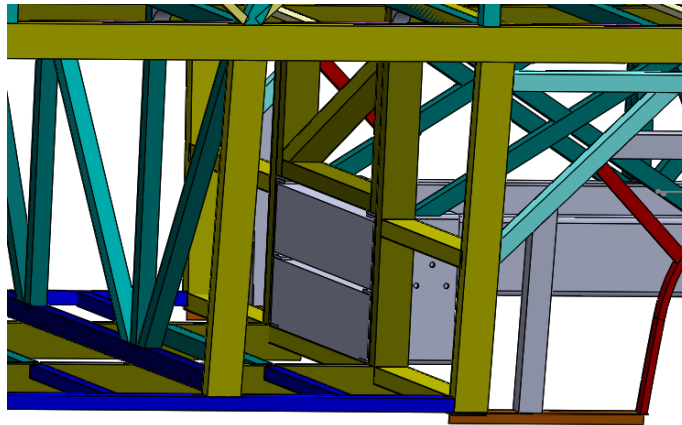
Realizado por: Hernández, Juan. 2020

La zona de corte será reforzada por perfiles estructurales (TR 100X50X4mm) que suplirán a los largueros originales, los anclajes de la carrocería serán reforzados y para ampliar el área de sujeción del chasis con la carrocería se implementarán placas de fijación como se muestra en las siguientes figuras.



**Figura 9-3.** Corte posterior

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 10-3.** Corte delantero

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

En el área de corte del chasis tanto posterior y delantero se colocaran largueros transversales que saldrán de la zona que fue cortada con la finalidad de reforzar esta zona y aumentar la zona de fijación del chasis con la carrocería.

- Proceso de Alineación del chasis – carrocería

Para el proceso de alineación se realizara de manera similar como en el caso de los chasis auto portante Mercedes Benz, se usaran caballetes móviles y fijos, los pasos que se seguirán en este proceso se enlistan a continuación.

1.- Se desconectarán baterías, y parte eléctrica que puedan ser afectadas durante el carrozado, así como los accesorios que serán reubicados.



- 2.- Se realizará la desconexión de las cañerías hidráulicas y neumáticas y se las protege para evitar daños durante el proceso de carrozado.
- 3.- Se apoyará el chasis sobre los caballetes fijos y móviles.
- 4.- Se fijará las posiciones de los caballetes una vez alineado el chasis.
- 5.- Se procederá a realizar el corte del chasis en la parte posterior y delantera, no sin antes realizar la señalización de las zonas de placas de fijación.
- 6.- Se montará la estructura de la carrocería sobre el chasis y se alineará la estructura de acuerdo a la alineación del chasis.
- 7.- Se fijarán las zonas de corte de chasis debidamente para asegurar la alineación total.
- 8.- Una vez confirmadas todas las alineaciones tanto en estructura como en chasis se procederá a sacar los caballetes fijos y móviles para seguir con el proceso de carrozado.



**Figura 11-3.** Accesorios desmontables del chasis

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020



**Figura 12-3.** Elementos desmontables del chasis

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

En las figuras mostradas anteriormente se pueden observar los accesorios del chasis como son tanques y cañerías, así como los cables eléctricos y depósitos de aceite y refrigerantes del motor.

- Confirmación de la alineación se seguirá el siguiente procedimiento



**Figura 13-3.** Alineación del chasis

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

1.- Una vez cortado el chasis y apoyado en coches (Caballetes móviles y fijos) sobre rieles fijas como se ve en la figura anterior, se alineara tomando como referencia los largueros del chasis utilizando reglas, escuadras, nivel y piola.



**Figura 14-3.** Alineación chasis 2

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

2.- Una vez alineado el chasis se procederá a montar la estructura sobre el mismo.

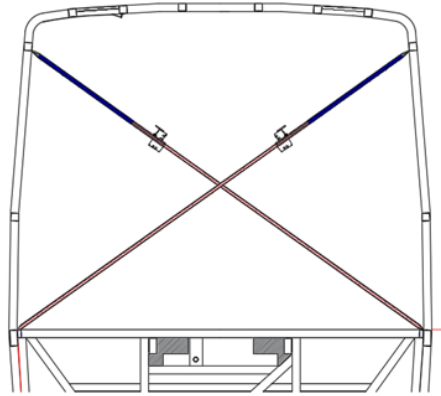
3.- Una vez montado el piso los laterales y techo se procederá a alinear la estructura de acuerdo a la alineación de chasis.



**Figura 14-3.** Alineación chasis 3

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

4.- Se confirmará la alineación en tomada en X de la estructura para finalizar y se procederá a sacar los coches (caballetes) sobre el cual está apoyado el chasis y se seguirá con el proceso de carrozado.

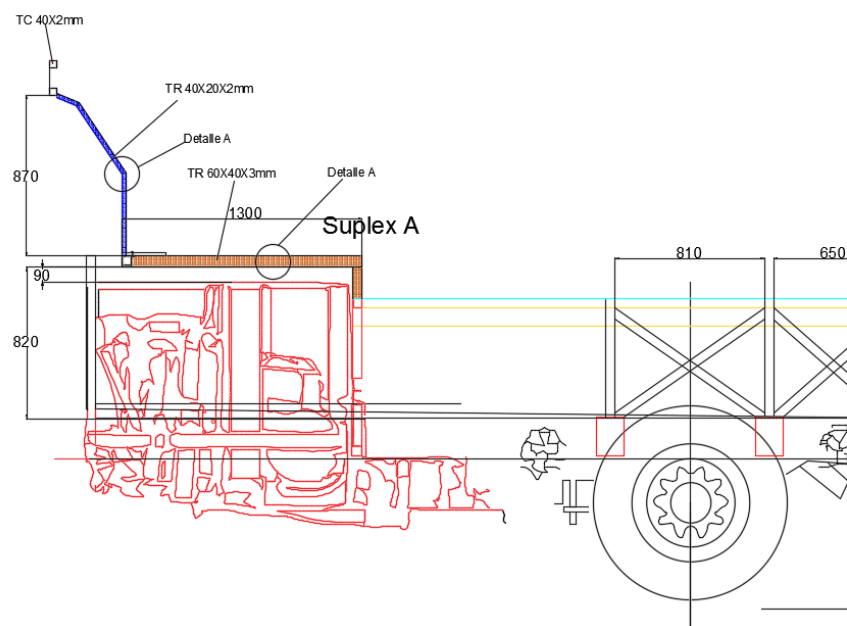


**Figura 15-3.** Alineación chasis 3

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

- Estructuración posterior parte del motor

En la parte posterior se construirá una grada para dejar tolerancias entre la estructura y el motor, además de realizar un adecuado aislamiento Térmico – Acústico para evitar problemas en el habitáculo de pasajeros.

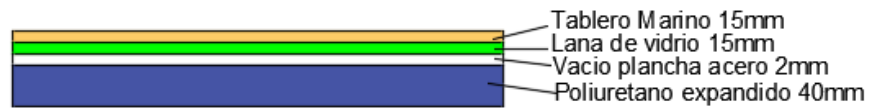


**Figura 16-3.** Aislamiento zona motor

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

- Detalle de asilamiento

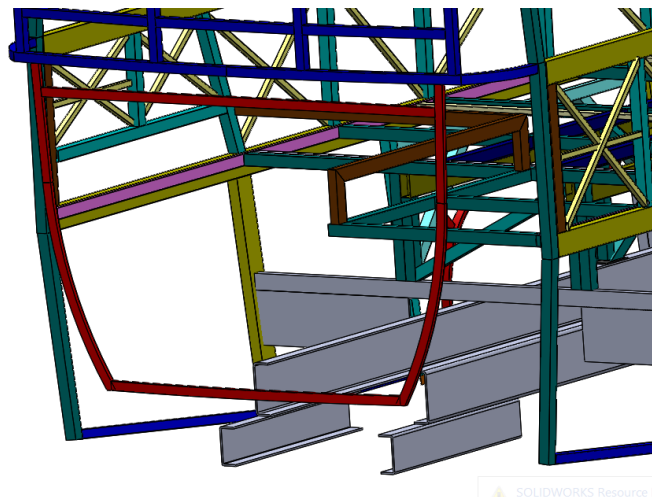
## Detalle de Aislamiento A



**Figura 17-3.** Detalle aislamiento zona motor

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

La cobertura sobre el motor será desmontable en la parte posterior y sobre el piso tendrá una tapa con la finalidad de poder inspeccionar y en el caso que sea necesario desmontar los componentes del motor.



**Figura 18-3.** Modelo zona motor

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

### 3.3 Análisis cinemático (estático)

- Determinación del centro de gravedad

El peso de la carrocería es importante para calcular la ubicación del centro de gravedad de la carrocería del autobús para esto se debe considerar todos los pesos de los componentes tanto estructurales como los de acabados y cargas vivas actuantes en el autobús.

- Peso de las ventanas

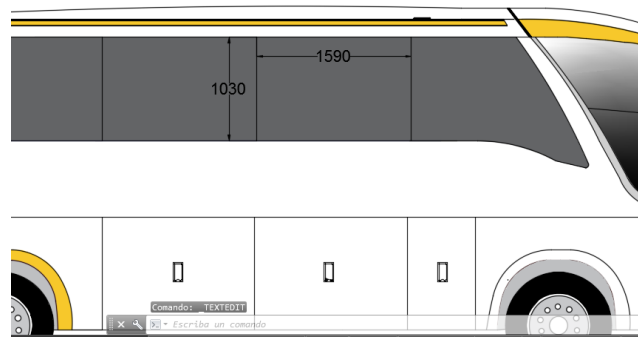


Tabla de peso de vidrios

Grosor	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	8 mm	10 mm
Peso	7,5 Kg/m <sup>2</sup>	10 Kg/m <sup>2</sup>	12,5 Kg/m <sup>2</sup>	15 Kg/m <sup>2</sup>	20 Kg/m <sup>2</sup>	25 Kg/m <sup>2</sup>

**Figura 19-3.** Ventanas del autobús

Fuente: <http://www.espaicenor.com/>

$$\text{Área Vidrio} = 1.03\text{m} * 1.59\text{m} = 1.63\text{m}^2$$

$$\text{Peso de 6 ventanas por lado} = 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1.63\text{m}^2 * 6 = 146.7 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total de Ventanas} = 293.4 \text{ kg}$$

- Peso de forros Costado

Los costados del bus son forrados con aluminio de 1.5mm de espesor.

$$\text{Peso aluminio 1.5mm} = 4.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Área forrado 1 costado} = 1.86\text{m} * 10.5\text{m} = 19.53\text{m}^2$$

$$\text{Peso del forro costado} = 90.11 \text{ kg (por cada lateral)}$$

$$\text{Peso Forrado externo total} = 180.22 \text{ kg}$$

- Peso de fibras techo internas, externas y posterior

$$\text{Densidad fibra de vidrio} = 1.4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Volumen Fibras} = 15\text{m} * 2.4\text{m} * 4\text{m} = 144\text{m}^3$$

$$\text{Peso de Fibras} = 201.6 \text{ kg}$$

- Peso forros interiores

Para los forrados interiores se usa fibra de vidrio de espesor 4mm.

$$\text{Densidad fibra de vidrio} = 1.4 \frac{g}{cm^3}$$

$$\text{Volumen Fibras} = 11m * 2.4m * 4m * 2 = 144 m^3$$

$$\text{Peso de Fibras total} = 211.2 \text{ kg}$$

- Peso de los asientos

$$\text{Peso asiento Individual} = 16 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de 45 Asientos (Incluido chofer y ayudante)} = 720 \text{ kg}$$

- Peso del Aire acondicionado y claraboyas

$$\text{Peso total aire + claraboyas} = 100 \text{ kg}$$

- Peso de tablero marino contrachapado (PISO INTERIOR)

$$\text{Peso por cada plancha } 1.22x2.5m = 9.3 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total 8 Planchas} = 74.4 \text{ kg}$$

**Tabla 1-3:** Peso Total Carrocería

Nº	Denominación	Peso (kg)
1	Peso estructura	2153.6
2	Peso Ventanas	293.4
3	Peso forrados exteriores	180.22
4	Forrados Interiores	211.2
5	Peso Asientos	720
6	Peso fibras Techo posterior	201.6
7	Peso Aire acondicionado	100
8	Peso tablero marino	74.4
	<b>Peso total carrocería</b>	<b>3934.42</b>

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

**Tabla 2-3: Pesos Totales**

Peso Total del chasis (kg)	5020
Peso de la carrocería (kg)	3934.42
<b>Peso total de la carrocería + chasis (Sin carga) (kg)</b>	<b>8954.42</b>

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Centro de gravedad

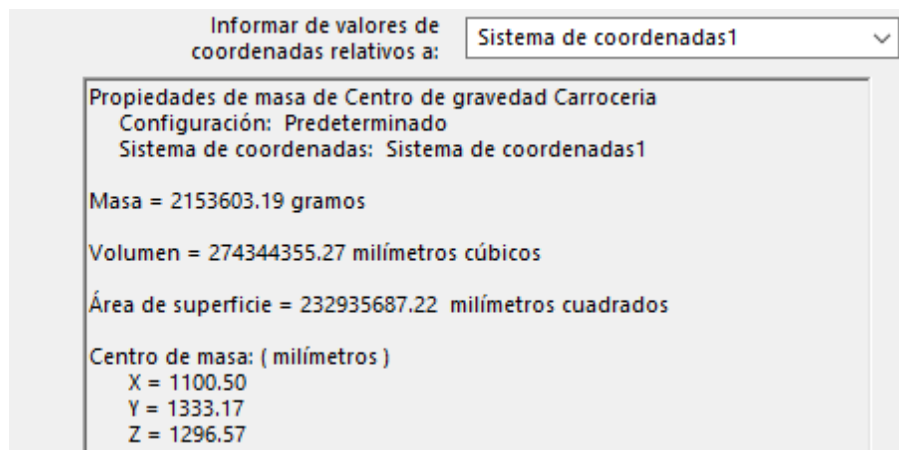
El centro de gravedad es importante ya que si es muy alto causa inestabilidad. Por lo cual es bueno tener el centro de gravedad dentro de los límites establecidos.



**Figura 20-3. Datos centro de gravedad**

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

**Tabla 3-3: Peso carrocería 2**



Realizado por: Hernández, Juan. 2020

De los datos obtenidos del centro de gravedad de la carrocería tomada desde un punto de la carrocería se debe considerar sumar la distancia del piso al punto de referencia para los valores totales.



**Tabla 4-3:** Peso carrocería 3

	Masa (kg)	Altura centro gravitacional (m)	Momento (kg.m)
Chasis	5020	0.7	3514
Carrocería	3934.42	1.8 (1.33+0.467)	7081.95
Total (Descargado)	8954.42		10595.95
Tripulación	3375	1.8	6075
Equipaje	740	1.8	1332
Total (cargado)	13069.42		18002.95

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

$$Hcg = \frac{\text{momento}}{\text{masa}}$$

$$Hcg = \frac{10595,95 \text{ kg. m}}{8954,54 \text{ kg}} = 1,183 \text{ m} < 1,23 \text{ m (ok)}$$

(Descargado)

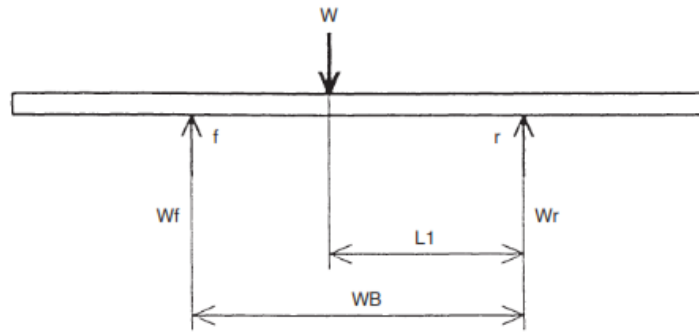
$$Hcg = \frac{\text{momento}}{\text{masa}}$$

$$Hcg = \frac{1800,95 \text{ kg. m}}{13069,42 \text{ kg}} = 1,377 \text{ m} < 1,42 \text{ m (ok)}$$

(Cargado)

- Cálculo Wf y Wr (Cargas en los ejes)

Para el cálculo de las cargas frontales (Wf) y cargas posteriores (Wr) se realiza de acuerdo a como se indica en el manual de carrozar del chasis HINO RK, donde se consideran la distancia entre ejes (WB) y una distancia L1 que corresponde a la distancia desde el eje posterior al centro de gravedad y el valor de W corresponde al valor del peso de la carrocería.



$$W_f = \frac{W \times L_1}{WB}$$

$$W_r = W - W_f$$

**Figura 21-3.** Cargas en los ejes

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Cálculos para la carrocería

$$WB = 6\text{m}$$

$$L_1 = (1200 + 1296.57)\text{ mm} = 2.496\text{m}$$

$$W = 3934.42\text{ kg}$$

$$W_{fc} = 1636.718\text{ kg}$$

$$W_{rc} = W - W_{fc} = 3934.42 - 1636.718\text{ kg} = 2297.702\text{ kg}$$

- Cálculos para pasajeros

$$L_1 = (1200 + 1296,57)\text{ mm} = 2,496\text{m}$$

$$W = 45 * 75\text{kg} = 3375\text{ kg}$$

$$W_{fp} = 1404\text{ kg}$$

$$W_{rp} = 1971\text{ kg}$$

- Equipaje

$$V_{cajuelas} = 7,4\text{ m}^3$$

$$L_1 = 2,496\text{m}$$

$$W = 740\text{ kg}$$

$$W_{fe} = 307,84\text{ kg}$$

$$W_{re} = 432,16 \text{ kg}$$

- Cálculo del peso bruto vehicular y del peso bruto del eje

**Tabla 5-3:** Peso bruto vehicular

Denominación	Total	Frontal	Posterior
Chasis	5020 kg	1224 kg	3796 kg
Carrocería	3934.42 kg	1636.718 Kg	2297.702 kg
Masa Vehicular	8954.42 kg	2860.718 kg	6093.702 kg
Pasajeros y tripulación	3375 kg	1404 kg	1971.14 kg
Equipaje	740kg	307.85kg	432.16kg
Peso bruto vehicular	13069.42 kg	4572.56 kg	8497 kg
Capacidad del eje	14000kg	5000 kg	9200 kg
Capacidad del Neumático	11R/22.5/16 PR	6000 kg	10900 kg

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Distribución de masa en el eje frontal

Cargado

$$D_m = \frac{P_{ef}}{PBV}$$

$$D_{mc} = \frac{4572,56 \text{ kg}}{13069,42 \text{ kg}} * 100 = 34,986\% > 28\% \text{ (ok)}$$

Sin carga

$$D_m = \frac{P_{ef}}{PBV}$$

$$D_{md} = \frac{2860,718 \text{ kg}}{8954,42 \text{ kg}} * 100 = 31,94\% > 28\% \text{ (ok)}$$

Cumple con los requisitos establecidos en el manual de carrozar como son la altura del centro de gravedad así como la distribución de masa en el eje frontal.

- Análisis estático y dinámico

El proyecto comprende el análisis y diseño estructural de la estructura metálica de una carrocería para servicio Interprovincial y Turismo. Para esto se ha seguido el siguiente procedimiento:

1.- Dimensiones de la estructura de la carrocería, distribución de cargas requeridas por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1323: 2009 (VIGENTE).

2.- Análisis y diseño de acuerdo a las condiciones de carga.

3.- Simular por método computacional de elementos finitos el ensayo explícito no lineal de vuelco.

Características del modelo a ensayar:

**Tabla 6-3:** Características del modelo a ensayar

<b>CHASIS</b>	
Marca del chasis	HINO
Modelo del Chasis	RK8J SUA-NJL
Año del chasis	2019
País de procedencia	COLOMBIA
Peso de chasis [kg]	5020
Capacidad de carga [kg]	8980
Peso bruto vehicular [kg]	14000
Distancia entre ejes [m]	6
<b>CARROCERÍA</b>	
Tipo de servicio o modalidad	INTERPROVINCIAL Y TURISMO
Marca de la Carrocería	MEGABUSS 650 TIPO BUGGY
Año de fabricación de la carrocería	2019
País de procedencia de la carrocería	ECUADOR
Aire acondicionado	SI

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

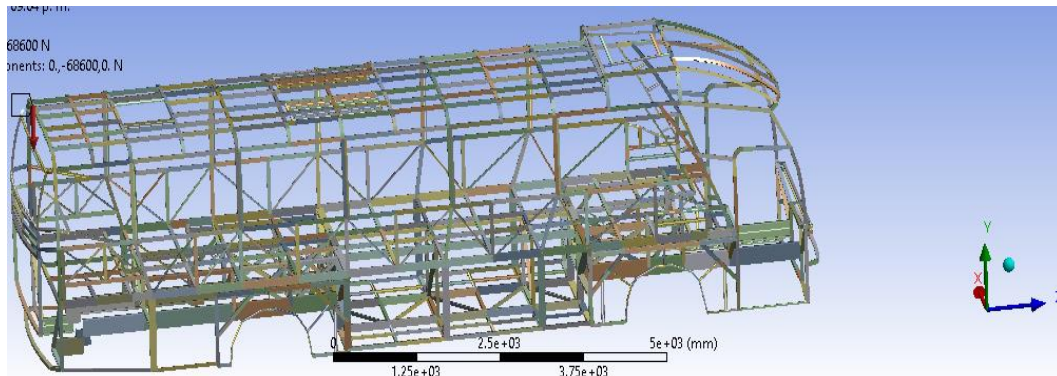
- Procedimiento

En este tipo de ensayo se usará el software ANSYS INC con su extensión LS-DYNA que es un programa computacional que se aplica en el campo de ingeniería para la simulación de eventos estáticos, cuasi estáticos y dinámicos de todo tipo de estructuras, chasis y bastidores para ver el comportamiento en condiciones de trabajo de colisiones y de impactos.

El modelo matemático de la estructura de la carrocería metálica es realizado de acuerdo a los planos de diseño que se han realizado de acuerdo a las necesidades y especificaciones solicitadas

en el manual de fabricar y del modelo de la carrocería el modelo tridimensional fue realizado por medio de uso del software SOLIDWORKS especializado para realizar modelos tridimensionales.

- Coordenadas de trabajo



**Figura 22-3.** Coordenadas de trabajo para el análisis estático

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

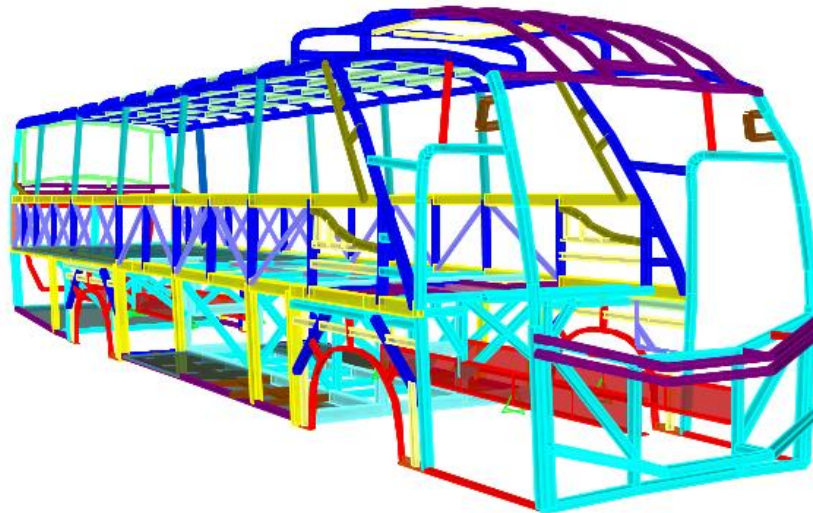
Para el análisis estático se consideraran las siguientes referencias el eje Y para la gravedad, el eje X la sección transversal del autobús y el eje Z a lo largo del eje longitudinal.

- Concepción del modelo estructural

La estructura de la carrocería para el ensayo tiene los siguientes componentes:

- ✓ Piso
- ✓ Techo
- ✓ Frente y respaldo
- ✓ Anclajes
- ✓ Chasis

Toda la estructura esta soldada con soldadura MIG, debidamente tratada y protegida contra la corrosión por dentro y por fuera. El material definido es el Acero ASTM A36, ASTM A 500, Calidad JIS G 3132.



**Figura 23-3.** Modelo estructural

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Materiales y resistencia

Los materiales estructurales utilizados en la carrocería de autobús son los siguientes:

**Tabla 7-3:** Características del modelo a ensayar

Denominación	Descripción
Designación del acero usado	ASTM A36/ASTM A 500 GRADO A
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	7830
Módulo de elasticidad	2.07e+11
Radio de Poison	0.3
Espesor Máximo/Mínimo [mm]	6/1.2
Coefficiente de fricción estático acero-concreto	0.3
Coefficiente de fricción dinámico acero-concreto	0.2
Límite de Fluencia Sy/Resistencia Ultima a la tracción SU	250MPa/400-420MPa

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

En la siguiente tabla se muestra de forma detallada los materiales utilizados en la fabricación de la carrocería:

**Tabla 8-3:** Lista de materiales de la carrocería

<b>Denominación</b>	<b>Ubicación</b>
C20X50X20X2mm	Unión de la plancha de madera
C20X100X20X2mm	Sujeción para la claraboya delantera
L40X40X3mm	Marco para cajuelas
Omega 20x50x50x50x20x2mm	Estructura del piso
TC20X2	Estructura laterales
TC25X2	Estructura laterales
TC30X2	Estructura respaldo
TC40X2	Estructura respaldo
TC50X2	Estructura laterales, cerchas del techo
TC50X3	Estructura frente, piso, anclajes y laterales
TR40X20X2	Estructura laterales
TR60X40X3	Estructura laterales
TR100X50X2	Estructura laterales
TR50x25x2	Estructura del piso
TR 100X50X3	Anclajes centrales
TC 50X1.5	Estructura techo

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Contactos y conexiones

Para este análisis, el tipo de estructura esta fusionado, y representado por líneas unidas lo cual genera uniones directas entre los elementos y nodos que componen el modelo matemático. De esta forma se representa que la carrocería está totalmente unida por medio de soldadura la masa de soldadura será considerada con el 5% del peso total de la carrocería la cual será adicionada a la carga muerta para el análisis.

- Descripción de cargas de diseño y sus combinaciones

Los principales estados de carga que actúan sobre la carrocería son:

**DESCRIPCIÓN**

**TIPO**

PESO PROPIO DEL BUS

MUERTA (M)

PESO DE OCUPANTES

LIVE (V)

CARGAS DEBIDO AL VIENTO

WIND (Raf)

CARGAS DEBIDO AL FRENADO VIOLENTO

BREACK (F)

CARGAS DEBIDO AL GIRO DEL BUS

CENTRIFUFA (G)

CARGA DEBIDO A LA ACELERACIÓN BRUSCA

LIVE (Ab)

Las combinaciones de carga sometidas al diseño están en concordancia a la Norma 1323 vigente bajo el método LRFD. Las combinaciones aplicadas para el análisis estático y dinámico son:

$$\text{Combo1} = 1.4M + V$$

$$\text{Combo2} = 1.2M + 1.6V + 0.5G$$

$$\text{Combo3} = 1.2M + 0.5V + 1.6G$$

$$\text{Combo4} = 1.2M + 1.6F + 0.8G$$

$$\text{Combo5} = 1.2M + 0.5V + 0.5F + 1.3Raf$$

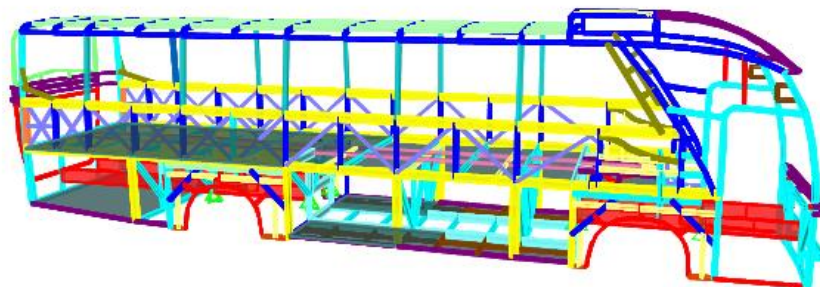
$$\text{Combo6} = 1.2M + 1.5Ab + 0.5V$$

$$\text{Combo7} = 0.9M - 1.3Raf$$

$$\text{Combo8} = 0.9M + 1.3Raf$$

- Análisis estructural

El análisis estructural se basa en un modelo tridimensional de una estructura metálica, en este caso de una carrocería de bus para servicio interprovincial.



**Figura 24-3.** Modelo Tridimensional par análisis

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

El análisis de la estructura se realizó mediante un programa de elementos finitos, con la opción de modelado mediante el elemento beam. Las fuerzas internas de cada elemento beam son:



P: Fuerza axial

V22: Fuerza cortante en el plano 1-2

V33: Fuerza cortante en el plano 1-3

T: Fuerza de torsión

M22: Momento de Flexión en el plano 1-3 (alrededor del eje 2)

M33: Momento de Flexión en el plano 1-2 (alrededor del eje 3).

### 3.4 Aplicación de cargas de diseño y sus combinaciones

- Cálculo y aplicación de carga muerta

**Tabla 9-3:** Valores carga muerta

Peso Total del chasis	5020 kg
Peso de la carrocería	3934.42 kg
<b>Peso total de la carrocería + chasis (Sin carga)</b>	8954.42 kg
<b>Peso carga muerta considerando soldadura</b>	9402.14 kg (92140.97 N)

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Cálculo y aplicación de carga viva

**Tabla 10-3:** Valores carga viva

<b>Peso pasajeros</b>	38x75	2850 kg
<b>Peso tripulante</b>	1x75	75 kg
<b>Peso chofer</b>	1 x75	75 kg
<b>Pasajeros Parados</b>	5 x75	375 kg
	TOTAL	3375 kg
<b>Volumen de la cajuela central</b>	7.4 m <sup>3</sup>	740 kg
	TOTAL	740 kg

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

$$V = \text{Tripulacion} + V_{\text{bodegas}}$$

$$V = (3375 + 740) \text{ kg}$$

$$V = 40327 \text{ N}$$

- Cálculo y aplicación de carga de viento

Carga debido al viento

**Tabla 11-3:** Valores carga de viento

<b>Coefficiente de resistencia al avance</b>	Cx	0,7
<b>Densidad del aire</b>	P	1,22 $\frac{kg}{m^3}$
<b>Área de proyección frontal de la carrocería en un plano perpendicular a su longitudinal</b>	Af	8.01 $m^2$
<b>Velocidad del aire</b>	V	25 $\frac{m}{s}$

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

Fuerza de resistencia ejercida por la masa del aire

$$Raf = \frac{Cx * \rho * Af * v^2}{2}$$

$$Raf = \frac{0.7 * 1.225 \frac{kg}{m^3} * 8.01 m^2 * (25 \frac{m}{s})^2}{2}$$

$$Raf = 2146.43 \text{ N}$$

- Cálculo y aplicación de carga de frenado

Carga debido al frenado violento (F)

**Tabla 12-3:** Valores carga frenado

Aceleración de la gravedad	Ag	9.81	$\frac{m}{s^2}$
Peso total de la carrocería (PBV)	Pc	(137200 N)	kg
Desaceleración	A	4	$\frac{m}{s^2}$

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

$$F = \frac{Pc * a}{ag}$$

$$F = \frac{137200 N * 4 \frac{m}{s^2}}{9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$F = 56000 N$$

Aplicado a 12 nodos superiores y 20 inferiores en sentido de la dirección de movimiento del vehículo.

- Cálculo y aplicación de la carga de giro

Carga debido al giro del bus (G)

**Tabla 13-3: Valores carga de giro**

Velocidad Km/h	Radio de curvatura	Peralte (%)	Pc ( kg)
95 (26.38m/s)	400m	8	14000

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

$$G = \frac{\text{Masa del bus} * \text{velocidad del bus}}{\text{radio de curvatura}}$$

$$G = \frac{14000 kg * (26.38 \frac{m}{s})^2}{400m}$$

$$G = 24356.65 N$$

Aplicado a 12 nodos superiores y 20 inferiores correspondientes al piso y al techo en dirección hacia el lado izquierdo del vehículo.

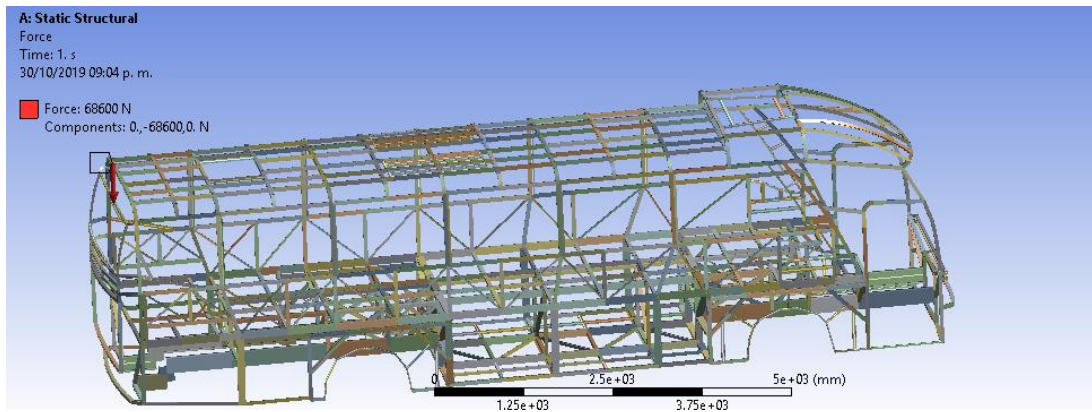
- Ensayo de resistencia estática sobre el techo

Se aplica una carga en el techo equivalente al 50% de 14000 kg que es peso admisible de chasis, la carga se aplica distribuida en cada uno de los pórticos que componen el techo la deformación máxima admitida de acuerdo a la normativa no debe superar los 70mm.

$$Ft = 0.5 * PBV$$

$$Ft = 0.5 * 14000kg * 9,8$$

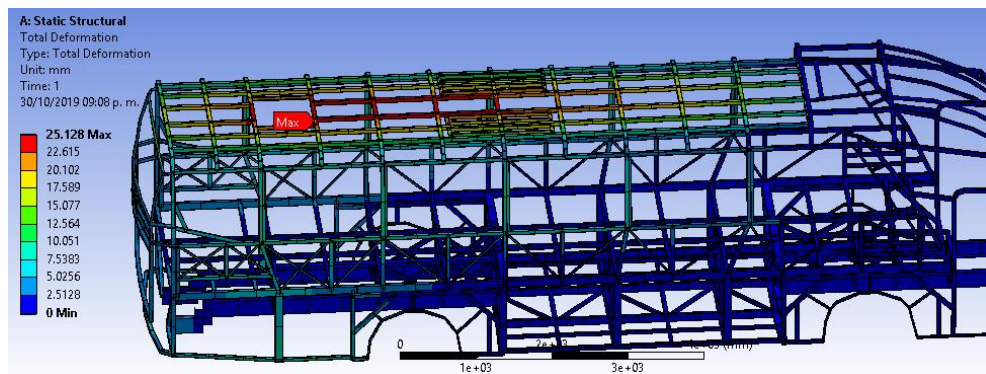
$$Ft = 68600 N$$



**Figura 25-3.** Carga de resistencia del techo

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

Carga aplicada al techo del 50% del peso máximo admisible del chasis.



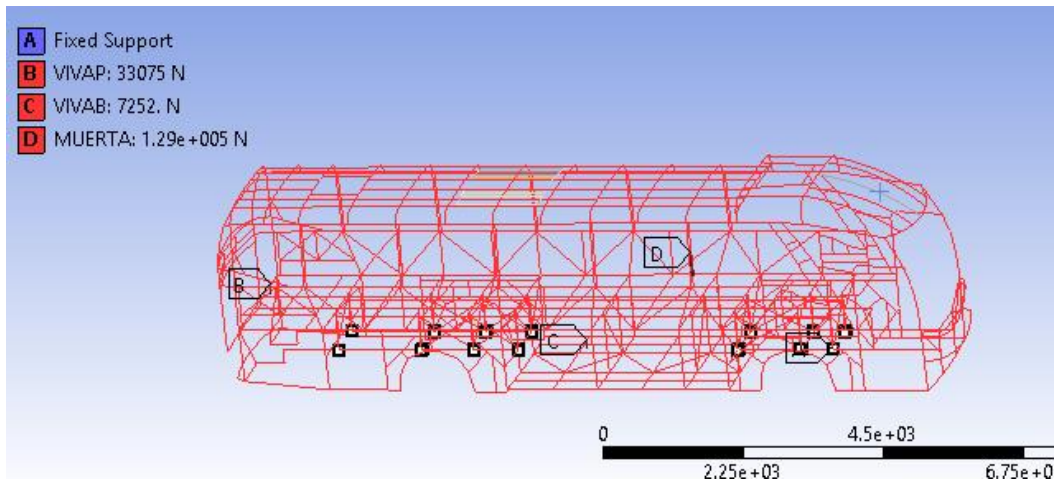
**Figura 26-3.** Deformación carga sobre el techo

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

Deformación Máxima en color rojo de 25.12mm

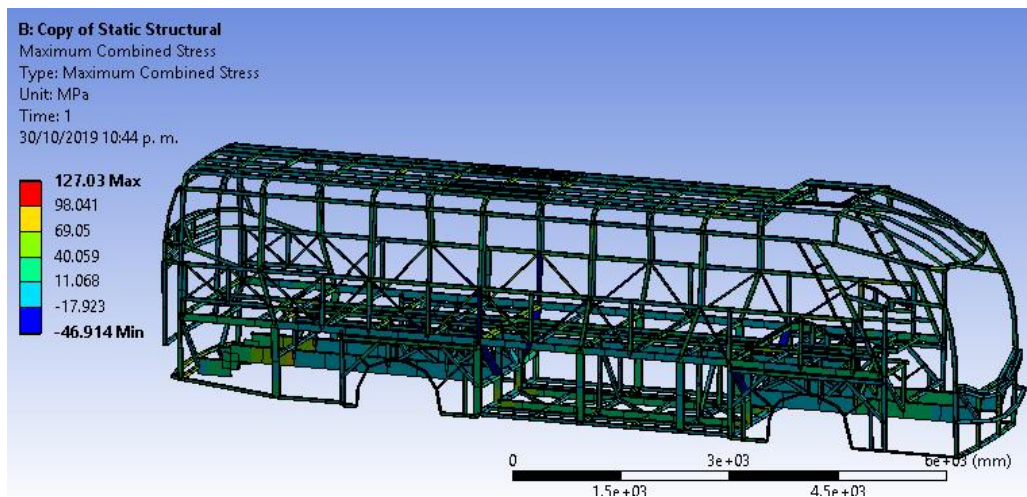
- Combo1= 1,4M+V

$$M=128997.35N$$



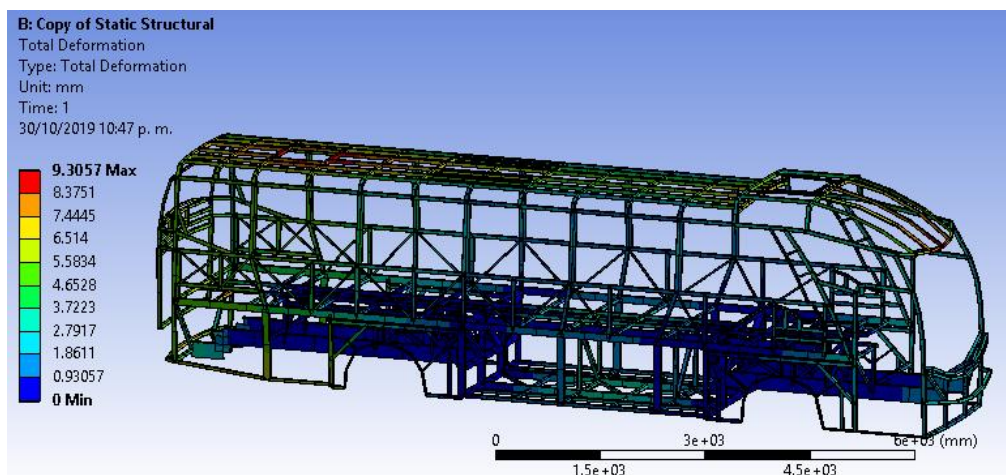
**Figura 27-3.** Cargas combo 1

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 28-3.** Resultado esfuerzo combo 1

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 29-3.** Resultado deformación combo 1

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Combo2= 1,2M+1,6V+0,5G

### Carga Muerta

$$M=1.2 (92140.97 \text{ N})=110569.16\text{N}$$

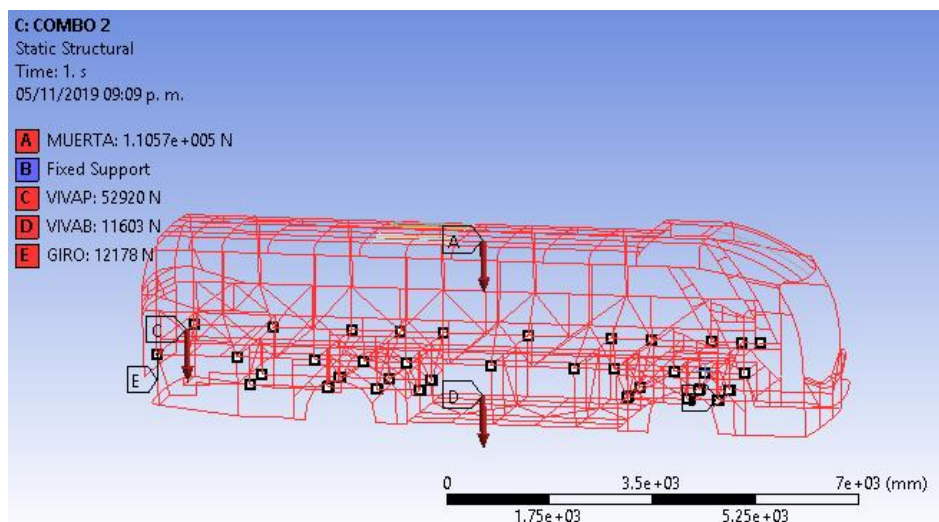
### Carga Viva

$$\text{Pasajeros} = 52920 \text{ N}$$

$$\text{Equipaje} = 11603.2 \text{ N}$$

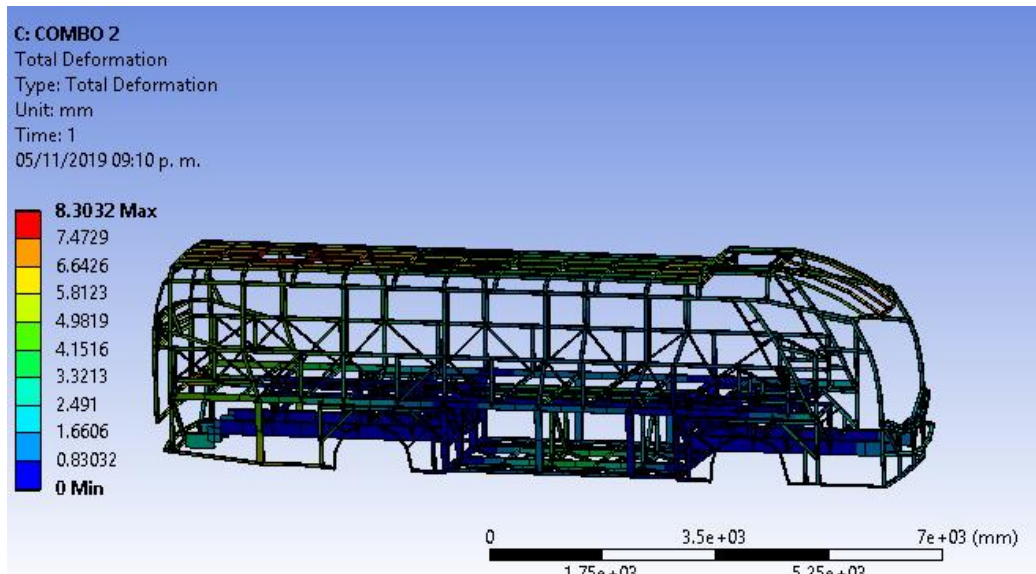
### Carga de giro

$$G = 0.5 * 24356.65 \text{ N} = 12178.32$$



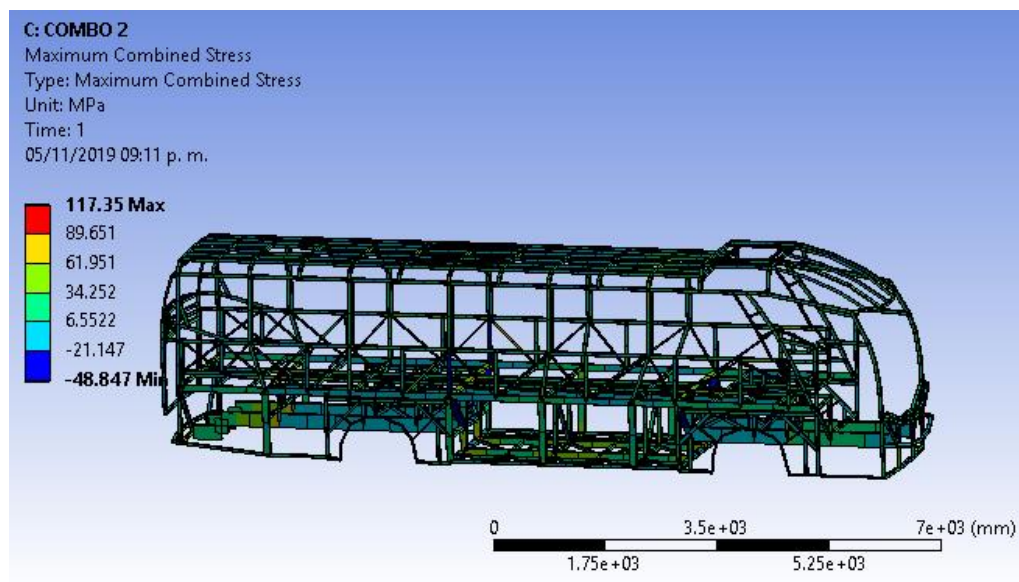
**Figura 30-3.** Cargas combo 2

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020



**Figura 31-3.** Resultado deformación combo 2

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 32-3.** Resultado esfuerzo combo 2

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Combo3=1,2M+0,5V+1,6G

Carga Muerta

$$M=1.2 (92140.97 \text{ N})=110569.16\text{N}$$

Carga Viva

Pasajeros = 16535.5 N

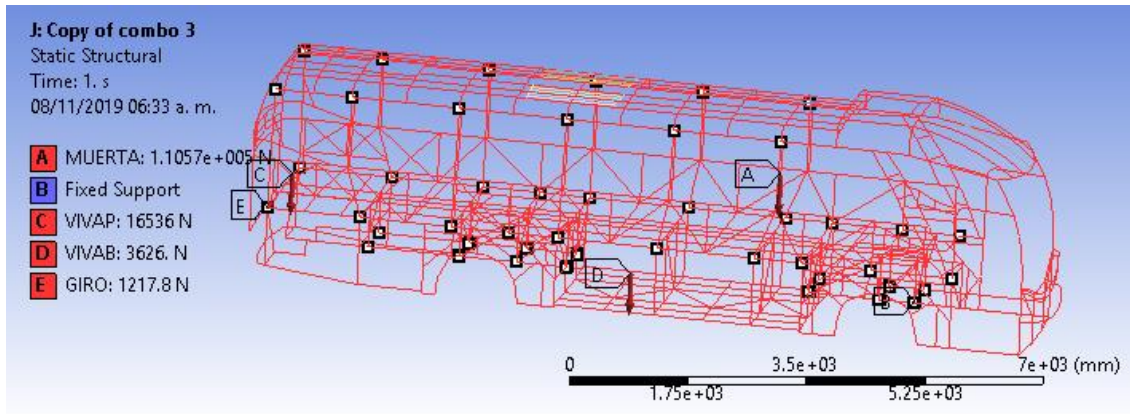
Equipaje = 3626N

Carga de giro

$$G = 1.6 * 24356.65 N = 38970.64$$

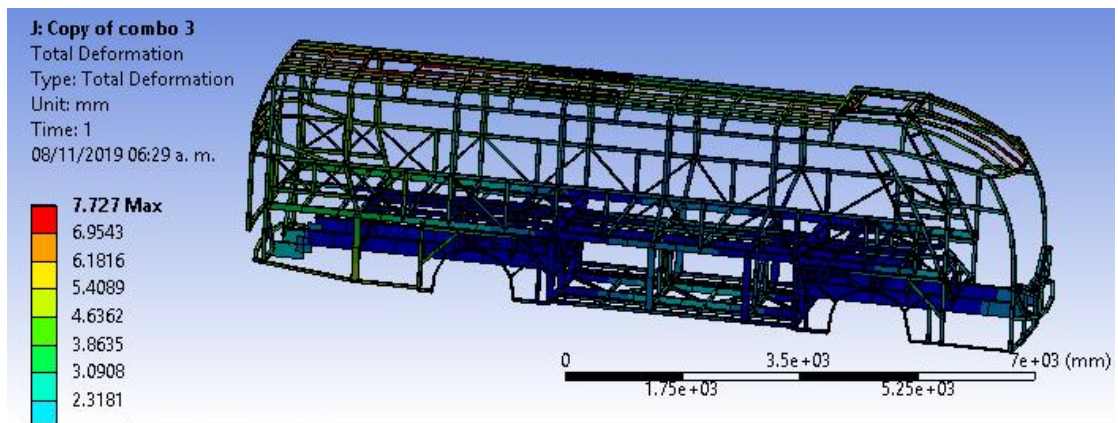
Dividida para 32 nodos de los laterales la carga a cada nodo seria:

1217.83N



**Figura 33-3.** Cargas combo 3

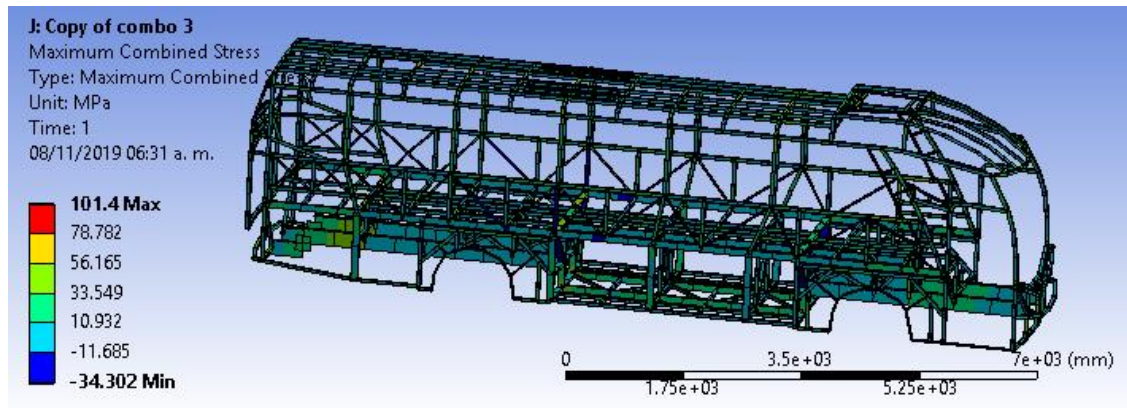
**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020



**Figura 34-3.** Resultado deformación combo 3

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020





**Figura 35-3.** Resultado esfuerzo combo 3

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Combo4 = 1,2M+1,6F+0,8G

Carga Muerta

$$M=1.2 (92140.97 \text{ N})=110569.16\text{N}$$

Carga de frenado

$$F = 1.6 * 56000 \text{ N} = 89600\text{N}$$

Aplicada a los 32 nodos seria:

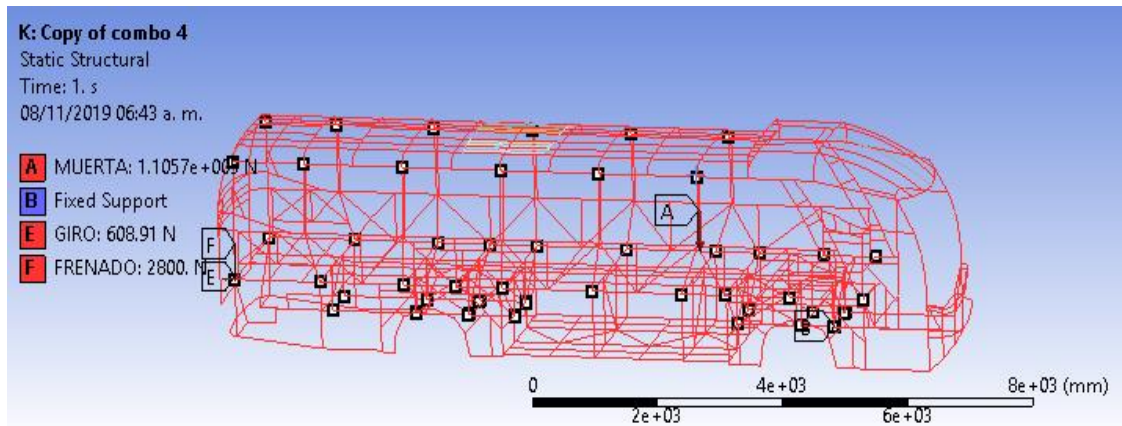
$$2800\text{N}$$

Carga de giro

$$G = 0.8 * 24356.65 \text{ N} = 19485.32\text{N}$$

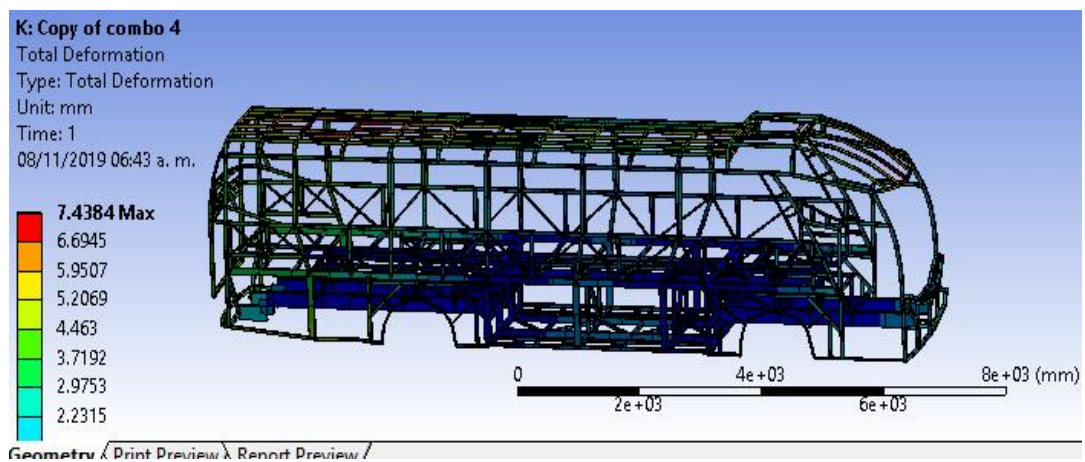
Aplicada a 32 nodos seria:

$$608.91\text{N}$$



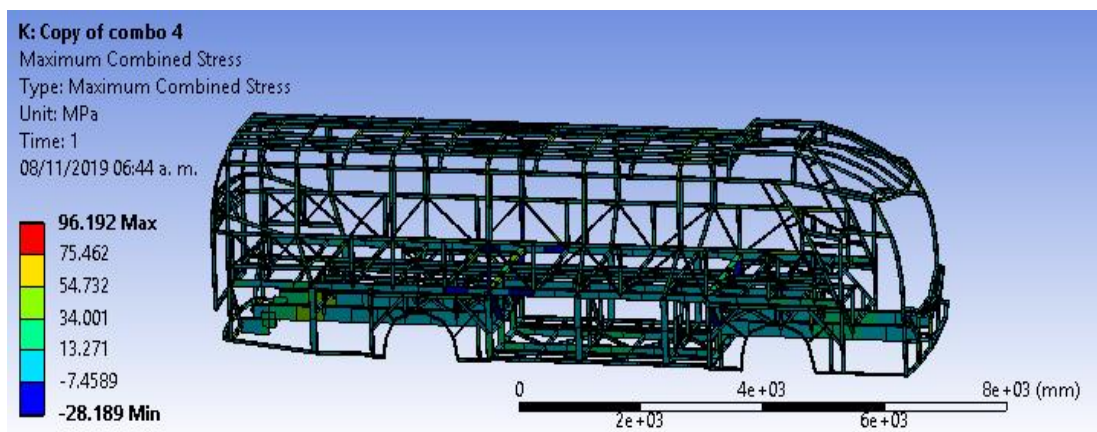
**Figura 36-3.** Cargas combo 4

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 37-3.** Resultado deformación combo 4

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 38-3.** Resultado esfuerzo combo 4

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Combo5=1,2 M+0,5V+0,5F+1,3Raf

Carga Muerta

$$M=1.2 (92140.97 \text{ N})=110569.16\text{N}$$

Carga Viva

$$\text{Pasajeros} = 16535.5 \text{ N}$$

$$\text{Equipaje} = 3626\text{N}$$

Carga de giro

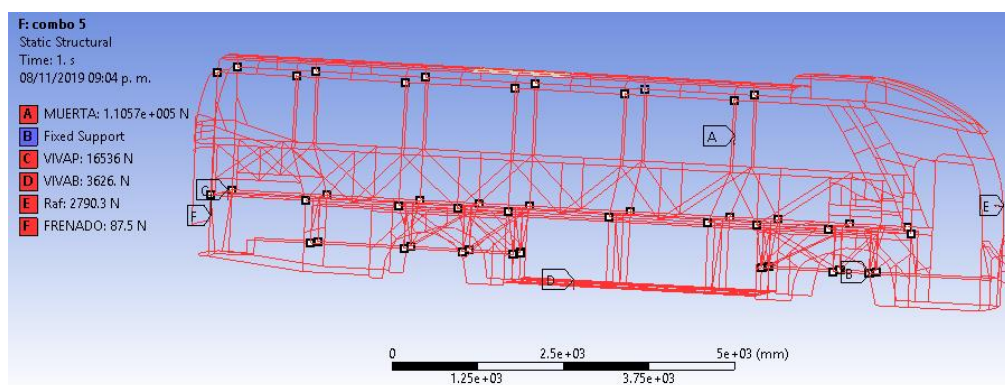
$$Raf = 1.3 * 2146.43 \text{ N} = 2790.35$$

Carga de frenado

$$F = 0.5 * 56000 \text{ N} = 2800\text{N}$$

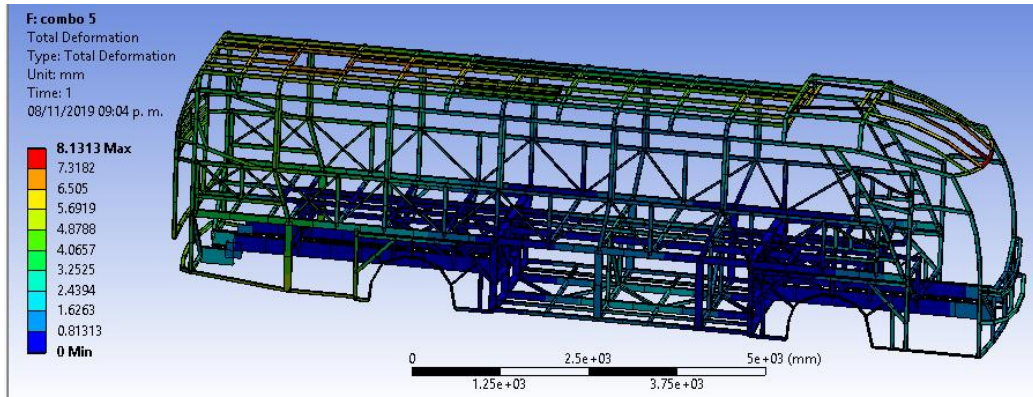
Dividida para 32 nodos la carga seria:

$$87.5\text{N}$$



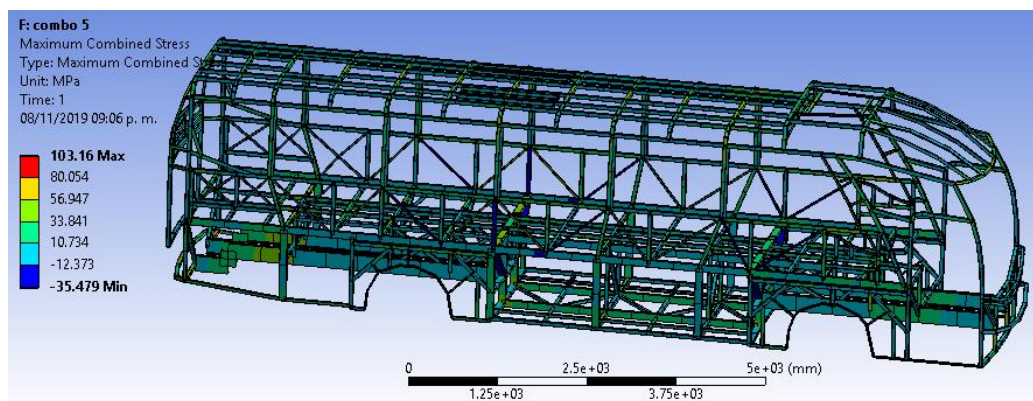
**Figura 39-3.** Cargas combo 5

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020



**Figura 40-3.** Resultado deformación combo 5

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 41-3.** Resultado esfuerzo combo 5

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Combo6=1,2M+1,5Ab+0,5V

Carga Muerta

$$M=1.2 (92140.97 \text{ N})=110569.16\text{N}$$

Carga Viva

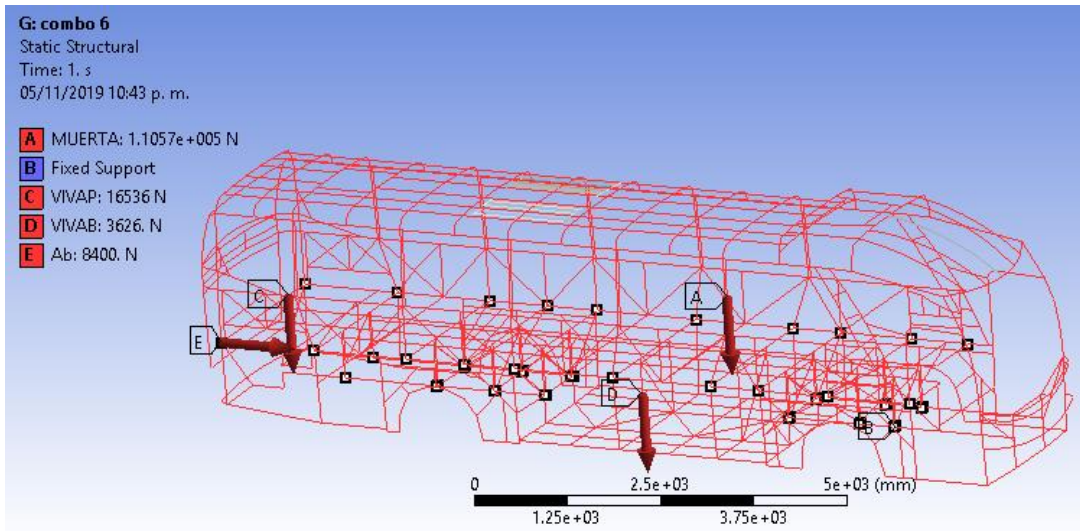
$$\text{Pasajeros} = 16535.5 \text{ N}$$

$$\text{Equipaje} = 3626\text{N}$$

Aceleración brusca

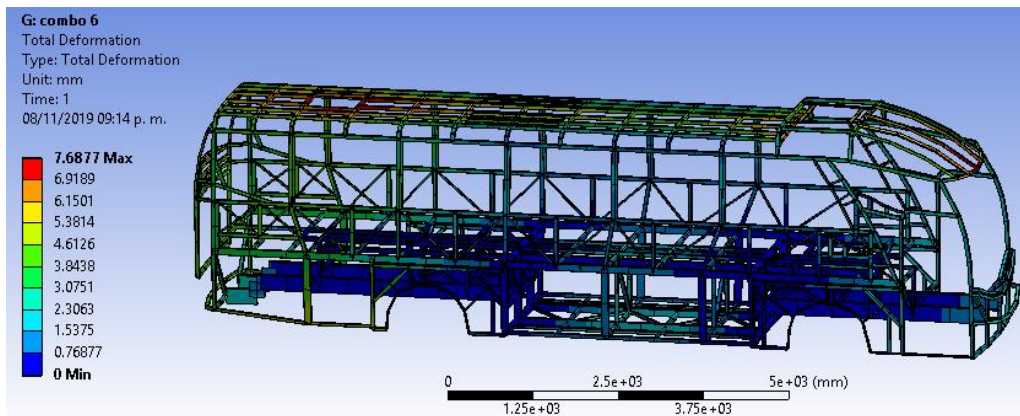
$$Ab = 1.5 * 5600 = 8400\text{N}$$

Dividida para los 32 nodos la carga de Ab seria: 262.5N



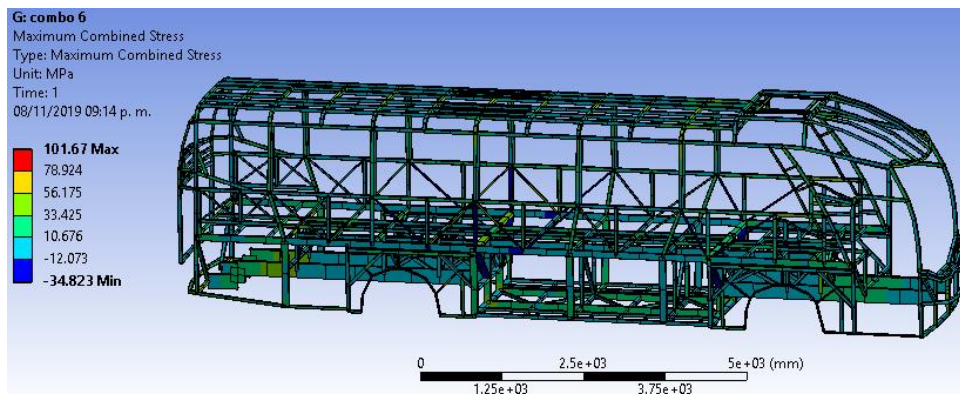
**Figura 42-3.** Cargas combo 6

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 43-3.** Resultado deformación combo 6

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 44-3.** Resultado esfuerzo combo 6

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

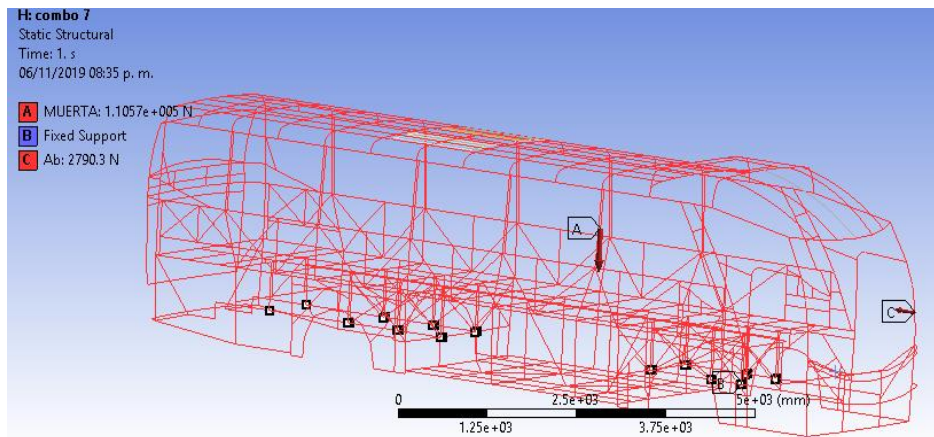
- Combo7= 0,9M-1,3Raf

Carga muerta

$$M=0.9 (92140.97 \text{ N})=82926.87\text{N}$$

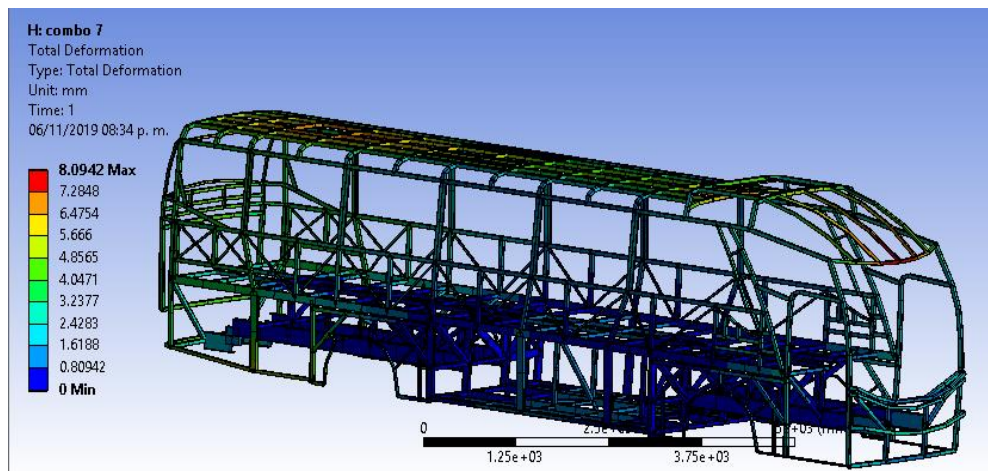
Carga de resistencia aire frontal

$$Raf = 1.3 * 2146.43 \text{ N} = 2790.35$$



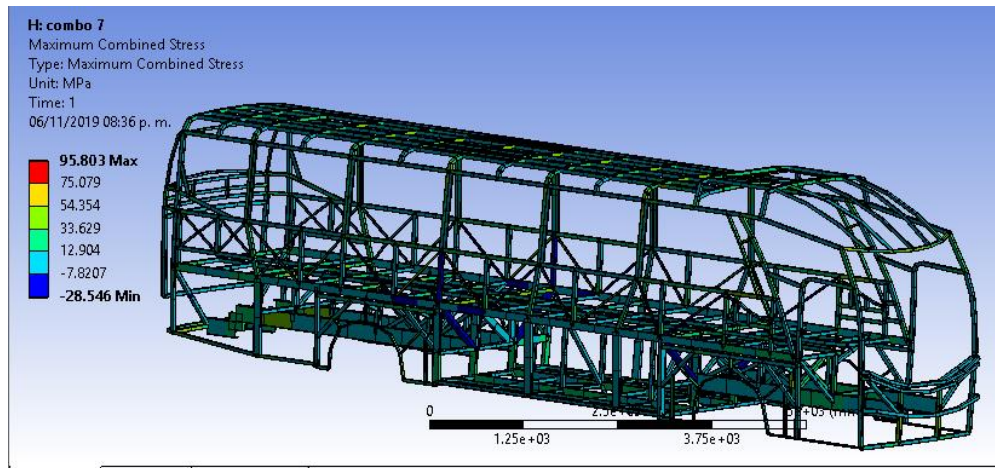
**Figura 45-3.** Cargas combo 7

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 46-3.** Resultado deformación combo 7

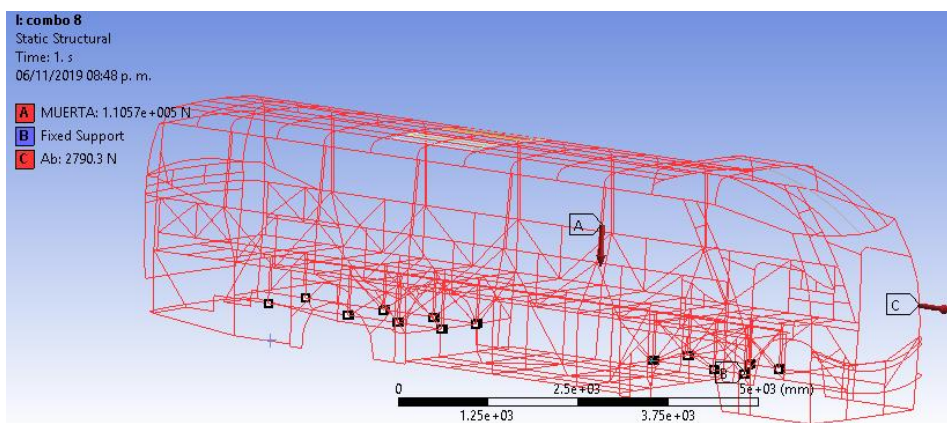
Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 47-3.** Resultado esfuerzo combo 7

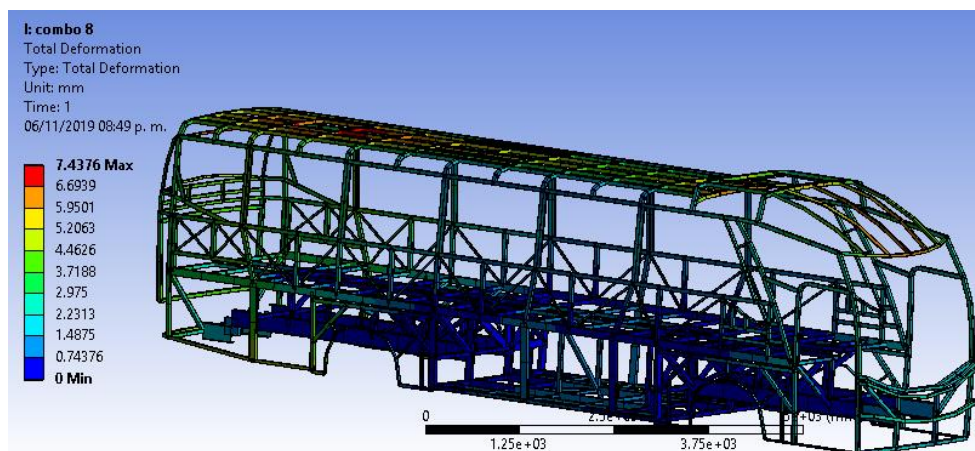
Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Combo8= 0,9M+1,3Raf



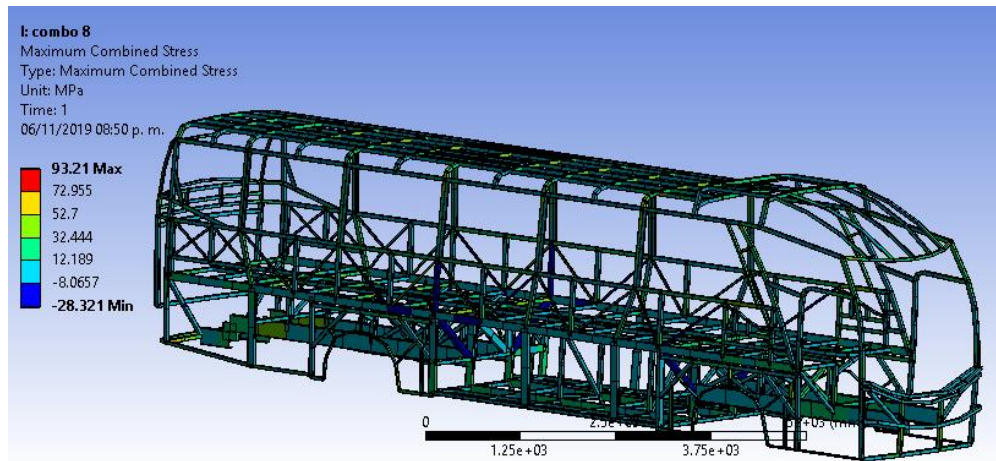
**Figura 48-3.** Cargas combo 8

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 49-3.** Resultado deformación combo 8

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

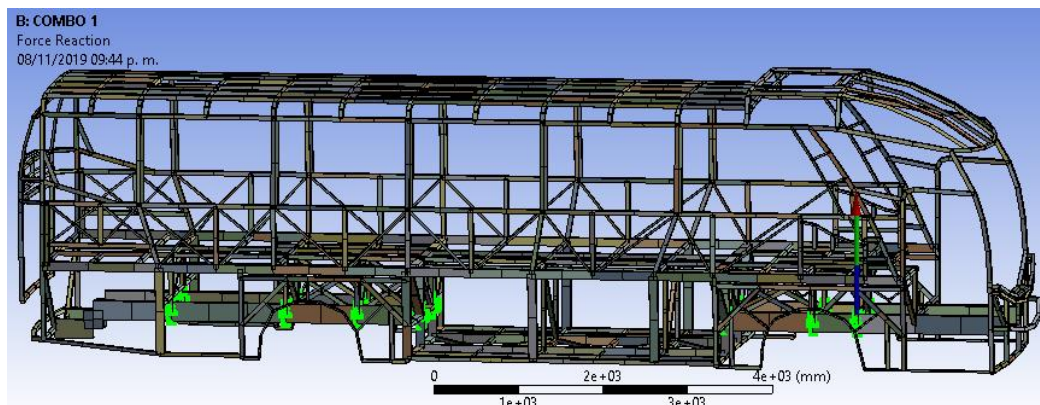


**Figura 50-3.** Resultado esfuerzo combo 8

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

Encontramos las reacciones que se producen para los anclajes con el combo en el cual las deformaciones y esfuerzos son los máximos:

Reacción



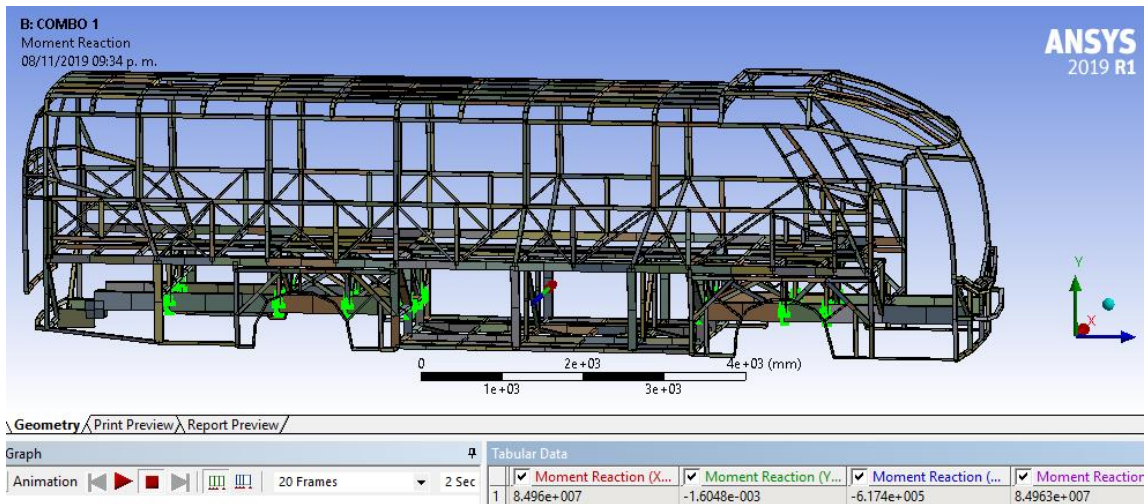
**Figura 51-3.** Resultados reacciones anclajes

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

Eje y= 169120 N en el anclaje sería 24160 N

Momento





**Figura 52-3.** Resultados momentos anclajes

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

$M_x = 84960 \text{ KN.mm}$  en el anclaje sería  $12137.142 \text{ KN.mm}$

$M_z = -617.4 \text{ KN.mm}$  en el anclaje sería  $-88.20 \text{ KN.mm}$

- Obtención del permiso de corte y modificación del chasis por parte de Hino Motors

Por medio de la presente, en mi calidad de Gerente General para Latinoamérica de la fábrica HINO Motors, Ltda., autorizo que se realice el corte de chasis en el modelo HINO RKBJ5UA por parte de CORPMEGABUSS CIA. LTDA, luego de evaluar que cumple con los requerimientos establecidos en el documento electrónico "Body Mounting Manual N° KK-RK214C, en la página 2-2 en el cual indica que se deben cumplir los requerimientos que a continuación se detalla:

ESPECIFICACION	ESPECIFICACION HINO Motors Ltd.	CORPMEGABUSS CIA. LTDA.	
DISTRIBUCION DEL PESO EN EL EJE FRONTAL	Más de 28% (Descargado y Cargado)	Descargado	32,00%
		Cargado	35,00%
ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD	Máximo 1.23 m (Descargado)	1,18 m	

CORPMEGABUSS CIA. LTDA, cumple con lo especificado por Hino Motors Ltda. para poder realizar el corte en la parte central del chasis como podemos observar a continuación:

Pesos Totales	CORPMEGABUSS CIA. LTDA	ESPECIFICACION HINO Motors Ltd
Peso Total de chasis	5.020 kg	El peso bruto vehicular debe de ser menor o igual a 14.000kg
Peso de la carrocería	3.934,46 kg	
Pasajeros y Tripulación	3.375 kg	
Peso total de la carrocería + chasis (Sin carga)	12.324,46 kg	

Toda modificación en el chasis es responsabilidad de CORPMEGABUSS CIA. LTDA (adjunto detalle de modificación)

Atentamente,

高橋 一夫

**Figura 53-3.** Autorización de corte de chasis por parte de Hino Motors

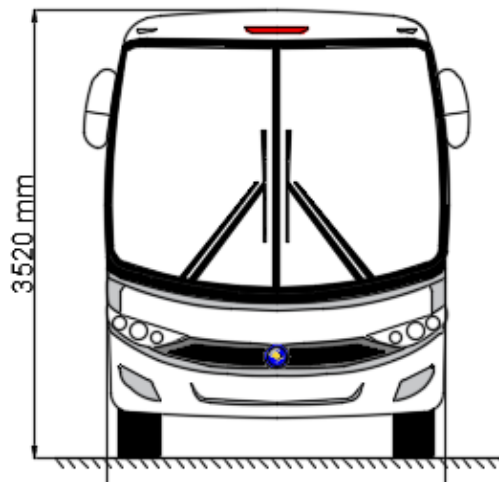
Fuente: Hino Motors

Una vez presentado el proyecto de construcción de la carrocería a Hino Motors, luego de la revisión documental, visita técnica a la planta de CORPMEGABUSS otorgan el permiso de corte para poder empezar la construcción de la carrocería sobre el chasis mencionado, con el debido acompañamiento de técnicos designados por parte de Hino para verificar que se cumpla lo establecido en cada etapa de la construcción del prototipo que se muestra en la figura anterior.

### 3.5 Análisis de prueba de vuelco

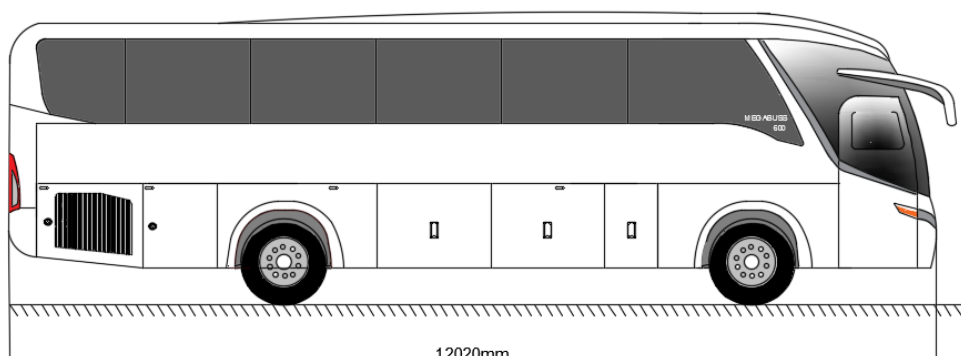
- Modelo de autobús

Para realizar el análisis de la prueba de vuelco se empleara un modelo realizado en Solid Works por la facilidad del dibujo para luego exportar la geometría a LS-Dyna.



**Figura 54-3.** Vista frontal del autobús

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

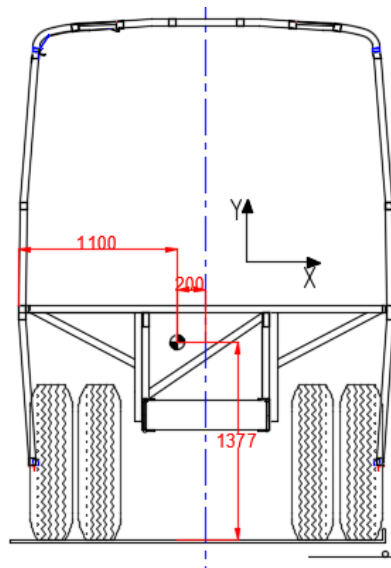


**Figura 55-3.** Vista lateral del autobús

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

- Centro de gravedad

La altura del centro de gravedad con el vehículo a plena carga fue calculado anteriormente sus datos se ubican en el grafico a continuación:



**Figura 56-3.** Centro de gravedad del vehículo

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

En el grafico se puede observar las coordenadas de ubicación del centro de gravedad que está ubicado en:

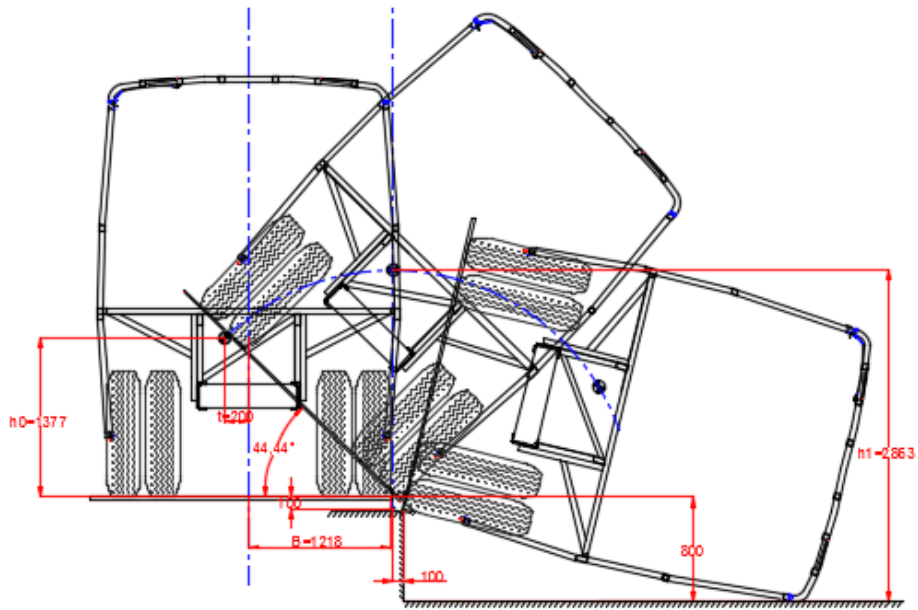
$$Y_G = 1377 \text{ mm}$$

$$X_G = -200 \text{ mm}$$

$$Z_G = 2496 \text{ mm}$$

- Cálculo del ángulo de vuelco

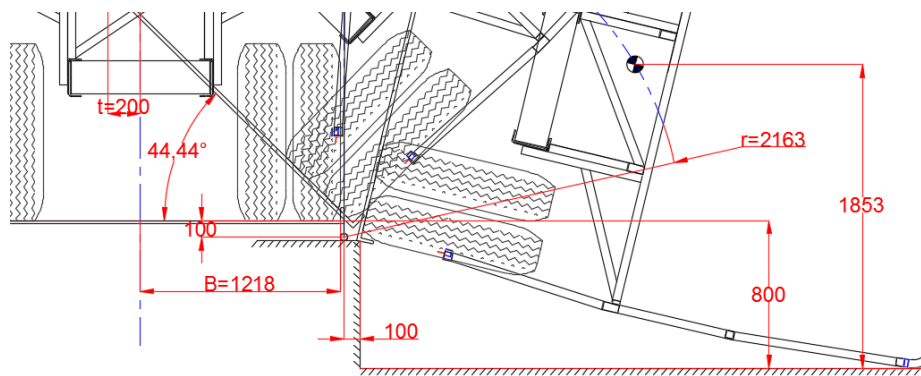
Para el cálculo del punto inestable, para el momento de inicio del vuelco se recurre al software AutoCAD el cual nos permitirá obtener el ángulo por medio de la geometría del autobús.



**Figura 57-3.** Cálculo del punto inestable

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

De los datos obtenidos se puede apreciar que la altura en el punto inestable es de  $h_1=2863\text{mm}$  que ocurre cuando la plataforma ha girado  $44.44^\circ$ .



**Figura 58-3.** Radio de giro del autobús

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

En la figura anterior se observa el radio de giro de la carrocería desde el punto de bascula mientro el cual sirve para calcular la velocidad angular. La energía antes del impacto contra el piso se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_R = m * g * h_1$$

Dónde:

$m$  = masa de la estructura carrocería

$g$  = constante gravitacional

$h_1$  = altura en metros del centro de gravedad del autobús en su punto inestable.

$$E_R = 2153,6 \text{ Kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 2.86m$$

$$E_R = 60422.69 \text{ J}$$

La velocidad de impacto contra el piso del centro de gravedad se calcula mediante:

$$V_{im} = \sqrt{\frac{2 * E_R}{m}}$$

$$V_{im} = \sqrt{\frac{2 * 60422.69 \text{ J}}{2153,6 \text{ Kg}}}$$

$$V_{im} = 7.49 \frac{m}{s}$$

La velocidad angular de impacto se calcula mediante:

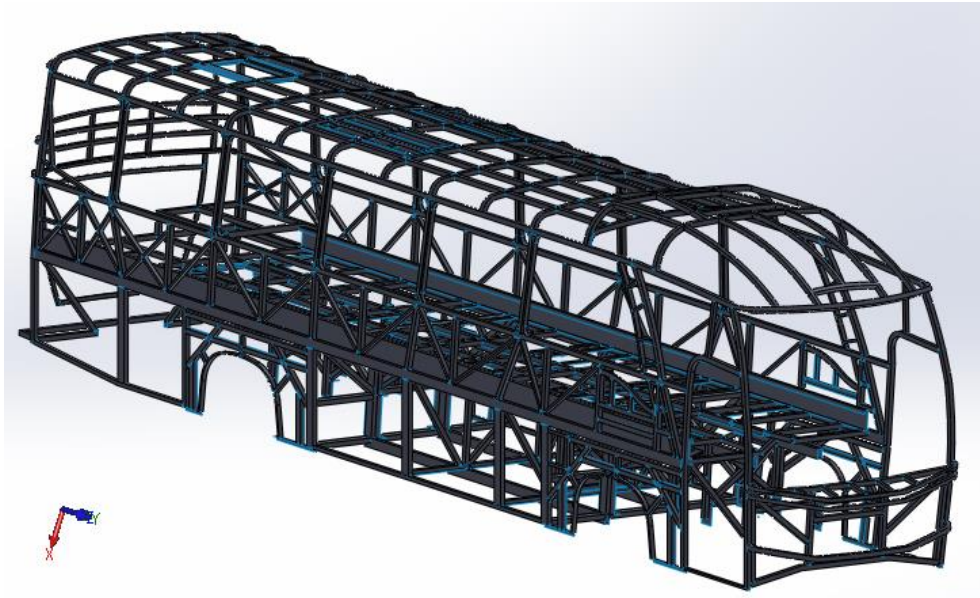
$$W_{im} = \frac{V_{im}}{r}$$

$$W_{im} = \frac{7.48 \frac{m}{s}}{2.163m}$$

$$W_{im} = 3.45 \frac{rad}{s}$$

- Modelación de Autobús

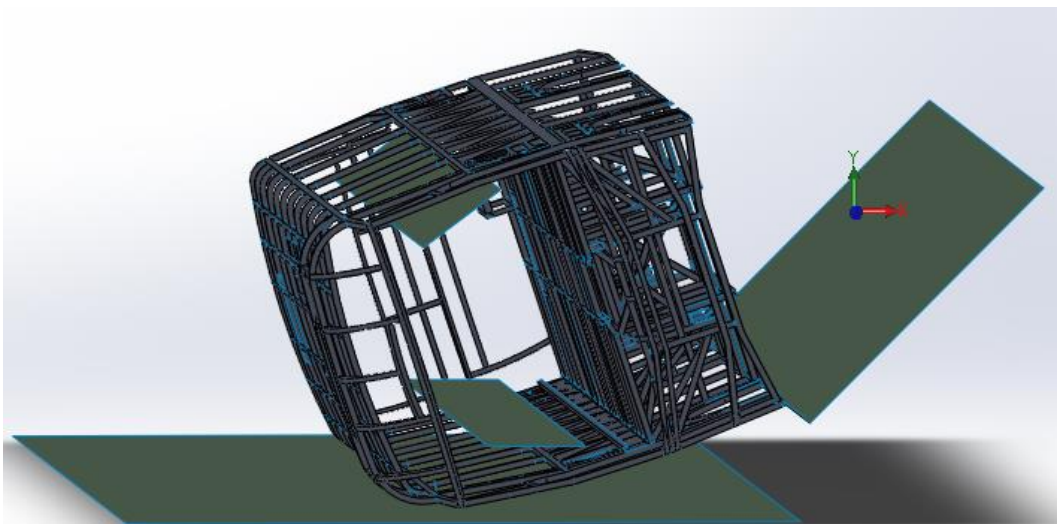
El modelo para el análisis de vuelco fue realizado en el Software Solid Works en tipo superficie este modo es el más recomendado para poder obtener mejores resultados, para luego exportar la geometría a Ansys.



**Figura 59-3.** Diseño tipo superficie del bus

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

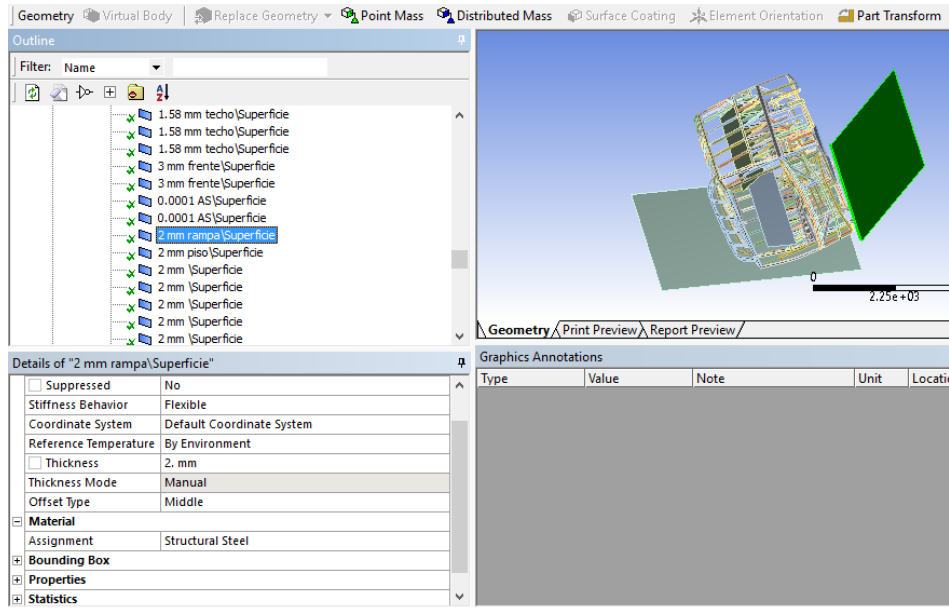
Posteriormente se dibuja la plataforma de vuelco y la zona de supervivencia de acuerdo a las dimensiones indicadas en la norma, para el ahorro computacional no se dibuja completamente el área de supervivencia y se da un espesor casi nulo.



**Figura 60-3.** Plataforma y zona de supervivencia

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

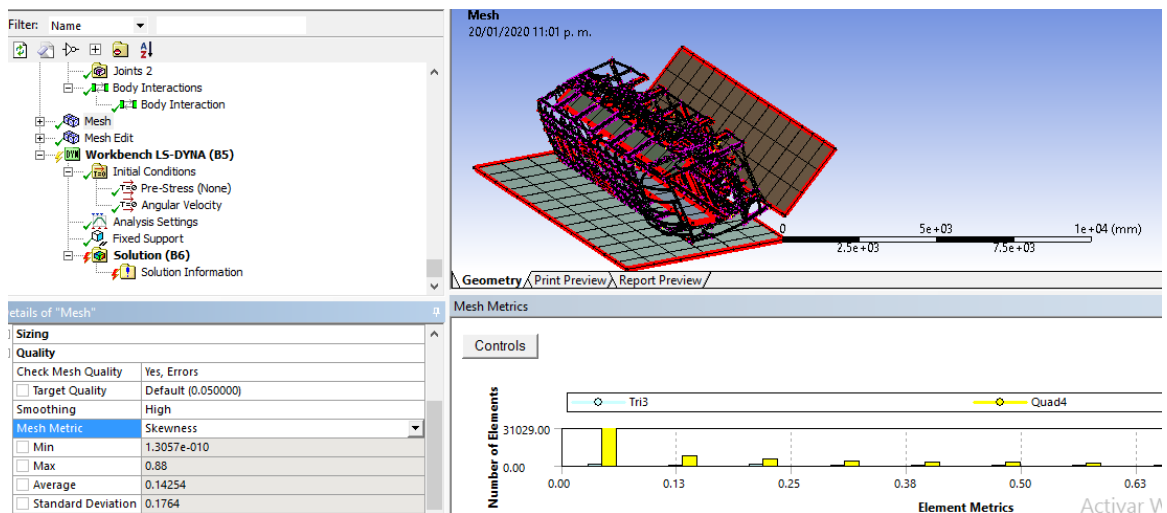
Se dibuja en la posición inclinada del ángulo calculado y la estructura del bus próxima a tocar con la superficie todo esto con la finalidad de ahorro de gasto computacional como se ha indicado en algunos incisos. Luego de tener el modelo se exporta a Ansys en el cual procedemos a ubicar los espesores de los materiales y el tipo de material.



**Figura 61-3.** Importación modelo a Ansys

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

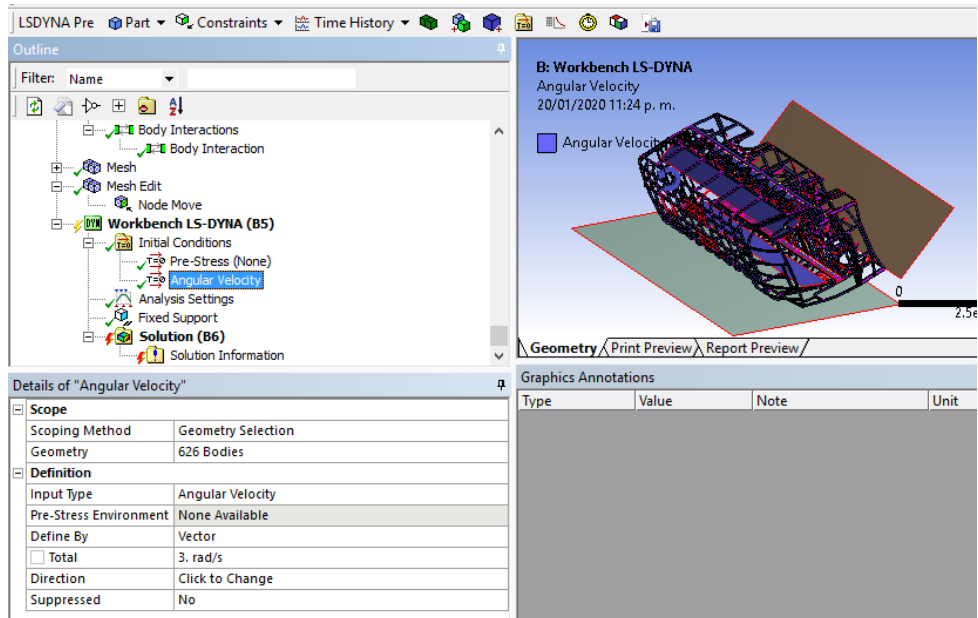
Se realiza el mallado del modelo con el método body sizing, mesh edit y el criterio skewness recomendado para este tipo de análisis, teniendo una cantidad de 54508 nodos y 57396 elementos.



**Figura 62-3.** Mallado del modelo

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

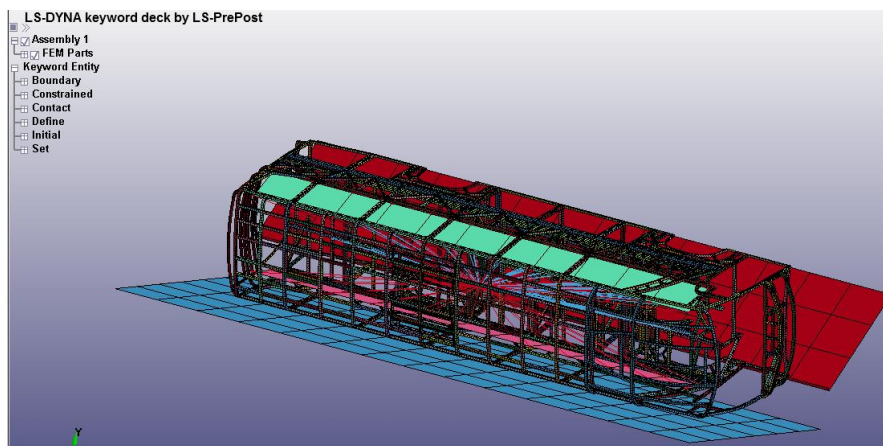
En la figura anterior se puede observar la calidad de mallado en el cual se encuentra en el rango considerado como excelente y aceptable con un valor promedio de 0,14. Posteriormente se introduce la velocidad angular a la estructura de la carrocería y se definen los soportes fijos en este caso la plataforma y el piso como se muestra en la figura a continuación.



**Figura 63-3.** Ubicación de condiciones

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

Posteriormente se corre el programa y se abre la carpeta de solver files directory para encontrar el código de salida Input.k el cual debe ser abierto en el LS-PrePost para poder corregir los errores que existan.

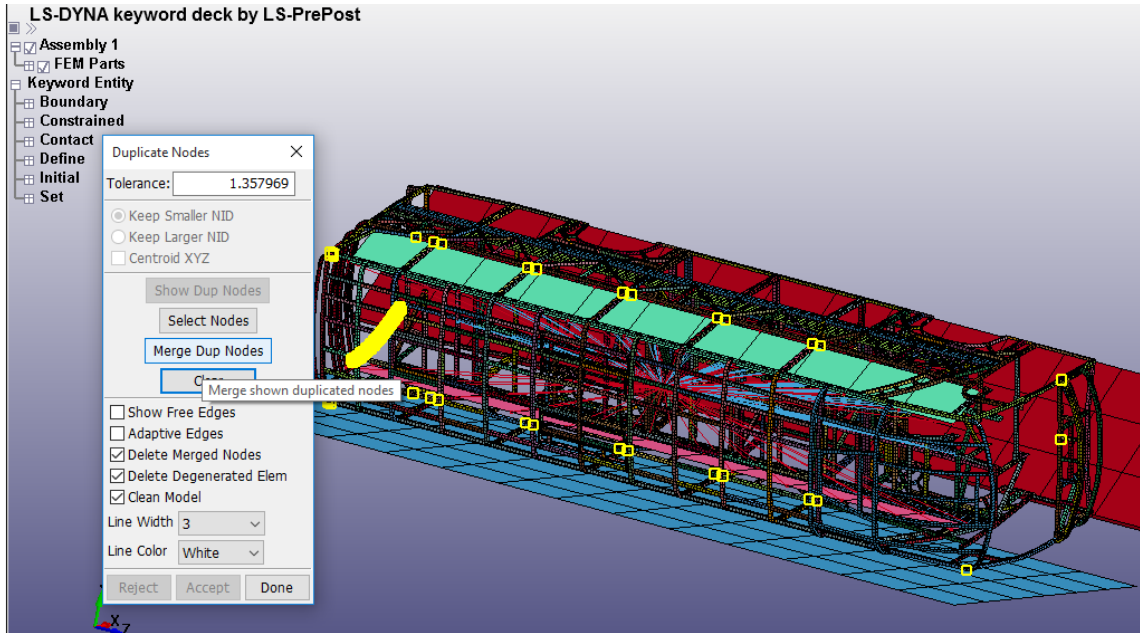


**Figura 64-3.** Código generado Input.k

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



Mediante la opción element tools verificamos los nodos duplicados (duplicate nodes) para que se muestren este tipos de nodos que genera errores, posteriormente corregimos los nodos duplicados con la opción merge duplicate nodes, aceptamos y guardamos el documento.



**Figura 65-3.** Arreglo de nodos duplicados

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

El nuevo código generado se procesa en LS-DYNA Program Manager y se ejecuta para obtener los resultados finales el documento final es el d3plot el cual se puede abrir en LS-Prepost para observar los resultados.

```

D:\LS-DYNA\program\ls-dyna_smp_s_R11_0_winx64_ifort131.exe I=D:\MAESTR~1\Tesis\PRUEBA~1\TESISW~1\TESISW~1\dp0\SYS\MECH\input.k O=D:\MAE...
total nodal rigid body mass= 5.8165342E-03
Memory required to begin solution      : 2992K
Additional dynamically allocated memory: 16M
Total: 19M

initialization completed
shell element 41591 failed at time 0.0000E+00
due to negative Jacobian.

399 initial penetrations were found for interface 2336
1 t 0.0000E+00 dt 3.02E-07 flush i/o buffers 01/21/20 22:54:13
1 t 0.0000E+00 dt 3.02E-07 write d3plot file 01/21/20 22:54:13
cpu time per zone cycle..... 0 nanoseconds
average cpu time per zone cycle... 1583 nanoseconds
average clock time per zone cycle.. 2144 nanoseconds

estimated total cpu time = 45122 sec ( 12 hrs 32 mins)
estimated cpu time to complete = 45105 sec ( 12 hrs 31 mins)
estimated total clock time = 61090 sec ( 16 hrs 58 mins)
estimated clock time to complete = 61073 sec ( 16 hrs 57 mins)
termination time = 1.500E-01
termination cycle = 10000000
    
```

**Figura 66-3.** Código en LS-DYNA Program Manager

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

### **3.6 Construcción y pruebas de la carrocería y autobús**

Una vez presentado el proyecto de construcción de la carrocería de autobús ante HINO MOTORS ellos son quienes revisan toda la información para verificar que se están respetando todas las indicaciones y especificaciones del manual de carrozar del fabricante del chasis y en base al análisis otorgan o no el permiso de corte del chasis y emiten un documento indicando las modificaciones permitidas y establecidas con el plano de modificación adjunto lo cual también debe ser presentado ante los Organismos de evaluación de conformidad y homologación vehicular.

Para la construcción de una carrocería debe pasar por las siguientes secciones:

1.- Máquinas y Estructuración

2.- Ensamble

3.- Forrados

4.- Pre acabados y asientos

5.- Pintura

6.- Acabados

- Máquinas y Estructuración

En esta sección se realiza todos los perfiles metálicos que no existen en el la industria local, se corta y dobla planchas metálicas para las diferentes secciones, además se corta la tubería metálica y se arma los laterales, piso, techo, anclajes, parte frontal y parte posterior en los diferentes moldes (giggs) correspondientes.



**Figura 67-3.** Área de máquinas

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Ensamble

Es esta sección ingresa el chasis para ser preparado antes del proceso de carrozado donde se desconectan todos los componentes necesarios que pueden sufrir daños durante todo el proceso, se alinea el chasis, se realiza el corte de chasis, se colocan las placas de fijación del chasis-carrocería para luego montar todos los componentes estructurales que componen la carrocería.



**Figura 68-3.** Sección Ensamble

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



**Figura 69-3.** Sección Ensamble 2

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

- Forrados

En esta sección se colocan todos los forros exteriores ya sean metálicos o compuestos en este caso se utiliza aluminio, aluzinc y plancha negra de acero para los forros laterales y de bodegas, para el techo parte posterior y frontal se usa fibras de vidrio amoldadas de acuerdo al diseño requerido, también se coloca la protección del piso que es tablero marino de 15mm de espesor y se realizan los respectivos aislamientos termo-acústicos en las zonas necesarias y para finalizar se vuelve a realizar todas las conexiones originales de cañerías y cables eléctricos.



**Figura 70-3.** Sección Forrados

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

- Preacabados

En esta sección se realiza todos los forrados interiores para los cuales se utilizan materiales compuestos que son: Fibra de vidrio, moquetas, expandibles, perfiles de aluminio, perfiles plásticos y vidrios de seguridad automotrices. También se colocan las compuertas de bodegas, y las puertas tanto de chofer y pasajeros, se realiza el cableado neumático necesario para todos los componentes de la carrocería.

- Pintura

En esta sección se realiza la preparación de las superficies para ser pintadas se prepara tanto exterior como interiormente los componentes que van a ser pintados, de acuerdo al diseño de pintura elegido de acuerdo a la Cooperativa del bus se realizan los trazos para una vez terminado el diseño proteger la pintura con una capa de barniz (brillo) en todas las áreas pintadas.



**Figura 71-3.** Sección Pintura

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

- Acabados

En esta sección se colocan todos los accesorios faltantes del bus que son: Ventanas, parabrisas, asientos, porta paquetes, luces exteriores e interiores, cortinas, conexiones eléctricas y neumáticas en el tablero de control.



**Figura 72-3.** Sección acabados

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

Para finalizar se realiza la limpieza total del bus y pruebas de funcionamiento de la parte eléctrica y neumática.

- Pruebas del Bus

Una vez terminado el bus se realiza un control de calidad en todos los aspectos del bus, para en el caso de existir alguna falla corregirla inmediatamente, adicional a esto se realiza una prueba de carretera que consiste en circular en la vía en el bus terminado para verificar su correcto funcionamiento, también se realiza una prueba de agua la cual consiste en verificar que no exista filtraciones de agua hacia el interior del vehículo en todas las zonas del bus.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados del análisis estático

Combinación de cargas literal 5.1.2.2 LRFD NTE INEN 1323:2009

**Tabla 1-4:** Resultados del análisis estático

Combinación LRFD	Deformación Máxima (mm)	Deformación Calculada (mm)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Observación
1.4M+V	10.83	9.3	127.03	Ninguna
1.2M+1.6V+0.5G	10.83	8.3	117.35	Ninguna
1.2M+10.5V+1.6G	10.83	7.27	101.47	Ninguna
1.2M+1.6F+0.8Raf	10.83	7.43	96.19	Ninguna
1.2M+0.5V+0.5F+1.3Raf	10.83	8.13	103.16	Ninguna
1.2M+1.5Ab+0.5V	10.83	7.68	101.67	Ninguna
0.9M-1.3Raf	10.83	8.09	95.8	Ninguna
0.9M+1.3Raf	10.83	7.43	93.21	Ninguna

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

Ningún elemento supera la deformación máxima permitida, y tampoco excede el límite de fluencia del material.

- Carga aplicada en el techo literal 5.1.5.1. NTE INEN 1323:2009

Deformación máxima 70mm

Deformación Calculada 25.12mm

- Prueba dinámica de vuelco literal 5.1.5.2. NTE INEN 1323:2009

Zona de supervivencia invadida NO

Control de energía interna/hourglass OK

- Estabilidad 4.1.2. NTE INEN 1323:2009

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la Distribución de masa.

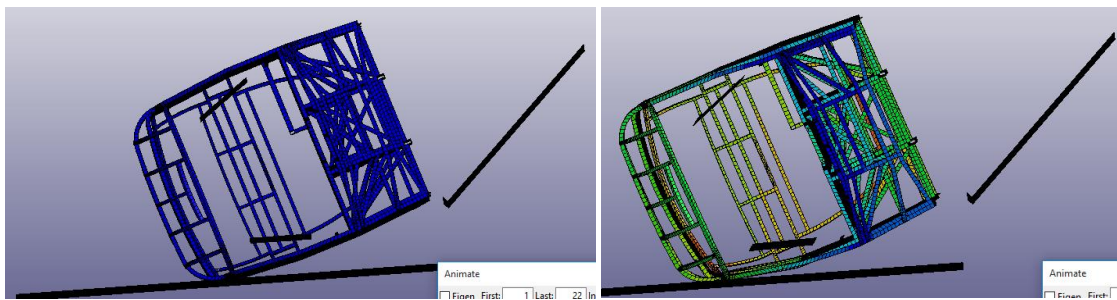
**Tabla 2-4:** Resultados de estabilidad

Masa Calculada	2153.6 kg
Fuerza reacción eje frontal	4572.56 kg
Fuerza reacción eje posterior	8497 kg
Altura del centro de gravedad	1.377 m
Capacidad de rolido	44.44°

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

- Resultados simulación de vuelco

En la simulación del ensayo de vuelco se ejecuta un tiempo de 0.15 segundos los resultados del vuelco se muestran a continuación.



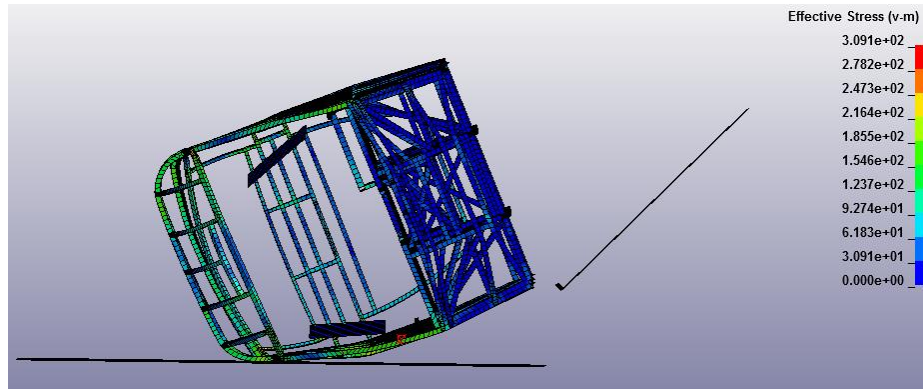
**Figura 1-4.** Simulación de vuelco

**Realizado por:** Hernández, Juan. 2020

En la figura anterior se puede observar las imágenes que corresponden al modelo de carrocería antes del impacto y luego del impacto en la cual se puede verificar que al deformarse la estructura plásticamente, ningún elemento invade el área de supervivencia.

Luego del impacto se pueden observar los esfuerzos de Von-Miseses con un valor max de 309 MPa.





**Figura 2-4. Resultados Vuelco esfuerzo**

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

La energía absorbida por la estructura se calcula con la siguiente formula:

$$E_{abs} = 0.75 * m * g * (h1 - h2)$$

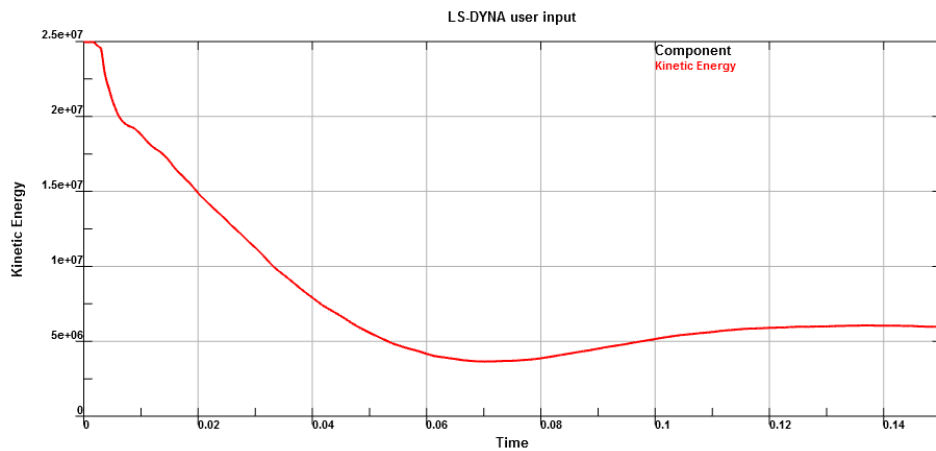
Dónde:

*h1 = distancia al centro de gravedad en la posicion inestable.*

*h2 = distancia al centro de gravedad en la posicion de impacto.*

$$E_{abs} = 0.75 * 3.93 \text{ Tn} * 9810 \frac{\text{mm}}{\text{s}^2} * (2863 - 1853)\text{m}$$

$$E_{abs} = 29.2 \text{ GJ}$$

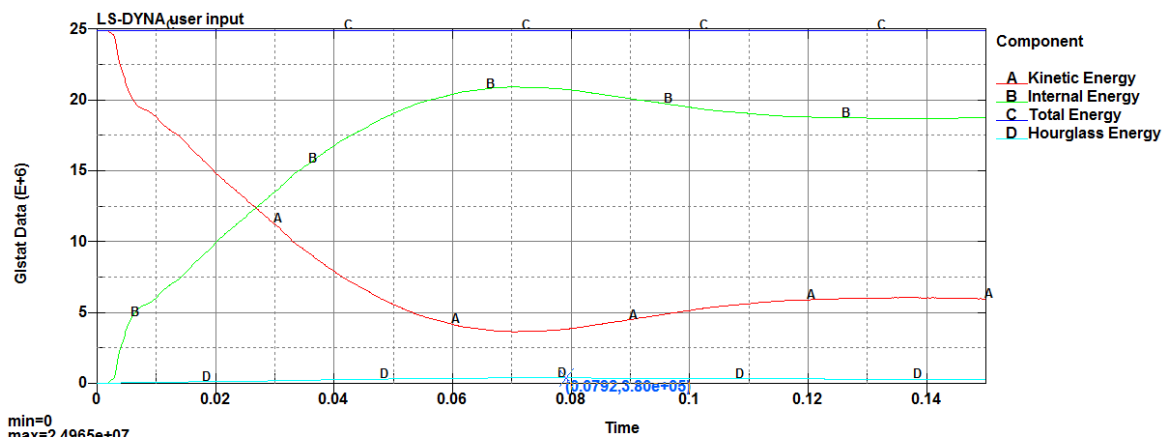


**Figura 3-4. Energía Cinética**

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

En la figura se puede observar que el valor máximo es de 25GJ el cual es aproximado al calculado mediante la fórmula por lo cual se puede verificar que el ensayo se encuentra bien realizado.

En el reglamento 66 se establece que los elementos energéticos no físicos por ejemplo el reloj de arena (hourglass) no excederá en ningún momento el 5% de la energía total por lo cual se muestra a continuación la gráfica de energías, el hourglass se considera como una deformación con un valor de energía que equivale a cero y que oscila a frecuencia más elevada que la total de la estructura, estos estados matemáticos físicamente no son posibles, además la malla se deforma en forma de zigzag. (ANSYS,2013)



**Figura 4-4.** Gráfica de energías del ensayo de vuelco

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

La energía Máxima es de 25 GJ el 5% corresponde a 1.25GJ y el valor máximo de hourglass es de 0.38 GJ este valor es menor que el máximo permitido por lo cual se cumple con el requisito de control de energías, este valor es considerando los puntos máximos, de igual forma si comparamos las áreas que forman bajo la curva el resultado se mantiene por debajo del 5%.

## 4.2 Validación del Autobús

Para validar el bus se procede con el proceso de homologación del bus cumpliendo todos los requisitos dispuestos por la Agencia Nacional de Tránsito para lo cual se debe cumplir en base a la resolución 097 de la ANT, que son los siguientes requisitos.

## CAPÍTULO NOVENO

### HOMOLOGACIÓN DEL VEHÍCULO M2 y M3 DE FABRICACIÓN o ENSAMBLAJE NACIONAL

**Artículo 29.- Requisitos para la homologación de modelo de fabricación o ensamblaje nacional.-** El proceso de homologación de un modelo de carrocería se lo deberá realizar únicamente sobre el chasis motorizado aprobado por la Agencia Nacional de Tránsito, en las disposiciones y configuraciones en que les fue entregado el oficio de aprobación. El representante legal de la empresa fabricante y/o ensambladora de carrocerías, podrá realizar el trámite de homologación del modelo de carrocería siempre y cuando se encuentre calificado, para lo cual deberá entregar la documentación detallada a continuación:

- a. Solicitud de homologación dirigida a la máxima autoridad de la ANT o su delegado, debidamente firmada por el Representante Legal o Apoderado. (Conforme al formato definido por la ANT y publicado en la página web institucional).
- b. Documento de representación de la marca, debidamente legalizado en el país, en el cual se evidencie que la persona natural o jurídica posee dicha condición; de la empresa fabricante o ensambladora.
- c. Copia simple del Registro Único de Contribuyentes (RUC) emitido por el SRI, hasta que la verificación se pueda hacer sobre el sistema informático.
- d. Original o copia debidamente certificada ante Notario Público, de las especificaciones técnicas del modelo de vehículo a homologar emitido por el fabricante, debidamente sellado y firmado.
- e. Original o copia debidamente certificada ante Notario Público, del compromiso para efectuar las tareas especificadas en el manual de carrozar para el chasis a ser utilizado en el proceso de homologación.
- f. Los documentos que permitan determinar la conformidad, establecidos en los requisitos y disposiciones de los reglamentos técnicos aplicables según el tipo de servicio, modalidad y categoría del vehículo a homologarse.
- g. Ficha técnica de homologación de la NTE INEN 1323 VEHÍCULOS AUTOMOTORES, CARROCERÍAS DE BUSES, REQUISITOS, correspondiente al diseño para bus, disponible en el portal web institucional;
- h. Fichas técnicas de homologación según la modalidad que se pretenda aplicar, TRANSPORTE INTRAREGIONAL / INTERPROVINCIAL / INTRAPROVINCIAL, TRANSPORTE URBANO / INTRACANTONAL, TRANSPORTE ESCOLAR INSTITUCIONAL, TRANSPORTE TURISMO. Debidamente llenadas con la información correspondiente al modelo estructural y que guarde concordancia con la ficha técnica de homologación NTE INEN 1323 VEHÍCULOS AUTOMOTORES, CARROCERÍAS DE BUSES, REQUISITOS, disponible en el portal web institucional;
- i. En caso de existir alguna modificación permitida por el manual de carrozar del chasis, se deberá presentar como requisito adicional el certificado, informe técnico o resolución emitido por el representante legal de la marca del chasis acompañada de la documentación inherente a la aprobación del fabricante, mediante el cual se avalen estas modificaciones, sin perjuicio de las garantías que deba otorgar el representante legal de la marca en el Ecuador.

#### **Figura 5-4.** Resolución para homologación

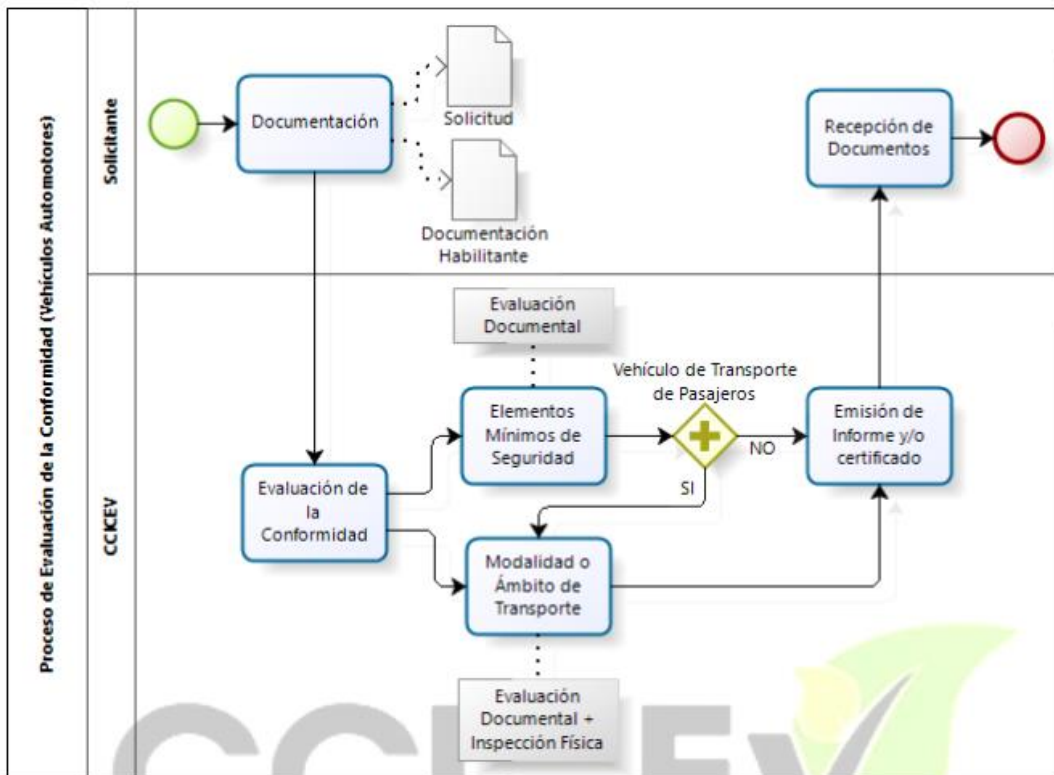
**Fuente:** ANT

Dentro del literal f que corresponde a los documentos que permitan determinar la conformidad se la realiza con un organismo acreditado para dar conformidad en este caso el CCICEV que es el ente encargado de evaluar de acuerdo a la NTE INEN 043 y NTE INEN 034 todos los requisitos establecidos.



**Figura 6-4.** Pasos para homologación

Fuente: <http://www.ccicev.com/index.php/component/jdownloads/send/6-pecu-solicitudes/10-ccicev-02-00-01-pecu-r2>



**Figura 7-4.** Pasos para homologación

Fuente: <http://www.ccicev.com/index.php/component/jdownloads/send/6-pecu-solicitudes/10-ccicev-02-00-01-pecu-r2>

En el flujograma se puede evidenciar el proceso para el cumplimiento de la conformidad en la cual se realiza la revisión documental y también la revisión física con la finalidad de que exista la trazabilidad en todo el proceso y la información recolectada en el modelo de bus que se va a homologar.

Una vez que se culmine el proceso con el Organismo CCICEV se procede a retirar el certificado e informe de evaluación y con los demás requisitos establecidos en la resolución 097 de la ANT se procede a dejar toda la documentación en la oficina de regulación los cuales revisan que todo se encuentre bien para otorgar el certificado de homologación y de esta forma se termina el proceso y se pueda seguir construyendo en serie el modelo homologado, en caso de existir alguna no conformidad durante el proceso la empresa carrocera tiene tiempos determinados para subsanar las inconformidades y continuar hasta concluir.

Los certificados otorgados por parte del CCICEV para validación del prototipo en RTE INEN 034 y RTE INEN 043 se muestran a continuación.

**CERTIFICADO DE EVALUACIÓN**  
**CCICEV-03-00-05-2019-043- 0360 P**  
 Fecha de Emisión: 2019-08-21

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares - CCICEV certifica que el vehículo PROTOTIPO detallado a continuación fue evaluado de acuerdo con los requisitos del reglamento técnico RTE INEN 043 "VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL" vigente.

PROPIETARIO DEL VEHÍCULO	NO APLICA
SOLICITANTE DE LA EVALUACIÓN	CORPMEGABUSS CIA. LTDA.
RUC (SOLICITANTE)	0891743284001

IDENTIFICACIÓN			
VIN	NO APLICA	NÚMERO DE MOTOR	NO APLICA
MARCA DE CHASIS	HINO	MARCA DE CARROCERÍA	CORPMEGABUSS
MODELO DE CHASIS	RK1J	MODELO DE CARROCERÍA	MEGABUSS 650 TIPO BUGGY
VERSIÓN DE CHASIS	SUA-NL	PROVINCIA	NO APLICA
AÑO MODELO	NO APLICA	NÚMERO DE DISCO	NO APLICA
OPERADORA	NO APLICA		

CARACTERÍSTICAS			
SERVICIO:		BUS INTERPROVINCIAL/ TURISMO	
NÚMERO DE ESCOTILLAS	2	NÚMERO DE PUERTAS	2 (DED / CONDUCTOR)
NÚMERO DE ASIENTOS	40	NÚM. PASAJEROS DE PIE*	N/A
BAÑO	POSEE	AIRE ACONDICIONADO	POSEE

\* incluido conductor

El CCICEV certifica que el vehículo objeto de la evaluación CUMPLE con los requisitos establecidos en el Reglamento RTE INEN 043 "VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS INTRARREGIONAL, INTERPROVINCIAL E INTRAPROVINCIAL" lo que queda debidamente sustentado en el Informe detallado a continuación.

**Figura 8-4.** Cumplimiento norma RTE INEN 043

**Fuente:** CCICEV

**CERTIFICADO DE EVALUACIÓN**  
**CCICEV-02-00-05-2018-034-295 B**

El Centro de Transferencia Tecnológica para la Capacitación e Investigación en Control de Emisiones Vehiculares – CCICEV, certifica que el vehículo detallado a continuación fue evaluado de acuerdo con los requisitos del reglamento técnico RTE INEN 034 "Elementos Mínimos de Seguridad en Vehículos Automotores" vigente. Solicitado por:

<b>SOLICITANTE</b>	<b>CORPMEGABUSS CIA. LTDA</b>		
<b>RUC</b>	0591743254001		

DATOS DEL VEHÍCULO			
<b>FABRICANTE</b>	CORPMEGABUSS CIA. LTDA	<b>MARCA</b>	CORPMEGABUSS
<b>MODELO</b>	MEGABUSS 650 TIPO BUGGY	<b>CATEGORÍA-SUBCATEGORÍA</b>	M3
<b>TIPO (SEGÚN RTE INEN 2886)</b>	BUS	<b>CLASE</b>	II
<b>MARCA DEL CHASIS</b>	HINO	<b>MODELO DEL CHASIS</b>	RKBU SUA-NL
<b>VIN DEL CHASIS</b>	9F3RCLUS*****	<b>PAÍS DE ORIGEN</b>	COLOMBIA/ECUADOR
<b>TIPO DE SERVICIO</b>	PUBLICO / COMERCIAL	<b>ÁMBITO Y MODALIDAD DE TRANSPORTE</b>	BUS INTERPROVINCIAL / TURISMO

El CCICEV certifica que el vehículo objeto de la evaluación documental CUMPLE con los requisitos establecidos en el Reglamento RTE INEN 034 "Elementos Mínimos de Seguridad en Vehículos Automotores", lo que queda debidamente sustentado en el informe detallado a continuación:

**Figura 9-4.** Cumplimiento norma RTE INEN 034

Fuente: CCICEV

Luego de presentar toda la documentación requerida en la ANT, sin tener ninguna observación se obtiene el certificado de homologación del autobús con lo cual se concluye el proyecto, y se puede seguir fabricando en serie este modelo de autobús.

**CERTIFICADO ÚNICO DE HOMOLOGACIÓN VEHICULAR**

La Agencia Nacional de Tránsito, de conformidad con lo dispuesto en el Art. 205 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y el Art. 119 del Reglamento de Aplicación de la mencionada ley, y una vez que se ha realizado la constatación de autenticidad y legalidad de la documentación aportada por el solicitante y realizadas las inspecciones físicas necesarias para determinar el cumplimiento de procedimientos, normas y regulaciones conforme consta en el INFORME No DR7TTTSV-CN-CACR-2019-053 de 30 de septiembre de 2019 emitido por la Dirección de Regulación de TTSV y el Certificado de Evaluación de la Conformidad según: RTE INEN 034 [4R] "Elementos Mínimos de Seguridad en Vehículos Automotores" y RTE INEN 043 "Vehículos de Transporte Público de pasajeros intrarregional, interprovincial e intraprovincial", otorga el Certificado Único de Homologación al modelo de vehículo que a continuación se detalla:

ESPECIFICACIONES DE VEHÍCULO,	
Tipo:	BUS
Categoría:	M3
Chasis Marca:	HINO
Chasis Modelo/Versión:	RKBUSUA-NL
Procedencia Chasis:	COLOMBIA
Carrocería Marca:	CORPMEGABUSS
Carrocería Modelo:	MEGABUSS 650 TIPO BUGGY
Procedencia Carrocería:	ECUADOR
Número de plazas (incluido conductor):	40 sentados (Con aire acondicionado, con baño)
Servicio de Transporte:	PÚBLICO, EN EL ÁMBITO: INTERPROVINCIAL Y COMERCIAL EN LA MODALIDAD TURISMO
Distribución de puertas:	1 PUERTA LADO DERECHO Y 1 PUERTA CONDUCTOR

Finalmente se otorga el código NCE (Número de Certificado de Verificación de la Estructura) que debe ser colocado en las placas de identificación del vehículo.

NCE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">CMEGA-INTERP-3450 (INTERPROVINCIAL)</td> </tr> <tr> <td>CMEGA-TUR-6281 (TURISMO)</td> </tr> </table>	CMEGA-INTERP-3450 (INTERPROVINCIAL)	CMEGA-TUR-6281 (TURISMO)
CMEGA-INTERP-3450 (INTERPROVINCIAL)			
CMEGA-TUR-6281 (TURISMO)			

**Figura 10-4.** Agencia Nacional de Tránsito

Fuente: CORPMEGABUSS CIA. LTDA

## CAPÍTULO V

### 5. PROPUESTA

El modelo de bus diseñado, construido y homologado posee una capacidad de bodegas de equipaje de 7.4m<sup>3</sup>, con un chasis con motor posterior, comparado con el mismo chasis pero sin el corte del mismo posee una capacidad de 6 m<sup>3</sup>, el aumento de capacidad en porcentaje es de 18.91% lo cual es muy bueno para los conductores que deseen mejorar la capacidad de equipaje en sus autobuses, además de conseguir mayor comodidad para poder acomodar la carga o equipaje que se transporta y con respecto a un chasis autoportante la capacidad de bodegas es de 8,5 m<sup>3</sup> que es mayor solamente con un 13% al autobús obtenido considerando que el autoportante tiene mayor distancia entre ejes.

Otro punto importante a abordar es el costo actualmente la unidad homologada aborda un valor de \$155000 comparado con uno en el cual no se corta el chasis el cual aborda un valor de \$152000 la diferencia es de 3000 dólares correspondiendo a un 2% del valor total aproximadamente, haciendo referencia en cambio al valor de volumen y comodidad que se mejoran realmente la inversión está garantizada con mayores beneficios al valor convencional de los modelos similares.

La ficha técnica del bus homologado y que es ofrecido al cliente final se muestra a continuación:

**Tabla 1-5:** Especificaciones del prototipo

#### ESPECIFICACIONES TECNICAS BUS MEGABUSS 650 TIPO BUGGY

DATOS DEL PRODUCTO	
Subclase (categoría):	<b>M3</b>
Clase (tipo) :	<b>BUS</b>
Servicio(s) al que aplica:	<b>INTERPROVINCIAL Y TURISMO</b>
Marca de la Carrocería:	<b>CORPMEGABUSS</b>
Marca del Chasis:	<b>HINO</b>
Modelo de la unidad :	<b>MEGABUSS 650 TIPO BUGGY</b>
Modelo del Chasis:	<b>RK8J SUA-NJL</b>

#### ESPECIFICACION TÉCNICA DE LA CARROCERÍA

Material estructural	Tipo:	<b>Perfiles de Acero</b>
	Norma:	<b>ASTM A 500 ASTM A36</b>

	Protección Anticorrosiva:	<b>Pintura anticorrosiva</b>
<b>DIMENSIONES EXTERNAS (mm)</b>		
Longitud Total:		<b>12020 mm</b>
Ancho Total:		<b>2580 mm</b>
Altura Total:		<b>3500 mm</b>
Distancia entre ejes:		<b>6000 mm</b>
Voladizo delantero:		<b>2450 mm</b>
Voladizo posterior:		<b>3570 mm</b>
<b>VENTANAS DE USUARIOS</b>		
Altura (mm):		<b>995 mm</b>
Ancho (mm):		<b>1540 mm</b>
<b>PUERTA(S) DE INGRESO Y SALIDA DE PASAJEROS</b>		
Cantidad:		<b>1</b>
Tipo:		<b>Plegable o panto grafica</b>
Ubicación:		<b>Delante del eje frontal</b>
Altura (mm) (medida en cada puerta):		<b>2145 mm</b>
Ancho libre (mm) (medida en cada puerta):		<b>Entrada 850 mm</b>
<b>DIMENSIONES INTERNAS (mm)</b>		
Altura en el corredor central :		<b>1910 mm</b>
Altura piso borde inferior Ventana:		<b>705 mm</b>
Ancho del corredor central:		<b>350 mm</b>
<b>ASIENTOS PARA PASAJEROS</b>		
Disposición:		<b>Fijos a la carrocería dispuestos según el eje longitudinal</b>
Material:		<b>Polietileno de alta densidad</b>
Estructura y fijación de asientos:		<b>Estructura de acero, la fijación es con cuatro pernos de acero SAE GRADO 8</b>
Ancho de asiento individual (mm):		<b>500 mm</b>
Ancho de asiento continuo (mm):		<b>1040 mm</b>
Altura piso base de asiento (mm):		<b>490 mm</b>



Profundidad:	<b>460 mm</b>
Altura total del asiento(mm):	<b>1150 mm</b>
Distancia entre asientos (mm):	<b>810 mm</b>

<b>CAPACIDAD DE PASAJEROS INTRAPROVINCIAL</b>	
Pasajeros sentados	39
Conductor	1
Total	40





Fuente: CORPMEGABUSS CIA. LTDA

### 5.1 Costos de fabricación

- Costos directos.

**Tabla 2-5:** Costos directos

SUMINISTROS Y MATERIALES	UNIDADES	V. UNIDADES (USD)	SUB TOTAL (USD)
Construcción de estructura metálica	1	\$8000	\$8000
Construcción de forrados, acabados y accesorios del bus.	1	\$77000	\$77000
Chasis HINO RK	1	\$70000	\$70000
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$155000</b>

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Costos Indirectos.

**Tabla 3-5:** Costos indirectos

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
<b>MATERIALES PARA LA INVESTIGACIÓN</b>			
Material investigativo	-	\$ 100	\$ 100

Asesoramiento técnico	-	\$ 150	\$ 150
Impresiones	-	\$ 70	\$ 70
Gastos extras	-	\$ 200	\$ 200
Movilización transporte	-	\$ 100	\$ 100
		<b>Total</b>	<b>\$ 620</b>

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

- Costos totales.

**Tabla 4-5:** Costos totales

Costos directos	\$ 155000
Costos indirectos	\$ 620
<b>Costo total</b>	<b>\$ 155620</b>

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

Los costos directos fueron financiados directamente en la empresa CORPMEGABUSS CIA. LTDA. en la cual se realizó la construcción y homologación de este modelo de autobús.

## 5.2 Comprobación de la hipótesis

Para la comprobación de la hipótesis se realizara mediante el método t-Student para muestras pequeñas para lo cual se establece la hipótesis nula y la alternativa.

H0: “El diseño y la construcción del prototipo de carrocería de autobús en chasis compacto modificado autoportante mediante un corte en el bastidor, no permitirá ampliar el espacio de bodegas de equipaje”

H1: “El diseño y la construcción del prototipo de carrocería de autobús en chasis compacto modificado autoportante mediante un corte en el bastidor, permitirá ampliar el espacio de bodegas de equipaje”

El chasis compacto posee un valor de espacio de bodegas de 6m<sup>3</sup>, por lo cual este valor sería  $\mu$  y corresponde a una prueba de cola hacia la derecha, de acuerdo a la comparación de acuerdo a las hipótesis serían:

- $H_0: \mu=6$
- $H_1: \mu>6$

$$\alpha = 0.05$$

$$gl = 6 - 1 = 5$$

Valor t de la tabla de distribución t Student es de 2.015 con los datos obtenidos.

Los datos tomados por 6 personas del volumen son los siguientes:

(7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.6, 7.8)m<sup>3</sup>

De los cuales se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 5-5:** Resultados de datos tomados

$\bar{X}$	S	M	n
7.4	0.238	6	6

Realizado por: Hernández, Juan. 2020



$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{7.4 - 6}{\frac{0.238}{\sqrt{6}}}$$

$$t = 14.40$$

14.40>2.015 Por lo cual se rechaza la hipótesis nula ya que cae en zona de rechazo y se acepta la alternativa lo cual nos confirma que se incrementa el volumen de las bodegas de equipaje.

**Tabla 6-5:** Comparación de espacio de bodegas

Modelo	Chasis compacto	Chasis compacto modificado autoportante
Volumen medido	6m <sup>3</sup>	7.4m <sup>3</sup>
Fotografía		

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

Como se puede apreciar tanto visualmente como por medio de medición de volumen de equipaje, se comprueba que al modificar un chasis compacto a autoportante mediante un corte del bastidor se ha incrementado el espacio en 1.4 m<sup>3</sup> que corresponde a un incremento del 18,91%, por lo cual se valida la hipótesis.

- Comparación de funcionalidad de un chasis compacto con respecto a un modificado autoportante.

De acuerdo al seguimiento realizado de funcionamiento del prototipo en condiciones normales se tienen los siguientes parámetros de comparación, cabe mencionar que el tiempo estipulado de seguimiento es de 6 meses aproximadamente.

**Tabla 7-5:** Comparación de consumo de acuerdo al seguimiento.

Descripción	Chasis Compacto Hino Ak	Chasis Modificado Hino Rk
Consumo de llantas	Delanteras 5 Meses Posteriores 5 Meses	Delanteras 7 Meses Posteriores 5 Meses
Consumo de combustible	6.5 Km/Gal 250 Km (38.46gal /39.17usd)	8 Km/Gal 250 Km (31 Gal / 31.55 usd)
Estabilidad y desarrollo	Normal/ Subida pendiente 25% 2°,3° marcha	Más Estable En Curvas/ Subida En Pendiente 3°,4° marcha
Dirección y frenos	Funcionamiento normal	Funcionamiento normal
Temperatura motor	Normal	Normal

Realizado por: Hernández, Juan. 2020

De acuerdo a los valores de la tabla de comparación se puede validar la funcionabilidad del prototipo, al mostrar mejorías en algunos ítems comparados y no ser menor en ninguno demostrando así su funcionabilidad y beneficios con respecto a los modelos convencionales, existentes.

## CONCLUSIONES

El modelo de bus homologado cumpliendo la normativa ecuatoriana RTE INEN 043, cumple con el objetivo general planteado al poder ampliar el espacio de bodegas de modelos existentes y convencionales, con un incremento del 18.91% de 6m<sup>3</sup> a 7.4m<sup>3</sup> en el modelo propuesto y con respecto a un autoportante que posee 8.5m<sup>3</sup> que es mayor con 13% considerando que este es más grande entre ejes.

Mediante la combinación de Softwares CAE al realizar el análisis de la prueba de vuelco se cumplen con los requisitos establecidos con el Reglamento 66 al no invadir el área de supervivencia y también al tener un valor de hourglass de 1.5%.

Los resultados obtenidos en la simulación estática cumplen con los parámetros establecidos en la NTE INEN 1323, teniendo una deformación máxima de carga estática en el techo de 25.12mm y con un esfuerzo máximo en las combinaciones de 127MPa teniendo un factor de seguridad de 1.96, con lo cual se garantiza la resistencia de la estructura en la zona de corte del chasis.

Los resultados del centro de gravedad obtenidos en el análisis así como las cargas obtenidas en los ejes, cumplen con las recomendaciones del manual de carrozar del fabricante del chasis, en los dos casos cargado como descargado con un valor de centro de gravedad de 1.377m desde el piso y con un valor de 31.94% de distribución de masa en el eje frontal

Mediante la construcción de la carrocería de autobús se pudo validar el prototipo ante los Organismos evaluadores de la conformidad y de la ANT al comprobar tanto física como documentalmente todos los requisitos establecidos para la homologación del prototipo.

## **RECOMENDACIONES**

Con la finalidad del avance tanto tecnológico como de seguridad en vehículos automotores, como futuros proyectos para complementar los análisis presentados en este proyecto, se podría investigar para implementar en la normativa ecuatoriana análisis de diferentes tipos de impacto, así como los análisis correspondientes que al momento no son solicitados para los procesos de homologación.

El análisis de prueba de vuelco realizada en este proyecto puede ser corroborado a través de la utilización de otro software CAE, así como también se podría implementar laboratorios en los cuales se pueda realizar ensayos físicos reales de la estructura evaluando los costos que conlleven realizar este tipo estudio.

En base al proyecto realizado se puede realizar un análisis del chasis utilizado, con la finalidad de que el fabricante del chasis pueda modificar algunas características, como son en cuanto sus accesorios y pesos brutos vehiculares para que la distancia entre ejes pueda ser modificada y poder incrementar aún más el volumen de bodegas de equipaje.



## BIBLIOGRAFÍA

- ANT. (2019). *Estructuras de autobuses certificadas*. “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE CARROCERÍA DE AUTOBUS, SOBRE CHASIS COMPACTO MODIFICADO A AUTOPORTANTE, PARA LA EMPRESA CORPMEGABUSS CIA. LTDA. BAJO LA NORMATIVA RTE INEN 043”, .
- Arqhys. (2019). *Características del acero*. Recuperado de <https://www.arqhys.com/construccion/acero-caracteristicas.html>
- Arroba C. (2013). *Estudio del comportamiento mecánico de una sección de la superestructura del autobús interprovincial marca Miral Infiniti en chasis Hino Ak sometida a volcadura, mediante los programas Ansys Ls-Dyna y su incidencia en el espacio de supervivencia*.
- Badea. (2015). *Definición de Bastidor*. Recuperado de <https://diccionario.motorgiga.com/bastidor>
- Cárdenas. (2014). *Definición de Carga de frenado. Complementos de NTE INEN*
- Cárdenas. (2015). *herramientas computacionales como son el CAE y el CAD se pueden desarrollar aplicaciones importantes para el diseño de una superestructura de bus ligera*.
- Celi L. (2013). *Diseño y construcción del chasis y carrocería del vehículo de competencia formula SAE 2012*.
- Cherrez. (2018). *Definición de Diseñar*. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15425>
- Cuasupud. (2016). *Definición de Carrocería*. Recuperado de <http://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/6231/1/TUTCYA006-2017.pdf>
- DONAIRE, J. (2018). *Comparativa modelos de simulacion de vuelco de autobuses segun el reglamento 66*. Madrid: UNIVERSIDAD POLICTECNICA DE MADRID.
- Esmeraldas. (2016). *Definición de Peso en vacío*.
- Gonzalez. (2017). *Definición de Cinemática*.
- Hernández J. (2019). *CORPMEGABUSS CIA. LTDA*. Diseño de Autobuses auto portantes.
- HINO MOTORS. (2019). *Procedimientos para obtener permisos de Construcción de Carrocerías de Autobús*.
- Morales, F. (2010). *Propuesta de Reorganizacion técnica-económica de los procesos de produccion para las carrocerías*. . Riobamba: Facultad Mecanica Espoch.
- MUÑOZ, G. (2013). *Introduction to Ansys CFD Professional*. Ansys, Inc.
- Pelaez. (2016). *Definición de prototipo*.
- Perez. (2018). *Definición de Fluencia*.
- Pozo. (2014). *Análisis estructural de carrocerías*.

SAE. (Diciembre de 2019). *<http://servicios.acreditacion.gob.ec:50239/organismos-evaluadores-conformidad>*. Obtenido de SERVICIOS ACREDITACION.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A. PLANOS DIMENSIONALES DE CONSTRUCCIÓN**

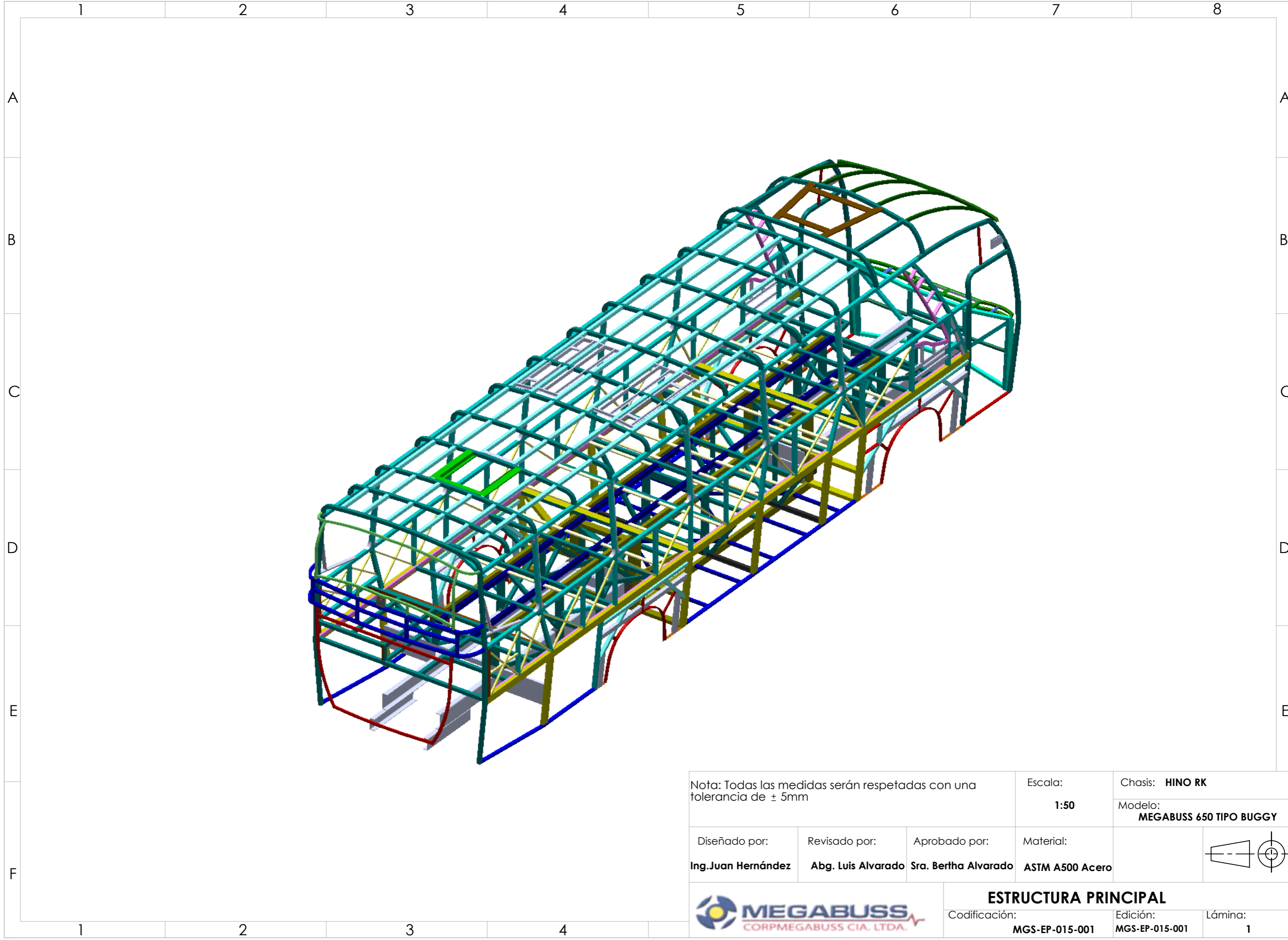
## RESUMEN

En el presente proyecto se plantea el diseño y construcción de un prototipo de carrocería de autobús en chasis compacto modificado auto portante, con lo cual se busca ampliar el espacio de bodegas de los autobuses convencionales de este tipo, a través de un corte en el bastidor del chasis previa la autorización del fabricante, debido a la problemática en el sector del transporte público de no contar con el espacio suficiente para llevar equipaje en las bodegas. Mediante la presentación de los pasos para la ejecución del proyecto, con la validación y justificación del proceso para la construcción del prototipo, se consigue la autorización del fabricante del chasis se procede a construir el prototipo en base a los planos de diseño de acuerdo el desarrollo de la parte de Ingeniería mediante la validación del modelo utilizando softwares CAD y CAE tales como Ansys, LS-Dyna y LS-Prepost, una vez construido el prototipo se procede a la homologación del autobús con el cumplimiento de los parámetros de la normativa ecuatoriana aplicable. A través de la homologación se concluye que el modelo alcanza el cumplimiento del objetivo principal al conseguir el incremento del espacio de bodega aproximadamente con un 19% superior a los modelos convencionales de este tipo, la investigación establecida se enmarca dentro de la línea de Procesos tecnológicos artesanales e industriales, específicamente en el área de Diseño Automotriz, al proponer un nuevo autobús que permitirá tener una opción diferente a las existentes actualmente, siendo una innovación en el área de los autobuses de transporte, cumpliendo así con la propuesta y desarrollo de una solución práctica al problema determinado.

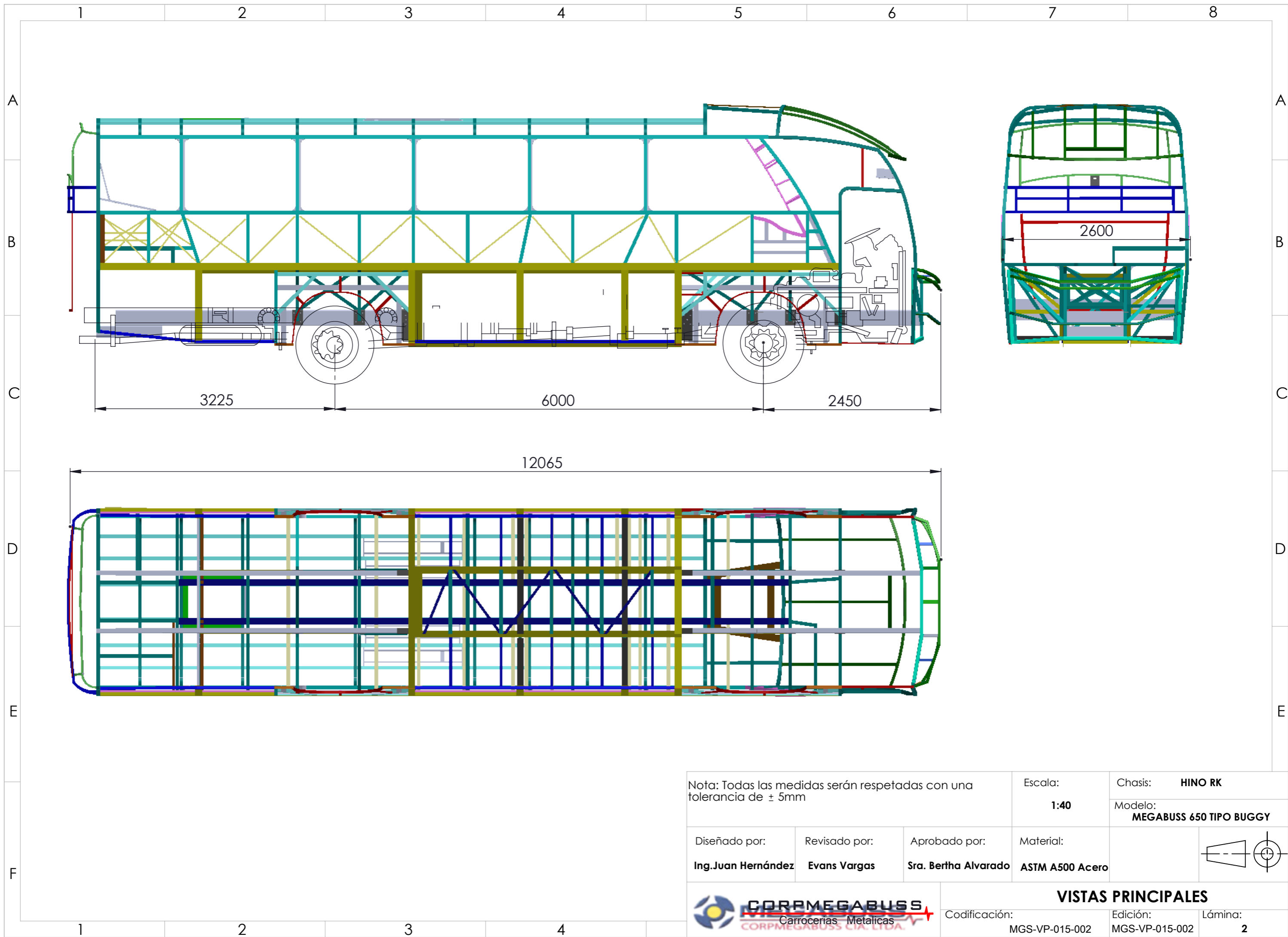
**Palabras claves:** CARROCERÍA DE AUTOBUS, CHASIS COMPACTO, DISEÑO DE AUTOBUS, HOMOLOGACIÓN DE AUTOBUS, PROTOTIPO DE CARROCERIA



0315-DBRAI-UPT-2020



Nota: Todas las medidas serán respetadas con una tolerancia de $\pm 5\text{mm}$			Escala: <b>1:50</b>	Chasis: <b>HINO RK</b> Modelo: <b>MEGABUSS 650 TIPO BUGGY</b>
Diseñado por: <b>Ing. Juan Hernández</b>	Revisado por: <b>Abg. Luis Alvarado</b>	Aprobado por: <b>Sra. Bertha Alvarado</b>	Material: <b>ASTM A500 Acero</b>	
			<b>ESTRUCTURA PRINCIPAL</b>	
			Codificación: <b>MGS-EP-015-001</b>	Edición: <b>MGS-EP-015-001</b>
			Lámina: <b>1</b>	



Nota: Todas las medidas serán respetadas con una tolerancia de  $\pm 5\text{mm}$

Escala:  
**1:40**

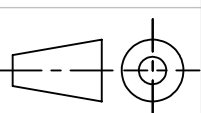
Chasis: **HINO RK**  
Modelo:  
**MEGABUSS 650 TIPO BUGGY**

Diseñado por:  
**Ing. Juan Hernández**

Revisado por:  
**Evans Vargas**

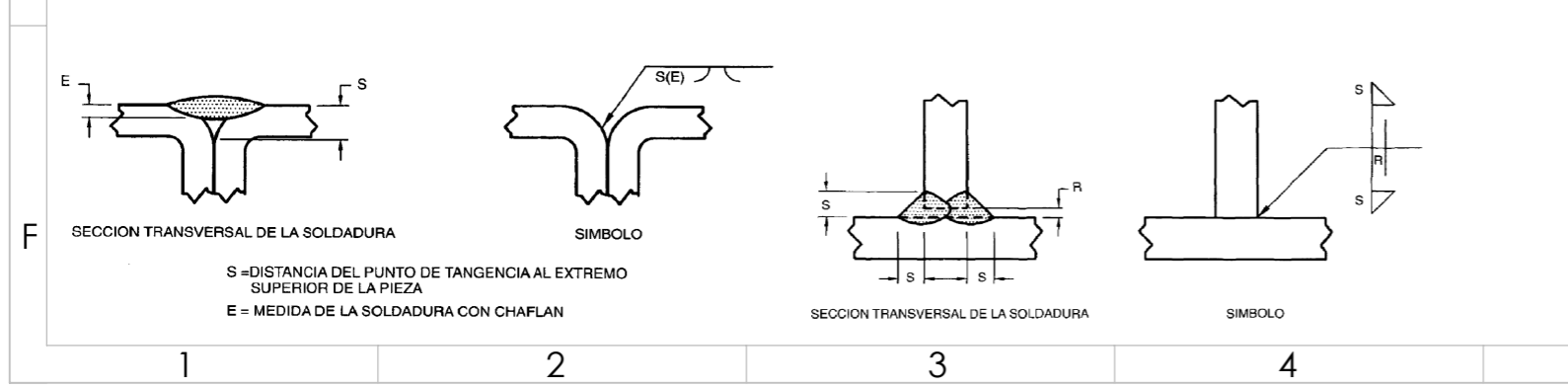
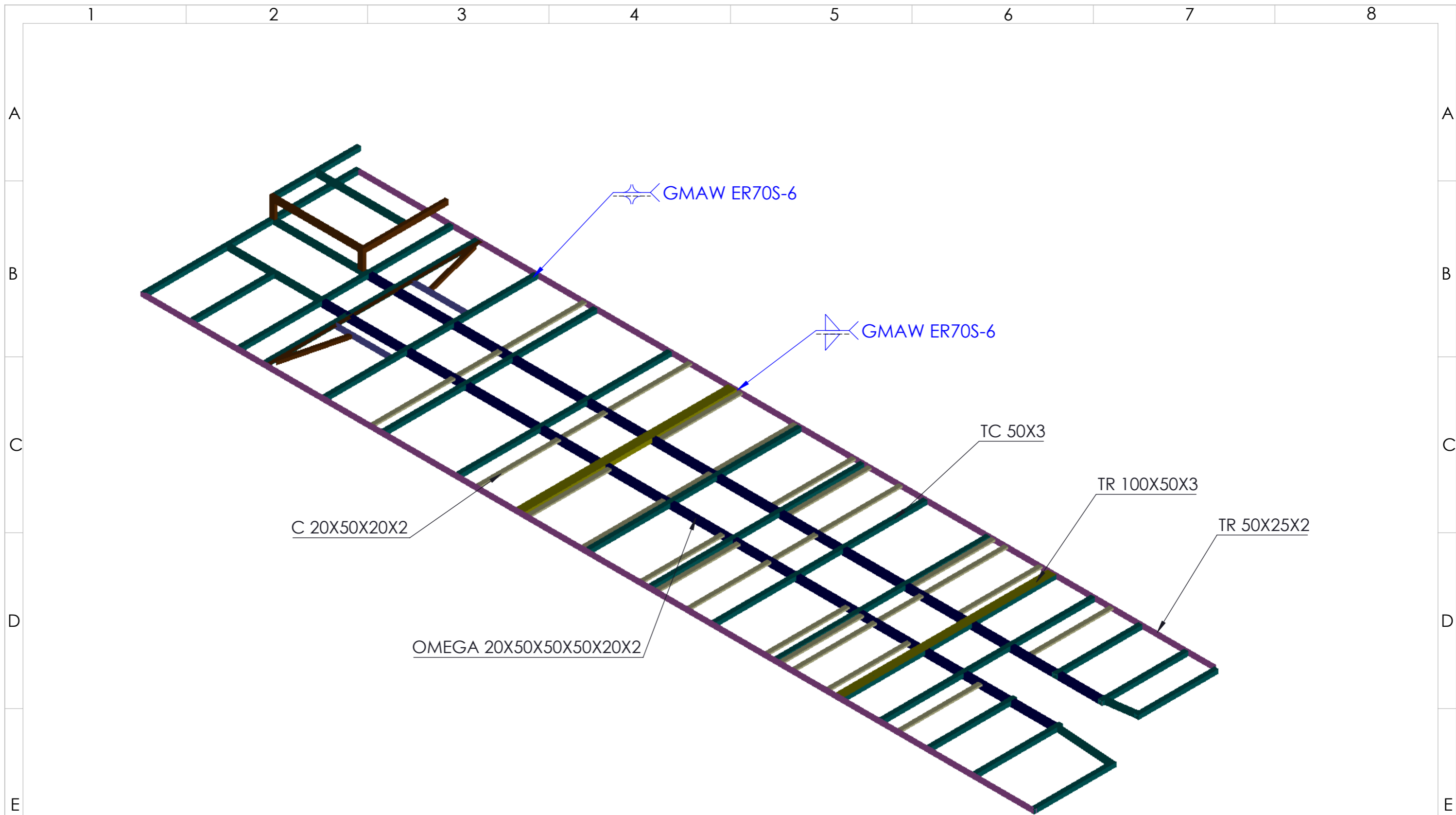
Aprobado por:  
**Sra. Bertha Alvarado**

Material:  
**ASTM A500 Acero**

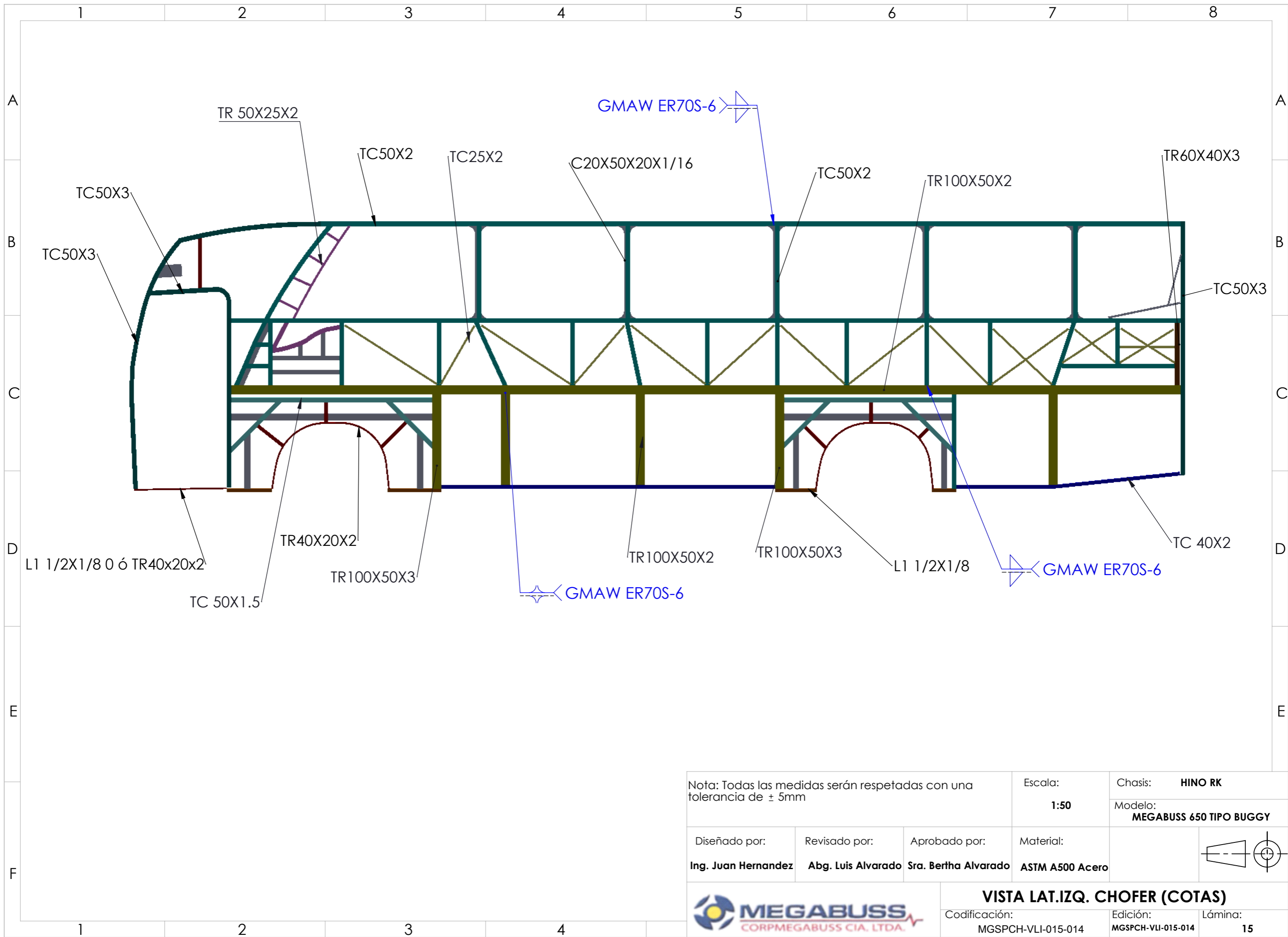


**VISTAS PRINCIPALES**

Codificación: **MGS-VP-015-002** Edición: **MGS-VP-015-002** Lámina: **2**

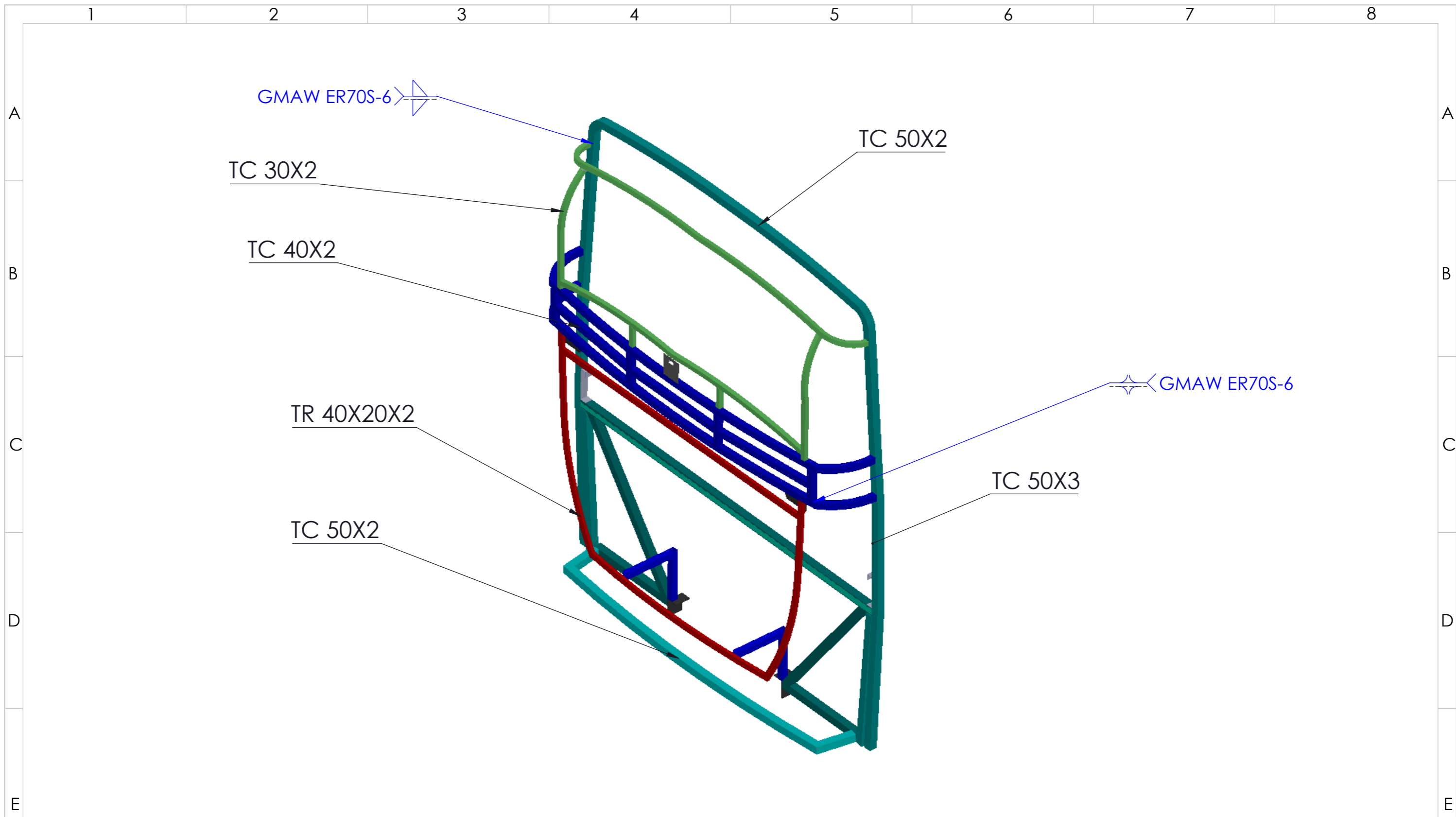


Nota: Todas las medidas serán respetadas con una tolerancia de $\pm 5$ mm			Escala: <b>1:50</b>	Chasis: <b>HINO RK</b>
				Modelo: <b>MEGABUSS 650 TIPO BUGGY</b>
Diseñado por: <b>Ing. Juan Hernández</b>	Revisado por: <b>Abg. Luis Alvarado</b>	Aprobado por: <b>Sra. Bertha Alvarado</b>	Material: <b>ASTM A500 Acero</b>	
			<b>ESTRUCTURACION DE PISO MATERIALES</b>	
			Codificación: <b>MGS-EPM-015-0010</b>	Edición: <b>MGS-EPM-015-0010</b>

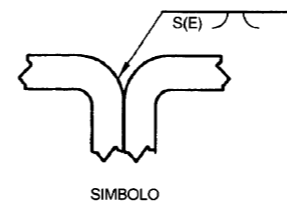
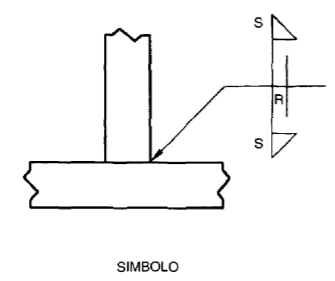
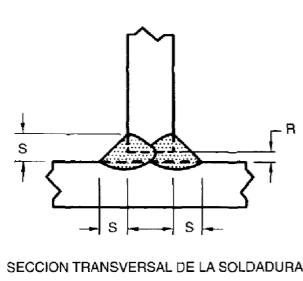


Nota: Todas las medidas serán respetadas con una tolerancia de $\pm 5\text{mm}$			Escala: <b>1:50</b>	Chasis: <b>HINO RK</b> Modelo: <b>MEGABUSS 650 TIPO BUGGY</b>
Diseñado por: <b>Ing. Juan Hernandez</b>	Revisado por: <b>Abg. Luis Alvarado</b>	Aprobado por: <b>Sra. Bertha Alvarado</b>	Material: <b>ASTM A500 Acero</b>	





ESCALA 1 : 20



S = DISTANCIA DEL PUNTO DE TANGENCIA AL EXTREMO SUPERIOR DE LA PIEZA  
E = MEDIDA DE LA SOLDADURA CON CHAFLAN

Nota: Todas las medidas serán respetadas con una tolerancia de $\pm 5\text{mm}$			Escala: <b>1:20</b>	Chasis: <b>HINO RK</b>
				Modelo: <b>MEGABUSS 650 TIPO BUGGY</b>
Diseñado por: <b>Ing. Juan Hernández</b>	Revisado por: <b>Abg. Luis Alvarado</b>	Aprobado por: <b>Sra. Bertha Alvarado</b>	Material: <b>ASTM A500 Acero</b>	
			<b>ESTRUCTURA RESPALDO MATERIALES</b>	
			Codificación: <b>MGS-ERM-015-0020</b>	Edición: <b>MGS-ERM-015-0020</b>

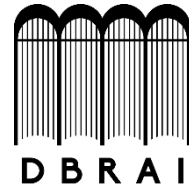
**ANEXO B. CUADRO GUÍA DE PROCEDIMIENTO PARA SIMULACIONES EN AUTOBUSES.**

<b>Procedimiento para simulación de carrocerías de autobuses.</b>			
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo Aproximado</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	Recolección de información del chasis como manuales de carrozar, fichas de especificaciones y planos del chasis.	40 horas	Es importante informarse mediante la lectura y tomar anotaciones de las consideraciones importantes del chasis antes de diseñar.
<b>2</b>	Levantamiento de información para dimensionamiento de la carrocería, de acuerdo a las especificaciones determinadas.	40 horas	Se realizan los primeros bosquejos, considerando los puntos de anclaje de la carrocería y sus accesorios.
<b>3</b>	Diseño de planos dimensionales de la carrocería y modelado para simulación.	40 horas	Se realiza un modelo en 2D y 3D para verificación de alineación de componentes para tener mejor resistencia.
<b>5</b>	Determinación de alturas de centro de gravedad, cargas admisibles en los ejes.	40 horas	De acuerdo al modelo se encuentra estos parámetros para asegurar la estabilidad de la carrocería.
<b>4</b>	Simulación estática de la carrocería y modificaciones en caso de ser necesarias de acuerdo a normativa aplicable.	40-80 horas	Este tiempo dependerá del tipo de procesador y núcleos utilizados en la simulación. (6GB Ram, 4 núcleos 80 Horas) (16 GB Ram, 8 núcleos 40 Horas)
<b>5</b>	Introducción de parámetros y Simulación de Vuelco	20-40 horas	Este tiempo dependerá del tipo de procesador y núcleos utilizados en la simulación. (6GB Ram, 4 núcleos 40 Horas), (16GB Ram, 8 núcleos 20 Horas)
<b>6</b>	Análisis, interpretación y validación de resultados	16 horas	Se realiza el análisis de resultados de acuerdo a la normativa correspondiente.
<b>Tiempo Total</b>			<b>296 horas</b> <b>(estimado 1.8 meses de la etapa de diseño considerando trabajar 40 horas a la semana)</b>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL  
APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 22 / 10 /2020

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Juan Francisco Hernández Vilema
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
Instituto de Posgrado y Educación Continua
<b>Título a optar:</b> Magister en Diseño Mecánico
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



0315-DBRAI-UPT-2020